

Volume 5 No. 1 Oktober 2026

ISSN : xxxxxxxxxx
e-ISSN : 2964-5352

INFOTEX

Jurnal Ilmiah bidang Ilmu Teknik

Jurnal ilmiah nasional dalam bidang ilmu teknik yang diterbitkan oleh Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco dengan frekuensi terbit 2 (dua) kali dalam setahun yaitu bulan Oktober dan April



Diterbitkan oleh :
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI TEXMACO

Jl. Raya Cipeundeuy - Pabuaran KM 3,5
Cipeundeuy Kab. Subang Jawa Barat
Indonesia 41272
Telp. 0260 - 711039



www.ojs.stttxmaco.ac.id

infotex@stttxmaco.ac.id

DAFTAR ISI

Daftar Isi	i
Kata Pengantar	iii
Dewan Redaksi	iv
Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ayam Broiler Otomatis Berbasis Mikrokontroler	1-12
Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Power Suplay Relay Proteksi, Heater Kubikel & Penerangan Gardu Tembok	13-22
Perancangan Alat Pemilah Plastik Berdasarkan Bentuk dan Warna Berbasis Kecerdasan Buatan	23-33
Rancang Bangun Trainer PLC Omron CP1E sebagai Sarana Praktikum di STT Texmaco	34-44
Perbaikan Gangguan Muskuloskeletal Pada Operator CCTV Di Control Room PT. XYZ	45-59
Analisis Penentuan Harga Pokok Produksi Dengan Metode Full Costing Dan Penetapan Harga Jual Dengan Pendekatan Cost Plus Pricing Pada UMKM Basreng Ndut	60-70
Analisis Biaya Produksi dan Penetapan Harga Jual Pada UMKM Risol Mayonya Nita Dengan Menggunakan Metode Full Costing	71-80
Pengendalian Persediaan Plastik Premix Dengan Metode Economic Order Quantity, Safety Stock, dan Reorder Point PT. XYZ	81-93
Perencanaan Pengadaan Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Material Requirement Planning (MRP) Pada UMKM Citruk Bulat Barokah	94-105
Optimalisasi Pengendalian Persediaan Barang Menggunakan Metode Always Better Control (ABC) dan Economic Order Quantity (EOQ) Untuk Meminimalkan Overstock	106-115
Usulan Strategi Pemasaran Menggunakan Metode Strenght, Weaknesses, Opportunities, Threats (SWOT) dan Analytical Hierarchy Process (AHP)	116-129
Analisis Penerapan Blue Ocean Strategy dan SWOT sebagai Upaya Keluar dari Persaingan Pasar dan Meningkatkan Pertumbuhan Penjualan	130-141
Rancang Bangun Dan Pengujian Prototipe Sistem Konversi Energi Mekanik Berbasis Flywheel Dan Mekanisme Pegas–Crankshaft Sebagai Penggerak Generator DC	142-151
Pembuatan Alat Pembakar Batok Kelapa Menjadi Arang Pada Media Drum Kapasitas 210 Liter Dengan Kompor Oli Bekas	152-162
Analisis Efektivitas Penurunan Suhu Dinamo Motor Listrik pada Ruang Tertutup dengan Menggunakan Exhaust Fan	163-172
Kiosk Pelayanan Desa Terintegrasi Web NFC untuk Transparansi Kinerja	173-185

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Salam sejahtera bagi kita semua, puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena saat ini telah terbit Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Teknik (INFOTEX) Vol.5 No.1 Edisi Oktober 2026. Perubahan paradigma pendidikan tinggi telah memacu kami untuk turut serta dalam usaha peningkatan kualitas layanan mahasiswa. Salah satunya adalah dengan meningkatkan kompetensi pengajaran dalam keilmuan teknik. Kajian dalam jurnal ini diharapkan dapat selaras dengan perkembangan pengetahuan (keilmuan) dan sangat membahagiakan apabila jurnal ini dapat turut serta memberikan manfaat pada komunitas yang lebih luas dalam rangka meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Dalam penerbitan edisi Oktober 2026 publikasi ini telah melibatkan banyak pihak, untuk itu tim redaksi menyampaikan terimakasih atas kontribusi artikel yang dimuat pada edisi ini. Sebagai penutup, kami mohon maaf apabila dalam penerbitan edisi ini masih banyak kekurangan. Karenanya guna meningkatkan kualitas publikasi, saran dan masukan dari berbagai pihak sangat kami harapkan.

Terima kasih dan selamat membaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Subang, 01 Oktober 2026

Tim Redaksi

DEWAN REDAKSI

Pelindung:

Yose Octavia Henry, S.H., S.E

(Wakil Pembina Yayasan Pusat Pengembangan Ilmu dan Teknologi Texmaco)

Penasehat:

Nur Alimah, S.Pd., M.T

(Ketua Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco)

Penanggung Jawab:

Achmad Anwari, S.T., M.T

Pimpinan Redaksi (Editor in Chief):

Aang Samsudin, S.Kom., M.Kom | SCOPUS ID : 57212081301

(Koordinator Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat)

Anggota Redaksi (Editorial member):

Teknik Industri – Ir. Deni Ahmad Taufik, S.T., M.T

Teknik Mesin - Sutrisno, S.T., M.T

Teknik Elektro - Lilik Hari Santoso, S.Si., M.T

Teknik Informatika - Sidiq Amroni, S.T., M.Kom

Mitra Bestari (*Peer Reviewer*):

- Dr. Nur Akmalia Hidayati, S.Si., M.Sc. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
- Dr. Siscka Elvyanti, S.Pd., M.T (Universitas Pendidikan Indonesia) | SCOPUS ID : 57201079178
- Dr. Joko Siswantoro, S.Si., M.Si (Universitas Surabaya) | SCOPUS ID: 56192714800

Terbitan: Terbit 2 (dua) kali dalam setahun pada bulan Oktober dan April

ISSN: 000 – 0000 (print)

e-ISSN: 2964-5352 (online)

Diterbitkan oleh:

Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco Subang

Jl. Cipendeuy – Pabuaran Km. 3,5 Subang, Jawa Barat 41262, Telp. (0260) 711039

Website: <https://ojs.sttexmaco.ac.id/>

E-mail: infotex@sttexmaco.ac.id

Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ayam Broiler Otomatis Berbasis Mikrokontroler

Lilik Hari Santoso¹, Budi Sunarto², Irfan Hilmy³

¹²³Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: lilik.hs@yahoo.com

Received 25 Agustus 2026 | *Revised* 15 September 2026 | *Accepted* 22 September 2026

ABSTRAK

Praktik pemberian pakan ayam broiler pada peternakan skala kecil hingga menengah umumnya masih dilakukan secara manual, sehingga kurang efisien dari segi waktu dan tenaga peternak. Penelitian ini bertujuan merancang bangun prototipe alat pemberi pakan otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Tahapan penelitian mencakup studi literatur, observasi lapangan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE, serta pengujian kinerja sistem secara menyeluruh di laboratorium. Alat ini mengintegrasikan sensor E18-D80NK guna mendeteksi ketersediaan pakan pada bagian hopper serta beberapa wadah penampung. Arduino Uno bertindak sebagai otak pengendali utama untuk mengatur koordinasi komponen seperti motor servo, modul relay, motor DC, dan buzzer. Motor DC bertugas memutar auger di dalam pipa agar distribusi pakan berjalan lancar, sementara fitur pembersihan pipa menyalurkan sisa pakan ke wadah akhir. Hasil pengujian membuktikan seluruh komponen bekerja optimal, termasuk sistem peringatan dini saat hopper kosong. Prototipe ini efektif menghadirkan solusi otomatisasi pakan yang efisien bagi peternak mandiri di lapangan.

Kata Kunci: Arduino Uno, ayam broiler, sensor E18-D80NK, pakan otomatis, motor DC.

ABSTRACT

Broiler feeding practices on small- to medium-scale farms are generally still performed manually, resulting in inefficiencies regarding the farmer's time and labor. This study aims to design and build an automatic feeder prototype based on the Arduino Uno microcontroller. The research process involved a literature review, field observations, hardware and software design using the Arduino IDE, and comprehensive system performance testing in the laboratory. The device integrates an E18-D80NK sensor to detect feed levels in the hopper and various storage containers. The Arduino Uno serves as the central controller, coordinating components such as a servo motor, relay module, DC motor, and buzzer. The DC motor drives an auger inside the pipe to ensure smooth feed distribution, while a pipe-clearing feature directs residual feed into a final collection container. Test results demonstrate that all components operate optimally, including the early warning system that activates when the hopper is empty. This prototype effectively provides an efficient automated feeding solution for independent farmers.

Keywords: *Arduino Uno, broiler chicken, E18-D80NK sensor, automatic feeding, DC motor.*

1. PENDAHULUAN

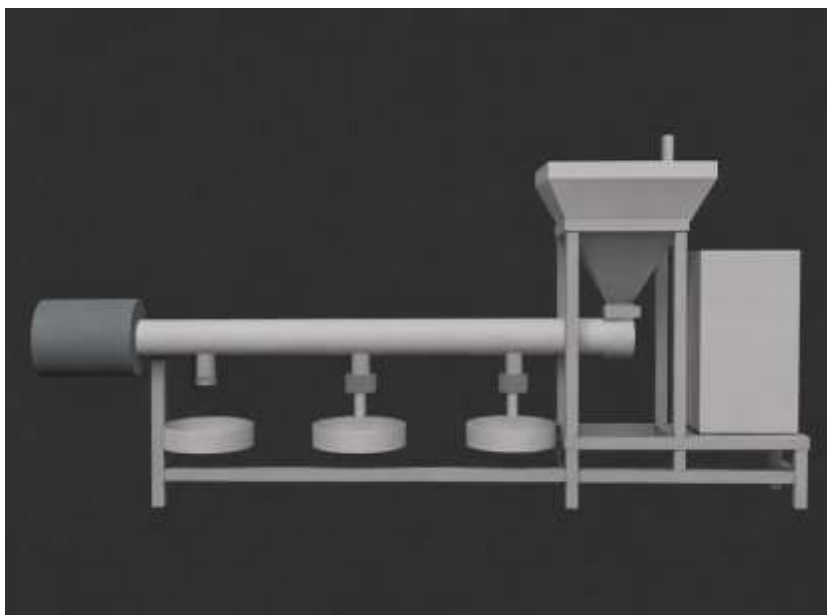
Ayam broiler merupakan jenis ayam pedaging yang banyak dipelihara karena memiliki pertumbuhan yang cepat, sehingga pemberian pakan perlu dilakukan secara teratur agar kebutuhan pakan ayam dapat terpenuhi [1]. Pada umumnya, pemberian pakan ayam broiler masih dilakukan secara manual dengan cara menuangkan pakan ke tempat pakan yang tersedia. Cara ini membutuhkan waktu dan tenaga, terutama apabila jumlah wadah pakan cukup banyak. Pemanfaatan teknologi mikrokontroler dapat menjadi salah satu solusi untuk membantu proses pemberian pakan secara otomatis. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa alat pakan ayam otomatis dapat dibuat menggunakan Arduino Uno, motor servo, motor DC, sensor, dan conveyor screw untuk membantu proses penyaluran pakan [2]. Penelitian lain juga menjelaskan bahwa sistem pakan otomatis berbasis Arduino Uno dapat meningkatkan keteraturan pemberian pakan dengan memanfaatkan sensor dan aktuator [3]. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini merancang alat pemberi pakan ayam broiler otomatis berbasis mikrokontroler menggunakan Arduino Uno, sensor E18-D80NK, motor servo, relay, motor DC RS-895, auger, dan buzzer.

2. METODE

2.1. Desain Mekanik

Sebelum proses perakitan dilakukan, terlebih dahulu dibuat desain mekanik alat menggunakan aplikasi desain 3D. Desain ini bertujuan untuk menggambarkan susunan utama alat pemberi pakan ayam broiler otomatis sebelum proses pembuatan dan perakitan. Alat dirancang dengan bagian utama berupa hopper sebagai penampung pakan, pipa sebagai jalur penyaluran pakan, auger sebagai pendorong pakan, motor DC sebagai penggerak auger, tiga wadah pakan sebagai tempat keluaran pakan, serta box kontrol sebagai tempat komponen kendali.

Hopper ditempatkan pada bagian atas pipa agar pakan dapat masuk ke saluran penyalur. Pakan kemudian didorong oleh auger yang digerakkan motor DC menuju wadah pakan. Pada desain ini, wadah pakan ditempatkan di bagian bawah pipa sebagai tempat keluarnya pakan dari saluran. Selain itu, box kontrol ditempatkan di sisi alat untuk menyimpan komponen elektronik seperti Arduino Uno, relay, step-down, PWM, dan rangkaian kelistrikan. Desain mekanik alat pemberi pakan ayam broiler otomatis ditunjukkan pada Gambar 1.



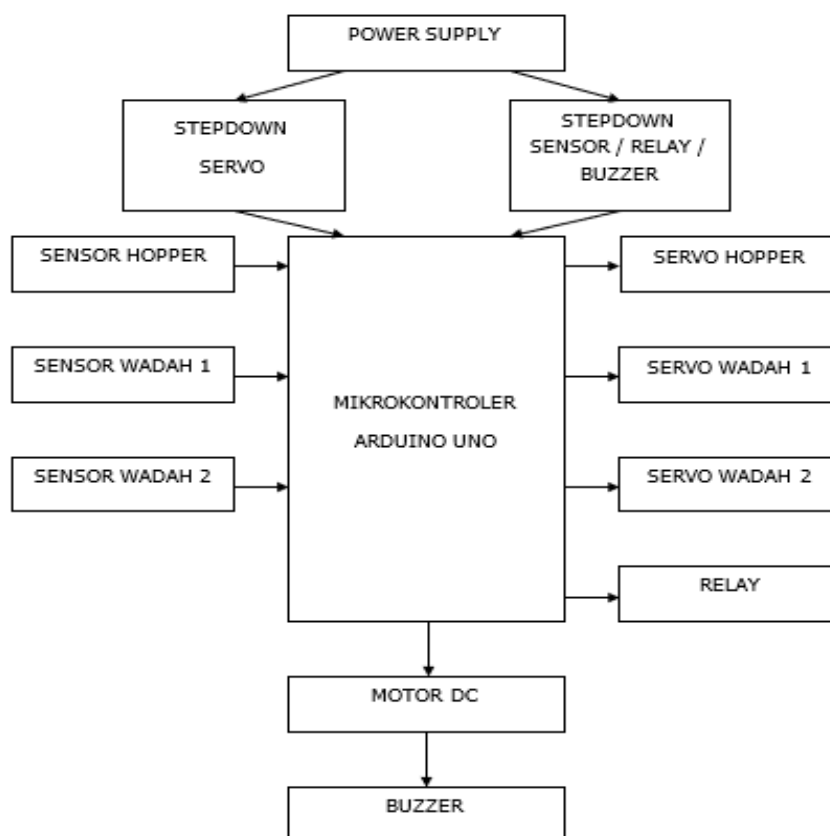
Gambar 1. Desain mekanik alat pemberi pakan ayam broiler otomatis.

2.2. Diagram Blok

Diagram blok digunakan untuk menjelaskan hubungan antara bagian input, proses, dan output pada alat pemberi pakan ayam broiler otomatis. Bagian input terdiri dari sensor E18-D80NK yang dipasang pada hopper, wadah 1, dan wadah 2. Sensor berfungsi membaca kondisi pakan, kemudian mengirimkan data ke Arduino Uno sebagai pusat kendali.

Arduino Uno berperan sebagai bagian proses yang mengolah data dari sensor dan memberikan perintah ke komponen keluaran. Jika hopper berisi pakan dan wadah terdeteksi kosong, Arduino Uno akan mengaktifkan servo untuk membuka jalur pakan, relay untuk menghubungkan motor DC, serta motor DC untuk memutar auger. Motor DC tersebut mendorong pakan melalui pipa menuju wadah pakan.

Bagian output terdiri dari motor servo, relay, motor DC, dan buzzer. Motor servo berfungsi membuka dan menutup jalur pakan, relay berfungsi sebagai saklar motor DC, motor DC berfungsi sebagai penggerak auger, sedangkan buzzer digunakan sebagai tanda peringatan ketika hopper kosong. Sumber daya utama alat berasal dari power supply yang diturunkan tegangannya menggunakan step-down sesuai kebutuhan komponen.



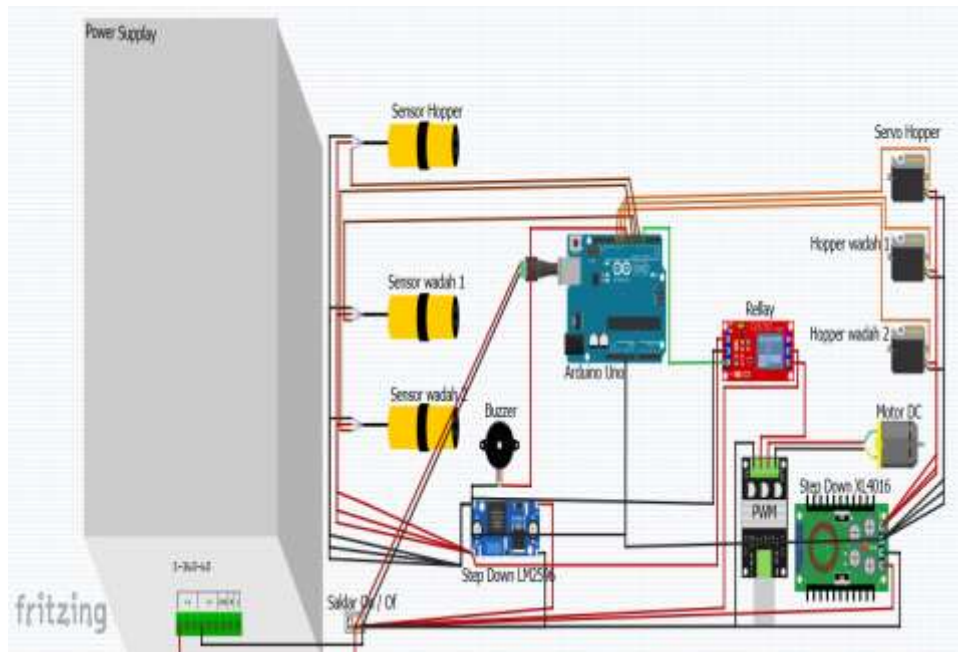
Gambar 2. Diagram blok alat pemberi pakan ayam broiler otomatis.

2.3. Rangkaian Elektrik

Desain rangkaian elektrik sistem pemberi pakan ayam broiler otomatis berbasis mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 3. Rangkaian ini menggunakan Arduino Uno sebagai pusat kendali untuk mengatur kerja sensor, motor servo, relay, motor DC, dan buzzer. Sensor E18-D80NK digunakan sebagai input untuk membaca kondisi pakan pada hopper, wadah 1, dan wadah 2. Hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh Arduino Uno untuk mengaktifkan servo, relay, motor DC, dan buzzer sesuai kondisi alat.

Sumber daya utama berasal dari power supply 12V. Tegangan tersebut diturunkan menggunakan step-down LM2596 menjadi 5V untuk sensor, relay, dan buzzer. Step-down

XL4016 digunakan untuk menyuplai motor servo dengan tegangan 6V agar kerja servo lebih stabil. Adapun interkoneksi antara komponen dengan Arduino Uno ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Rangkaian elektrik sistem.

Tabel 1. Koneksi komponen ke Arduino Uno.

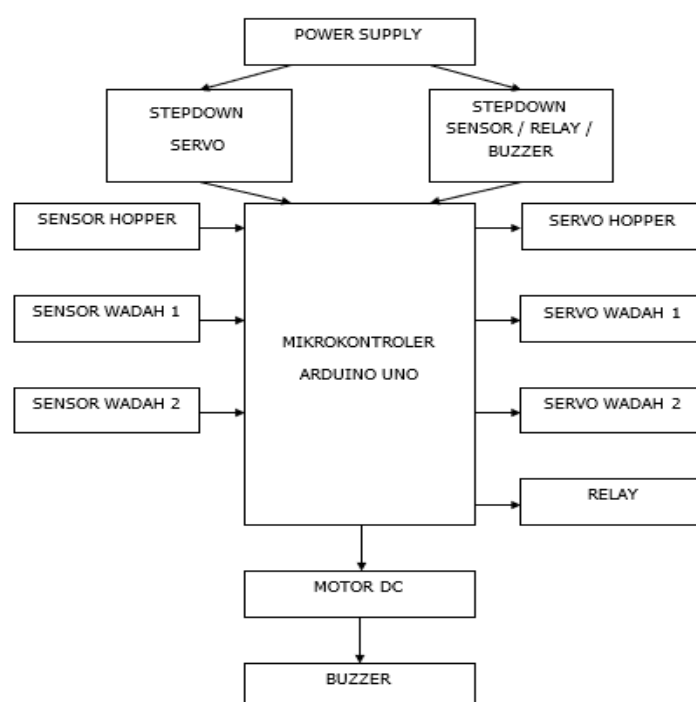
No.	Komponen	Pin Komponen	Pin Arduino Uno / Sumber	Keterangan
1	Sensor hopper	Out	D5	Membaca kondisi pakan pada hopper
2	Sensor wadah 1	Out	D6	Membaca kondisi pakan pada wadah 1
3	Sensor wadah 2	Out	D7	Membaca kondisi pakan pada wadah 2
4	Servo hopper	Signal	D9	Membuka dan menutup jalur pakan dari hopper
5	Servo wadah 1	Signal	D10	Membuka dan menutup jalur pakan ke wadah 1
6	Servo wadah 2	Signal	D11	Membuka dan menutup jalur pakan ke wadah 2
7	Relay	IN	D4	Mengendalikan kerja motor DC
8	Buzzer	DC+	D8	Tanda peringatan ketika hopper kosong

No.	Komponen	Pin Komponen	Pin Arduino Uno / Sumber	Keterangan
9	Sensor, relay, buzzer	VCC	5V	Disuplai dari step-down LM2596
10	Motor servo	VCC	6V	Disuplai dari step-down XL4016
11	PWM	V+	No. relay	Jalur daya dari relay ke PWM
12	Motor DC	OUT PWM	Motor DC	Menggerakkan auger pada pipa

2.4. Diagram Alir Sistem

Diagram alir sistem digunakan untuk menjelaskan urutan kerja alat pemberi pakan ayam broiler otomatis. Proses diawali dengan pembacaan kondisi pakan pada hopper menggunakan sensor E18-D80NK. Jika hopper kosong, sistem tidak menjalankan proses pengisian dan buzzer akan berbunyi sebagai tanda peringatan. Jika hopper berisi pakan, Arduino Uno akan melanjutkan pembacaan kondisi wadah 1 dan wadah 2.

Apabila wadah pakan terdeteksi kosong, Arduino Uno akan memberi perintah kepada motor servo untuk membuka jalur pakan. Relay kemudian mengaktifkan motor DC RS-895 untuk memutar auger sehingga pakan terdorong melalui pipa menuju wadah. Setelah sensor membaca bahwa wadah sudah terisi, motor DC berhenti dan servo menutup kembali jalur pakan. Setelah proses pengisian wadah selesai, sistem menjalankan proses clear pipa untuk menyalurkan sisa pakan di dalam pipa menuju wadah 3. Diagram alir sistem ditunjukkan pada Gambar 4.

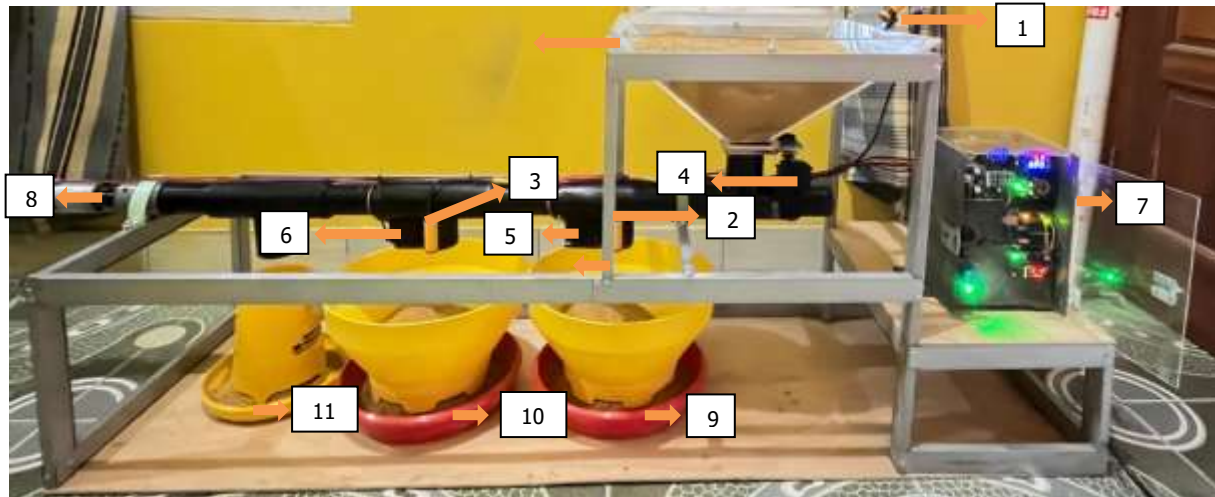


Gambar 4. Diagram alir sistem

3. HASIL PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perancangan Alat

Perancangan alat pemberi pakan ayam broiler otomatis berbasis mikrokontroler yang telah direalisasikan.



Gambar 5. Bentuk alat pemberi pakan ayam broiler otomatis.

Bagian-bagian dari alat pemberi pakan ayam broiler otomatis adalah sebagai berikut:

1. Sensor hopper, berfungsi untuk membaca kondisi pakan pada hopper.
2. Sensor wadah 1, berfungsi untuk membaca kondisi pakan pada wadah pakan 1.
3. Sensor wadah 2, berfungsi untuk membaca kondisi pakan pada wadah pakan 2.
4. Servo hopper, berfungsi untuk membuka dan menutup jalur pakan dari hopper menuju pipa penyalur.
5. Servo wadah 1, berfungsi untuk membuka dan menutup jalur pakan menuju wadah pakan 1.
6. Servo wadah 2, berfungsi untuk membuka dan menutup jalur pakan menuju wadah pakan 2.
7. Box kontrol, berfungsi sebagai tempat komponen kontrol seperti Arduino Uno, relay, step-down, PWM, dan rangkaian kelistrikan.
8. Motor DC, berfungsi sebagai penggerak auger untuk mendorong pakan di dalam pipa.
9. Wadah pakan 1, berfungsi sebagai tempat keluarnya pakan pada jalur pertama.
10. Wadah pakan 2, berfungsi sebagai tempat keluarnya pakan pada jalur kedua.
11. Wadah pakan 3, berfungsi sebagai tempat penampungan sisa pakan dari proses clear pipa.

3.2. Pengujian Sensor E18-D80NK

Pengujian sensor E18-D80NK dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca kondisi pakan pada hopper, wadah 1, dan wadah 2. Sensor diuji dalam dua kondisi, yaitu saat pakan terdeteksi dan saat pakan tidak terdeteksi.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor E18-D80NK.

No.	Jenis Sensor	Kondisi pengujian	Output Sensor	keterangan
1	Sensor hopper	Ada pakan	LOW	Sesuai

No.	Jenis Sensor	Kondisi pengujian	Output Sensor	keterangan
2	Sensor hopper	Tidak ada pakan	HIGH	Sesuai
3	Sensor wadah 1	Ada pakan	LOW	Sesuai
4	Sensor wadah 1	Tidak ada pakan	HIGH	Sesuai
5	Sensor wadah 2	Ada pakan	LOW	Sesuai
6	Sensor wadah 2	Tidak ada pakan	HIGH	Sesuai

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh sensor bekerja sesuai logika program, baik saat pakan terdeteksi maupun tidak terdeteksi.

3.3. Pengujian Kalibrasi Sensor Wadah Pakan

Pengujian kalibrasi sensor wadah pakan dilakukan untuk menentukan posisi sensor E18-D80NK sebagai batas berhenti pengisian pada wadah 1 dan wadah 2. Sensor tidak digunakan untuk mengukur berat pakan secara langsung, tetapi membaca ketinggian pakan yang telah disesuaikan dengan hasil penimbangan.

Tabel 3. Hasil pengujian kalibrasi sensor wadah pakan.

No.	Wadah Pakan	Percobaan 1	Percobaan 2	Rata-rata	Keterangan
1	Wadah 1	1,025 kg	1,037 kg	1,031 kg	Berhasil
2	Wadah 2	1,031 kg	1,026 kg	1,029 kg	Berhasil

Hasil pada Tabel 3 pengujian berat pakan bersih diperoleh dengan mengurangi berat total hasil timbang dengan berat wadah pakan sebesar 0,300 kg. Rata-rata berat pakan dihitung menggunakan rumus rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{n} \quad (1)$$

Keterangan :

- $\bar{x}$ = rata-rata berat pakan
- x_1 = hasil percobaan ke-1
- x_2 = hasil percobaan ke-2
- n = jumlah percobaan

3.4. Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo dilakukan untuk memastikan gerakan buka dan tutup jalur pakan sesuai dengan sudut yang telah ditentukan pada program. Servo yang diuji terdiri dari servo hopper, servo wadah 1, dan servo wadah 2.

Tabel 4. Hasil pengujian motor servo.

No	Jenis Servo	Perintah	Respon Servo (°)	Waktu Jeda Servo (detik)	keterangan
1	Servo hopper	Buka	0°	0,70	Berhasil
2	Servo hopper	Tutup	150°	0,70	Berhasil
3	Servo wadah 1	Buka	0°	0,70	Berhasil

No	Jenis Servo	Perintah	Respon Servo (°)	Waktu Jeda Servo (detik)	keterangan
4	Servo wadah 1	Tutup	90°	0,70	Berhasil
5	Servo wadah 2	Buka	0°	0,70	Berhasil
6	Servo wadah 2	Tutup	90°	0,70	Berhasil

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh servo bergerak sesuai sudut yang ditentukan.

3.5. Pengujian Relay dan Motor DC

Pengujian relay dan motor DC dilakukan untuk mengetahui apakah motor DC dapat menyala dan mati sesuai perintah dari Arduino Uno. Relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang menghubungkan atau memutuskan daya motor DC.

Tabel 5. Hasil pengujian relay dan motor DC.

No	Kondisi pengujian	Respon Alat	keterangan
1	Relay OFF	Motor DC mati	Sesuai
2	Relay ON	Motor DC menyala	Sesuai
3	Motor DC menyala	Auger berputar	Sesuai
4	Auger berputar	Pakan tersalurkan melalui pipa	Sesuai

Hasil pada Tabel 5 menunjukkan bahwa relay mampu mengatur kerja motor DC. Saat relay aktif, motor menyala dan auger berputar untuk menyalurkan pakan melalui pipa.

3.6. Pengujian Buzzer

Pengujian buzzer dilakukan untuk memastikan tanda peringatan dapat bekerja sesuai kondisi alat. Buzzer digunakan sebagai tanda ketika hopper kosong dan sebagai tanda awal proses pengisian pakan.

Tabel 6. Hasil pengujian buzzer.

No	Kondisi pengujian	Respon Buzzer	keterangan
1	Hopper kosong	Buzzer berbunyi	Sesuai
2	Hopper berisi pakan	Buzzer mati	Sesuai
3	Awal proses pengisian	Buzzer berbunyi pendek	Sesuai

Hasil pada Tabel 6 menunjukkan bahwa buzzer bekerja sesuai kondisi alat, yaitu berbunyi saat hopper kosong dan berbunyi pendek pada awal pengisian.

3.7. Pengujian Clear Pipa

Pengujian clear pipa dilakukan untuk memastikan sisa pakan di dalam pipa dapat tersalurkan menuju wadah 3. Proses ini dilakukan setelah pengisian wadah 1 dan wadah 2 selesai. Saat proses clear pipa berjalan, servo hopper, servo wadah 1, dan servo wadah 2 berada pada posisi tertutup.

Tabel 7. Hasil pengujian clear pipa.

No	Kondisi pengujian	Respon Alat	keterangan
1	Pengisian wadah selesai	Semua servo menutup	Sesuai

No	Kondisi pengujian	Respon Alat	keterangan
2	Clear pipa dimulai	Motor DC menyala	Sesuai
3	Motor DC menyala	Auger menyalurkan sisa pakan ke wadah 3	Sesuai
4	Clear pipa selesai	Motor DC mati	Sesuai

Total waktu clear pipa dihitung menggunakan rumus :

$$t_{\{total\}} = t_1 + t_2 + t_3 \quad (2)$$

Keterangan :

- $t_{\{total\}}$ = Total waktu proses clear pipa
- t_1 = Waktu jeda awal sebelum motor DC menyala
- t_2 = Waktu motor DC menyala untuk proses clear pipa
- t_3 = Waktu jeda akhir setelah motor DC berhenti

$$t_{\{total\}} = 1 + 10 + 0,7$$

$$t_{\{total\}} = 11,7 \text{ detik}$$

Menunjukkan bahwa proses *clear pipa* berjalan sesuai rancangan. Sisa pakan didalam pipa dapat terdorong oleh auger menuju wadah 3.

3.8. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kinerja alat pemberi pakan ayam broiler otomatis secara menyeluruh. Bagian yang diuji meliputi sensor E18-D80NK, kalibrasi sensor wadah pakan, motor servo, relay dan motor DC, buzzer, clear pipa, serta kerja alat secara keseluruhan.

Tabel 8. Hasil pengujian clear pipa.

No	Pengujian	Jumlah Pengujian	Berhasil	Persentase	keterangan
1	Sensor E18D80NK	6	6	100%	Sesuai
2	Kalibrasi sensor wadah pakan	4	4	100%	Sesuai
3	Motor servo	6	6	100%	Sesuai
4	Relay dan motor DC	4	4	100%	Sesuai
5	Buzzer	3	3	100%	Sesuai
6	Clear pipa	4	4	100%	Sesuai
7	Sistem keseluruhan	8	8	100%	Sesuai

Persentase keberhasilan sistem keseluruhan dihitung dari jumlah pengujian yang berhasil dibandingkan dengan total pengujian.

$$Ps = \frac{\sum B}{\sum U} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

- Ps = persentase keberhasilan
- $\sum B$ = Jumlah pengujian berhasil

- $\sum U$ = Jumlah seluruh pengujian
 - $\sum U = 6 + 4 + 6 + 4 + 3 + 4 + 8 = 35$
 - $\sum B = 6 + 4 + 6 + 4 + 3 + 4 + 8 = 35$
- $$Ps = \frac{35}{35} \times 100\%$$
- $$Ps = 100\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem memperoleh persentase keberhasilan sebesar 100%. Dengan demikian, alat dapat bekerja sesuai rancangan pada seluruh bagian yang diuji

4. KESIMPULAN

1. Telah berhasil dirancang dan dibangun alat pemberi pakan ayam broiler otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini terintegrasi dengan sensor E18-D80NK sebagai pendeteksi kondisi pakan, motor servo sebagai pembuka dan penutup jalur pakan, relay sebagai saklar motor DC, motor DC RS-895 sebagai penggerak auger, serta buzzer sebagai tanda peringatan ketika hopper kosong.
2. Alat dapat bekerja secara otomatis berdasarkan kondisi pakan yang terbaca oleh sensor. Sensor E18-D80NK mampu membaca kondisi pakan pada hopper, wadah 1, dan wadah 2 dengan output LOW saat pakan terdeteksi dan HIGH saat pakan tidak terdeteksi. Hasil pengujian kalibrasi menunjukkan rata-rata berat pakan pada wadah 1 sebesar 1,031 kg dan wadah 2 sebesar 1,029 kg, sehingga target pengisian tidak kurang dari 1 kg dapat terpenuhi. Selain itu, motor servo, relay, motor DC, buzzer, dan proses clear pipa dapat bekerja sesuai rancangan. Berdasarkan pengujian keseluruhan, sistem memperoleh persentase keberhasilan 100%, sehingga alat ini dapat digunakan sebagai prototipe pemberi pakan ayam broiler otomatis skala kecil.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] N. J. Sapta Priyana Amin, "https://jurnal.unpad.ac.id," Evaluasi Kualitas Pakan terhadap Indeks Performa Ayam Ras Pedaging , 5 JUNI 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.unpad.ac.id/jnttip/article/view/46766/20600>.
- [2] J. f. D. Ratna Asnita Dewi, "RANCANG BANGUN ALAT PAKAN AYAM OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO," <https://e-jurnal.pnl.ac.id>, 1 Maret 2023. [Online]. Available: <https://e-jurnal.pnl.ac.id/TEKTRO/article/view/3856/3014>.
- [3] B. F. T. D. H. Bayu Kusumo, "Rancang Bangun Alat Otomatis Pakan Ayam Menggunakan Motor Servo Berbasis Arduino Uno," <https://jurnalteknik.unkris.ac.id>, 3 September 2025. [Online]. Available: <https://jurnalteknik.unkris.ac.id/index.php/jie/article/view/669>.
- [4] harmoko, "Efektivitas Pemberian Pakan Konsentrat terhadap Peningkatan Bobot Badan Ayam Broiler," 30 Januari 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada/article/view/1597>.
- [5] S. E. Putri, "https://online-journal.unja.ac.id," Putri, S. E., Abdullah, F. M., Septiyaningsih, R., Aulia, F., & Rahayu, T. P. (2025). NMemahami Pentingnya Protein dan Serat. Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan, 1 5 2025. [Online]. Available: <https://online-journal.unja.ac.id/jiip/article/view/35982>.

- [6] T. d. H. Kusumo, "https://jurnalteknik.unkris.ac.id," Kusumo, B., Triyanto, B. F., & Hakim, T. D. (2025). Rancang Bangun Alat Otomatis Pakan Ayam Menggunakan Motor Servo Berbasis Arduino Uno. Jurnal Elektro, 13(2), 3 09 2025. [Online]. Available: <https://jurnalteknik.unkris.ac.id/index.php/jie/article/view/669>.
- [7] R. Setiawan, "pengertian arduino," [Online]. Available: <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-arduino/>.
- [8] dewa, "PWM dapat digunakan untuk mengatur keluaran berupa sinyal gelombang PWM, salah satunya untuk mengendalikan kecepatan motor," 1 Januari 2014. [Online]. Available: https://blog.dewaweb.com/pengertian-power-supply/#Pengertian_Power_Supply.
- [9] A. Thangam Joy, "Relay merupakan saklar yang bekerja secara elektrik untuk membuka dan menutup rangkaian berdasarkan sinyal kontrol," 12 Januari 2024. [Online]. Available: <https://tameson.com/pages/types-of-relays>.
- [10] H. Rifdian, "PWM dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC melalui perubahan nilai duty cycle pada sinyal yang diberikan ke motor (Rifdian & Hartanto, 2018).," 3 Maret 2018. [Online]. Available: <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/jurnalpenelitian/article/view/3>
- [11] Lesmana, Krisna "Prototipe Penggunaan Motor Servo untuk Dispenser Otomatis Berbasis Arduino" <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jitet/article/view/6063/2417>
- [12] A. Lestari, "Motor DC dapat dikendalikan menggunakan mikrokontroler untuk mengatur kerja motor, seperti menyalakan, mematikan, dan mengatur kecepatan motor (Anwari, Hari Santoso, & Amaliah Lestari, 2025).," 14 4 2025. [Online]. Available: <https://ojs.stttexmaco.ac.id/index.php/infotex/article/view/160>.
- [13] Patrisina, Zadry, & Oktaviani,, "Pemberian pakan secara manual dilakukan dengan memasukkan pakan ke tempat pakan satu per satu, sehingga membutuhkan waktu dan kurang efisien," 2023. [Online]. Available: <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/SENASTI/article/download/8020/3266/24765>.
- [14] M. R. Ja'faarer, "Step-down digunakan untuk menurunkan tegangan agar sesuai dengan kebutuhan komponen elektronik seperti Arduino, relay, dan sensor," 16 Maret 2024. [Online]. Available: <https://ojs.stttexmaco.ac.id/index.php/infotex/article/view/83>.
- [15] Alamsyah, Pracoyo, & Safitri, "Auger atau screw conveyor digunakan untuk memindahkan material berbentuk butiran atau semi padat melalui putaran ulir di dalam saluran (Alamsyah, Pracoyo, & Safitri, 2024).," 17 11 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.uniramalang.ac.id/metrotech/article/view/3472>.
- [16] Hary Witjahyo, "Sensor Infrared Proximity E18-D80NK dapat digunakan sebagai pendeteksi objek pada sistem otomatis berbasis Arduino," 9 10 2024. [Online]. Available: <https://ojs.stttexmaco.ac.id/index.php/infotex/article/view/145>.
- [17] M. H. Fadilah, "https://ojs.stttexmaco.ac.id," Arduino IDE digunakan sebagai software untuk membuat dan mengunggah program ke mikrokontroler berbasis Arduino , 12

Maret 2024. [Online]. Available:
<https://ojs.stttexmaco.ac.id/index.php/infotex/article/view/81>.

- [18] A. Amelia, "https://ojs.stttexmaco.ac.id," Anwari, A., Sunarto, B., & Amelia, A. (2024). Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Organik dan Anorganik Otomatis Berbasis Arduino Uno untuk Kantin STT Texmaco Subang. INFOTEX: Jurnal Ilmiah <https://ojs.stttexmaco.ac.id/index.php/infotex/article/view/82>

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Power Supply Relay Proteksi, Heater Kubikel & Penerangan Gardu Tembok

Lilik Hari Santoso¹, Budi Sunarto², Kobul Pangidoan³

¹²³Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: lilik.hs@yahoo.com

Received 31 Agustus 2026 | Revised 14 September 2026 | Accepted 22 September 2026

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan solusi inovatif untuk menyediakan pasokan daya bagi relai proteksi, pemanas, dan penerangan pada gardu tembok, khususnya di kawasan industri pelanggan Tegangan Menengah. Umumnya, gardu tembok yang letaknya jauh dari sumber 220 Volt memerlukan investasi sangat besar dan ruang luas untuk pemasangan trafo distribusi beserta material kubikel. Selain itu, sistem konvensional yang mengandalkan daya dari jaringan distribusi sangat rentan gagal. Saat terjadi gangguan jaringan, relai akan kehilangan daya dan tidak bisa berfungsi. Sebagai solusi, dirancang sistem PLTS sederhana dan ringkas dengan panel surya di atap serta panel kontrol di dinding gardu. Pemanfaatan PLTS ini terbukti mampu memberikan efisiensi anggaran secara maksimal, menghemat penggunaan ruang, serta meningkatkan keandalan sistem proteksi. Dengan sumber listrik mandiri, relai tidak lagi terpengaruh oleh berbagai gangguan instalasi pelanggan maupun distribusi, sehingga selalu siap bekerja mengamankan jaringan dari arus gangguan secara optimal.

Kata Kunci: PLTS, Catu Daya, Relay Proteksi, Heater Kubikel, Gardu Tembok.

ABSTRACT

Solar Power Plants (PLTS) offer an innovative solution for supplying power to protection relays, heaters, and lighting systems in masonry substations, particularly those serving medium-voltage industrial customers. Typically, masonry substations located far from a 220-volt power source require significant investment and extensive space to accommodate distribution transformers and switchgear cubicles. Furthermore, conventional systems relying on power from the distribution grid are highly susceptible to failure; during grid disturbances, relays lose power and become inoperative. To address this, a simple, compact solar power system has been designed, featuring roof-mounted solar panels and a wall-mounted control panel. Implementing this solar power solution maximizes cost-efficiency, saves space, and enhances the reliability of the protection system. With an independent power source, relays remain unaffected by disturbances in either customer installations or the distribution grid, ensuring they are always ready to optimally protect the network against fault currents.

Keywords: Solar Power Plant, Power Supply, Protection Relay, Cubicle Heater, Masonry Substation.

1. PENDAHULUAN

Salah satu pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi listrik adalah pembangkit listrik tenaga surya, atau disingkat PLTS. Fasilitas ini menggunakan teknologi sel surya, yang juga dikenal sebagai fotovoltaiik, untuk menghasilkan listrik. Modul fotovoltaiik, inverter jaringan atau pengontrol pengisian daya surya, baterai, dan sejumlah komponen tambahan membentuk sistem PLTS. Terdapat berbagai jenis sistem PLTS, termasuk sistem mandiri yang tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (off-grid) dan sistem yang terhubung ke jaringan listrik PLN (on-grid)[1]. Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan yang banyak tersedia di Indonesia. Dengan intensitas matahari harian yang cukup, Indonesia memiliki sumber energi surya yang melimpah karena letaknya yang berada di garis khatulistiwa[2], [3]. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 Bab III Bagian Satu Kebijakan Utama Paragraf 3 Pasal 12 ayat (1) bagian b tentang pemanfaatan sumber daya energi nasional, "Pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis energi surya diarahkan untuk listrik, dan energi non-listrik untuk industri, rumah tangga, dan transportasi"[4]. Peraturan ini menguraikan potensi energi terbarukan Indonesia. Oleh karena itu, optimalisasi pemanfaatan energi surya perlu dilakukan. Dengan kondisi cuaca daerah karawang yang lebih dominan pada cuaca panas setiap harinya, tentunya pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) akan lebih optimal. Perkembangan industri di wilayah Jawa Barat khususnya Karawang sangat berkembang pesat dan kebutuhan suplay listrik semakin banyak dan lebih handal. Gangguan yang disebabkan oleh instalasi akan menyebabkan instalasi lainnya yang terhubung secara system akan merasakan gangguan tersebut, sehingga peralatan distribusi harus semakin handal dan system proteksi harus semakin handal. Dengan adanya suplay power dari PLTS ini untuk power proteksi, power heater dan penerangan di dalam gardu tembok harapannya system bisa bekerja lebih handal. Bisa dibayangkan apabila adanya gangguan system pada suatu instalasi maka secara otomatis power listrik pada instalasi tersebut sudah pasti berhenti bekerja, namun ada satu system yang diharapkan tidak ikut berhenti bekerja apa bila terjadi kondisi tersebut yaitu "Sistem Proteksi". Sistem proteksi harus akan dapat bekerja di suplay power pada alat normal, dengan adanya power suplay dari PLTS ini maka system proteksi tidak akan ikut padam jika adanya gangguan internal pada suatu instalasi[5], [6]. Begitu juga heater merupakan 1 komponen penting dalam kubikel 20KV. Fungsinya sangat penting untuk menjaga kelembapan dalam instalasi kubikel 20KV. Beberapa kasus terjadinya gangguan kubikel 20KV yang terjadi akibat dari tidak berfungsinya heater [7], [8], [9].

2. METODE

2.1 Analisis Kebutuhan Beban

Perancangan diawali dengan mengidentifikasi total konsumsi energi harian pada gardu tembok. Komponen beban mencakup relay proteksi DC, heater kubikel AC, dan lampu penerangan AC.

Tabel 1. Rincian Kebutuhan Energi Harian Gardu Tembok

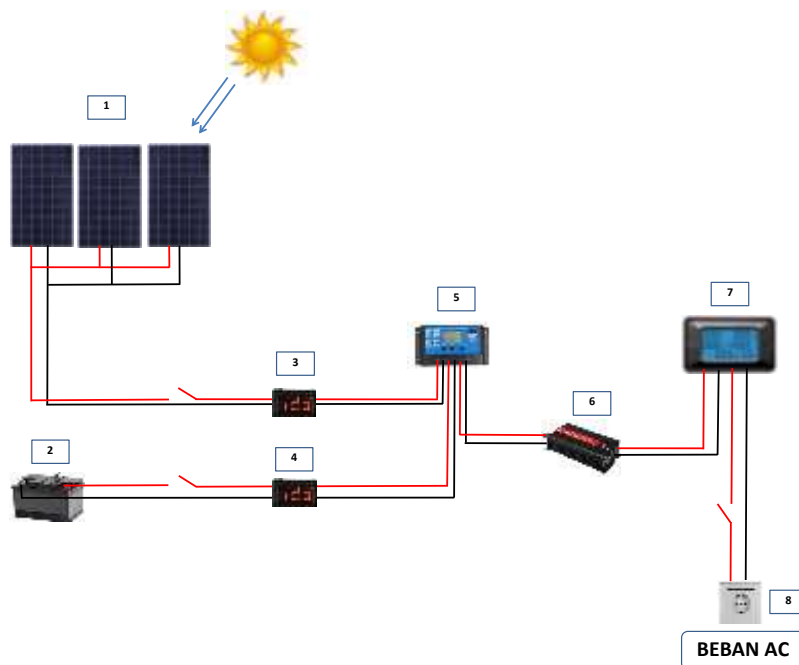
No	Peralatan/Beban	Daya (W)	Jumlah	Total Daya (W)	Durasi (Jam)	Konsumsi (Wh)
1	Relay Proteksi (DC)	5	1 unit	5	24	120
2	Heater Kubikel (AC)	55	3 unit	165	24	3.960
3	Lampu Penerangan (AC)	30	2 unit	60	3	180
Total Konsumsi Energi				185 W		4.260 WH

2.2 Diagram Skematik

Gambar 2 mengilustrasikan diagram skematik dan pengawatan dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Off-Grid Photovoltaic System) yang dirancang untuk menyuplai daya ke beban Alternating Current (AC) pada gardu tembok.

Arsitektur dan komponen utama dari rangkaian PLTS ini terdiri dari:

1. Modul Panel Surya (PV Array) (1): Terdiri dari tiga unit panel surya yang dihubungkan secara paralel untuk menangkap radiasi sinar matahari dan mengonversinya menjadi energi listrik arus searah (Direct Current / DC).
2. Baterai / Akumulator (2): Berfungsi sebagai media penyimpan energi listrik (energy storage system) guna menjamin ketersediaan daya secara berkesinambungan (uninterruptible power supply).
3. Voltmeter/Digital Meter PV (3): Berfungsi untuk memantau nilai tegangan dan arus listrik DC yang dihasilkan oleh panel surya secara real-time.
4. Voltmeter/Digital Meter Baterai (4): Berfungsi untuk mengawasi status tegangan dan pengisian/pengosongan (charging/discharging) pada Baterai.
5. Solar Charge Controller / SCC (5): Berperan sebagai pengatur regulasi daya, mengontrol tegangan dan arus dari panel surya menuju baterai, serta melindungi baterai dari risiko overcharge maupun overdischarge.
6. Power Inverter (6): Berfungsi mengonversi tegangan arus searah (DC) dari baterai/SCC menjadi tegangan arus bolak-balik (AC) bertegangan 220 Volt.
7. Digital Power Meter AC (7): Berfungsi memantau dan menampilkan parameter kelistrikan beban AC secara lengkap, meliputi tegangan, arus, daya, dan frekuensi (50 Hz).
8. Terminal/Stopkontak Beban AC (8): Tempat mendistribusikan daya listrik AC hasil konversi ke peralatan gardu, seperti relai proteksi, pemanas (heater) kubikel, dan lampu penerangan.



Gambar 2. Diagram Skematik

Prinsip kerja sistem diawali dengan penyerapan radiasi matahari oleh tiga modul panel surya (1). Energi listrik DC yang dihasilkan dialirkan menuju *Solar Charge Controller* (SCC) (5) melalui sakelar pengaman dan alat ukur digital (3). SCC mengatur pengisian arus ke baterai (2) yang kondisinya dipantau oleh pemantau tegangan (4). Selanjutnya, arus DC dari SCC dialirkan ke *power inverter* (6) untuk diubah menjadi arus bolak-balik (AC 220V/50Hz). Keluaran dari *inverter* melewati *digital power meter* (7) untuk mengukur parameter konsumsi daya sebelum akhirnya disalurkan melalui terminal (8) menuju beban AC gardu tembok.

2.3 Perhitungan Komponen Utama PLTS

1. Kapasitas Panel Surya (P_{pv})

Untuk mencari total kapasitas panel surya, kita perlu mengetahui total kebutuhan energi harian dan rata-rata durasi penyinaran matahari efektif di lokasi pemasangan, yang biasa disebut dengan Peak Sun Hours (PSH). Di Indonesia, nilai PSH rata-rata berkisar antara 3.5 hingga 4.5 jam (tergantungan wilayah dan kondisi cuaca). Untuk perhitungan aman kita menggunakan angka 4 jam. Untuk Faktor rugi-rugi (Losses Factor) kita gunakan 1,25 (artinya ada cadangan 25% untuk mengkompensasi rugi-rugi akibat efisiensi panel yang turun karena panas, rugi kabel, kotoran/debu dan efisiensi Solar Charge Controller). Jadi untuk menghitung total kapasitas panel surya yang dibutuhkan dalam satuan Watt Peak (Wp), kita gunakan rumus :

$$P_{pv} = \frac{\text{Total Energy}}{\text{PSH}} \times \text{loss} \quad (1)$$

$$= \frac{4260 \text{ Wh}}{4 \text{ h}} \times 1.25 = 1.331,25 \text{ Wp}$$

Kebutuhan ini setara dengan 14 unit panel surya berkapasitas 100 Wp.

Tabel 2. Spesifikasi Panel Surya yang digunakan

Solar Panel 100 WP Poly Crystalline	
Kapasitas	Nilai
Model GH 100P	18 Volt
Rate Maksimum (P_{max})	100W
Toleransi	3%
Voltage at P_{max} (V_{mp})	18,30V
Current at P_{max} (I_{mp})	5,47A
Open-Circuit Voltage (V_{oc})	22.5 V
Short Circuit Current (I_{sc})	5,91A
Normal Operating Cell Temp (NOCT)	47°C
Maksimum System Voltage	1000VDC
Maksimal Series Fuse Rating	15 A
Operating Temperature	40 – 85 °C
Application Class	Class A
Cell Technology	Poly-Si
Weight	8.5 kg
Dimension (mm)	1020*670*30 mm

2. Kapasitas Baterai (C_{bat}):

Tegangan sistem dirancang sebesar 12 V dengan Depth of Discharge (DoD) baterai sebesar 80% (0,8):

$$C_{bat} = \frac{\text{Total Energy}}{\text{Tegangan System} \times \text{DoD}} \quad (2)$$

$$= \frac{4260Wh}{12 V \times 0.8} = 443,75 Ah$$

Kapasitas ini dipenuhi oleh 5 unit baterai 12 V 100 Ah yang dirangkai paralel.

3. Inverter

Daya kontinyu total beban AC dan DC adalah 185 W. Untuk menjamin efisiensi dan mengantisipasi lonjakan daya (surge power) awal, dipilih inverter tipe High Frequency berkapasitas minimum 400 W[10].

4. Solar Charge Controller (SCC)

Arus minimum SCC dihitung berdasarkan total daya beban terhadap tegangan sistem:

$$Arus SCC = Jumlah Panel \times \frac{Daya Beban}{Tegangan} \quad (3)$$

$$= 14 \times \frac{185 W}{12 V} = 215,74 A$$

2.4 Desain Perangkat Keras

Dalam pembuatan dan perakitan rangka panel surya dibutuhkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses rancangan.

Tabel 3. Alat dan Bahan

Alat	Bahan
a. Las	a. Kabel Serabut & Kabel Tunggal
b. Mesin Bor	b. Panel Surya
c. Gerinda	c. Baut & Mur
d. Kipas Angin	d. Aki
e. Tang Potong dan Kombinasi	e. Inverter
f. Beng + dan Obeng –	f. Besi <i>Hollow</i>
g. Miltimeter	g. Panel Box
	h. Digitas Wattmeter
	i. MCB
	j. Stok Kontak dan
	k. <i>Solar Charge Controller</i>
	l. Saklar ON/OFF

2.5 Prosedur Perakitan Rangka Panel Surya

Prosedur pembuatan dan perakitanrangka panel surya yaitu sebagai berikut :

- Menyiapkan alat dan bahan.
- Melobangi panel untuk komponen-komponen yang ada pada panel surya.
- Menempatkan seluruh komponen pada lobang yang sudah dibuatkan pada panel surya.
- Mengencangkan seluruh komponen dalam panel.
- Merangkai seluruh komponen sesuai dengan desain yang sudah dibuatkan.
- Melakukan pengujian rangkaian dengan menggunakan Multit tester.
- Melakukan pengujian dengan instalasi yang sudah selesai dirangkai.



Gambar 3. Panel PLTS Tampak Depan



Gambar 4. Panel PLTS Tampak Samping



Gambar 5. Wiring Panel PLTS



Gambar 6. Solar Panel 100 WP

2.6 Rangkaian Sistem

Prosedur pembuatan rangkaian sistem yaitu :

1. Menyiapkan panel surya, panel box dan beban
2. Memasang komponen pada panel box yang terdiri dari *MCB, digital multimeter, Solar Charge Controller, Inverter, Stop Kontak, Saklar ON/OFF, Volt meter.*
3. Memasang Aki dan menghubungkan ke Panel box.
4. Memasang Panel Surya dan menghubungkan ke Panel box.
5. Memasang beban.



Gambar 7. Hasil Perancangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian PLTS Tanpa Beban

Tabel 4. Pengujian Tanpa Bebas

No	Waktu	wattmeter PLTS					Tegangan Panel	Tegangan Accu	Keterangan
		Tegangan	Arus	Pout (W)	Kwh	PF			
1	10.00	234	0,03	0.00	0.02	0.06	13	12.8	Cerah
2	10.30	236	0,03	0.00	0.02	0.06	13.2	13.0	Cerah
3	11.00	237	0,03	0.00	0.03	0.06	13.2	13.2	Cerah
4	11.30	239	0,03	0.00	0.03	0.06	13.5	13.5	Cerah
5	12.00	239	0,03	0.00	0.03	0.06	13.5	13.5	Cerah
6	12.30	240	0,03	0.00	0.03	0.06	13.7	13.6	Cerah
7	13.00	242	0,03	0.00	0.03	0.06	13.8	13.8	Cerah
8	13.30	246	0,03	0.00	0.03	0.06	14.6	14.4	Cerah
9	14.00	245	0,03	0.00	0.03	0.06	14.5	14.5	Cerah
10	14.30	234	0,03	0.00	0.03	0.06	12.7	12.7	Mulai Berkurang

Pengujian tanpa beban dilaksanakan pada interval waktu pukul 10:00 WIB hingga 14:30 WIB. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa mulai pukul 10:00 WIB, panel surya mampu menghasilkan arus pengisian yang efektif menuju baterai. Pada pukul 14:30 WIB, terjadi penurunan intensitas radiasi matahari secara gradual, yang mengakibatkan tegangan keluaran panel surya menurun hingga mendekati nilai tegangan baterai.

3.2 Pengujian PLTS Berbeban

Tabel 5. Pengujian PLTS Berbeban

No	Waktu	Panael Surya	Output Baterai	Kwh Digital			
		Tegangan	Tegangan	Tegangan	Arus	Pout(W)	PF
1	10.00	12,3	12.2	226	0.26	55.41	0.95
2	10.30	12.5	12.5	228	0.26	55.43	0.95
3	11.00	12.8	12.7	229	0.26	56.29	0.95
4	11.30	12.8	12.7	229	0.26	56.29	0.95
5	12.00	12.8	12.7	229	0.26	56.29	0.95
6	12.30	12.9	12.8	231	0.26	56.30	0.95
7	13.00	13.0	12.9	232	0.26	57.00	0.95
8	13.30	13.1	13	233	0.26	57	0.95
9	14.00	13.1	12.9	232	0.26	57	0.95
10	14.30	12.3	12.3	226	0.26	55.67	0.09

Pengujian sistem berbeban menggunakan simulasi beban AC berupa kipas angin berdaya 50 Watt / 220 Volt. Berdasarkan hasil uji jalan, inverter dan sistem penyalur daya PLTS mampu mengoperasikan beban tersebut secara kontinu tanpa mengalami gangguan operasional maupun penurunan tegangan sistem yang drastis.

3.3 Pengujian Ketahanan Baterai (Tanpa Panel Surya)

Tabel 6. Pengujian PLTS Berbeban tanpa Panel Surya

No	Waktu	Panael Surya	Output Baterai	Kwh Digital			
		Tegangan	Tegangan	Tegangan	Arus	Pout(W)	PF
1	16.00	0	12.2	225	0.25	51.5	0.90
2	16.15	0	12.0	223	0.24	47.8	0.89
3	16.30	0	11.9	222	0.24	47.27	0.89
4	16.45	0	11.7	220	0.22	46.77	0.89

Pengujian ini bertujuan untuk menguji keandalan baterai dalam menyuplai beban saat panel surya tidak menghasilkan daya (kondisi malam hari atau cuaca buruk). Dengan

menggunakan baterai uji coba kapasitas 12 V 12 Ah dan beban simulasi 50 W, baterai mampu bertahan selama 45 menit.

Melalui pendekatan ekstrapolasi linear untuk kebutuhan durasi 24 jam:

$$\text{Kapasitas 24 Jam} = \frac{1440 \text{ menit}}{45 \text{ menit}} \times 12 \text{ Ah} = 384 \text{ Ah}$$

Hasil ekstrapolasi ini membuktikan bahwa kapasitas baterai hasil perancangan sebesar 443,75 Ah sangat memadai dan handal untuk menjaga kontinuitas catu daya sistem proteksi dan heater kubikel secara nonstop.

4. KESIMPULAN

1. Rancang bangun PLTS off-grid berhasil diimplementasikan sebagai solusi alternatif catu daya mandiri yang efisien dan handal pada gardu tembok terisolir.
2. Penerapan sistem PLTS meningkatkan keandalan sistem proteksi kubikel 20 kV secara signifikan karena catu daya relay terpisah secara independen dari jaringan utama, sehingga relay tetap bertegangan (always-on) dan siap memutus arus gangguan saat terjadi outage pada jaringan.
3. Pengoperasian heater kubikel secara berkesinambungan terbukti efektif menjaga tingkat kelembapan interior kubikel untuk mencegah terjadinya bahaya korona dan kerusakan isolasi.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] H. B. Nurjaman and T. Purnama, "Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai solusi energi terbarukan rumah tangga," *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 136–142, Nov. 2022, doi: 10.21831/jee.v6i2.51617.
- [2] M. Aksa, Radhiah, and N. Safitri, "Rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya di lahan pertanian sebagai alternatif sumber energi," *J. Tektro*, vol. 8, no. 2, pp. 112–118, Sep. 2024.
- [3] N. Sartika, A. N. R. Fajri, and L. Kamelia, "Analisis kinerja sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap pada Masjid Jami' Al-Muhajirin Bekasi," *TRANSMISI: J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 25, no. 1, pp. 1–9, Jan. 2023, doi: 10.14710/transmisi.25.1.1-9.
- [4] Pemerintah Republik Indonesia, "Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional," Jakarta, 2014. [Daring]. Tersedia: <https://jdih.esdm.go.id/peraturan/PP%20No.%2079%20Thn%202014.pdf>.
- [5] S. A. D. Prasetya, F. Kurniawan, and A. Supriyadi, "Evaluasi keandalan catu daya DC pada sistem proteksi dan kontrol gardu induk 150 kV," *J. Energi & Kelistrikan*, vol. 14, no. 2, pp. 120–129, Dec. 2022.
- [6] F. Rahmawati, I. G. N. S. Buana, and A. A. N. Amrita, "Analisis keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV akibat gangguan arus lebih pada gardu distribusi," *J. SPEKTRUM*, vol. 9, no. 4, pp. 88–96, Dec. 2022.

- [7] R. Amelia and M. S. Hasibuan, "Sistem kendali heater otomatis untuk mencegah penurunan tahanan isolasi pada panel kontrol 150 kV gardu induk," *J. Tek. Elektrik*, vol. 10, no. 1, pp. 45–52, Apr. 2021.
- [8] M. I. Arifin and W. Wahyudi, "Prototype monitoring suhu dan kelembapan pada kubikel 20 kV berbasis IoT untuk pencegahan partial discharge," *TRANSMISI: J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 25, no. 3, pp. 115–122, Jul. 2023, doi: 10.14710/transmisi.25.3.115-122.
- [9] A. H. Ramadhan, M. R. Hidayat, and D. Prasetyo, "Analisis pengaruh kelembaban terhadap terjadinya discharge pada kubikel 20 kV gardu distribusi," *J. Elektrika*, vol. 13, no. 2, pp. 88–95, Oct. 2022.
- [10] M. Z. Fikar dan S. Winardin, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off Grid 500 Watt di Dusun Baku Desa Sumi Kecamatan Lambu," *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, vol. 4, no. 1, hlm. 1837–1841, 2025.

Perancangan Alat Pemilah Plastik Berdasarkan Bentuk dan Warna Berbasis Kecerdasan Buatan

Achmad Anwari¹, Lilik Hari Santoso², Nabillah Shofie Laela³

¹²³Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia

Email: anwarie@stttxmaco.ac.id

Received 28 Agustus 2026 | Revised 11 September 2026 | Accepted 21 September 2026

ABSTRAK

Penanganan yang serius diperlukan untuk masalah sampah plastik yang meningkat. Pemilahan sampah plastik secara konvensional bisa bermasalah, seperti waktu dan penyortiran sampah. Dengan menggunakan metode kecerdasan buatan masalah bisa dikurangi, penelitian ini bertujuan untuk membuat alat pemilah sampah plastik yang dapat membedakan bentuk dan warnanya. Penggunaan modul Seeed Studio XIAO ESP32S3 Sense pada mikrokontroler sebagai perangkat akuisisi data gambar, dan Platform Edge Impulse yang berbasis klasifikasi gambar sebagai representasi model AI dalam melakukan proses identifikasi objek plastik. Ada tiga objek plastik yang dikategorikan: botol (botol plastik), gelas (gelas plastik), dan cap (tutup botol plastik). Kriteria klasifikasi objek membantu motor servo mengarahkan objek ke wadah yang tepat. Hasil klasifikasi dapat ditampilkan secara real-time pada output (LCD). Implementasi rancangan alat pemilah sampah plastik ini sudah dapat mengidentifikasi dan mengelompokkan objek secara otomatis berdasarkan kategori yang telah ditentukan. Alat ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif dan ide baru untuk pengelolaan sampah plastik.

Kata kunci: *Sampah Plastik, Kecerdasan Buatan, Klasifikasi gambar, Edge Impulse, ESP32S3 Sense, Mikrokontroler.*

ABSTRACT

Serious measures are required to address the growing problem of plastic waste. Conventional plastic waste sorting methods often face challenges related to time efficiency and the sorting process itself. Artificial intelligence (AI) methods can help mitigate these issues; this research aims to develop a plastic waste sorting device capable of distinguishing objects based on shape and color. The system utilizes the Seeed Studio XIAO ESP32S3 Sense microcontroller module for image data acquisition and the Edge Impulse platform—leveraging image classification—to implement the AI model for identifying plastic objects. Three categories of plastic objects are defined: bottles (plastic bottles), cups (plastic cups), and caps (plastic bottle caps). Classification results guide a servo motor to direct the object into the appropriate container, with real-time output displayed on an LCD screen. The implemented device successfully identifies and automatically sorts objects according to the established categories. This device offers a promising alternative and a novel approach to plastic waste management.

Keywords: *Plastic waste, Artificial Intelligence, Image classification, Edge Impulse, ESP32-S3 Sense, Microcontroller.*

1. PENDAHULUAN

Produksi plastik global terus meningkat secara signifikan dari tahun ke tahun. Berdasarkan laporan *United Nations Environment Programme* (UNEP), dunia memproduksi lebih dari 460 juta ton plastik per tahun, dan diperkirakan akan meningkat tiga kali lipat pada tahun 2060 jika tidak ada intervensi kebijakan yang serius. Sekitar 40% dari seluruh plastik yang diproduksi merupakan plastik sekali pakai, dan hanya kurang dari 10% yang berhasil didaur ulang secara global. Plastik yang tidak terkelola dengan baik mencemari ekosistem darat, sungai, dan lautan, dengan dampak jangka panjang yang mengancam keanekaragaman hayati dan kesehatan manusia.

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang paling serius dan mendesak di Indonesia maupun di tingkat global. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, timbunan sampah nasional terus meningkat seiring pertambahan jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi masyarakat. Plastik, yang dikenal karena sifatnya yang tahan lama dan sulit terurai secara alami, menjadi komponen terbesar penyumbang pencemaran lingkungan, khususnya di ekosistem perairan dan tanah [1]. Pengelolaan sampah plastik yang tidak tepat, seperti pembuangan ke tempat pembuangan akhir (TPA) tanpa pemilahan, pembakaran terbuka, atau pembuangan ke sungai dan laut, memperburuk dampak negatif yang ditimbulkan. Ini perlu diatasi dengan pendekatan yang lebih sistematis, yaitu melalui pemilahan sampah plastik berdasarkan jenisnya sebelum masuk ke alur pengelolaan lebih lanjut [2][3].

Proses pemilahan sampah secara konvensional hingga saat ini masih menjadi metode yang umum diterapkan, baik di tempat penampungan sementara (TPS) maupun bank sampah. Namun, metode ini memiliki sejumlah keterbatasan, antara lain ketergantungan pada tenaga manusia, rendahnya efisiensi dan konsistensi hasil pemilahan, risiko paparan bahan berbahaya bagi pekerja, serta ketidakmampuan dalam memproses volume sampah yang besar secara cepat [4]. Pemanfaatan kembali sampah plastik melalui daur ulang (*recycling*) merupakan salah satu solusi yang paling efektif untuk mengurangi dampak negatif sampah plastik terhadap lingkungan. Sampah plastik yang telah dipilah berdasarkan jenisnya memiliki nilai ekonomi yang signifikan sebagai bahan baku industri daur ulang. Pemilahan yang baik meningkatkan kualitas bahan baku daur ulang dan nilai jualnya. Namun, tahap pemilahan ini masih menjadi tantangan utama, karena proses konvensional memerlukan waktu dan tenaga yang besar serta rentan terhadap kesalahan manusia (*human error*). Objek yang menjadi fokus penelitian ini meliputi tiga jenis sampah plastik yang paling umum ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, yaitu botol plastik, gelas plastik, dan tutup botol plastik — ketiganya memiliki karakteristik visual (bentuk dan warna) yang berbeda, sehingga dapat dijadikan kelas dalam proses klasifikasi gambar berbasis kecerdasan buatan. Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), khususnya di bidang *computer vision* dan *machine learning*, telah membuka peluang besar untuk mengotomatiskan proses pemilahan sampah. Metode *image classification* berbasis *deep learning* terbukti efektif dalam mengidentifikasi objek secara otomatis berdasarkan karakteristik visual, termasuk warna, bentuk, dan tekstur permukaan objek [5][6].

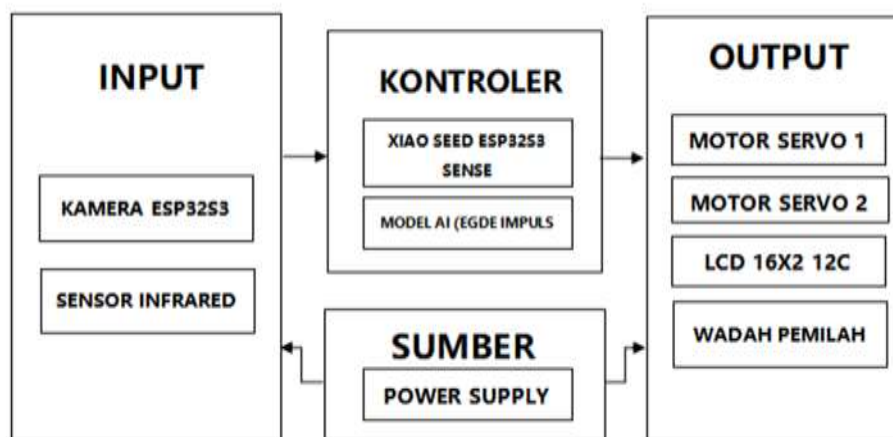
Penelitian-penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas penggunaan algoritma *convolutional neural network (CNN)* dan arsitektur *TinyML* untuk klasifikasi sampah pada perangkat *edge computing* berdaya rendah [7][8]. Platform *Edge Impulse* hadir sebagai solusi *end-to-end* yang memungkinkan pengembang untuk melatih, mengoptimasi, dan *deploy* model *machine learning* secara efisien ke perangkat mikrokontroler dengan

keterbatasan sumber daya seperti memori dan daya komputasi [9]. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu alat pemilah sampah plastik otomatis berbasis kecerdasan buatan yang mampu mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tiga jenis plastik yang umum ditemukan, yaitu botol plastik, gelas plastik, dan tutup botol plastik, kemudian secara otomatis mengarahkan setiap objek ke wadah pemilah yang sesuai. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah plastik yang lebih baik di tingkat komunitas maupun industri [10].

2. METODE

2.1 Rancangan Sistem

Diagram blok sistem pada alat pemilah sampah plastik berbasis kecerdasan buatan ini terdiri dari empat bagian utama yaitu input, kontroler, output, dan sumber daya. Setiap bagian saling terhubung untuk mendukung proses pendeteksian, klasifikasi, hingga pemilahan sampah plastik secara otomatis.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada bagian input diperlihatkan, sistem menggunakan kamera ESP32S3, dan sensor *infrared*. Kamera ESP32S3 berfungsi untuk mengambil gambar objek sampah plastik yang akan diproses oleh sistem kecerdasan buatan. Kamera ini digunakan untuk mengenali bentuk dan warna objek sehingga sistem dapat membedakan kategori sampah plastik seperti botol, gelas, tutup, dan kosong. Sensor *Infrared* LM393 berfungsi mendeteksi keberadaan objek di depan alat sebelum proses klasifikasi dimulai. Sedangkan sensor infrared digunakan untuk memastikan posisi objek berada pada area pengambilan gambar agar proses identifikasi dapat dilakukan secara optimal.

Pada bagian kontroler, sistem menggunakan *Seeed Studio* XIAO ESP32S3 Sense sebagai pusat pengendali utama. Mikrokontroler ini bertugas menerima data dari sensor input, mengolah data citra objek, menjalankan model kecerdasan buatan, dan mengontrol proses pemilahan. Sistem klasifikasi objek dilakukan menggunakan platform *Edge Impulse* dengan metode *image*

classification. Model AI yang telah dilatih sebelumnya akan diimplementasikan ke dalam ESP32S3 sehingga sistem dapat mengenali objek secara *real-time*.

Pada bagian output, sistem menggunakan motor servo, LCD 16x2 I2C, dan wadah pemilah. Motor servo berfungsi sebagai pengarah jalur objek menuju wadah sesuai hasil klasifikasi AI. Servo akan bergerak pada sudut tertentu untuk mengarahkan objek ke wadah botol, gelas, atau tutup. Selanjutnya LCD 16x2 I2C digunakan untuk menampilkan informasi hasil klasifikasi seperti jenis objek dan jumlah objek yang telah dipilah oleh sistem. Setelah proses klasifikasi selesai, objek akan masuk ke wadah pemilah sesuai kategorinya masing-masing.

2.2 Analisis Kebutuhan

Sebagai proses untuk menjembatani antara rancangan dan implementasi diperlukan identifikasi kebutuhan dalam perancangan baik perangkat keras maupun perangkat lunak yang akan digunakan dalam kegiatan ini.

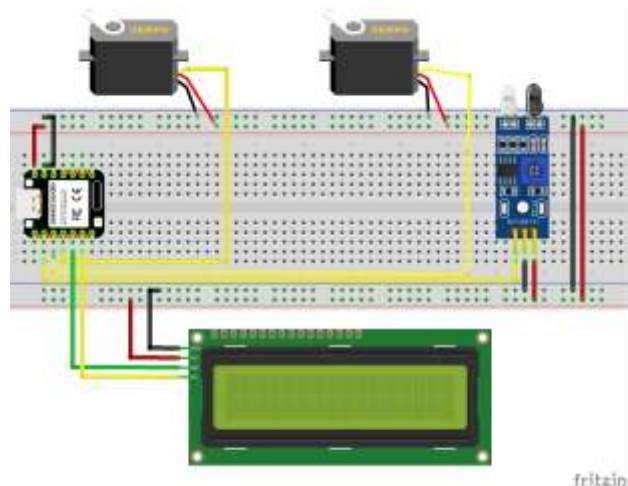
Spesifikasi, kualitas, jumlah komponen yang digunakan menentukan kualitas sistem yang dihasilkan. Berikut ini adalah daftar komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem.

Tabel 1. Spesifikasi komponen

No	Material / Deskripsi	Fungsi	Jumlah
1	<i>Seeed Studio XIAO ESP32S3 Sense</i> (dengan Kamera OV2640)	Sebagai pusat pengendali sistem, menjalankan model TinyML, mengambil citra objek, serta mengendalikan seluruh komponen..	1 Pcs
2	<i>Sensor Infrared (IR Obstacle Sensor LM393)</i>	Mendeteksi keberadaan objek pada area pembacaan kamera dan memicu proses pengambilan gambar	1 Pcs
3	LCD 16×2 I2C	Menampilkan status sistem, hasil klasifikasi, dan informasi proses secara real-time.	1 Pcs
4	Motor Servo MG90S <i>Continuous Rotation</i> (360°)	Menggerakkan mekanisme penutup dan stopper jalur botol sesuai hasil klasifikasi.	2 Pcs

2.3 Perancangan Hardware

Pada gambar 2.2 diperlihatkan skematik rangkaian sebagai implementasi dari blok diagram sistem, skematik dibuat dengan menggunakan aplikasi Fritzing. Sebagai mainboard utama sistem digunakan *Breadboard* untuk mempermudah perancangan



Gambar 2. Skematik Rangkaian Alat

Berikut penjelasan dari skematik rangkaian :

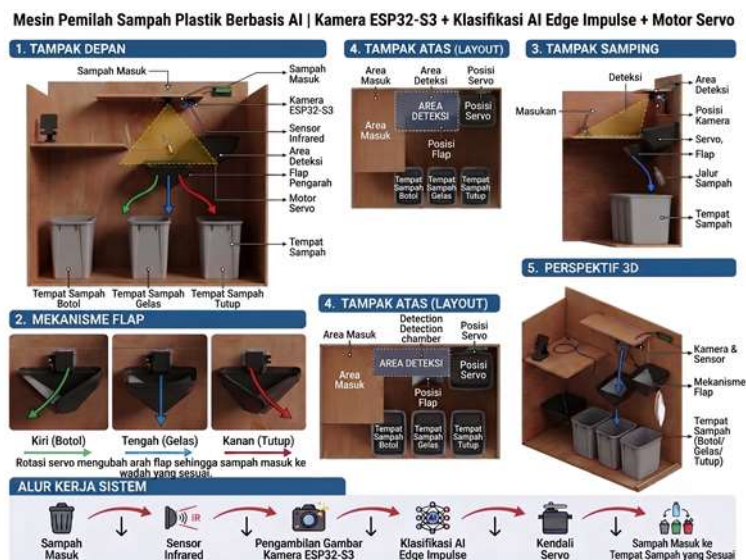
1. *Seeed Studio XIAO ESP32-S3 Sense* bertindak sebagai pusat pemroses data dan pengambil keputusan. Modul ini terhubung ke kamera OV2640 secara internal melalui *expansion board* bawaan.
2. Dua Motor Servo *Continuous Rotation* (Servo 1 dan Servo 2) digunakan sebagai aktuator pemilah. Masing-masing servo memiliki tiga jalur kabel: jalur sinyal PWM Servo 1 dihubungkan ke GPIO3, sedangkan jalur sinyal PWM Servo 2 dihubungkan ke GPIO4. Jalur tegangan (VCC) dan Ground (GND) dari kedua servo dihubungkan ke *power rail breadboard*.
3. Modul Sensor *Infrared (IR Obstacle Sensor LM393)* digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek sampah pada area *capture* kamera. Pin output digital (OUT) dari sensor IR dihubungkan ke GPIO2, sedangkan pin VCC dan GND dihubungkan ke *power rail breadboard*. Sensor ini dilengkapi dengan pemancar LED inframerah, fototransistor penerima, dan potensiometer untuk mengatur sensitivitas jarak deteksi.
4. Display LCD 16x2 I2C digunakan untuk menampilkan status dan hasil klasifikasi secara *real-time*. Antarmuka I2C menggunakan jalur SDA yang dihubungkan ke GPIO5 dan SCL ke GPIO6. Pin VCC dan GND pada modul I2C dihubungkan ke *power rail breadboard*.
5. Pendistribusian daya menggunakan *power rail breadboard* (jalur merah untuk VCC 5V dan hitam untuk GND). Step-Down LM2596 menurunkan tegangan input 12V DC dari adaptor menjadi output stabil 5V DC, yang kemudian mendistribusikan daya ke seluruh komponen termasuk XIAO ESP32-S3 Sense, kedua motor servo, sensor IR, dan LCD 16x2 I2C.

Tabel 2. Pengkabelan Komponen

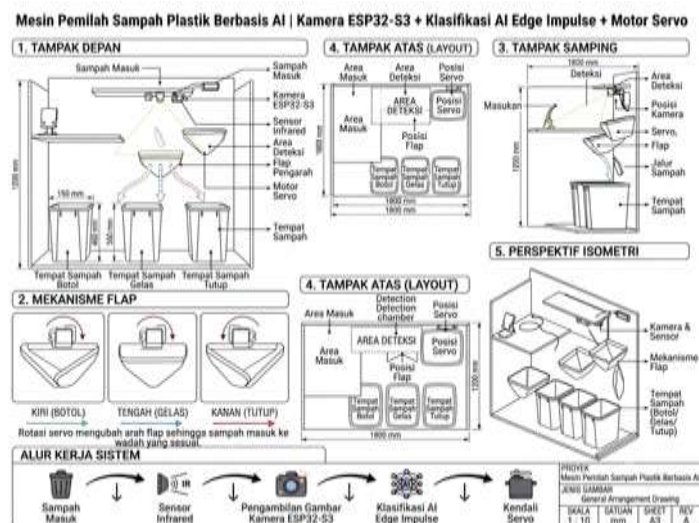
No	Komponen	Koneksi Pin GPIO	Jalur Daya	Fungsi
1	Seeed Studio XIAO ESP32-S3 Sense + Kamera OV2640	Internal (expansion board)	VCC & GND ke power rail	Pusat pemrosesan data dan klasifikasi

No	Komponen	Koneksi Pin GPIO	Jalur Daya	Fungsi
2	Servo 1 (Continuous Rotation)	PWM ke GPIO3	VCC & GND ke power rail	Aktuator pemilah kategori A
3	Servo 2 (Continuous Rotation)	PWM ke GPIO4	VCC & GND ke power rail	Aktuator pemilah kategori B
4	Sensor IR LM393	OUT ke GPIO2	VCC & GND ke power rail	Deteksi keberadaan objek sampah
5	LCD 16x2 I2C	SDA ke GPIO5, SCL ke GPIO6	VCC & GND ke power rail	Menampilkan status & hasil klasifikasi

Adapun bentuk rancangan visual dan pengaturan tata letak secara umum dari sistem yang akan dibuat diperlihatkan pada gambar berikut. rancangan bentuk visual dibuat dengan bantuan aplikasi open AI dengan *prompt* sesuai dengan kebutuhan rancangan sistemnya



Gambar 3. Visualisasi 3D Sistem



Gambar 4. Pengaturan tata letak

2.4 Perancangan Software

Perancangan software ditulis dalam bahasa C++ menggunakan aplikasi IDE Arduino. Rancangan dibuat terdiri dari beberapa modul fungsi yang saling terintegrasi sebagai berikut.

- a. File *firmware* utama adalah *PemilahPlastik_AI.ino*.
- b. Alur program utama terdapat dalam fungsi *setup()* dan *loop()* pada Arduino. Fungsi *setup()* dieksekusi sekali saat mikrokontroler *boot*, sedangkan *loop()* dieksekusi berulang secara kontinyu selama sistem aktif.
- c. Pada *setup()*, urutan inisialisasi adalah: (1) *Serial Monitor 115200 baud*, (2) *LCD I2C dengan Wire.begin* (GPIO5, GPIO6), (3) Kamera OV2640 dengan resolusi 96×96 RGB565 and PSRAM *enabled*, (4) Sensor *IR pinMode INPUT* pada *GPIO2*, (5) Servo 1 dan Servo 2 dengan *setPeriodHertz(50)* dan *attach()* dengan *pulse width 500–2400μs*.
- d. Pada *loop()*, urutan eksekusi adalah: (1) *handleSerial()* — pemrosesan perintah *debugging via Serial Monitor*, (2) Pengecekan *trigger IR sensor (isObjectDetected())* dengan *debounce 50ms* atau *interval fallback jika IR dinonaktifkan*, (3) Pemanggilan *runInference()* yang melakukan *capture frame* kamera dan menjalankan *run_classifier()*, (4) Evaluasi hasil inferensi terhadap *confidence threshold*, (5) Pemanggilan fungsi sorting servo sesuai label yang terdeteksi, (6) *Cooldown 1 detik* dan *reset debounce IR*.

Fungsi Inferensi *Edge Impulse*

Fungsi *runInference()* adalah inti dari sistem AI. Alur eksekusinya adalah:

- a. *Capture frame* RGB565 96×96 dari kamera via *esp_camera_fb_get()*.
- b. *2Set pointer buffer global ei_frame_buffer* untuk *callback getPixelData()*.
- c. Inisialisasi *signal_t* dengan *total_length = 96×96 = 9216 piksel*.
- d. Panggil *run_classifier(&signal, &ei_result, false)* dari library *Edge Impulse*.
- e. Kembalikan frame buffer kamera via *esp_camera_fb_return()*.
- f. Iterasi *EI_CLASSIFIER_LABEL_COUNT* kelas untuk mencari index dengan *confidence* tertinggi.
- g. *Return struct InferenceResult* berisi *label, confidence, aboveThreshold, dan inferenceTimeMs*.

Callback getPixelData() mengkonversi data RGB565 (2 byte/piksel) ke format float yang dibutuhkan *Edge Impulse: float = (R << 16) | (G << 8) | B*. Konversi komponen warna dilakukan dengan *bit-shifting*: R = 5 bit diperluas ke 8 bit, G = 6 bit diperluas ke 8 bit, B = 5 bit diperluas ke 8 bit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Running Test Awal Sistem

Sebagai tahap validasi awal dilakukan running test untuk memastikan hasil perancangan dan perakitan bekerja sesuai desain sebelum masuk ke tahap pengujian dan analisis.

Berikut hasil pantauan dari hasil running test;

- a. Inisialisasi;
- b. Serial Monitor: dibuka pada 115200 baud, maksimal delay 3 detik;

- c. LCD 16x2 I2C: Wire I2C GPIO5 (SDA) dan GPIO6 (SCL), alamat 0x27. LCD menyala dan menampilkan: Baris atas: 'PemilahPlastik' Baris bawah: 'Booting...' ;
- d. Kamera OV2640: Resolusi 96x96 piksel RGB565. Buffer di PSRAM jika tersedia. LCD baris bawah: 'Init kamera...' -> 'Cam: OK' (jika berhasil) atau 'Cam: GAGAL!' (jika error);
- e. Sensor IR LM393: GPIO2 sebagai INPUT. Mode active-LOW, debounce 50 ms ;
- f. Servo 1 dan Servo 2: Frekuensi PWM 50 Hz. Diset ke netral (*write micro seconds* (1500+trim)). Delay 500 ms untuk settling. Trim awal = 0 us (dapat dikalibrasi via Serial Monitor);
- g. Sistem Siap: LCD menampilkan: Baris atas: 'Siap deteksi' Baris bawah: 'Menunggu...' Sistem masuk ke loop() dan menunggu trigger sensor IR.

3.2 Pengujian

Pengujian sistem dilakukan secara bertahap (*bottom-up*), dimulai dari verifikasi komponen individual hingga validasi sistem secara terintegrasi penuh. Pendekatan ini bertujuan memastikan setiap subsistem berfungsi sesuai spesifikasi sebelum diintegrasikan, sehingga apabila terjadi ketidaksesuaian dapat diidentifikasi dan diperbaiki lebih awal.

Pengujian aktuator servo dilakukan secara terpisah untuk setiap kelas objek guna memverifikasi mekanisme pemilahan dua tahap. Berdasarkan verifikasi kode firmware final (PemilahPlastik_AI.ino, patch BUG 3 FIX 2026-07-11), urutan gerak servo per kelas adalah:

- a. Kelas Tutup (Wadah Kanan): Servo 1 berputar ke kanan (CW, 370 ms), balik ke home (300 ms). Servo 2 tidak aktif.
- b. Kelas Botol (Wadah Kiri): Servo 1 ke kiri (CCW, 300 ms) mengoper ke Servo 2, balik ke home (230 ms). Setelah jeda 100 ms, Servo 2 ke kiri (CCW, 300 ms) ke Wadah Kiri, balik (230 ms).
- c. Kelas Gelas (Wadah Tengah): Servo 1 ke kiri (CCW, 300 ms) mengoper ke Servo 2, balik. Setelah jeda 100 ms, Servo 2 ke kanan (CW, 370 ms) ke Wadah Tengah, balik.

Tabel 3. Ringkasan Pengujian

Objek	Servo 1 (GPIO3)	Servo 2 (GPIO4)	Catatan
Tutup (Wadah Kanan)	CW 370 ms → balik home 300 ms	Tidak aktif	Pemilahan ke kanan
Botol (Wadah Kiri)	CCW 300 ms → balik home 230 ms	Setelah jeda 100 ms: CCW 300 ms → balik 230 ms	Pemilahan ke kiri
Gelas (Wadah Tengah)	CCW 300 ms → balik	Setelah jeda 100 ms: CW 370 ms → balik	Pemilahan ke tengah

3.3 Analisis Hasil Klasifikasi

Berdasarkan hasil pengujian, sistem secara umum telah mampu mengklasifikasikan objek plastik sesuai dengan kategori yang telah ditentukan, yaitu botol, gelas, tutup, dan kosong. Namun, selama proses pengujian masih ditemukan beberapa kondisi di mana sistem melakukan proses klasifikasi meskipun objek belum sepenuhnya berada pada area

pengambilan gambar. Akibatnya, sistem terkadang menghasilkan prediksi terhadap objek yang sebenarnya belum dimasukkan ke dalam area deteksi.

Hal tersebut dianalisis dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah kualitas dan variasi *dataset* yang digunakan pada proses pelatihan model. Meskipun dataset telah dibagi menjadi data *training* dan *testing*, variasi kondisi pencahayaan, posisi objek, serta kondisi tanpa objek (kelas kosong) masih terbatas. Akibatnya, ketika kamera menangkap citra dengan kondisi yang berbeda dari data pelatihan, model cenderung memberikan prediksi terhadap kelas yang memiliki tingkat kemiripan paling tinggi.

Faktor kedua adalah kondisi pencahayaan saat proses pengujian. Model *image classification* pada *Edge Impulse* sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterima kamera. Perubahan pencahayaan, munculnya bayangan, maupun pantulan cahaya pada permukaan plastik dapat mengubah karakteristik citra sehingga memengaruhi hasil klasifikasi. Kondisi tersebut menyebabkan model terkadang memberikan prediksi meskipun objek belum berada pada posisi yang ideal.

Ada keterbatasan komponen perangkat keras juga menjadi salah satu penyebab. Sensor infrared (IR) berfungsi sebagai pemicu proses pengambilan gambar, sensitivitas sensor dapat menyebabkan kamera melakukan pengambilan citra ketika objek baru memasuki area deteksi atau bahkan saat terjadi pantulan cahaya. Akibatnya, citra yang diproses oleh model belum sepenuhnya merepresentasikan objek yang akan diklasifikasikan sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya prediksi yang kurang akurat.

Berdasarkan hasil pengujian *confusion matrix*, model tetap menunjukkan performa yang baik dengan tingkat akurasi masing-masing kelas yang cukup tinggi. Permasalahan tersebut lebih dipengaruhi oleh kondisi implementasi sistem secara nyata dibandingkan dengan kemampuan model klasifikasi itu sendiri. Pengembangan selanjutnya diperlukan penambahan variasi *dataset*, optimalkan posisi dan sensitivitas sensor *infrared*, kendali kondisi pencahayaan, serta pengaturan waktu pengambilan gambar agar objek telah berada sepenuhnya pada area deteksi sebelum proses inferensi dilakukan.

4. KESIMPULAN

Hasil pengembangan alat pemilah sampah plastik berbasis kecerdasan buatan menggunakan Seeed Studio XIAO ESP32-S3 Sense dan Edge Impulse ini mampu mengklasifikasikan objek menjadi empat kelas, yaitu botol, gelas, tutup, dan kosong, serta aktuator servo dapat berfungsi melakukan pemilahan secara otomatis. Dari pengujian menunjukkan bahwa model memiliki performa klasifikasi yang cukup baik dengan akurasi kelas masing-masing sebesar 98,7% (botol), 91,9% (gelas), 95,6% (tutup), dan 100% (kosong). Analisis menunjukkan kualitas *dataset*, kondisi pencahayaan, kualitas citra kamera, serta sinkronisasi sensor *infrared* dan kamera sangat mempengaruhi kestabilan hasil klasifikasi. Diperlukan optimalisasi pada aspek-aspek tersebut peningkatan keandalan sistem pada penggunaan di kondisi nyata.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, "Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)," Kementerian LHK, Jakarta, 2024. [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/>

- [2] A. I. Maula, "Optimalisasi Pengelolaan Sampah di Desa Mendalo Indah melalui Pendekatan Partisipatif," *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 6, pp. 939–946, 2025.
- [3] A. D. Astuti and E. Frimawaty, "Karakteristik Sampah Sungai dan Perilaku Masyarakat Pesisir terhadap Sampah Plastik: Studi Kasus di Sungai," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Kota Cirebon, vol. 17, no. 1, pp. 45–53, 2019.
- [4] D. I. Lingkungan, "Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan," *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, vol. 8, no. 2, pp. 141–147, 2019.
- [5] R. Amalia and P. Rosyani, "Klasifikasi Citra Menggunakan Metode Random Forest dan Sequential Minimal Optimization (SMO)," *Jurnal Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 12–20, 2021.
- [6] A. Ahmad, "Mengenal Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Network, dan Deep Learning," *Teknosains*, vol. 14, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [7] L. Listyalina, R. R. Utami, and N. Putri, "The Application of Artificial Intelligence in Waste Classification as an Effort in Plastic Waste Reduction," *International Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 5, no. 2, pp. 88–97, 2021.
- [8] P. Warden and D. Situnayake, *TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2020. [Online]. Available: <https://www.oreilly.com/library/view/tinyml/9781492052036/>
- [9] Edge Impulse, "Edge Impulse Documentation — Image Classification Getting Started," Edge Impulse Inc., 2024. [Online]. Available: <https://docs.edgeimpulse.com/docs/tutorials/end-to-end-tutorials/image-classification> (diakses: 30 Juni 2026).
- [10] Seeed Studio, "XIAO ESP32S3 Sense — Getting Started with XIAO ESP32S3 (Sense)," Seeed Studio Wiki, 2024. [Online]. Available: https://wiki.seeedstudio.com/xiao_esp32_s3_getting_started/ (diakses: 30 Juni 2026).
- [11] K. Harrington, "ESP32Servo: Servo library for ESP32 using hardware PWM," GitHub Repository, 2023. [Online]. Available: <https://github.com/madhephaestus/ESP32Servo> (diakses: 30 Juni 2026).
- [12] F. de Brabander, "LiquidCrystal_I2C: Arduino Library for LCD Display with I2C," GitHub Repository, 2019. [Online]. Available: <https://github.com/fdebrabander/Arduino-LiquidCrystal-I2C-library> (Diakses: 30 Juni 2026).
- [13] Espressif Systems, "ESP32-S3 Technical Reference Manual," Espressif Systems, Shanghai, v1.4, 2024. [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3_technical_reference_manual_en.pdf (Diakses: 30 Juni 2026).
- [14] A. Anwari, B. Sunarto, dan A. Amelia, "Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Otomatis Berbasis Arduino Uno Untuk Kantin STT Texmaco Subang," *INFOTEX: Jurnal Informatika dan Teknik*, vol. 2, no. 2, hlm. 86-97, 2024. [Online]. Available: <https://ojs.sttexmaco.ac.id/index.php/infotex/article/view/82>

- [15] L. H. Santoso, A. Anwari, dan R. Cahya, "Perancangan Miniatur Sistem Sortir Barang Berdasarkan Warna pada Konveyor Menggunakan Robot ARM Berbasis Mikrokontroler," INFOTEX: Jurnal Informatika dan Teknik, vol. 3, no. 1, hlm. 100-111, 2024.[Online]. Available:<https://ojs.stttexmaco.ac.id/index.php/infotex/article/view/117>
- [16] A. Anwari, L. H. Santoso, dan F. S. Alfahrezi, "Rancang Bangun Bank Sampah Botol Plastik Berbasis Mikrokontroller Dengan Sistem Voucher Otomatis," INFOTEX: Jurnal Informatika dan Teknik, vol. 4, no. 2, hlm. 1-15, 2026. [Online]. Available: <https://ojs.stttexmaco.ac.id/index.php/infotex/article/view/210>
- [17] A. Anwari, L. H. Santoso, dan R. F. Shopa, "Implementasi Teknologi ESP-32 Camera dalam Sistem Keamanan Kandang Domba Berbasis Internet Of Things," INFOTEX: Jurnal Informatika dan Teknik, vol. 2, no. 2, hlm. 1-13, 2024. [Online]. Available: <https://ojs.stttexmaco.ac.id/index.php/infotex/article/view/77>

Rancang Bangun Trainer PLC Omron CP1E sebagai Sarana Praktikum di STT Texmaco

Rizkika Fitri¹, Budi Sunarto², Aditama Wahana Mahmud³

¹²³Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: rizkikafitri@gmail.com

Received 01 September 2026 | Revised 18 September 2026 | Accepted 25 September 2026

ABSTRAK

Perkembangan teknologi otomasi industri menuntut mahasiswa memiliki kemampuan dalam memahami dan mengoperasikan sistem kontrol otomatis berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC). Praktikum PLC di STT Texmaco masih menghadapi keterbatasan media pembelajaran dan trainer praktikum sehingga pembelajaran belum optimal. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan trainer PLC Omron CP1E sebagai media praktikum sistem otomasi industri di STT Texmaco. Metode penelitian meliputi studi pustaka, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, perakitan sistem, serta pengujian trainer. Sistem menggunakan PLC Omron CP1E sebagai pengendali utama dengan input berupa push button, proximity sensor, dan limit switch, sedangkan output berupa lampu indikator dan buzzer. Pemrograman dilakukan menggunakan CX-Programmer dengan bahasa ladder diagram untuk mensimulasikan fungsi start-stop, timer, counter, dan sensor otomatis. Hasil pengujian menunjukkan perangkat input dan output dapat berfungsi sesuai program yang dirancang. Fungsi start-stop, timer, counter, dan sensor otomatis berhasil dijalankan. Trainer bekerja secara stabil dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktikum otomasi industri.

Kata kunci: PLC Omron CP1E, Trainer PLC, Otomasi Industri, Ladder Diagram, Sistem Kontrol Otomatis.

ABSTRACT

The development of industrial automation technology requires students to understand and operate automatic control systems based on Programmable Logic Controllers (PLC). PLC practicum at STT Texmaco still faces limitations in learning media and practicum trainers, resulting in learning that is not yet optimal. This study aims to design and realize an Omron CP1E PLC trainer as a practicum medium for industrial automation systems at STT Texmaco. The research methods included literature study, hardware and software design, system assembly, and trainer testing. The system uses an Omron CP1E PLC as the main controller with inputs consisting of push buttons, proximity sensors, and limit switches, while outputs consist of indicator lights and a buzzer. Programming was performed using CX-Programmer with ladder diagram language to simulate start-stop, timer, counter, and automatic sensor functions. The test results showed that the input and output devices operated according to the designed program. The start-stop, timer, counter, and automatic sensor functions were successfully implemented. The trainer operated stably and can be used as a practical learning medium for industrial automation.

Keywords: Omron CP1E PLC, PLC trainer, industrial automation, ladder diagram, automatic control system.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi industri berlangsung cepat, terutama pada bidang otomasi. Sistem otomasi digunakan untuk meningkatkan efisiensi kerja, mempercepat proses produksi, menjaga mutu, dan mengurangi kesalahan manusia pada pengendalian mesin. Salah satu perangkat utama pada sistem tersebut adalah Programmable Logic Controller (PLC), yaitu pengendali digital yang dapat diprogram untuk mengatur proses otomatis. PLC banyak digunakan sebagai alternatif sistem kontrol berbasis relay karena fleksibel dalam pemrograman dan lebih mudah dimodifikasi.

Pada pendidikan teknik, penguasaan PLC tidak cukup hanya melalui pembelajaran teori. Mahasiswa perlu memahami hubungan antara perangkat input, proses pengolahan pada CPU, program kendali, dan perangkat output melalui kegiatan praktikum. Tugas akhir Aditama mengidentifikasi keterbatasan media pembelajaran praktik dan trainer PLC di STT Texmaco sehingga proses pembelajaran belum optimal. Trainer PLC dipandang sebagai media yang dapat membantu mahasiswa mempraktikkan ladder diagram, sensor, timer, counter, serta pengendalian output secara langsung.

PLC Omron CP1E dipilih dalam perancangan karena trainer ditujukan untuk pembelajaran dasar sistem otomasi. Sistem dirancang agar mahasiswa dapat mencoba kontrol ON/OFF, start-stop, timer, counter, sensor otomatis, serta pengolahan sinyal analog pada bagian tertentu dari trainer. Penggunaan CX-Programmer memungkinkan program ladder dibuat, ditransfer, dan dimonitor pada PLC.

1.1. Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan: (1) merancang dan membangun trainer PLC Omron CP1E sebagai sarana praktikum sistem otomasi industri di STT Texmaco; (2) mengimplementasikan pemrograman dasar PLC menggunakan ladder diagram; dan (3) menguji fungsi trainer melalui simulasi start-stop, timer, counter, dan sensor otomatis.

1.2. Lingkup

Pembahasan dibatasi pada perancangan, pembuatan, dan pengujian trainer berbasis PLC Omron CP1E dengan CX-Programmer. Fokus pengujian adalah fungsi input, output, ladder diagram, timer, counter, serta operasi keseluruhan trainer; penelitian tidak membahas penerapan otomasi industri skala besar.

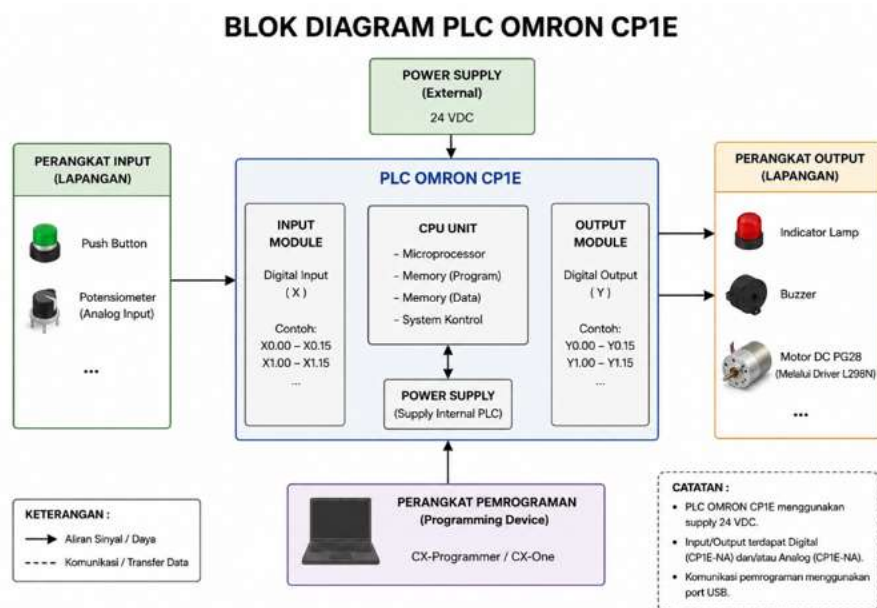
Dasar teoritis penelitian mengacu pada uraian tugas akhir mengenai PLC sebagai perangkat pengendali berbasis komputer dengan sistem input/output dan scan cycle [2], [5], fungsi kontrol otomatis dan sequential control [9], [10], serta penggunaan trainer sebagai media pembelajaran [3], [9], [11].

2. METODE

2.1. Tahapan Perancangan

Perancangan dilaksanakan di SMKN 1 Cikampek pada April–Juli 2026. Tahapan yang digunakan terdiri atas observasi masalah, studi pustaka, perancangan sistem, perancangan program PLC, perakitan, dan pengujian. Observasi diarahkan pada kebutuhan media praktik otomasi. Studi pustaka mencakup PLC, Omron CP1E, ladder diagram, sistem kontrol otomatis, trainer pembelajaran, sensor, dan komponen pendukung.

Perancangan perangkat keras meliputi penentuan PLC, catu daya 24 VDC, push button, proximity sensor, limit switch, pilot lamp, buzzer, fuse, dan banana plug. Perancangan wiring dilakukan untuk menghubungkan perangkat input dan output dengan terminal PLC. Perancangan perangkat lunak dilakukan menggunakan CX-Programmer dengan program kontrol ON/OFF, start-stop, timer, counter, dan simulasi sensor otomatis.



Gambar 1. Blok diagram sistem trainer PLC Omron CP1E

Prinsip kerja trainer mengikuti konsep input–process–output. Push button, proximity sensor, dan limit switch memberikan sinyal input. CPU PLC membaca dan memproses sinyal berdasarkan program yang tersimpan. Hasil pemrosesan diteruskan ke output untuk mengaktifkan lampu indikator atau buzzer. Komputer/laptop digunakan sebagai perangkat pemrograman dan monitoring melalui CX-Programmer.

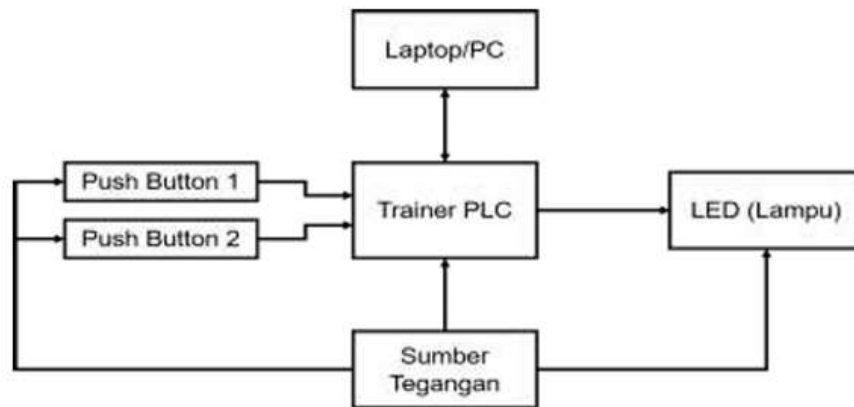
2.2. Perangkat Input dan Output

Tabel 1. Komponen Input dan Output

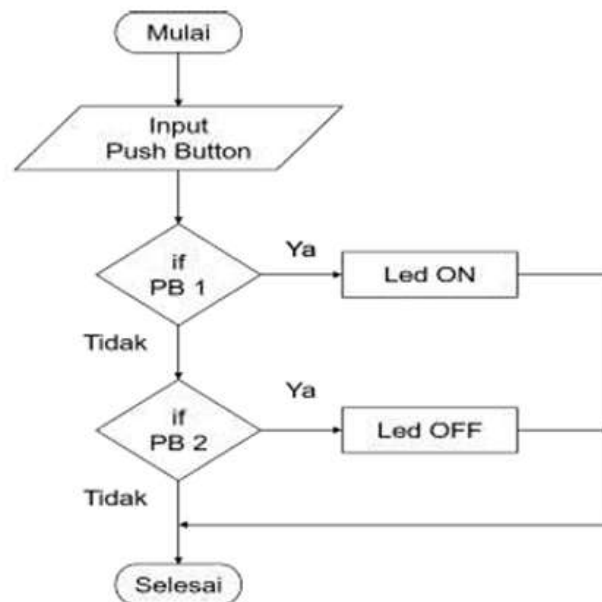
Kelompok	Komponen	Fungsi
Input	Push button	Memberikan perintah manual start/stop/reset
Input	Proximity sensor	Mendeteksi objek untuk fungsi otomatis/counter
Input	Limit switch	Memberikan sinyal kondisi batas
Output	Pilot lamp	Indikator visual kondisi sistem
Output	Buzzer	Indikator suara/alarm
Pengendali	PLC Omron CP1E	Memproses input berdasarkan program ladder

2.3. Diagram Blok dan Flowchart Menyalakan Lampu dengan Tombol

PLC digunakan sebagai pengendali sistem untuk menyalakan lampu dengan push button. Trainer PLC mendapat suplai tegangan 220V AC. Terdapat 2 push button yang berfungsi sebagai tombol untuk menyalakan dan mematikan sebuah lampu. Sistem dapat berjalan apabila program berupa ladder diagram selesai dibuat menggunakan laptop/pc dan ditransfer ke dalam PLC.



Gambar 2. Diagram blok lampu on



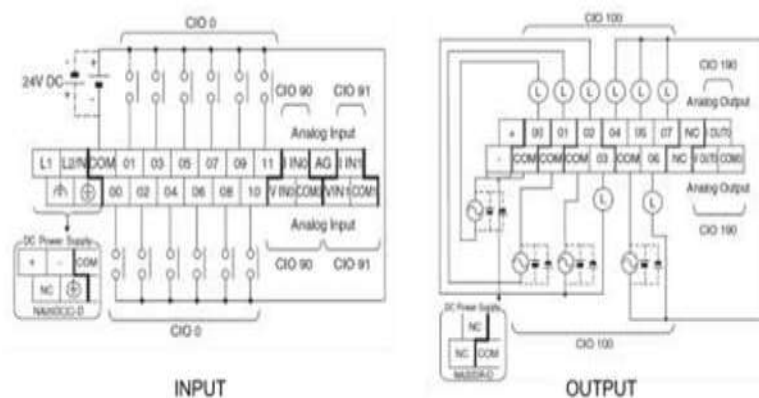
Gambar 3. Diagram alir lampu on

Berdasarkan diagram alir pada Gambar di atas alur kerja dari sistem ini adalah ketika sistem dinyalakan akan menunggu masukan dari push button. Jika PB 1 ditekan, lampu akan menyala. Jika PB 2 ditekan, lampu akan padam.

2.4. Konfigurasi (Wiring Diagram) Input/Output PLC Omron

Konfigurasi atau wiring diagram input dan output PLC dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu aktif high (sourcing) dan aktif low (sinking) (Omron, 2017). Konfigurasi aktif high dan aktif low pada input maupun output PLC memiliki perbedaan yaitu pada suplai tegangan dari power

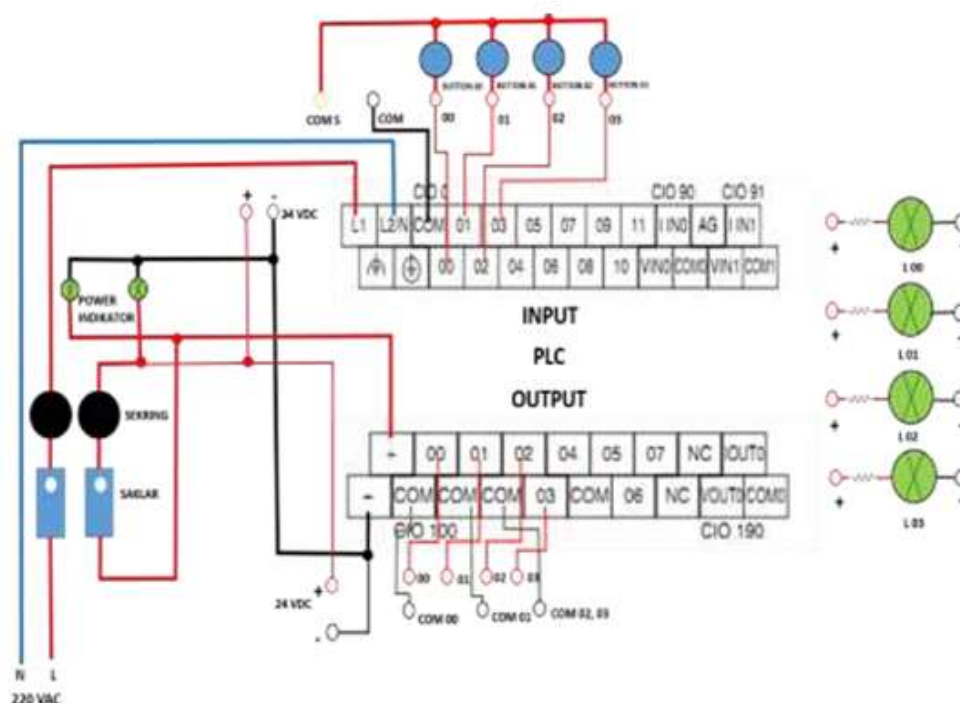
supply yang masuk ke pin input ataupun yang keluar ke pin output. Konfigurasi ini dapat dilakukan pada PLC dengan tipe output yang menggunakan relay.



Gambar 4. Konfigurasi Input dan Output

2.5. Perancangan Wiring dan Trainer

Pada trainer, terminal input dan output PLC dikeluarkan menuju terminal yang memudahkan pemasangan komponen. Sistem menggunakan sumber 220 VAC pada sisi catu daya dan 24 VDC untuk sistem kontrol sesuai rancangan. Penggunaan terminal/banana plug dimaksudkan agar konfigurasi input-output dapat diubah untuk berbagai percobaan praktikum.



Gambar 5. Wiring trainer PLC Omron CP1E

Panel trainer dirancang sebagai media pembelajaran yang menggabungkan PLC, tombol, indikator, sensor, buzzer, dan terminal penghubung. Bentuk trainer memungkinkan mahasiswa melakukan praktik pengawatan sekaligus pemrograman. Tugas akhir juga memuat pengujian

bagian analog, yaitu dua kanal input analog dan satu kanal output analog pada trainer CP1E-NA20DR-A, yang ditujukan untuk aplikasi pengolahan sinyal analog.

2.6. Perancangan Program Ladder

Program PLC dibuat dengan CX-Programmer. Logika dasar menggunakan kontak input dan coil output. Untuk sistem start-stop, kontak tombol start diparalel dengan kontak bantu output sehingga terbentuk self holding atau seal-in. Tombol stop menggunakan kontak NC untuk memutus rangkaian. Timer digunakan untuk memberikan waktu tunda sebelum output aktif, sedangkan counter menggunakan proximity sensor untuk menghitung objek yang terdeteksi.

2.7. Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan bertahap: (1) pengujian input untuk memastikan push button dan sensor terbaca; (2) pengujian output untuk memastikan lampu dan buzzer bekerja; (3) pengujian ladder start-stop; (4) pengujian timer dengan delay 5 detik; (5) pengujian counter menggunakan proximity sensor; dan (6) pengujian keseluruhan untuk mengetahui kestabilan sistem.

Kriteria keberhasilan didasarkan pada kesesuaian respons perangkat dengan logika program yang telah dirancang. Dengan demikian, pengujian tidak dimaksudkan sebagai uji statistik, melainkan uji fungsi (functional testing) terhadap hubungan input-program-output.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Implementasi Trainer

Hasil perancangan menghasilkan trainer PLC Omron CP1E yang mengintegrasikan PLC sebagai pusat pengendali, perangkat input, perangkat output, catu daya, terminal pengawatan, dan perangkat pemrograman. Trainer ditujukan untuk latihan sistem kontrol dasar sehingga mahasiswa dapat melihat secara langsung perubahan status input, proses logika ladder, dan respons output.



Gambar 6. Hasil trainer PLC Omron CP1E

Berdasarkan hasil pengujian pada tugas akhir, seluruh input digital, output digital, dua kanal input analog, satu kanal output analog, catu daya, serta komunikasi dengan CX-Programmer dapat bekerja tanpa kendala. Hasil ini memperlihatkan bahwa trainer dapat digunakan tidak hanya untuk latihan logika digital dasar, tetapi juga untuk materi yang melibatkan pengolahan sinyal analog.

3.2. Pengujian Input

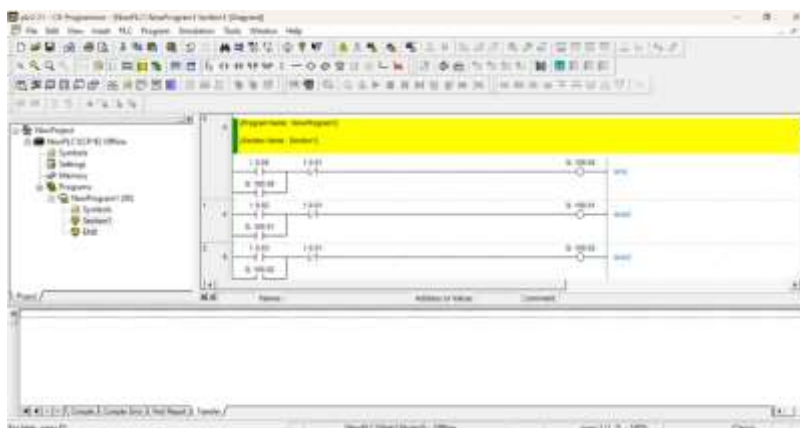
Pengujian input dilakukan terhadap push button, proximity sensor, dan limit switch. Ketika push button ditekan, indikator input pada PLC menyala dan status input pada CX-Programmer berubah menjadi aktif. Pada proximity sensor, sinyal input diterima ketika objek terdeteksi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perangkat input dapat dibaca PLC sesuai alamat yang ditentukan dalam program.

3.3. Pengujian Output

Pengujian output dilakukan pada lampu indikator dan buzzer. Lampu menyala sesuai kondisi logika program, sedangkan buzzer aktif ketika kondisi yang diprogram terpenuhi. Respons output mengikuti status hasil pemrosesan PLC sehingga hubungan input, program, dan output dapat diamati langsung oleh pengguna.

3.4. Pengujian Start-Stop

Program start-stop menggunakan konsep self holding. Ketika tombol start ditekan, output lampu aktif dan tetap menyala setelah tombol dilepas karena kontak bantu output mempertahankan kondisi rangkaian. Ketika tombol stop ditekan, kontak NC terbuka sehingga rangkaian terputus dan lampu padam. Hasil ini menunjukkan bahwa logika latch pada ladder diagram bekerja sesuai rancangan.



Gambar 7. Ladder diagram start-stop pada CX-Programmer

Dalam implementasi tiga lampu, alamat input yang dijelaskan pada tugas akhir meliputi I:0.00 sebagai tombol start lampu 1, I:0.02 sebagai tombol start lampu 2, I:0.03 sebagai tombol start lampu 3, dan I:0.01 sebagai tombol stop bersama. Output yang digunakan adalah Q:100.00, Q:100.01, dan Q:100.02. Setiap output memiliki kontak bantu paralel dengan tombol start.

3.5. Pengujian Timer

Pengujian timer dilakukan menggunakan waktu tunda 5 detik. Lampu indikator tidak langsung aktif ketika kondisi pemicu diberikan, tetapi baru menyala setelah timer mencapai waktu yang ditentukan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa instruksi timer pada PLC dapat memberikan penundaan sesuai parameter program.

3.6. Pengujian Counter

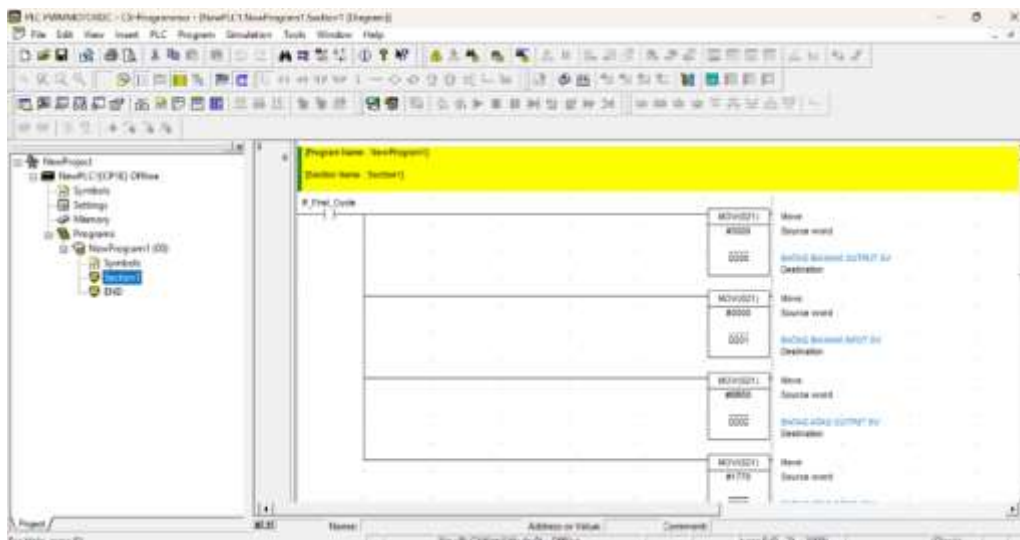
Pengujian counter menggunakan proximity sensor sebagai sumber pulsa. Setiap objek yang terdeteksi memberikan input kepada PLC. Setelah jumlah deteksi mencapai nilai yang ditetapkan dalam program, buzzer dan lampu indikator aktif secara otomatis. Dengan skenario ini, mahasiswa dapat mempelajari hubungan sensor, pencacahan, dan aksi output.

3.7. Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan dengan menjalankan komponen input dan output secara bersamaan. Hasil pengujian menunjukkan trainer dapat bekerja stabil tanpa gangguan sistem yang dilaporkan dalam tugas akhir. Seluruh input dapat diproses PLC dan output bekerja sesuai logika program.

3.8. Pengolahan Sinyal Analog dan PWM

Selain fungsi digital, tugas akhir memuat rancangan pengolahan sinyal analog untuk pengaturan PWM motor DC. Pada inialisasi first scan, program menetapkan nilai batas bawah dan atas pada register data. Nilai 0 disimpan pada D200 dan D201 sebagai batas bawah, sedangkan #0BB8 (3000 desimal) disimpan pada D202 sebagai batas atas output analog 5 V. Nilai #1770 (6000 desimal) disimpan pada D203 sebagai batas atas input analog 10 V.



Gambar 8. Ladder diagram inialisasi PWM motor DC

Konfigurasi tersebut digunakan untuk penskalaan sinyal analog. Jika sinyal input analog 0–10 V dibaca sebagai data digital 0–6000, data dapat dipetakan menjadi rentang output 0–3000 untuk menghasilkan keluaran analog 0–5 V. Tugas akhir menjelaskan bahwa keluaran tersebut digunakan sebagai parameter pengendalian duty cycle PWM sehingga kecepatan motor DC dapat diubah secara proporsional terhadap sinyal masukan.

3.9. Analisis Kinerja Trainer

Secara fungsional, trainer menunjukkan keterkaitan yang jelas antara komponen fisik dan program. Input manual memberikan pengalaman memahami logika dasar, sedangkan sensor memperlihatkan bagaimana kondisi lingkungan dapat menjadi pemicu proses. Timer memperkenalkan konsep penundaan waktu dan counter memperkenalkan penghitungan kejadian. Bagian analog memperluas pembelajaran menuju pengolahan nilai yang tidak hanya bersifat ON/OFF.

Hasil tersebut konsisten dengan tujuan perancangan, yaitu menyediakan media praktik yang memungkinkan mahasiswa memahami dasar pengoperasian PLC, ladder diagram, serta sistem kontrol otomatis secara lebih aplikatif. Namun, berdasarkan isi tugas akhir, pengujian yang dilakukan terutama bersifat fungsional; belum terdapat pengukuran kuantitatif seperti persentase keberhasilan dari sejumlah pengulangan, waktu respons, atau evaluasi peningkatan hasil belajar mahasiswa. Karena itu, aspek tersebut dapat menjadi pengembangan penelitian berikutnya.

3.10. Kesesuaian Trainer dengan Kebutuhan Praktikum

Trainer yang dikembangkan menggabungkan fungsi dasar yang relevan untuk pembelajaran PLC. Mahasiswa dapat berlatih menentukan alamat I/O, melakukan pengawatan, membuat ladder diagram, mentransfer program, memonitor status input-output, dan mengevaluasi respons sistem. Integrasi komponen dalam satu panel juga mengurangi kebutuhan merangkai seluruh perangkat dari awal pada setiap percobaan.

Dari perspektif pembelajaran, keberadaan input push button, proximity sensor, dan limit switch memungkinkan variasi skenario praktikum. Lampu indikator dan buzzer memberikan umpan balik langsung terhadap hasil program. Fungsi timer dan counter memberikan contoh penerapan instruksi PLC pada sistem sekuensial. Pengembangan trainer semacam ini juga sejalan dengan penelitian terdahulu dalam tugas akhir yang membahas media pembelajaran trainer PLC dan modul pembelajaran berbasis PLC [3], [9], [11].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang dilaporkan dalam tugas akhir, trainer PLC Omron CP1E berhasil dirancang dan dibangun sebagai media praktikum sistem otomasi industri di STT Texmaco. Trainer menggunakan PLC sebagai pengendali utama dengan input berupa push button, proximity sensor, dan limit switch serta output berupa lampu indikator dan buzzer.

Pemrograman menggunakan CX-Programmer dan ladder diagram berhasil menerapkan fungsi kontrol dasar berupa start-stop, timer, counter, dan sensor otomatis. Pengujian menunjukkan perangkat input dapat dibaca PLC dan perangkat output merespons sesuai logika program. Fungsi timer dengan delay 5 detik dan counter berbasis proximity sensor juga dapat dijalankan sesuai rancangan.

Pengujian keseluruhan menunjukkan trainer dapat bekerja stabil dan mendukung pembelajaran dasar PLC. Dengan demikian, berdasarkan hasil pengujian fungsional dalam tugas akhir, trainer dapat digunakan sebagai sarana praktikum untuk membantu mahasiswa memahami konsep input-process-output, pemrograman ladder diagram, dan sistem kontrol otomatis.

Saran Pengembangan

Pengembangan berikutnya dapat menambahkan pengujian kuantitatif melalui beberapa kali pengulangan untuk memperoleh data reliabilitas dan waktu respons. Evaluasi efektivitas trainer terhadap hasil belajar mahasiswa juga dapat dilakukan menggunakan desain pre-test dan post-test. Selain itu, trainer dapat dikembangkan dengan lebih banyak skenario otomasi, HMI/SCADA, komunikasi industri, dan modul sensor/aktuator tambahan sesuai kebutuhan kurikulum.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1]. E. Device and H. M. Interface, "Jurnal Resti" vol. 5, no. 158, pp. 1171–1181, 2026.
- [2]. M. F. S. Nasir, M. Y. H. Abbas, and I. A. Djufri, "Controller (PLC) untuk Praktikum" vol. 06, no. 1, 2019.
- [3]. S. Mustafa, S. Nurfitri, J. Annisa, R. Fuadi, and A. Risal, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Trainer PLC," vol. 3, no. 2, 2022.
- [4]. A. R. Kiran, B. V. Sundeeep, C. S. Vardhan, and N. Mathews, "The Principle of Programmable Logic Controller and its role in Automation" vol. 4, pp. 500–502, 2013.
- [5]. S. Widiastuti and M. Listrik, "Motor PLC (Programmable Logic Controller)," vol. 7, pp. 16258–16262, 2024.
- [6]. B. Herdiana, E. B. Setiawan, and U. Sartoyo, "Tinjauan Komprehensif Evolusi, Aplikasi, dan Tren Masa Depan Programmable Logic Controllers," vol. 11, no. 2, 2023.
- [7]. I. H. Kurniawan, A. Haryanto, and L. Hayat, "Penerapan Otomasi Industri Berbasis Programmable Logic Controller untuk Penyortiran Barang Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Vision," vol. 6, no. 2, pp. 177–182, 2024.
- [8]. C. R. Harahap, E. Komalasari, and A. A. Clinton, "Sistem Pengendalian Kecepatan Dua Motor Brushless DC (BLDC) dengan Nine Switch Inverter Menggunakan Metode PWM."
- [9]. M. U. H. K. Khuluqi, P. Studi, T. Industri, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Perancangan dan Pembuatan Trainer-Kit Programmable Logic Controller (PLC) untuk Media Pembelajaran Sistem Otomasi Industri," 2020.
- [10]. T. Suhendra, A. Uperiati, D. A. Purnamasari, and A. H. Yuniarto, "Kendali Kecepatan Motor DC dengan Metode Pulse Width Modulation menggunakan N-channel Mosfet," Jurnal Sustainable, vol. 07, no. 02, 2018.
- [11]. Q. Hidayati, F. Z. Rachman, N. Yanti, and N. Jamal, "Desain Model dan Simulasi PLC-Mikrokontroler sebagai Modul Pembelajaran Berbasis PLC," vol. 2, no. 2, pp. 73–82, 2017.
- [12]. P. Di, S. Driyorejo, and E. Sulistiyo, "Pengembangan Media Trainer Kit Sensor Arduino Uno sebagai Media Penunjang Praktikum pada Mata Pelajaran Teknik," pp. 1–9.
- [13]. M. Amangesti, D. Puspita, and M. C. Rijal, "Rancang Bangun Trolis Pengikut Objek Otomatis," 2023.
- [14]. I. G. Ratnaya, "Pengembangan Trainer Sensor Berbasis Arduino sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Mikrokontroler," vol. 9, no. 3, pp. 223–231, 2020.
- [15]. N. I. Nuzula and Endarko, "Rancang Bangun Alat Ukur Keketukan Air Berbasis Mikrokontroler," Berkala Fisika, vol. 16, no. 4, pp. 111–118, 2013.

- [16]. C. Umari, E. Anggraini, and R. Z. Muttaqin, "Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Banjir dengan SMS Berbasis Mikrokontroler," *J. Meteorol. Klimatologi dan Geofis.*, vol. 4, no. 2, pp. 35–42, 2017.
- [17]. S. T. Elektro, F. Teknik, U. N. Surabaya, P. W. Rusimamto, I. G. Putu, and A. Buditjahjanto, "Rancang Bangun Trainer dan Sistem Otomasi Concrete Batching Plant Menggunakan PLC Omron," pp. 577–585.
- [18]. B. Dengan, M. Hoist, P. A. Berbasis, and P. L. C. Omron, "No Title," vol. 12, no. 2, 2023.
- [19]. J. Elektronika et al., "Perancangan Human Machine Interface (HMI) pada Modul Praktikum" vol. 2, no. 2017, pp. 1–6, 2019.

Perbaikan Gangguan *Muskuloskeletal* Pada Operator CCTV Di *Control Room* PT. XYZ

Deni Ahmad Taufik¹, R.M Sugengriadi², M. A. Sadikin³

¹²³Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: deniat68@gmail.com

Received 26 Agustus 2026 | *Revised* 09 September 2026 | *Accepted* 18 September 2026

ABSTRAK

Operator Closed Circuit Television (CCTV) PT XYZ mengalami keluhan *muskuloskeletal* akibat kondisi kerja yang belum ergonomis. Penelitian ini bertujuan mengupayakan perbaikan ergonomi menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM) dan *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA) mengacu pada Permenkes Nomor 48 Tahun 2016 dan ITU-R BT.2246-7. Penelitian melibatkan 10 operator dengan pengumpulan data melalui observasi, dokumentasi, pengukuran antropometri, kuesioner NBM, dan penilaian ROSA. Hasil menunjukkan keluhan tertinggi pada leher atas, leher bawah, pinggang, pantat, dan bawah pantat, serta 80% operator memerlukan perbaikan ergonomi. Faktor utama penyebab risiko adalah posisi monitor dan penggunaan kursi kerja yang belum sesuai anjuran dan antropometri operator. Setelah perbaikan, tidak ada lagi operator pada kategori risiko tinggi dan keluhan leher bawah menurun 31,3%.

Kata kunci: Ergonomi, Ergonomi Perkantoran, *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA), Gangguan *Muskuloskeletal*, *Nordic Body Map*.

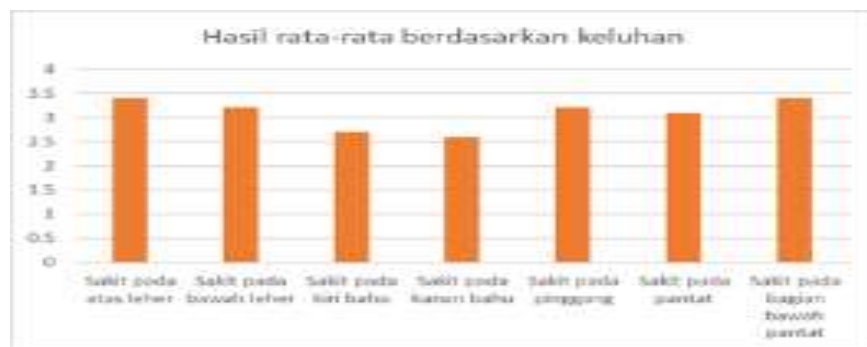
ABSTRACT

Closed Circuit Television (CCTV) operators at PT XYZ experienced musculoskeletal complaints due to non-ergonomic working conditions. This study aimed to improve workstation ergonomics using the Nordic Body Map (NBM) and Rapid Office Strain Assessment (ROSA) methods based on the Indonesian Ministry of Health Regulation No. 48 of 2016 and ITU-R BT.2246-7. The study involved 10 operators using observation, documentation, anthropometric measurements, NBM questionnaires, and ROSA assessments. The highest complaints were reported in the upper neck, lower neck, lower back, buttocks, and lower buttocks, while 80% of operators required ergonomic improvements. The main risk factors were monitor position and unsuitable work chairs and anthropometry. After the improvements, no operators remained in the high-risk category, and lower neck complaints decreased by 31.3%.

Keyword: *Ergonomic, Office Ergonomic, Rapid Office Strain Assessment (ROSA), Musculoskeletal Disorders, Nordic Body Map.*

1. PENDAHULUAN

Gangguan muskuloskeletal adalah kondisi yang merusak bagian otot, tulang, sendi, dan jaringan ikat, yang sering ditandai oleh nyeri, kaku, serta gangguan gerak. Gangguan *muskuloskeletal* masih merupakan suatu permasalahan besar dalam kesehatan kerja global. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) diperkirakan sekitar 1,71 miliar individu mengidap gangguan *muskuloskeletal* di dunia [1], melaporkan bahwa pada tahun 2022 Sekitar 31% populasi dewasa global, atau setara dengan 1,8 miliar jiwa, tidak melakukan rekomendasi aktivitas fisik [2]. Dalam konteks Indonesia, perhatian terhadap ergonomi kerja juga memiliki dasar regulatif yang kuat. Permenaker No. 5/2018 tentang Keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan kerja (2018) menempatkan ergonomi sebagai salah satu faktor bahaya kerja yang harus dikendalikan, dan pengukuran lingkungan kerja guna mengidentifikasi tingkat paparan faktor fisika, kimia, biologi, ergonomi, dan psikologi terhadap tenaga kerja [3]. Studi Lubis et al (2019) pada operator CCTV Kominfo Batam menunjukkan bahwa operator bekerja dalam tiga *shift* dengan durasi kerja 8 jam, banyak duduk mengawasi layar, menggunakan kursi kayu, dan bekerja dengan pencahayaan yang redup. Kondisi tersebut dikaitkan dengan keluhan sakit leher dan absensi kerja, sehingga peneliti merekomendasikan perancangan ulang fasilitas kerja agar lebih ergonomis. Temuan ini menunjukkan bahwa operator CCTV merupakan kelompok pekerja yang rentan terhadap masalah ergonomi, terutama bila *workstation* tidak dirancang sesuai dimensi tubuh dan tuntutan tugas [4]. Menurut Hermawan et al., *Nordic Body Map* (NBM) adalah pemeriksaan cepat untuk melihat masalah otot skeletal di 27 bagian tubuh yang berbeda [5]. Hasil dari kuesioner NBM saat observasi pada petugas satuan pengamanan sebagai operator *closed circuit television* (CCTV) di *control room* PT. XYZ menunjukan beberapa keluhan seperti sakit di bagian leher, pinggang, bahu dan bokong. Gambar 1 keluhan operator closed circuit television (CCTV) berdasarkan *Nordic Body Map*.



Gambar 1. Keluhan operator closed circuit television (CCTV) berdasarkan *Nordic Body Map*.

Menurut Hermawan et al. formulir ROSA (*Rapid Office Strain Assessment*) adalah serangkaian evaluasi sederhana yang mengamati lima hal: bagaimana posisi kursi, di mana letak monitor, bagaimana Anda menggunakan telepon, dan bagaimana posisi mouse dan keyboard [5].

2. METODE

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di *Control Room* PT XYZ, sebuah perusahaan yang berlokasi di salah satu pelabuhan di Indonesia. Adapun waktu pelaksanaan penelitian ini berlangsung pada bulan Februari hingga Juni 2026.

2.2 Instrumen Penelitian

1. *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA)
2. *Nordic Body Map*
3. Kamera hp untuk dokumentasi.
4. Corel draw untuk menentukan dan menilai sudut angel pada operator.

2.3 Analisis Data

2.3.1 Ergonomi

Ergonomi merupakan suatu disiplin ilmu terapan yang hadir sebagai bentuk tanggapan atas meningkatnya kompleksitas sistem kerja beserta tuntutan produktivitas di berbagai sektor [6].

2.3.2 Gangguan *Muskuloskeletal* (*Muskuloskeletal Disorders/MSDs*)

Keluhan otot skeletal (MSDs) adalah keluhan yang dirasakan oleh seseorang pada bagian otot skeletal, mulai dari sangat sedikit hingga sangat sakit [7].

2.3.3 *Nordic Body Map* (NBM)

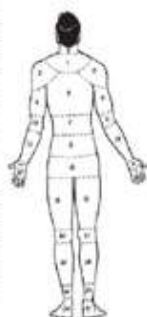
Metode *Nordic Body Map* (NBM) merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai tingkat keparahan gangguan atau cedera pada sistem otot rangka [8]. Evaluasi menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) dapat dilakukan dengan skala Likert 4 poin lebih direkomendasikan, dengan skor 1 = tidak merasakan keluhan, skor 2 = sedikit merasakan sakit, skor 3 = merasakan sakit, dan skor 4 = sangat sakit. Kuesioner *Nordic Body Map* dengan skala Likert 4 poin ditunjukkan pada Gambar 2.

Nama : _____
 Umur : _____

Anda diminta untuk menilai apa yang ada masalah pada bagian tubuh yang ditunjukkan pada gambar. Apabila bagian tubuh yang sudah diberikan nomor tersebut tidak terasa sakit (1), agak sakit (2), sakit (3), sangat sakit (4). (Silakan memberikan tanda (x) pada bagian nomor 1-100 sesuai).

No	Area keluhan	Skor
1	Leher bagian atas	
2	Leher bagian bawah	
3	Bahu kiri	
4	Bahu kanan	
5	Tangan kiri	
6	Tangan kanan	
7	Pergelangan	
8	Pergelangan tangan kiri	
9	Pergelangan tangan kanan	
10	Siku kiri	
11	Siku kanan	
12	Lengan bagian atas	
13	Lengan bagian bawah	
14	Pergelangan tangan kiri	
15	Pergelangan tangan kanan	
16	Leher	
17	Tangan bagian atas	
18	Tangan bagian bawah	
19	Palma tangan	
20	Palma tangan	
21	Leher bagian atas	
22	Bahu bagian atas	
23	Bahu bagian bawah	
24	Pergelangan tangan bagian atas	
25	Pergelangan tangan bagian bawah	
26	Kaki bagian atas	
27	Kaki bagian bawah	

Keterangan:
 1 = tidak sakit
 2 = agak sakit
 3 = sakit
 4 = sangat sakit



Gambar 2. Kuesioner *Nordic Body Map* skala Likert 4 poin

Total skor individu pada kuesioner *Nordic Body Map* digunakan untuk menentukan tingkat risiko gangguan muskuloskeletal. Skor 28–49 menunjukkan risiko rendah dan belum memerlukan perbaikan, 50–70 menunjukkan risiko sedang dan memerlukan perbaikan di kemudian hari, 71–91 menunjukkan risiko tinggi dan memerlukan tindakan segera, sedangkan 92–112 menunjukkan risiko sangat tinggi dan memerlukan perbaikan secara menyeluruh [5].

2.3.4 *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA)

Metode *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA) merupakan metode evaluasi risiko ergonomi yang dirancang untuk pekerjaan berbasis komputer atau workstation kantor, khususnya dalam

mengidentifikasi risiko yang berkaitan dengan keluhan muskuloskeletal [9]. Berikut gambar 3 Formulir *Rapid Office Strain Assessment*.

Gambar 3. Formulir *Rapid Office Strain Assessment*

Sumber: Sonne et al, 2012. *Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist*

Metode ini juga mempertimbangkan durasi kerja, dengan skor –1 untuk durasi >30 menit secara terus-menerus atau >1 jam/hari, skor 0 untuk durasi 30–60 menit secara terus-menerus atau 1–4 jam/hari, dan skor +1 untuk durasi >1 jam secara terus-menerus atau >4 jam/hari. [9]. skor kurang atau sama dengan 5 dianggap sebagai tidak beresiko, sedangkan apabila nilai yang diperoleh lebih dari 5 dianggap beresiko dan stasiun kerja harus ada evaluasi. Berikut tabel 1

Tabel 1. Klasifikasi tingkat resiko ROSA

Skor Akhir	Tingkat Resiko
1	Tidak Beresiko
2	Tidak Beresiko
3	Tidak Beresiko
4	Tidak Beresiko
5	Tidak Beresiko
6	Beresiko
7	Beresiko
8	Beresiko
9	Beresiko
10	Beresiko

Sumber: Sonne et al, 2012. *Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist*

2.3.5 International Telecommunication Union (ITU) BT.2246-7

Visual display merupakan alat penghubung informasi kepada manusia ditampilkan secara visual [10]. Jarak pandang optimal didefinisikan sebagai jarak ketika satu piksel menempati satu menit sudut pandang visual. Rekomendasi jarak dan bidang pandang optimal berdasarkan jumlah piksel pada sistem pencitraan digital ditunjukkan pada [11]. Berikut tabel 2

Tabel 2. Sudut pandang horizontal optimal dan jarak pandang optimal dalam ketinggian gambar (H) untuk berbagai sistem pencitraan digital

Optimal horizontal viewing angle and optimal viewing distance in image heights (H) for various digital image systems					
Image system	Reference	Aspect ratio	Pixel aspect ratio	Optimal horiz. viewing angle	Optimal viewing distance
720 × 483	Rec. ITU-R BT.601	4:3	0.88	31°	7 H
640 × 480	NCA	4:3	1	31°	7 H
720 × 576	Rec. ITU-R BT.601	4:3	1.07	33°	6 H
1 024 × 768	NCA	4:3	1	37°	4.4 H
1 280 × 720	Rec. ITU-R BT.1341	16:9	1	21°	4.8 H
1 400 × 1 050	SXGA+	4:3	1	23°	3.1 H
1 920 × 1 080	Rec. ITU-R BT.709	16:9	1	32°	2.1 H
3 840 × 2 160	Rec. ITU-R BT.1769	16:9	1	58°	1.5 H
7 680 × 4 320	Rec. ITU-R BT.1769	16:9	1	96°	0.75 H

Sumber: *International Telecommunication Union (ITU)*, 2023. BT.2246-7 *The present state of ultra-high definition television* [11]

2.3.6 Penggunaan Kursi

kursi standar ergonomi perkantoran diantaranya ukuran kursi sesuai dengan karyawan, kursi harus stabil dan kemiringan kursi harus fleksibel. Sedangkan tata cara penggunaan kursi dapat penilaian kriteria dan instrument diantaranya [12].

1. Sandaran kursi
Sandaran kursi harus dapat diatur (*Adjustable*) ke atas ke bawah agar sesuai dengan tinggi lengkungan pinggang, Sandaran kursi harus dapat diatur (*Adjustable*) ke depan atau ke belakang agar menempel di lengkungan pinggang, dan Sudut kemiringan sandaran kursi 100°-110°.
2. Dudukan kursi
Lebar dan kedalaman sesuai dengan ukuran karyawan yang menggunakan, Apabila kedalaman kursi tidak pas, sandaran kursi dapat dimajukan atau dimundurkan (*Adjustable*), Atur ketinggian dudukan kursi sesuai ketinggian lutut, Lutut membentuk 90° dan Mekanisme ketinggian kursi harus dapat dilakukan dengan mudah (*Adjustable*).
3. Kedalaman kursi
Kedalaman kursi harus dapat diatur.
4. Sandaran lengan
Sandaran lengan sesuai dengan ketinggian siku.
5. Lapisan kursi.
Lapisan Kursi sebaiknya dari bahan kain, bukan kulit atau sintetis sejenisnya.

Antropometri kesesuaian kursi ditentukan berdasarkan beberapa ukuran antropometri, yaitu lebar alas berdasarkan lebar pinggul, panjang alas berdasarkan panjang popliteal, tinggi alas berdasarkan tinggi popliteal, tinggi sandaran berdasarkan tinggi bahu saat duduk, lebar sandaran berdasarkan lebar bahu, serta tinggi sandaran tangan berdasarkan tinggi siku saat duduk. [13]. pengukuran antropometri posisi kerja duduk sebagai berikut; pada tabel 3 pengukuran antropometri postur duduk [14].

Tabel 3. Pengukuran antropometri postur duduk

Data yang diukur	Simbol	Cara pengukuran
Tinggi bahu duduk	TDB	Lakukan pengukuran jarak vertikal dari permukaan atas duduk hingga ujung tulang bahu yang menonjol saat subjek berada dalam posisi duduk tegak.
Tinggi siku duduk	TSD	Jarak vertikal duduk dari permukaan atas duduk hingga ujung bawah siku kanan. Subjek harus duduk tegak dengan posisi lengan atas lurus vertikal di sisi tubuh, kemudian lengan bawah diukur hingga membentuk sudut siku-siku terhadap lengan atas.
Tinggi popliteal	TPO	Ukurlah jarak vertikal dari permukaan lantai hingga bagian bawah paha.
Panjang popliteal	PP	Subjek diposisikan dalam keadaan duduk tegak. Lakukan pengukuran jarak horizontal dari titik akhir bokong hingga lipatan lurus bagian dalam (popliteal). Pastikan paha dan tungkai bawah membentuk sudut siku-siku.
Lebar bahu	LB	Lakukan pengukuran jarak horizontal antara kedua lengan atas. Subjek diposisikan duduk tegak dengan lengan atas menempel pada tubuh serta lengan bawah diarahkan ke arah depan.
Lebar pinggul	LP	Subjek diposisikan duduk tegak. Lakukan pengukuran jarak horizontal dari bagian akhir pinggul sisi kiri hingga bagian akhir pinggul sisi kanan.

Sumber: Marfuah, 2023. Buku ajar ergonomi & perancangan sistem kerja

Setelah pengukuran, dilakukan perhitungan persentil untuk menentukan batas ukuran antropometri berdasarkan rata-rata dan deviasi standar. Persentil rendah digunakan sebagai batas

minimum desain, sedangkan persentil tinggi sebagai batas maksimum. [15]. Berikut tabel 4 Nilai persentil

Tabel 4. Nilai persentil

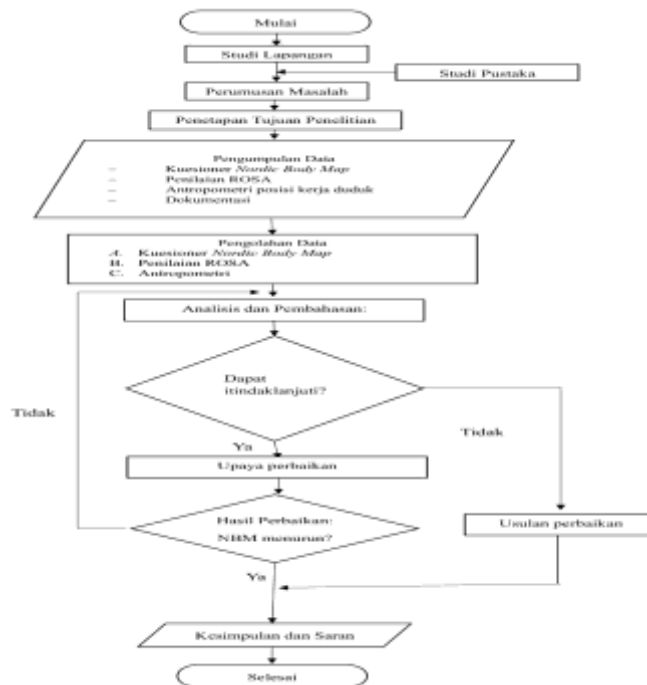
Percentile	Calculation
1 .th	$\bar{x} - 2.325 \sigma x$
2.5 .th	$\bar{x} - 1.960 \sigma x$
5 .th	$\bar{x} - 1.645 \sigma x$
10 .th	$\bar{x} - 1.280 \sigma x$
50 .th	$\bar{x}$
90 .th	$\bar{x} + 1.280 \sigma x$
95 .th	$\bar{x} + 1.645 \sigma x$
97.5 .th	$\bar{x} + 1.960 \sigma x$
99 .th	$\bar{x} + 2.325 \sigma x$

Sumber: Hafis & Yusianto, 2026 Perancangan Alat Pengering Bawang Menggunakan Metode Antropometri Design

$$\text{Mean/Rata-rata} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad . \text{ Standar Deviasi} = \sigma x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

2.4 Metode Penelitian

Berikut gambar 4 diagram alir.



Gambar 4. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.5 NBM Sebelum perbaikan

Hasil kuesioner NBM sebelum perbaikan terlihat pada tabel 5 Data hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) sebelum perbaikan.

Tabel 5. Data hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) sebelum perbaikan

no	jenis keluhan	Operator 1	Operator 2	Operator 3	Operator 4	Operator 5	Operator 6	Operator 7	Operator 8	Operator 9	Operator 10	Rata-rata
0	Sakit pada atas leher	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3.5
1	Sakit pada bawah leher	4	4	3	3	4	4	3	3	2	2	3.2
2	Sakit pada kiri bahu	3	3	3	3	3	4	3	3	1	1	2.7
3	Sakit pada kanan bahu	4	3	3	2	4	3	3	2	1	1	2.6
4	Sakit pada kiri atas lengan	3	1	1	1	2	4	4	2	1	1	2
5	Sakit pada punggung	3	3	2	2	3	4	2	3	2	2	2.6
6	Sakit pada kanan atas lengan	2	1	1	1	3	2	1	2	1	1	1.5
7	Sakit pada pinggang	3	4	4	3	2	4	3	3	3	3	3.2
8	Sakit pada bokong (buttock)	4	3	3	2	4	3	2	4	3	3	3.1
9	Sakit pada bagian bawah bokong (bottom)	4	4	4	4	3	4	3	3	3	2	3.4
10	Sakit pada kiri siku	3	1	1	1	4	3	1	2	1	1	1.8
11	Sakit pada kanan siku	2	1	2	1	1	3	1	2	1	1	1.5
12	Sakit pada kiri lengan bawah	3	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1.4
13	Sakit pada kanan lengan bawah	2	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1.7
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	3	2	3	2	3	2	2	3	1	1	2.2
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	3	2	2	2	3	3	2	2	1	1	2.1
16	Sakit pada tangan kiri	2	1	1	3	3	2	2	2	1	1	1.8
17	Sakit pada tangan tangan	2	1	1	1	3	2	1	2	1	1	1.5
18	Sakit pada paha kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1.1
19	Sakit pada paha kanan	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1.2
20	Sakit pada lutut kiri	3	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1.8
21	Sakit pada lutut kanan	3	2	1	2	3	1	2	2	2	1	1.9
22	Sakit pada betis kiri	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1.3
23	Sakit pada betis kanan	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1.2
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1.2
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1.1
26	Sakit pada kaki kiri	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1.3
27	Sakit pada kaki kanan	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1.3
Total		71	52	50	47	71	72	52	57	43	37	

Berdasarkan hasil kuesioner dan perhitungan total skor, diketahui bahwa 3 operator Closed Circuit Television (CCTV) memiliki risiko rendah (28–49), 4 operator memiliki risiko sedang (50–70) dan memerlukan perbaikan di kemudian hari, serta 3 operator memiliki risiko tinggi (71–91) dan memerlukan tindakan segera.



Gambar 5. Hasil total skor NBM pada operator cctv sebelum perbaikan

Berdasarkan rata-rata rekapitulasi keluhan subjektif muskuloskeletal menggunakan *Nordic Body Map* (NBM) sebelum perbaikan, keluhan tertinggi terdapat pada leher bagian atas (3,5), diikuti bokong bagian bawah (3,4), leher bagian bawah (3,2), pinggang (3,2), dan bokong (3,1). Lima keluhan tertinggi berdasarkan nilai rata-rata tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Keluhan 5 teratas tingkat rasa sakit berdasarkan nilai rata-rata

2.6 Rapid Office Strain Assessment (ROSA)

Berikut gambar 7 dokumentasi penilaian ROSA.



Gambar 7. Dokumentasi penilaian ROSA

Dan tabel 6 adalah skor akhir ROSA

Tabel 6. Skor akhir dan klasifikasi

No	Pekerja	Skor section A	Skor section B	Skor section C	Skor peripheral dan monitor	Skor Akhir	Klasifikasi
1	Operator 1	5	6	6	6	6	Beresiko
2	Operator 2	6	6	3	6	6	Beresiko
3	Operator 3	5	6	2	6	6	Beresiko
4	Operator 4	6	6	3	6	6	Beresiko
5	Operator 5	7	6	3	6	7	Beresiko
6	Operator 6	7	6	3	6	7	Beresiko
7	Operator 7	5	6	2	6	6	Beresiko
8	Operator 8	6	6	2	6	6	Beresiko
9	Operator 9	4	5	1	5	5	Tidak beresiko
10	Operator 10	5	5	1	5	5	Tidak beresiko
Rata-rata skor pada tiap-tiap section/bagian		5.6	5.8	2.6			

Klasifikasi tingkat resiko disimpulkan bahwa dari seluruh responden (10 operator cctv) terdapat 2 operator cctv tidak beresiko dan 8 operator beresiko. Dengan skor akhir 5 sebanyak 2 operator, skor akhir 6 sebanyak 6 operator, dan skor akhir 7 sebanyak 2 operator.

2.7 Persentil

Tabel 7 adalah hasil persentil dari data antropometri.

Tabel 7. Hasil persentil

	Simbol	Standar Deviasi	Rata-rata	Persentil 5	Persentil 50	Persentil 95
Tinggi bahu duduk	TBD	1.44	61.1	59	61	63
Tinggi siku duduk	TSD	1.43	22.5	20	23	25
Tinggi popliteal	TPO	1.05	44	42	44	46
Panjang popliteal	PP	2.79	46.7	42	47	51
Lebar bahu	LB	2.1	47.8	45	48	51
Lebar pinggul	LP	1.64	38.5	36	39	41

2.8 Pembahasan

Berdasarkan hasil NBM, skor tingkat risiko dan observasi, dilakukan identifikasi penyebab keluhan operator CCTV. Lima keluhan tertinggi meliputi leher atas, leher bawah, bokong bawah, pinggang, dan bokong. Keluhan pada leher diduga disebabkan oleh posisi monitor yang terlalu tinggi, sedangkan keluhan pada bokong dan pinggang berkaitan dengan penggunaan kursi yang memiliki skor risiko tinggi.

1. Section/bagian A – Kursi

Pada aspek ketinggian kursi, masih banyak operator yang memiliki posisi kaki < atau >90°. Kursi yang digunakan tidak dapat diatur ketinggian maupun kedalamannya, sehingga jarak antara ujung kursi dan lutut pada beberapa operator tidak sesuai rekomendasi 3 inci (7–8 cm). Penggunaan sandaran tangan sebagian besar sudah memadai, tetapi tidak dapat diatur. Sementara itu, mayoritas operator menggunakan sandaran punggung dengan kemiringan 95°–110°.

2. Section/bagian B Monitor dan telepon

Penelitian menggunakan konfigurasi multi-monitor 2×2, yaitu empat layar yang disusun dalam dua baris. Jarak monitor yang terlalu dekat dan tinggi menyebabkan operator mendongak (neck extension) saat melihat layar bagian atas. Penggunaan multi-monitor juga mengharuskan operator menoleh untuk melihat layar samping atau menoleh sekaligus mendongak untuk melihat layar bagian atas. Selain itu, ditemukan pantulan cahaya pada monitor dan dokumen yang diletakkan tanpa penyangga.

Menurut Dewi [16] kursi dinyatakan sesuai jika memenuhi 10 dari 13 parameter terpenuhi/sesuai antara kursi rekomendasi dengan kursi hasil ukur. Terlihat dari tabel 8 perbandingan hasil ukur persentil dan hasil ukur kursi, dari 13 parameter hanya 5 parameter yang terpenuhi, sehingga kursi dinyatakan tidak sesuai.

Tabel 8. Perbandingan hasil ukur

Parameter	Pengukuran dan persentil	Hasil ukur kursi (cm)	Kesesuaian
Tinggi	Dudukan kursi	42 (P5)	42-50
	Sandaran punggung	61 (P50)	65
	Sandaran tangan	20 (P5)	20
Panjang	Dudukan kursi	42 (P5)	45
Lebar	Dudukan kursi	41 (P95)	45
	Sandaran kursi	51 (P95)	44
Jumlah kaki kursi	5 kaki kursi	5 kaki kursi	Sesuai
Sandaran punggung	Dapat diatur	Tidak dapat diatur	Tidak sesuai
Ketinggian kursi	Dapat diatur	Dapat diatur	Sesuai
Kedalaman kursi	Dapat diatur	Tidak dapat diatur	Tidak sesuai
Sandaran tangan	Dapat diatur	Tidak dapat diatur	Tidak sesuai
Lapisan kursi	Kain	Kain	Sesuai
Kemiringan sandaran kursi	Fleksibel	Fleksibel	Sesuai

2.9 Upaya Perbaikan

1. Penyesuaian tata letak

Berdasarkan rekomendasi jarak pandang optimal menurut ITU-R BT.2246-7, monitor yang digunakan memiliki resolusi 3840 × 2160 piksel sebagai dasar penentuan jarak dan bidang pandang optimal. [11] dalam tabel 2 Sudut pandang horizontal optimal dan jarak pandang optimal dalam ketinggian gambar (H) untuk berbagai sistem pencitraan digital jarak optimal pada penelitian ini sebagai berikut dan gambar 8 jarak sebelum dan sesudah perbaikan.

$$\text{jarak optimal} = 1.5 \times \text{tinggi gambar}$$

$$\text{Jarak optimal} = 1.5 \times 141 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak optimal} = 211.5 \text{ cm}$$



(a) Sebelum



(b) Sesudah

Gambar 8. jarak sebelum dan sesudah perbaikan

Penyesuaian tata letak monitor berdampak pada postur leher dengan menurunkan sudut mendongak. Pada Operator 5, sudut mendongak sebelum perbaikan sebesar 30° (Gambar 9a) dan menurun menjadi 23° setelah perbaikan (Gambar 9b).



(a) Sebelum



(b) Sesudah

Gambar 9. Sebelum (a) dan Sesudah (b) perbaikan pada Operator 5

Seperti Operator 5, Operator 1 juga mengalami penurunan neck extension. Sebelum perbaikan, sudut mendongak sebesar 33° (Gambar 10a), kemudian menurun menjadi 25° setelah perbaikan (Gambar 10b).



(a) Sebelum



(b) Sesudah

Gambar 10. Sebelum (a) dan Sesudah (b) perbaikan pada Operator 10

2. Untuk meningkatkan kesadaran operator dalam penggunaan kursi kerja, Penggunaan mouse dan keyboard yang tepat diperlukan untuk meminimalkan gangguan muskuloskeletal. Meskipun kursi kerja dapat diatur ketinggiannya, operator CCTV jarang melakukan penyesuaian sebelum bekerja sehingga posisi kerja belum ergonomis. Oleh karena itu, diperlukan edukasi mengenai postur kerja ergonomis melalui poster informasi penggunaan fasilitas dan stretching, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Poster



Lokasi Poster

Gambar 11. Posisi dan gambar poster instruksi penggunaan fasilitas dan stretching

3. Melakukan rehat sejenak dan Stretching

Pemantauan monitor dan duduk statis lebih dari 4 jam per hari dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan. Oleh karena itu, operator disarankan melakukan jeda istirahat dan peregangan. Berdasarkan Permenkes Nomor 48 Tahun 2016, metode 20-20-20 diterapkan dengan mengistirahatkan mata selama 20 detik setiap 20 menit dengan mengalihkan pandangan sejauh 20 feet (6 meter). Selain itu, peregangan selama 10–15 menit dianjurkan setiap 2 jam kerja, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Operator 5 dan 1 melakukan stretching

2.10 Hasil Perbaikan

1. Hasil penilaian ROSA sesudah perbaikan. Terlihat pada tabel

Tabel 9. Hasil ROSA sebelum dan sesudah perbaikan

No	Pekerja	Skor Final sebelum perbaikan	Klasifikasi sebelum perbaikan	Skor Final sesudah perbaikan	Klasifikasi sesudah perbaikan
1	Operator 1	6	Beresiko	5	Tidak Beresiko
2	Operator 2	6	Beresiko	6	Beresiko
3	Operator 3	6	Beresiko	5	Tidak Beresiko
4	Operator 4	6	Beresiko	5	Tidak Beresiko
5	Operator 5	7	Beresiko	6	Beresiko
6	Operator 6	7	Beresiko	5	Tidak Beresiko
7	Operator 7	6	Beresiko	5	Tidak Beresiko
8	Operator 8	6	Beresiko	6	Beresiko
9	Operator 9	5	Tidak Beresiko	4	Tidak Beresiko
10	Operator 10	5	Tidak Beresiko	5	Tidak Beresiko

Hasil pengukuran ROSA setelah perbaikan menunjukkan adanya penurunan skor dan tingkat risiko. Operator dengan skor 7 menurun dari 2 menjadi 0, skor 6 dari 6 menjadi 3, sedangkan skor 5 meningkat dari 2 menjadi 6 dan skor 4 dari 0 menjadi 1 operator. Berdasarkan klasifikasi risiko, jumlah operator berisiko menurun dari 8 menjadi 3 operator, sedangkan operator yang tidak berisiko meningkat dari 2 menjadi 7 operator. Hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 42.

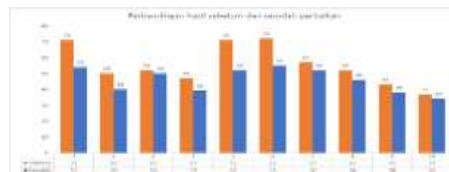
2. Hasil kuesioner NBM sesudah perbaikan terlihat pada tabel 8 Data hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) sesudah perbaikan.

Tabel 10. Data hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) sesudah perbaikan

no	jenis keluhan	Operat or 1	Operat or 2	Operat or 3	Operat or 4	Operat or 5	Operat or 6	Operat or 7	Operat or 8	Operat or 9	Operat or 10	Rat a-rata
0	Sakit pada atas leher	3	2	3	2	2	3	3	3	2	2	2.5
1	Sakit pada bawah leher	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2.2
2	Sakit pada kiri bahu	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1.9
3	Sakit pada kanan bahu	3	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1.9
4	Sakit pada kiri atas lengan	2	1	1	1	2	2	3	1	1	1	1.5
5	Sakit pada punggung	2	3	1	1	2	3	2	3	1	2	2

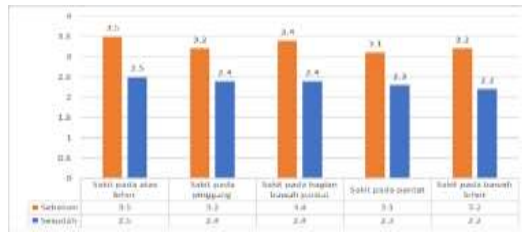
no	jenis keluhan	Operat or 1	Operat or 2	Operat or 3	Operat or 4	Operat or 5	Operat or 6	Operat or 7	Operat or 8	Operat or 9	Operat or 10	Rat a- rata
6	Sakit pada kanan atas lengan	2	1	1	1	2	2	2	3	1	1	1.6
7	Sakit pada pinggang	2	3	3	2	2	3	2	3	2	2	2.4
8	Sakit pada bokong (buttock)	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2.3
9	Sakit pada bagian bawah bokong (bottom)	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2.4
10	Sakit pada kiri siku	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1.4
11	Sakit pada kanan siku	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1.3
12	Sakit pada kiri lengan bawah	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1.3
13	Sakit pada kanan lengan bawah	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1.5
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	2	3	2	1	2	2	2	3	1	1	1.9
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1.8
16	Sakit pada tangn kiri	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1.6
17	Sakit pada tangn tangan	2	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1.5
18	Sakit pada paha kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	Sakit pada paha kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	Sakit pada lutut kiri	3	2	1	1	2	2	1	2	3	1	1.8
21	Sakit pada lutut kanan	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1.7
22	Sakit pada betis kiri	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1.3
23	Sakit pada betis kanan	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1.2
24	Sakit pada pergelngan kaki kiri	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1.2
25	Sakit pada pergelengan kaki kanan	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1.3
26	Sakit pada kaki kiri	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1.2
27	Sakit pada kaki kanan	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1.3
Total		54	50	40	39	52	55	46	52	38	34	

Berdasarkan hasil kuesioner, terjadi penurunan tingkat risiko setelah perbaikan. Operator dengan risiko tinggi menurun dari 3 menjadi 0, sedangkan risiko sedang meningkat dari 4 menjadi 5 operator dan risiko rendah meningkat dari 3 menjadi 5 operator. Dengan demikian, setelah perbaikan tidak terdapat operator dengan risiko tinggi, 5 operator berisiko sedang, dan 5 operator berisiko rendah. Terlihat pada gambar 13 perbandingan NBM sebelum dan sesudah perbaikan.



Gambar 13. perbandingan NBM sebelum dan sesudah perbaikan.

Sebelum perbaikan, lima keluhan tertinggi terdapat pada leher atas (3,5), bokong bawah (3,4), leher bawah (3,2), pinggang (3,2), dan bokong (3,1). Setelah perbaikan, terjadi penurunan keluhan pada leher atas sebesar 28,6% (3,5 menjadi 2,5), bokong bawah sebesar 29,4% (3,4 menjadi 2,4), leher bawah sebesar 31,3% (3,2 menjadi 2,2), pinggang sebesar 25% (3,2 menjadi 2,4), dan bokong sebesar 25,8% (3,1 menjadi 2,3). terlihat pada gambar 14 hasil perbaikan persebaran pada 5 keluhan tertinggi sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan.



Gambar 14. hasil perbaikan persebaran pada 5 keluhan tertinggi sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan

2.11 Usulan Perbaikan

1. Redesign kursi kerja

Hasil perhitungan persentil menunjukkan bahwa kursi yang digunakan belum sesuai dengan dimensi antropometri dan fitur ergonomis. Kondisi seperti kedalaman dudukan, sandaran tangan, dan sandaran punggung yang tidak dapat disesuaikan menyebabkan tingginya skor Section A (chair) dan berpotensi meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan fasilitas kursi kerja yang dilengkapi pengaturan ketinggian, kedalaman dudukan, sandaran tangan, dan sandaran punggung agar sesuai dengan antropometri operator CCTV, meningkatkan kenyamanan, serta mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal. Tabel 9 salah satu contoh dimensi kursi kerja ergonomis.

1. Ketinggian dudukan menggunakan P5 agar operator berkaki pendek tidak menggantung, sedangkan operator berkaki panjang masih dapat menyesuaikan kursi.
2. Panjang dudukan menggunakan P5 agar ujung dudukan tidak menekan lutut atau betis operator bertubuh kecil.
3. Tinggi sandaran tangan menggunakan P5 agar lengan dapat bersandar dengan rileks tanpa mengangkat bahu.
4. Tinggi sandaran punggung menggunakan P50 agar dapat mengakomodasi operator dengan ukuran tubuh rata-rata.
5. Lebar dudukan menggunakan P95 agar tetap nyaman bagi operator dengan ukuran tubuh besar.
6. Lebar sandaran punggung menggunakan P95 agar operator bertubuh besar tetap merasa nyaman.

Tabel 81. salah satu contoh dimensi kursi kerja ergonomis

Parameter		Hasil perhitungan persentil (cm)	Kursi ergonomi (cm)	Kesesuaian
Tinggi	Dudukan kursi	42	42 – 51	Sesuai
	Sandaran punggung	61	51	Tidak sesuai
	Sandaran tangan	20	20 – 27	Sesuai
Panjang	Dudukan kursi	42	42 – 47	Sesuai
	Sandaran kursi	41	52	Tidak sesuai
Lebar	Dudukan kursi	52	44	Tidak sesuai
	Sandaran kursi			
Jumlah kaki kursi		5 kaki kursi	5 kaki kursi	Sesuai
Sandaran punggung		Dapat diatur	Dapat diatur	Sesuai
Ketinggian kursi		Dapat diatur	Dapat diatur	Sesuai
Kedalaman kursi		Dapat diatur	Dapat diatur	Sesuai
Sandaran tangan		Dapat diatur	Dapat diatur	Sesuai
Lapisan kursi		Kain	Kain	Sesuai
Kemiringan sandaran kursi		Fleksibel	Fleksibel	Sesuai

Kursi kerja ergonomis memiliki beberapa peningkatan dibandingkan kursi lama, yaitu penambahan sandaran kepala dan dukungan pinggang, serta fitur pengaturan kedalaman dudukan, sandaran tangan, dan kemiringan sandaran punggung. Sandaran tangan juga menggunakan permukaan yang lebih nyaman. Material kain dipilih untuk meningkatkan

sirkulasi udara, mengurangi panas saat duduk dalam waktu lama, dan menyesuaikan bentuk tubuh operator CCTV. Desain kursi kerja ergonomis ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Design kursi kerja ergonomi

3. KESIMPULAN

1. Dari hasil penilaian tingkat risiko menggunakan metode *Rapid Office Strain Assessment* (ROSA), stasiun kerja operator Closed Circuit Television (CCTV) di Control room PT XYZ teridentifikasi masih dalam kondisi yang belum ergonomis. Analisis skor penilaian menunjukkan bahwa 80% (8 dari 10) operator CCTV memperoleh nilai akhir lebih dari 5. Perolehan tersebut diklasifikasikan ke dalam kategori risiko tinggi, sehingga menuntut dilakukannya evaluasi serta perbaikan stasiun kerja segera. Di sisi lain, sebanyak 20% (2 dari 10) operator CCTV memperoleh skor akhir kurang dari atau sama dengan 5, yang tergolong dalam kategori tidak berisiko.
2. Upaya perbaikan untuk menurunkan/meminimalisir keluhan gangguan muskuloskeletal pada operator CCTV di Control room PT XYZ meliputi tiga aspek utama, yaitu:
 1. penyesuaian tata letak workstation, termasuk pengaturan jarak pandang optimal sebesar $\pm 211,5$ cm mengacu pada ITU-R BT.2246-7 (2020)
 2. Memasang poster penggunaan fasilitas ergonomis dan stretching
 3. Melakukan rehat sejenak dan stretchingImplementasi perbaikan tersebut terbukti dari hasil kuesioner *Nordic Body Map* setelah perbaikan memberikan dampak positif, ditandai dengan berkurangnya jumlah operator berisiko tinggi dari 3 operator menjadi 0 operator, dan terjadinya penurunan keluhan pada 5 bagian tubuh teratas (sebelum perbaikan), di antaranya keluhan leher atas turun sebesar 28,6%, leher bawah 31,3%, pinggang 25%, pantat 25,8%, dan bawah pantat 29,4%.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] World Health Organization (WHO), "Musculoskeletal health," World Health Organization (WHO). Accessed: Apr. 01, 2026. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>
- [2] World Health Organization (WHO), "Nearly 1.8 billion adults at risk of disease from not doing enough physical activity," World Health Organization (WHO). Accessed: Apr. 01, 2026. [Online]. Available: <https://www.who.int/news/item/26-06-2024-nearly-1.8-billion-adults-at-risk-of-disease-from-not-doing-enough-physical-activity>
- [3] Pemerintah Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2018*, vol. 5. Indonesia, 2018, p. 11.

- [4] A. L. Lubis, Larisang, and Z. A. Akbar, "Perancangan Fasilitas Kerja Yang Ergonomis bagi Operator CCTV Kominfo Batam," *J. Ind. Kreat.*, vol. 3, no. 02, pp. 21–33, 2019, doi: 10.36352/jik.v3i02.26.
- [5] P. A. Hermawan, M. Lukman, and S. Sarungu, "Analisis Postur Pekerja dengan Metode Rapid Office Strain Assessment (Rosa) di Unit Demin Plant PT. XYZ," *J. Ilm. Indones.*, vol. 10, no. 8, pp. 6336–6346, 2025.
- [6] S. Kartika *et al.*, *Ergonomi Prinsip Dan Penerapan Dalam Sistem Kerja*, vol. 2. Kendari: Promise Program Ilmiah Kesehatan, 2026. [Online]. Available: <https://promise.nchat.id>
- [7] R. M. Sugengriadi, D. A. Taufik, and S. Hermawan, "Usulan Perbaikan Keluhan Postur Tubuh Terkait Sakit Punggung Dan Pinggang Pekerja Operator Pusebox Pada Assy 3210A-K1A-N101 Di PT . Piranti Menggunakan Metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA)," *J. Infotex*, vol. 3, no. 2, pp. 174–187, 2025.
- [8] Y. Hutabarat, *Dasar Dasar Pengetahuan Ergonomi*, Ke 1. Malang: Media Nusa Creative, 2017. [Online]. Available: www.mncpublishing.com
- [9] A. I. Setiawan and N. A. Mahbubah, "Deteksi Kelelahan Otot Berbasis Postur Kerja Operator Computer Control Room," *J. Rekayasa Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 60–72, 2023.
- [10] D. A. Taufik, R. Fitri, and Anwari, *Pengantar Ergonomi Industri*, 1st ed. Pekanbaru: CV. Bravo Press Indonesia, 2026.
- [11] International Telecommunication Union, "The present state of ultra-high definition television BT Series Broadcasting service," Geneva, 2020.
- [12] Kementerian kesehatan Republik Indonesia, *Peraturan menteri kesehatan Republik Indonesia No.48 Tahun 2016 tentang standar keselamatan dan kesehatan kerja perkantoran*. Republi Indonesia, 2016.
- [13] C. Cahyono, M. Siregar, and E. M. Safitri, "Perancangan Kursi Kuliah yang Ergonomis Bagi Mahasiswa yang Berlebihan Berat Badan," *Matrik J. Manaj. dan Tek. Ind. Produksi*, vol. 24, no. 2, p. 117, 2024, doi: 10.30587/matrik.v24i2.3296.
- [14] H. H. Marfuah, *BUKU AJAR ERGONOMI & PERANCANGAN SISTEM KERJA*, 1st ed. Yogyakarta: UPY Press, 2023.
- [15] H. Harits and R. Yusianto, "Perancangan Alat Pengereng Bawang Menggunakan Metode Antropometri Design of an Onion Dryer Using the Anthropometric Method," *Metod. J. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 1, pp. 154–163, 2026.
- [16] A. K. Dewi, "Analisis Risiko Ergonomi Pada Pekerja Kantor Unit Control Room Menggunakan Rapid Office Strain Assessment," 2020, [Online]. Available: <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/183347/>

Analisis Penentuan Harga Pokok Produksi Dengan Metode *Full Costing* Dan Penetapan Harga Jual Dengan Pendekatan *Cost Plus Pricing* Pada UMKM Basreng Ndut

R.M. Sugengriadi¹, Muhamad Mirfak Arfan², Kamila³

¹²³Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia

Email: sugeng.riadi@sttexmaco.ac.id

Received 31 Agustus 2026 | Revised 10 September 2026 | Accepted 24 September 2026

ABSTRAK

UMKM Basreng Ndut saat ini masih menetapkan harga pokok produksi dan harga jual berdasarkan perhitungan yang hanya mempertimbangkan biaya bahan baku utama saja. Kondisi tersebut mengakibatkan belum terhitungnya seluruh komponen biaya produksi secara komprehensif, sehingga berpotensi memengaruhi tingkat profitabilitas usaha. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menghitung ulang harga pokok produksi menggunakan metode full costing serta menentukan harga jual ideal dengan pendekatan cost plus pricing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode tersebut menghasilkan nilai harga pokok produksi sebesar Rp 4.105 per bungkus. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, harga jual kemudian ditetapkan sebesar Rp5.000 per bungkus dengan asumsi target margin laba sebesar 20%. Kebijakan penetapan harga ini berhasil memproyeksikan pencapaian laba bersih sebesar Rp537.200 per bulan. Kesimpulannya, penerapan kombinasi metode full costing dan cost plus pricing sangat direkomendasikan sebagai landasan utama dalam menghitung biaya operasional dan menetapkan harga jual secara menyeluruh dan akurat

Kata kunci: Harga Pokok, Full Costing, Cost Plus Pricing, Harga Jual, UMKM

ABSTRACT

Currently, the MSME "Basreng Ndut" determines its cost of production and selling price based on calculations that account only for the cost of primary raw materials. This practice results in a failure to comprehensively account for all production cost components, potentially impacting the business's profitability. This study aims to evaluate and recalculate the cost of production using the full costing method and to determine an ideal selling price using the cost-plus pricing approach. The results indicate that applying this method yields a production cost of Rp4,105 per package. Based on this calculation, the selling price was set at Rp5,000 per package, assuming a target profit margin of 20%. This pricing policy projects a net profit of Rp537,200 per month. In conclusion, the combined application of the full costing and cost-plus pricing methods is highly recommended as a primary basis for calculating operational costs and establishing selling prices in a comprehensive and accurate manner.

Keywords: Cost of production, full costing, cost plus pricing, selling price, MSMEs.

1.PENDAHULUAN

Perkembangan usaha di Indonesia yang begitu pesat memicu persaingan yang ketat antarpelaku usaha. Sehingga banyak perusahaan berupaya menekan biaya produksi serendah mungkin. Pada dasarnya seluruh perusahaan berorientasi pada maksimalisasi keuntungan sebagai indikator utama kinerjanya, sehingga manajemen perlu melakukan perencanaan dan pengawasan yang cermat terhadap pendapatan dan biaya[1]. Usaha Mikro, kecil, dan menengah (UMKM) memegang peranan krusial dalam memajukan perekonomian nasional maupun regional sebagai penggerak kesejahteraan masyarakat melalui penciptaan lapangan kerja, sehingga kebijakan pengembangan UMKM turut berperan sebagai kebijakan anti-kemiskinan sekaligus sarana pemerataan pendapatan[2].

Seiring bertambahnya jumlah pelaku UMKM persaingan pada sektor makanan dan minuman semakin sengit sehingga setiap pelaku usaha dituntut mampu mengendalikan biaya produksi secara efisien agar menentukan harga jual yang kompetitif tanpa mengorbankan pencapaian laba maksimal. Namun demikian banyak UMKM mengalami kendala dalam menghitung harga pokok produksi (HPP) karena penatausahaan biaya yang belum komprehensif, harga jual umumnya ditentukan hanya berdasarkan perkiraan atau biaya bahan baku utama saja tanpa mengikutsertakan biaya tenaga kerja langsung dan overhead pabrik akibatnya harga jual yang ditetapkan sering kali belum mencerminkan biaya produksi yang sesungguhnya sehingga berpotensi mempengaruhi tingkat keuntungan, efisiensi usaha, maupun daya saing produk[3]. Kondisi tersebut juga terjadi pada UMKM Basreng Ndut, sebuah usaha Mikro yang bergerak pada produksi cemilan basreng (baso goreng) di kabupaten subang. Usaha ini mampu memproduksi sekitar 600 bungkus per bulan dengan harga Rp 5.000 per bungkus, namun penetapan harga tersebut masih terpaku pada kalkulasi biaya bahan baku utama semata tanpa mengakumulasi biaya overhead secara komprehensif, dan pencatatan biaya belum tersusun secara sistematis sehingga menyulitkan evaluasi serta pengendalian produksi.

Untuk menghitung total pengeluaran secara komprehensif, metode *full costing* dapat menjadi pendekatan pilihan. Pendekatan ini mengakumulasi HPP dengan menggabungkan seluruh komponen biaya, mulai dari bahan baku dan tenaga kerja langsung, hingga keseluruhan biaya *overhead* pabrik (baik yang bersifat tetap maupun variabel)[4].

Setelah HPP diperoleh harga jual ditetapkan menggunakan pendekatan cost plus pricing, yaitu penambahan persentase keuntungan yang diinginkan ke dalam harga pokok produksi. Pendekatan ini dinilai cocok diterapkan pada UMKM karena bersifat sederhana, mudah digunakan, serta mampu memberikan gambaran laba yang diharapkan oleh pemilik usaha.

2. METODE

2.1. Harga Jual

Harga jual merupakan nilai yang menjadi dasar dalam proses transaksi, ditentukan berdasarkan biaya yang dikeluarkan serta tingkat laba yang diharapkan[5]. Penentuan harga pokok yang akurat menjadi strategi krusial dalam menarik minat konsumen, karena harga jual secara konseptual dikalkulasikan dengan mengakumulasi total biaya produksi kemudian ditambahkan persentase keuntungan yang diharapkan[6]. Penentuan harga jual produk perlu dilakukan secara tepat dengan mempertimbangkan seluruh aspek yang memengaruhinya, mengingat perubahan biaya dan dinamika pasar dapat berdampak terhadap kebijakan harga maupun biaya perusahaan[7]. Harga jual merujuk pada nominal finansial yang harus dikeluarkan pelanggan demi mendapatkan suatu produk atau layanan, sehingga penerapan strategi penentuan harga pada dasarnya berorientasi pada maksimalisasi laba seiring dengan peningkatan jumlah penjualan[8].

2.2 Biaya Produksi

Biaya produksi mencakup seluruh pengeluaran, baik langsung maupun tidak langsung, yang timbul selama proses pengubahan bahan baku menjadi produk siap pasar, yang umumnya

terdiri atas tiga unsur utama yaitu bahan baku, tenaga kerja langsung, dan overhead pabrik [9]. Biaya overhead pabrik merujuk pada pengeluaran yang terkait dengan proses produksi namun tidak dapat ditelusuri secara langsung pada produk jadi, meliputi bahan penolong, biaya perawatan fasilitas, kompensasi tenaga kerja tidak langsung, penyusutan aset tetap, dan biaya operasional lainnya [10]. Secara lebih spesifik, biaya merupakan pengeluaran sumber daya keuangan yang dilakukan untuk memperoleh suatu aset [11].

2.3 Metode Full Costing Dan Harga Pokok Produksi

Full costing adalah metode penentuan biaya yang menyerap seluruh pengeluaran produksi secara menyeluruh, menggabungkan biaya bahan baku, tenaga kerja langsung, dan overhead pabrik baik tetap maupun variabel [12], sehingga menghasilkan rumusan biaya yang utuh tanpa membedakan perilaku biaya [13]. Harga Pokok Produksi (HPP) merepresentasikan total pengeluaran dalam proses pembuatan barang, yang dengan metode full costing setiap elemen biaya diakumulasikan secara komprehensif sehingga memfasilitasi perusahaan merumuskan harga jual secara lebih presisi [11]. Tujuan penentuan HPP antara lain sebagai landasan pengukuran efisiensi perusahaan, bahan pertimbangan pengambilan kebijakan, serta dasar penyusunan laporan keuangan, sedangkan manfaatnya meliputi penetapan harga jual, evaluasi realisasi biaya produksi, serta penghitungan laba-rugi secara berkala [14].

Menurut [15] komponen utama dalam biaya produksi terdiri atas biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, serta biaya overhead pabrik, berikut penjelasannya:

1. Biaya bahan baku
Bahan baku merupakan material utama yang digunakan dalam proses produksi dan diolah lebih lanjut hingga menjadi produk akhir atau barang jadi [16].
2. Biaya tenaga kerja
Biaya tenaga kerja langsung (*direct labor cost*) didefinisikan sebagai pengeluaran untuk tenaga kerja yang jejak kontribusinya pada produk akhir dapat ditelusuri dengan jelas dan presisi [9].
3. Biaya overhead pabrik

biaya tidak langsung atau biaya overhead pabrik merujuk pada pengeluaran yang terkait dengan objek biaya namun tidak dapat ditelusuri eksistensinya secara langsung pada produk jadi [9].

2.4 Penentuan Harga Pokok Produksi

Penentuan harga pokok produksi dilakukan guna mengidentifikasi besarnya pengeluaran yang timbul dalam proses pembuatan suatu barang. Secara umum, elemen pembentukan biaya ini mencakup bahan baku, tenaga kerja, serta *overhead* pabrik [10]. Menurut Mulyadi dalam [11] Penentuan harga pokok produksi melalui metode full costing melibatkan beberapa elemen biaya, yang meliputi:

- Biaya bahan baku
- Biaya tenaga kerja langsung
- Biaya overhead pabrik variabel
- Biaya overhead pabrik tetap

2.5 Penentuan Harga Biaya Plus (*Cost Plus Pricing Method*)

Metode *cost plus pricing* merupakan teknik penentuan harga jual suatu produk diperoleh dengan menjumlahkan keseluruhan biaya produksi dan penjualan dengan target margin laba. Menurut Rosiani Salindeho, struktur harga jual ini mencakup total biaya produksi (tetap dan variabel), pengeluaran nonproduksi (administrasi, pemasaran, dan distribusi), beserta persentase keuntungan yang diinginkan perusahaan [17].

Menurut [18] menghitung harga jual dengan metode cost plus pricing, dengan Langkah-langkah sebagai berikut:

1. Rumus perhitungan biaya total

$$\text{Biaya total} = \text{biaya produksi} + \text{biaya non produksi}$$

(1)

2. Rumus perhitungan harga jual

$$\text{Harga jual} = \text{Biaya produksi} + (\% \text{ Markup} \times \text{Biaya produksi})$$

(2)

3. Rumus perhitungan harga jual produk per unit

$$\text{Harga jual per unit} = \frac{\text{harga jual}}{\text{jumlah produksi}}$$

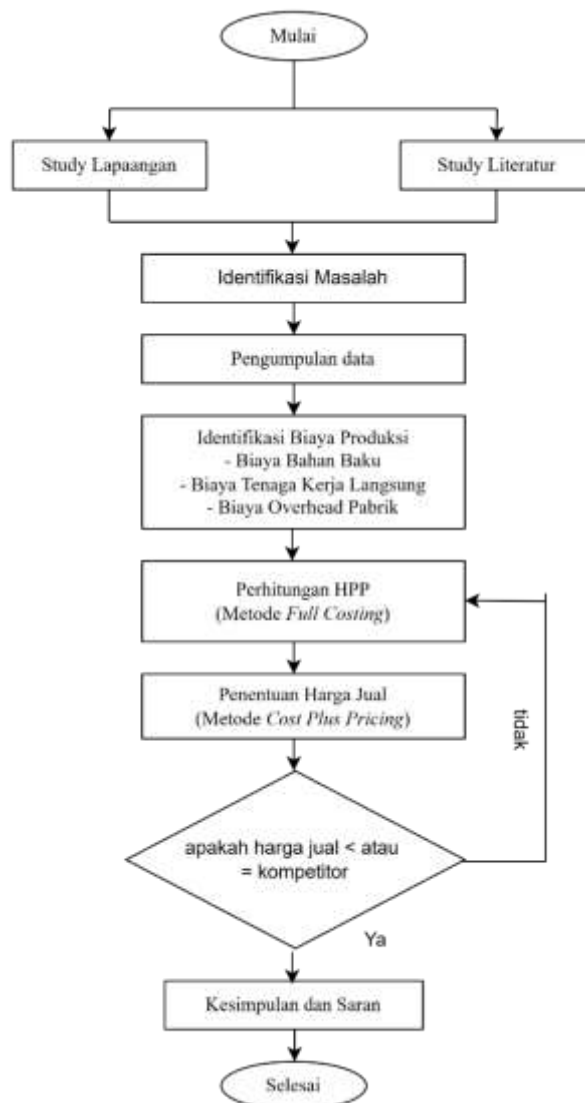
(3)

2.6 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif, karena berfokus pada pengumpulan dan pengolahan data numerik terkait biaya produksi untuk menghitung HPP melalui metode *full costing*. Pendekatan deskriptif dipilih untuk menggambarkan kondisi biaya produksi pada UMKM Basreng Ndut secara sistematis, faktual, dan akurat tanpa pengujian hubungan sebab-akibat antarvariabel.

2.7 Kerangka Pemikiran

Untuk memperjelas alur perhitungan HPP metode *full costing* pada UMKM Basreng Ndut berikut disajikan kerangka pemikiran pada Gambar 1.



Gambar 1. kerangka penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Perusahaan

Basreng Ndut adalah UMKM yang berkecimpung di bidang cemilan di Herman yang memproduksi basreng (baso goreng). Didirikan oleh ibu mintarsih, seorang ibu rumah tangga yang ingin memiliki usaha mandiri yang dapat menambah pendapatan. Dengan modal yang relatif terjangkau serta proses produksi yang cukup sederhana, usaha ini mulai dijalankan dala skala kecil dari rumah. Ibu Mintarsih memasarkan secara offline. Berkat promosi dari mulut ke mulut, produk tersebut mulai dikenal masyarakat khususnya di kecamatan cikaum, berkat cita rasa yang lezat serta teksturnya renyah.

3.2 Sosialisasi Mengenai Hasil Penelitian

Gambar 2 dibawah menunjukkan proses sosialisasi mengenai hasil penelitian mengenai laba bersih dan harga pokok produksi serta penetapan harga jual menggunakan metode full costing dengan pendekatan cost plus pricing.



Gambar 2. sosialisasi hasil penelitian ke pemilik UMKM Basreng Ndut

3.3 Perhitungan Harga Pokok Produksi Menggunakan Metode *full costing*

Penentuan harga pokok produksi menggunakan metode full costing terdiri dari:

Biaya bahan baku	xxx
Biaya tenaga kerja langsung	xxx
Biaya overhead pabrik tetap	xxx
Biaya overhead pabrik variabel	xxx +
Total biaya produksi	xxx

1. Perhitungan biaya bahan baku

Tabel 1. perhitungan biaya bahan baku langsung selama satu bulan

No	Bahan Baku	Jumlah Pembelian	Harga Minggu ke-1	Harga Minggu ke-2	Harga Minggu ke-3	Harga Minggu ke-	Total (Rp)
1	Basreng mentah	30 kg	Rp.300.000	Rp.300.000	Rp.300.000	Rp.300.000	Rp.1.200.000
2	Minyak goreng	7 liter	Rp.100.000	Rp.100.000	Rp.100.000	Rp.100.000	Rp.400.000

No	Bahan Baku	Jumlah Pembelian	Harga Minggu ke-1	Harga Minggu ke-2	Harga Minggu ke-3	Harga Minggu ke-	Total (Rp)
3	Bumbu	12 bungkus	Rp.75.000	Rp.75.000	Rp.75.000	Rp.75.000	Rp.300.000
Total 1 Bulan							Rp.1.900.000

Sumber: UMKM Basreng Ndut

Untuk memproduksi 600 bungkus, UMKM Basreng Ndut mengeluarkan biaya bahan baku RP 1.900.000 dengan 1 bulan produksi.

2. Perhitungan biaya tenaga kerja

Berikut rincian biaya tenaga kerja langsung untuk 1 bulan produksi meskipun UMKM Basreng Ndut tidak memiliki tenaga kerja tetap, tetapi tetap saja perlu diperhitungkan.

Tabel 2. perhitungan biaya tenaga kerja dalam dalam 1 bulan

No	Jenis Pekerjaan	Perkiraan
1	Proses produksi dan pengemasan 1 orang	Rp.300.000
Total		Rp.300.000

Sumber: UMKM Basreng Ndut

Berdasarkan tabel diatas Inara.Dessert mengeluarkan biaya tenaga kerja Rp 300.000 selama 1 bulan.

3. Perhitungan biaya overhead pabrik

Dalam metode *full costing*, biaya *overhead* dibagi menjadi biaya *overhead* pabrik variabel dan tetap. Berikut rincian biaya *overhead* pabrik Inara.Dessert:

- Biaya overhead pabrik variabel

menyajikan rincian biaya variabel bahan penolong yang digunakan selama sebulan, yang merupakan bagian dari biaya *overhead* dan penting dalam analisis biaya produksi.

Tabel 3. Perhitungan Biaya Bahan Penolong Satu Bulan Produksi

No	Jenis Biaya	Harga Satu Bulan (Rp)
1	Gas LPG	Rp. 66.000
2	Platik kemasan	Rp. 100.000
Total		Rp. 166.000

Sumber: UMKM Basreng Ndut

Berdasarkan tabel 3 untuk biaya *overhead* pabrik variabel (*variable cost*) meliputi biaya penolong. Dimana total biaya *overhead* selama satu bulan produksi adalah sebesar Rp 166.000

- Biaya overhead pabrik tetap

Biaya tetap merupakan pengeluaran yang jumlahnya cenderung konstan sekalipun terjadi perbedaan dalam volume produksi yang dihasilkan. Dibawah ini memberikan rincian perhitungan biaya penyusutan untuk berbagai jenis peralatan yang digunakan dalam proses

produksi. Biaya penyusutan ini merupakan bagian dari biaya overhead pabrik tetap dan dihitung berdasarkan harga perolehan, umur ekonomis, dan biaya penyusutan dalam satu bulan produksi.

Tabel 4. perhitungan biaya penyusutan alat

No	Nama Alat	Harga Perolehan (Rp)	Umur Ekonomis	Beban Penyusutan/Bulan (Rp)
1	Kompas gas	Rp. 360.000	36	Rp. 10.000
2	Wajan	Rp. 300.000	36	Rp. 8.333
3	Saringan minyak	Rp. 40.000	12	Rp. 3.333
4	Baskom/Wadah	Rp. 35.000	12	Rp. 2.917
5	Sutil	Rp. 30.000	12	Rp. 2.500
Total		Rp. 765.000		Rp. 27.083

Sumber: Olah Data Peneliti (2026)

Beban penyusutan dalam penelitian ini dihitung yaitu dengan membagi harga perolehan aset dengan umur ekonomisnya. Adapun rumus yang digunakan adalah Penyusutan per bulan = Harga Perolehan ÷ Umur Ekonomis.

Total nilai perolehan alat produksi mencapai Rp765.000 dengan beban penyusutan yang dihitung sebesar Rp27.083 per bulan.

Tabel 5 memberikan rincian perhitungan biaya listrik untuk setiap peralatan yang digunakan dalam proses produksi.

Tabel 5. Perhitungan biaya listrik

No	Nama Alat	Tarif kWh 900W (Rp)	Daya Alat (W)	Konversi W ke kW	Biaya pemakaian per jam (Rp)	Lama pemakaian produksi (jam)	Hasil konversi jam (Rp)	Hasil 1 bulan (Rp)
1	Lampu	1.352	15	0.015	20.28	4	81.12	Rp. 1.622
2	Kulkas	1.352	70	0.07	94.64	24	2271.36	Rp. 68.141
Total								Rp. 69.763

Sumber: Olah Data Peneliti (2026)

Berdasarkan tabel 4 dan tabel 5 untuk biaya *overhead* pabrik tetap (*fixed cost*) meliputi biaya penyusutan alat mengeluarkan biaya sebesar Rp 27.083 dan biaya listrik sebesar Rp 69.763 dimana total biaya overhead tetap selama satu bulan produksi adalah sebesar Rp 96.846.

Tabel 6. Perhitungan Harga Pokok Produksi Metode Full Costing selama produksi satu bulan

Keterangan	Perhitungan Full Costing
Biaya bahan baku	Rp. 1.900.000
Biaya tenaga kerja	Rp. 300.000
Biaya Overhead	Rp. 166.000
Biaya tetap	Rp. 96.846
Biaya pemasaran	Rp. -
Biaya Administrasi	Rp. -
Biaya umum	Rp. -
Total biaya produksi	Rp. 2.462.846

Sumber: Olah Data Peneliti (2026)

Berdasarkan hasil perhitungan tabel 6, total biaya produksi UMKM Basreng Ndut dalam satu bulan mencapai Rp 2.462.846 dengan jumlah produksi sebanyak 600 bungkus. Berdasarkan total tersebut diperoleh HPP sebesar Rp 4.105 per bungkus.

3.4 Perbandingan Perhitungan Harga Pokok Produksi

Untuk mengetahui selisih perhitungan harga pokok produksi antara metode yang digunakan UMKM Basreng Ndut dengan metode *full costing*, maka dilakukan perbandingan seperti yang tertera pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Perbandingan Perhitungan Harga Pokok produksi UMKM Basreng Ndut metode *full costing*

No	Komponen Biaya	Sebelum menggunakan <i>full costing</i> (Rp)	Metode <i>Full costing</i> (Rp)	Selisih
1	Biaya bahan baku	Rp. 1.900.000	Rp. 1.900.000	Rp.-
2	Biaya tenaga kerja langsung	Rp.-	Rp. 300.000	Rp. 300.000
3	BOP variabel	Rp. 166.000	Rp. 166.000	Rp. -
4	BOP tetap	Rp. -	Rp. 96.846	Rp. 96.846
Total Biaya		Rp. 2.066.000	Rp. 2.462.846	Rp. 396.846

Sumber: Olah Data Peneliti (2026)

Total biaya produksi sebesar Rp 2.462.846, lebih tinggi dibandingkan perhitungan yang dilakukan oleh UMKM sebesar Rp 2.066.000. selisih sebesar Rp 396.846 terjadi karena metode full costing telah memperhitungkan seluruh komponen biaya.

3.5 perhitungan harga jual produk basreng menggunakan metode cost plus pricing

Analisis Penentuan Harga Pokok Produksi Dengan Metode *Full Costing* Dan Penetapan Harga Jual Dengan Pendekatan *Cost Plus Pricing* Pada UMKM Basreng Ndut

Harga jual ditetapkan dengan menjumlahkan seluruh biaya dalam pendekatan biaya penuh, yaitu yaitu biaya produksi ditambah biaya nonproduksi berupa biaya transportasi sebesar Rp50.000, sehingga diperoleh biaya total sebesar Rp2.512.846. Berdasarkan hasil wawancara, UMKM menetapkan target laba sebesar 20% untuk setiap produk yang dipasarkan. Perhitungan harga jual dengan metode cost plus pricing dilakukan sebagai berikut:

$$\text{Harga jual} = \text{biaya total} + (\% \text{markup} \times \text{biaya total}) = \text{Rp } 2.512.846 + (20\% \times \text{Rp } 2.512.846) = \text{Rp } 3.015.415,2$$

$$\begin{aligned} \text{Harga jual per bungkus} &= \text{harga jual} : \text{jumlah produksi} = \text{Rp } 3.015.415,2 : 600 \\ &= \text{Rp } 5.025, \text{ dibulatkan menjadi Rp } 5.000 \text{ per bungkus} \end{aligned}$$

Tabel 8. Perhitungan Harga jual dengan metode *cost plus pricing*

Keterangan	Jumlah (Rp)
HPP per bungkus	Rp. 4.105
Keuntungan 20%	Rp. 821
Harga jual	Rp. 4.926
Pembulatan	Rp. 5.000

Berdasarkan table 8 di dapat harga jual setelah menggunakan keuntungan 20% itu sebesar Rp821 dengan harga jual sebesar Rp 4.926 dengan pembulatan Rp5.000

Tabel 1 perbandingan penetapan harga jual UMKM Basreng Ndut dan metode cost plus pricing

No	Uraian	Sebelum menggunakan cost plus pricing	Metode cost plus pricing
1	Biaya bahan baku	Rp. 1.900.000	Rp. 1.900.000
2	Biaya tenaga kerja langsung	Tidak diperhitungkan	Rp. 300.000
3	Biaya overhead pabrik variabel	Rp. 166.000	Rp. 166.000
4	Biaya overhead pabrik tetap	Tidak diperhitungkan	Rp. 96.846
5	Total biaya produksi	Rp. 2.066.000	Rp. 2.462.846
6	Jumlah produksi	600 bungkus	600 bungkus
7	HPP per bungkus	Rp. 3.443	Rp. 4.105
8	Persentase keuntungan	Tidak ditetapkan secara pasti	20%
9	Keuntungan perbungkus	Rp. 1.557	Rp. 895
10	Harga jual perbungkus	Rp. 5.000	Rp. 5.000

Tabel 9. perbandingan Harga Jual

Keterangan	UMKM Basreng Ndut	Hasil Penelitian
HPP perbungkus	Rp. 3.443	Rp. 4.105
Harga jual	Rp. 5.000	Rp. 5.000
	Keuntungan kotor	Keuntungan bersih
Laba per bungkus	Rp. 1.557	Rp. 895

Produksi	600 bungkus	600 bungkus
Total laba perbulan	Rp. 934.200	Rp. 537.200

Berdasarkan Tabel 9 di dapat keuntungan kotor sebesar Rp 1.557 dan total laba perbulan Rp 934.200 dan mendapat keuntungan bersih sebesar Rp 895 dan total keuntungan bersihnya sebesar Rp 537.200 Pendapatan yang didapat UMKM selama sebulan Rp 837.200 di dapat dari keuntungan bersih + biaya tenaga kerja Rp 537.200 + Rp 300.000 = Rp 837.200

4. KESIMPULAN

1. Perhitungan laba UMKM Basreng Ndut setelah seluruh komponen biaya produksi diperhitungkan menggunakan metode full costing menunjukkan laba bersih sebesar Rp537.200 per bulan atau Rp895 per bungkus dengan kapasitas produksi 600 bungkus per bulan, yang menunjukkan bahwa perhitungan laba sebelumnya belum mencerminkan seluruh biaya produksi karena masih terdapat komponen biaya yang belum diperhitungkan
2. hasil perhitungan HPP menggunakan metode full costing menunjukkan total HPP sebesar Rp2.462.846 atau Rp4.105 per bungkus, yang melalui penerapan pendekatan cost plus pricing dengan markup 20% menghasilkan harga jual sebesar Rp4.926 per bungkus atau dibulatkan menjadi Rp5.000 per bungkus, sesuai dengan harga jual yang telah diterapkan UMKM. Meskipun demikian, keuntungan yang diperoleh UMKM setelah seluruh biaya produksi diperhitungkan lebih kecil dibandingkan perkiraan sebelumnya, sehingga penerapan metode full costing dengan pendekatan cost plus pricing dapat dijadikan dasar yang lebih sistematis dalam menghitung HPP dan menentukan harga jual.

5.DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Nur, A. Kholifatunisa, and D. Audini, "Pengaruh Perhitungan Harga Pokok Produksi dengan Metode Full Costing Terhadap Laporan Laba-Rugi," *J. ANC*, vol. 1, no. 3, pp. 168–176, 2025.
- [2] M. N. Sari, S. Winarni, and F. Marisya, "ANALISIS PERHITUNGAN HARGA POKOK PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE FULL COSTING UNTUK MENENTUKAN HARGA JUAL PADA UMKM TEMPE PAK RASMAN OKU SELATAN," vol. 2, no. 1, pp. 164–178, 2022.
- [3] A. Majid *et al.*, "Harga Pokok Produksi dalam Menentukan Harga Jual Melalui Metode Cost Plus Pricing dengan Pendekatan Full Costing," *ONLINE Insa. AKUNTAN*, vol. 8, no. 1, pp. 133–146, 2023.
- [4] F. Azzahra, T. Rahmadhani, S. Novarianti, R. R. Albidayah, and T. Lestari, "Analisis Perhitungan Harga Pokok Produksi Dengan Metode Full Costing Pada Et Veteran Pizza Pondok Aren," vol. 1, no. 4, pp. 322–327, 2025.
- [5] R. M. Sugengriadi, M. M. Arfan, and T. Martini, "Analisis Biaya Produksi Dengan Menggunakan Metode Full Costing Dalam Perhitungan Harga Pokok Produksi UMKM Inara Dessert," vol. 4, no. 2, pp. 54–66, 2026.
- [6] L. Deby and E. Saputra, "ANALISIS PENENTUAN HARGA POKOK PRODUKSI DENGAN METODE FULL COSTING DAN PENENTUAN HARGA JUAL DENGAN PENDEKATAN COST PLUS PRICING," vol. 1, no. 4, pp. 173–184, 2024.

- [7] N. Afriani, R. Sumantri, R. Hasdiyanti, and S. P. Ramadhani, "Perhitungan Harga Pokok Produksi Dengan Metode Full Costing : Penetapan Harga Jual Produk UKM Es Teh Aur," vol. 1, no. 4, pp. 304–309, 2025.
- [8] D. Damayanti, M. L. I. Nasution, and S. Sudiarti, "ANALISIS HARGA POKOK PRODUKSI DENGAN METODE FULL COSTING SEBAGAI ALAT BANTU PERENCANAAN LABA (STUDI KASUS AYAM PENYET SAHABAT SOLO)," *JIMEA / J. Ilm. MEA (Manajemen, Ekon. dan Akuntansi)*, vol. 8, no. 2, pp. 1127–1141, 2024.
- [9] K. S. Ihwan, A. Ilmi, M. A. Purnama, and Y. A. Tri, "Analisis Penentuan Harga Pokok Produksi pada UMKM U & Mie Menggunakan Metode Full costing," no. 6, 2024.
- [10] R. M. Sugengriadi and R. J. Pramudita, "Analisis Ekonomi Untuk Menentukan Harga Produk UMKM Pempek Menggunakan Metode Full Costing," vol. 3, no. 1, 2024.
- [11] E. S. A. Setiwatai, D. E. Helmalia, Luthpiyatunnisa, M. Tamara, and T. Lestari, "Analisis Perhitungan Harga Pokok Produksi Menggunakan Metode Full Costing Pada UMKM Es Teh Solo Cabang Cidodol," *J. Manaj. Ekon. dan Akunt.*, vol. 1, no. 4, pp. 315–321, 2025, doi: 10.63921/jmaeka.v1i4.117.
- [12] R. R. Alfitroh *et al.*, "ANALISIS HARGA POKOK PRODUKSI DENGAN METODE FULL COSTING PADA UMKM BAROKAH BAKERY KOTA BOGOR (Analysis of Cost of Goods Manufactured With The Full Costing Method at UMKM Barokah Bakery Bogor City)," vol. 5, no. 2, pp. 103–109, 2024.
- [13] Alda, Nurhayati, and E. F. Maharani, "ANALISIS PERHITUNGAN HARGA POKOK PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE FULL COSTING PADA UMKM BAKSO KELILING," vol. 2, no. 3, pp. 241–250, 2024.
- [14] F. Fardillah and R. Singgih, "Perhitungan Harga Pokok Produksi melalui Metode Full Costing untuk Penetapan Harga Jual Produk Pet Feeder Calculation of the Cost of Production using the Full Costing Method for Determining the Selling Price of Pet Feeder Products," vol. 8, no. 1, pp. 63–68, 2023.
- [15] R. A. Imelda, A. S. Kharisma, Dumadi, and H. K. Wulandari, "Analisis Perhitungan Harga Pokok Produksi Menggunakan Metode Full Costing pada Usaha Telangtea," *J. Manaj. dan Akunt.*, vol. 5, pp. 349–326, 2025, doi: 10.63921/jmaeka.v1i4.117.
- [16] R. P. Pradipta, M. S. Yuda, H. Herdiani, A. Munhiar, and F. Fahrurrazi, "Analisis harga pokok produksi terhadap penentuan harga jual makanan menggunakan metode full costing pada kedai es kepo cabang siliwangi kota sukabumi," vol. 1, no. 1, pp. 27–37, 2024.
- [17] V. Sofiana, Q. E. Lestari, S. Afrida, and E. Mahaerani, "Analisis Penentuan Harga Pokok Produksi dengan Metode Full Costing dan Penentuan Harga Jual dengan Pendekatan Cost Plus Pricing pada UMKM Es Teh Solo Cabang Rawalumbu Kota Bekasi," vol. 3, 2024.
- [18] S. Cicindra, Z. Boki, and A. Lukum, "Penentuan Harga Jual menggunakan Metode Cost Plus Pricing dengan Pendekatan Full Costing pada Keripik Pisuke Kota Gorotalo," vol. 1, no. 3, pp. 198–207, 2022.

Analisis Biaya Produksi dan Penetapan Harga Jual Pada UMKM Risol Mayonya Nita Dengan Menggunakan Metode Full Costing

R.M. Sugengriadi¹, Muhamad Mirfak Arfan², Selly Rahmawati³

¹²³Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia

Email: sugeng.riadi@sttexmaco.ac.id

Received 27 Agustus 2026 | *Revised* 09 September 2026 | *Accepted* 21 September 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis biaya produksi, mengetahui keuntungan riil, serta menentukan harga jual produk pada UMKM Risol Mayonya Nita menggunakan metode Full Costing dan Markup Pricing. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan teknik pengumpulan data berupa observasi, wawancara, dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total biaya produksi berdasarkan metode Full Costing sebesar Rp7.135.135 dengan harga pokok produksi sebesar Rp2.460 per unit, lebih tinggi dibandingkan perhitungan UMKM sebesar Rp2.060 per unit. Dengan harga jual Rp3.000 per unit, UMKM masih memperoleh keuntungan sebesar Rp540 per unit atau sekitar Rp1.566.000 per bulan. Penerapan metode Full Costing menghasilkan perhitungan biaya yang lebih akurat sehingga dapat dijadikan dasar dalam menetapkan harga jual tanpa mengurangi daya saing produk.

Kata kunci: Full Costing, Harga Pokok Produksi, Harga Jual, Markup Pricing, UMKM

ABSTRACT

This study aims to analyze production costs, determine the actual profit, and establish the selling price of products at UMKM Risol Mayonya Nita using the Full Costing and Markup Pricing methods. The research employed a quantitative descriptive approach, with data collected through observation, interviews, and documentation. The results indicate that the total production cost calculated using the Full Costing method was IDR 7,135,135, resulting in a cost of production of IDR 2,460 per unit, which is higher than the production cost calculated by the MSME at IDR 2,060 per unit. With a selling price of IDR 3,000 per unit, the business still generated an actual profit of IDR 540 per unit, equivalent to approximately IDR 1,566,000 per month. The implementation of the Full Costing method provides a more accurate calculation of production costs and can therefore be used as a reliable basis for determining selling prices while maintaining the product's competitiveness in the market.

Keywords: MSMEs, Production Cost, Cost of Production, Full Costing, Markup Pricing, Selling Price

1. PENDAHULUAN

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) merupakan salah satu sektor yang berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia. Selain mampu menciptakan lapangan kerja, UMKM juga berkontribusi terhadap peningkatan pendapatan masyarakat serta pemerataan kesejahteraan ekonomi. Agar mampu bertahan dalam persaingan usaha yang semakin ketat, pelaku UMKM harus memiliki kemampuan dalam mengelola biaya produksi dan menentukan harga jual secara tepat.

Biaya produksi merupakan seluruh pengorbanan sumber daya ekonomi yang dikeluarkan selama proses pengolahan bahan baku menjadi produk jadi. Perhitungan biaya produksi yang tepat menjadi dasar dalam menentukan harga pokok produksi (HPP) sekaligus menetapkan harga jual. Sebaliknya, apabila biaya produksi dihitung secara kurang tepat, harga jual yang ditetapkan tidak akan mencerminkan biaya yang sesungguhnya sehingga dapat memengaruhi tingkat keuntungan dan keberlangsungan usaha. Oleh karena itu, seluruh komponen biaya produksi perlu diperhitungkan secara lengkap agar informasi biaya yang dihasilkan dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan.

Penentuan harga jual tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan perkiraan atau mengikuti harga pesaing. Harga jual harus disusun berdasarkan seluruh biaya yang dikeluarkan selama proses produksi sehingga keuntungan yang diperoleh benar-benar mencerminkan kondisi usaha. Apabila terdapat biaya yang tidak diperhitungkan, maka harga pokok produksi menjadi lebih rendah daripada biaya sebenarnya sehingga laba yang diperoleh terlihat lebih besar dari kondisi riil.

UMKM Risol Mayonya Nita merupakan usaha kuliner yang memproduksi risol mayo sebagai produk utama. Dalam praktiknya, usaha ini masih menghitung biaya produksi berdasarkan biaya bahan baku, sedangkan biaya tenaga kerja langsung, biaya penyusutan peralatan, biaya listrik, dan biaya overhead lainnya belum dimasukkan dalam perhitungan. Kondisi tersebut menyebabkan harga pokok produksi yang dihitung belum menggambarkan biaya produksi secara keseluruhan sehingga berpotensi memengaruhi ketepatan penentuan harga jual dan keuntungan usaha.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menghitung kembali biaya produksi menggunakan metode Full Costing, membandingkan hasilnya dengan metode yang digunakan UMKM, serta menganalisis penetapan harga jual menggunakan metode Markup Pricing.

2. METODE

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Lokasi penelitian berada pada UMKM Risol Mayonya Nita di Kecamatan Purwadadi, Kabupaten Subang. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses produksi, wawancara dengan pemilik usaha, serta dokumentasi mengenai penggunaan bahan baku, tenaga kerja, peralatan produksi, dan biaya operasional.

Tahapan analisis meliputi:

1. Mengidentifikasi seluruh biaya produksi.
2. Mengelompokkan biaya menjadi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, biaya overhead variabel, dan biaya overhead tetap.
3. Menghitung total biaya produksi menggunakan metode Full Costing.
4. Menghitung harga pokok produksi per unit.
5. Membandingkan hasil perhitungan Full Costing dengan metode yang digunakan UMKM.
6. Menentukan harga jual menggunakan metode Markup Pricing.

7. Menyusun rekomendasi harga jual yang tetap memberikan keuntungan dan mempertahankan daya saing produk. Biaya bahan baku

Berikut perhitungan unsur HPP menggunakan metode full costing:

Biaya bahan baku	Rpxxx
Biaya tenaga kerja langsung	RPxxx
Biaya overhead pabrik tetap	Rpxxx
Biaya overhead pabrik variabel	Rpxxx
Harga pokok produk	Rp xxx ⁺

2.1 Penentuan Harga Jual

Harga jual dalam *markup pricing* ditentukan dengan menambahkan persentase *markup* ke harga pokok[7]. *Mark-up pricing* banyak digunakan oleh para pedagang. Para pedagang akan menentukan harga jualnya dengan cara menambahkan *mark-up* yang diinginkan pada harga beli per satuan. Persentase yang ditetapkan berbeda untuk setiap jenis barang. Dalam menghitung harga jual, menggunakan rumus:

$$\text{Harga beli} + \text{mark up} = \text{Harga} \quad (1)$$

2.2 Profitabilitas

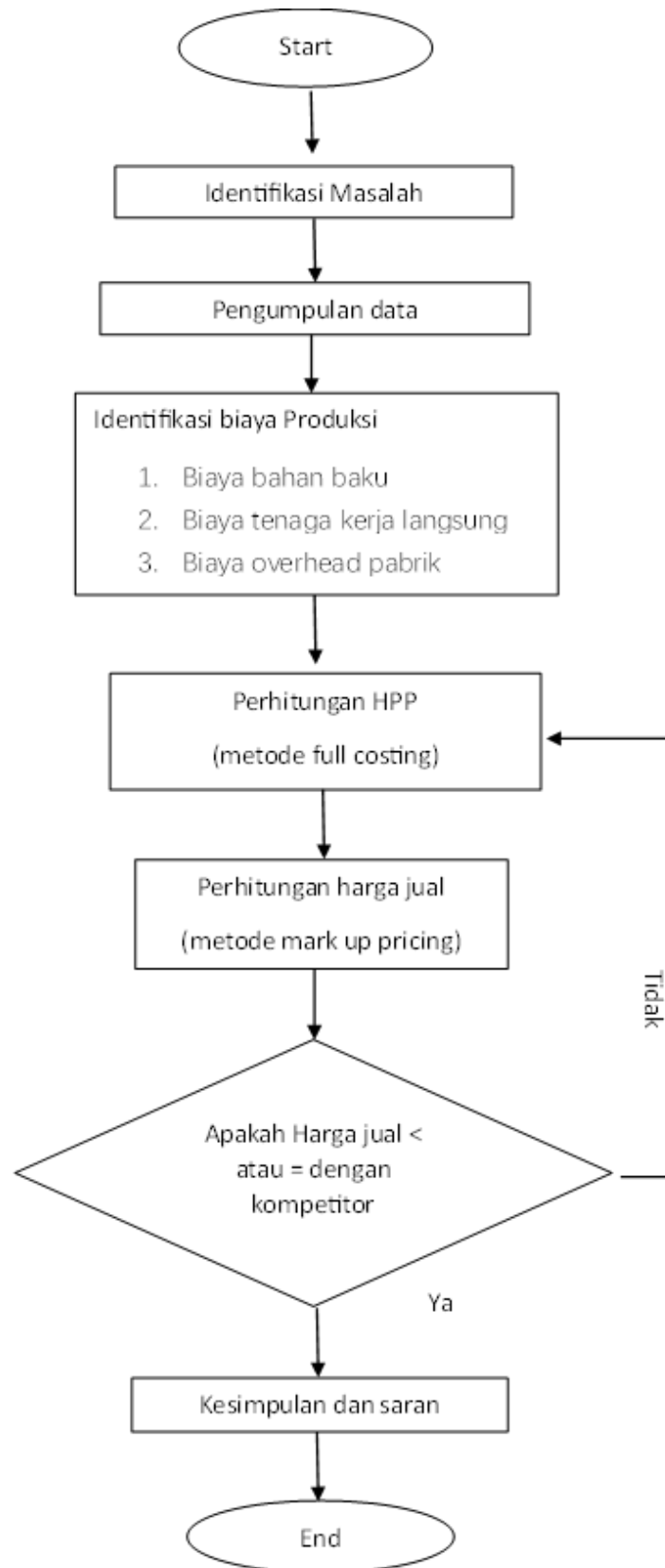
Profitabilitas adalah rasio yang mengukur efektivitas manajemen secara keseluruhan yang ditujukan oleh besar kecilnya tingkat keuntungan yang diperoleh dalam hubungannya dengan penjualan maupun investasi[13].

2.3 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan kualitatif untuk membandingkan keuntungan UMKM berdasarkan metode perhitungan HPP yang mereka gunakan dengan metode full costing. Penelitian ini menyajikan data dalam bentuk angka untuk menggambarkan fenomena yang ada[14]. Pendekatan kualitatif digunakan untuk pengumpulan data mendalam melalui observasi langsung dan analisis komparatif terhadap teori yang relevan, tanpa pengujian hipotesis statistik[15].

2.4 Kerangka Pemikiran

Untuk memperjelas alur perhitungan HPP metode *full costing* pada UMKM InaraDessert, berikut disajikan *flowchart* yang memvisualisasikan langkah-langkah analisis sistematis, mulai pengumpulan data dan klasifikasi biaya hingga perhitungan akhir HPP.



Gambar 1. kerangka Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Biaya Produksi UMKM

Berdasarkan data produksi bulan Maret 2026, UMKM menghasilkan sebanyak 2.900 unit risol mayo. Perhitungan yang dilakukan pemilik usaha hanya memasukkan biaya bahan baku dan sebagian biaya kemasan sehingga total biaya produksi sebesar Rp5.974.000 dengan harga pokok produksi sebesar Rp2.060 per unit. Cara perhitungan tersebut belum memasukkan biaya tenaga kerja langsung, penyusutan peralatan, listrik, gas, dan biaya overhead lainnya sehingga nilai HPP menjadi lebih rendah dari biaya yang sebenarnya

3.2 Metode Full Costing

Pada metode Full Costing seluruh unsur biaya dimasukkan ke dalam harga pokok produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa:

Perhitungan Menggunakan Metode Full Costing:

1. Biaya bahan baku sebesar Rp5.452.000.

Tabel 1. Biaya Bahan Baku perhari dalam Satu Kali Produksi (100pcs)

Keterangan	Harga
Tepung terigu (1000gram)	Rp15.000
Tepung tapioca (500gram)	Rp11.000
Telur ayam (500gram)	Rp14.000
Susu cair (250gram)	Rp6.000
Margarin (200gram)	Rp8.000
Mayones (500gram)	Rp30.000
Sayuran (500gram)	Rp.15.000
Sosis Sapi (188gram)	Rp.23.000
Keju cheddar (170gram)	Rp15.000
Tepung panir/roti (500gram)	Rp10.000
Minyak goreng (2 liter)	Rp40.000
Garam	Rp1.000
Total Rp188.000	

Berdasarkan tabel 1, untuk menghasilkan 100pcs Risol Mayonya Nita biaya bahan baku yang dibayarkan dalam satu kali produksi sebesar Rp188.000. Pada bulan maret 2026 UMKM Risol

Mayonya Nita memproduksi sebanyak 2.900 selama 29 hari dengan biaya bahan baku yang dibayarkan sebesar Rp5.452.000.

2. Biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp1.539.000.

Tabel 2. Biaya Tenaga Kerja Langsung

No	Jumlah Pekerja	Biaya Bahan Baku per pcs	Jumlah produksi	Biaya upah per orang
1	Satu orang	$188.000/100 = 1.880$	100 pcs	$= \text{Rp. } 1.880 \times 30\%$ $= \text{Rp}564$
Total upah per orang untuk produksi 100 pcs				$= \text{Rp}564 \times 100$ $= \text{Rp}56.400$

Tabel 2 menunjukkan perhitungan upah dalam satu hari dengan peroleh 100 pcs risol dan untuk satu orang pekerja. UMKM Risol Mayonya Nita mengeluarkan biaya sebesar Rp56.400 dalam satu kali produksi. Jika diperhitungkan selama bulan maret, risol mayonya nita memproduksi sebanyak 29 kali dan mengeluarkan biaya tenaga kerja sebesar Rp1.539.000.

3. Biaya overhead pabrik variabel sebesar Rp133.000.

Tabel 3. Biaya *Overhead* Pabrik 1Bulan

No	Keterangan	Qty	Biaya
1.	Gas Melon	2kg	Rp40.000
2.	Transportasi	2 Liter	Rp20.000
3.	Kantung plastik bening	5 pack	Rp55.000
4.	Plastik	5 pack	Rp12.000
5.	Kertas Minyak	1 pack	Rp6.000
Total Biaya			Rp133.000

Tabel 3 memperlihatkan total beban *overhead* pabrik yang ditanggung oleh UMKM Risol Mayonya Nita dalam sebulan sebesar Rp133.000.

4. Biaya overhead pabrik tetap sebesar Rp86.414

Tabel 4. Biaya Penyusutan Alat

No	Keterangan	Harga Perolehan	Umur ekonomis	Biaya penyusutan perbulan
1.	Kompor	Rp192.000	120 bulan	Rp1.600
2.	Wajan	Rp150.000	48 bulan	Rp3.125
3.	Teflon	Rp80.000	36 bulan	Rp2.223
4.	Baskom	Rp20.000	24 bulan	Rp834
5.	Sendok	Rp5.000	24 bulan	Rp209
6.	Spatula	Rp4.000	24 bulan	Rp167
7.	Pisau	Rp15.000	24 bulan	Rp625
8.	Serok	Rp25.000	24 bulan	Rp1.042
Total				Rp8.783

Tabel 5. Perhitungan Biaya Listrik

Nama alat	Daya	Lama pemakaian	Biaya perbulan
Lampu	20 watt	3 jam	Rp2.352
Kulkas	80 watt	24 jam	Rp75.279
Total			Rp77.631

Berdasarkan tabel 4 dan 5, komponen biaya overhead pabrik tetap pada periode ini mencakup alokasi beban penyusutan peralatan operasional senilai Rp8.783 serta pengeluaran untuk daya listrik sebesar Rp77.631, Dengan demikian, akumulasi keseluruhan untuk biaya overhead pabrik tetap yang dihabiskan selama satu bulan masa produksi adalah sebesar Rp86.414.

5. Perhitungan Harga Pokok Produksi menggunakan Full Costing

Tabel 6. Perhitungan Harga Pokok Produksi Menggunakan Metode *Full Costing* Selama Produksi Satu Bulan

Keterangan	Perhitungan <i>Full Costing</i>
Biaya Bahan Baku	Rp5.452.000
Biaya Tenaga Kerja Langsung	Rp1.539.000
Biaya <i>Overhead</i> Variabel	Rp133.000
Biaya <i>Overhead</i> Tetap	Rp86.414
Total Biaya Produksi	Rp7.210.414

Tabel 6 memberikan rincian perhitungan harga pokok produksi dengan metode full costing. Analisis menyimpulkan bahwa total biaya yang dikeluarkan selama satu bulan pada bulan Maret 2026 adalah Rp7.210.414. Harga pokok untuk satu pcs menurut metode full costing adalah sebesar Rp2.486 dari hasil produksi 2.900 selama satu bulan.

3.3 Analisis Perbandingan

Perbandingan menunjukkan adanya selisih Rp400 per unit antara metode UMKM dan metode Full Costing. Selisih tersebut disebabkan karena metode yang digunakan UMKM belum memperhitungkan seluruh biaya produksi. Akibatnya, keuntungan yang selama ini dianggap sebesar Rp940 per unit sebenarnya hanya sekitar Rp540 per unit apabila seluruh biaya diperhitungkan. Meskipun demikian, harga jual Rp3.000 per unit masih memberikan keuntungan dan tetap kompetitif di pasar.

Tabel 7. Perbandingan Perhitungan Penetapan Harga Jual

Keterangan	UMKM Risol Mayonya Nita	<i>Full Costing</i>
Harga Pokok per pcs	Rp2.060	Rp2.486
Harga jual yang ditetapkan	Rp3.000	Rp3.000
1 pcs	Rp940	Rp514
<i>Markup Pricing</i>	45,7%	20,7%

(Sumber: Data diolah penulis, maret 2026)

3.4 Penetapan Harga Jual

Berdasarkan hasil perhitungan metode Full Costing, harga pokok produksi sebesar Rp2.486 digunakan sebagai dasar penetapan harga jual melalui metode Markup Pricing berikut ini:

$$\begin{aligned}\text{Harga Pokok Perpcs} &= \frac{\text{Rp}7.210.414}{2.900} = \text{Rp}2.486 \\ \text{Harga jual perpcs} &= \text{biaya produksi perpcs} + \text{persentase markup} \\ &= \text{Rp}2.486 + (2.486 \times 10\%) \\ &= \text{Rp}2.486 + 248,6 \\ &= \text{Rp}2.734,6\end{aligned}$$

Harga jual yang saat ini diterapkan sebesar Rp3.000 masih berada di atas harga pokok produksi sehingga usaha tetap memperoleh laba meskipun margin keuntungan lebih kecil dibandingkan perhitungan sebelumnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa harga jual yang diterapkan masih layak dipertahankan karena tetap memberikan keuntungan sekaligus menjaga daya saing produk.

4. KESIMPULAN

Penerapan metode Full Costing menghasilkan perhitungan biaya produksi yang lebih lengkap karena memasukkan seluruh komponen biaya produksi, yaitu biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, biaya overhead variabel, dan biaya overhead tetap. Total biaya produksi yang diperoleh sebesar Rp7.135.135 dengan harga pokok produksi Rp2.460 per unit, lebih tinggi dibandingkan metode yang digunakan UMKM sebesar Rp2.060 per unit.

Walaupun harga pokok produksi meningkat, harga jual Rp3.000 per unit masih mampu memberikan keuntungan sebesar Rp540 per unit atau sekitar Rp1.566.000 per bulan. Oleh karena itu, metode Full Costing dapat dijadikan dasar dalam menentukan harga jual yang lebih akurat sehingga keputusan bisnis yang diambil menjadi lebih tepat dan keuntungan usaha dapat dihitung secara riil tanpa mengurangi daya saing produk.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1]. Parahita, A. S., Mubarak, M.S., & Fahriani, D. (2024). Analisis Biaya Produksi UMKM Ayah Geprek Bunda Menggunakan Metode Full Costing Untuk Menentukan Harga Jual
- [2]. Heri Setiawan., Jonathan Oktavianus., Crisantus Abel Cato Hutajulu., Wahyuni Tesy Anggara., M. Athallah Ghibrandhi., Shella Mobry., Thomas Ridwan Prasetyo Sidaauruk (2024). Perhitungan Harga Pokok Produksi Dan Harga Jual Dengan Menggunakan Metode Full Costing Di UMKM Donat X <https://www.researchgate.net/journal/SAINTEK-Jurnal-ilmiah-Sains-dan-Teknologi-Industri-2597->
- [3]. Situngkir, T.L., Dkk. (2024). Analisis Perhitungan Harga Pokok Produksi Berdasarkan Metode Full Costing Pada UMKM Dodonut Dikabupaten Karawang
- [4]. Fadhallah, (2021). Wawancara. Jakarta UNJ Press

- [5]. Asih, V.G., Renata, M.M.H., Azzahra, A.N., Halizah, E.N., Sufi,U., Dwi, A.N.R., & Asitah, N (2025). Peran Akuntansi Biaya Dalam Meningkatkan Efisiensi Operasional UMKM Melalui Pendekatan Full Costing. Nusantara Entrepreneurship And Management Review, 3(1), 53-61
- [6]. Melati, L. S. A., Saputra, G., Najiah, F., & Asas, F. (2022) Perhitungan Harga Pokok Produksi Berdasarkan Metode Full Costing Untuk Penetapan Harga Jual Produk Pada CV. Silvi MN Paradila Parengan. Owner : Riset Dan Jurnal Akuntansi, 6(1), 632-647. <https://doi.org/10.33395/Owner.V6i.611>
- [7]. Ricky Katuuk Wati, David P. E. Saerang, Natalia. Y. Telly Gerungai. Analisis Perhitungan Harga Pokok Produksi Dengan Menggunakan Metode Full Costing Dan Variabel Costing Untuk Menentukan Harga Jual Pada UMKM Keripik Pisang Chelsilo.
- [8].Putri Handayani, Anzu Elvia Zahara, dan Achyat Budianto, 2026. Analisis Perhitungan Harga Pokok Penjualan Pada UMKM Kerupuk Ikan Putri Bungsu Talang Bakung Dengan Menggunakan Metode Full Costing
- [9]. Anisa Fitriana Mardotilah, Awaliyah, Finawati Ahmad 2023. Strategi Pengembangan Produk Risol Mayo Kekinian
- [10]. Wely Andri, Titin Agustin Nengsih, Neneng Sudharyati, 2023. Analisis Keberadaan UMKM di Bidang Kuliner Dalam Meningkatkan ekonomi Masyarakat Kecamatan Kuala Jambi Kabupaten Tanjung Jabung Timur
- [11]. Mohamad Reza Rahman, Oktavianto, Paulinus. Perkembangan UMKM (Usaha Mikro Kecil Dan Menengah) diIndonesia

Pengendalian Persediaan Plastik Premix Dengan Metode Economic Order Quantity, Safety Stock, dan Reorder Point PT. XYZ

R.M. Sugengriadi¹, Rifqi Jalu Pramudita², Ogy Oscar Pratama³

¹²³Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: sugeng.riadi@stttxmaco.ac.id

Received 31 Agustus 2026 | *Revised* 14 September 2026 | *Accepted* 24 September 2026

ABSTRAK

Pengendalian persediaan plastik premix di PT XYZ menghadapi kendala operasional berupa *stockout* berulang akibat ketiadaan metode pemesanan yang terukur. Penelitian ini bertujuan mengatasi masalah tersebut dengan menerapkan metode *Economic Order Quantity* (EOQ), *Safety Stock*, *Reorder Point* (ROP), dan *Total Inventory Cost* (TIC). Hasil penelitian menunjukkan optimalisasi kuantitas pemesanan. Untuk plastik ukuran 25x45 cm, pesanan meningkat dari rata-rata aktual 325 kg menjadi 400,58 kg, dengan *Safety Stock* 100,46 kg dan ROP 316,68 kg. Sementara itu, untuk plastik ukuran 40x60 cm, pesanan disesuaikan dari 450 kg menjadi 466,15 kg, didukung *Safety Stock* 136,12 kg dan ROP 429,10 kg. Penerapan kebijakan usulan ini berhasil memberikan perlindungan persediaan yang sistematis sehingga mampu mencegah risiko *stockout*. Selain itu, metode ini juga menghasilkan penghematan *Total Biaya Persediaan* (TIC) sebesar 2,14% untuk plastik 25x45 cm dan 0,06% untuk plastik 40x60 cm dibandingkan kebijakan aktual perusahaan sebelumnya.

Kata kunci: Pengendalian Persediaan, Economic Order Quantity, Safety Stock, Reorder Point, Bahan Penolong.

ABSTRACT

Inventory control for premix plastic at PT XYZ faces operational challenges—specifically recurring stockouts—due to the absence of a quantifiable ordering method. This study aims to address these issues by implementing the Economic Order Quantity (EOQ), Safety Stock, Reorder Point (ROP), and Total Inventory Cost (TIC) methods. The results demonstrate optimized order quantities. For the 25x45 cm plastic, the order quantity increased from an actual average of 325 kg to 400.58 kg, with a Safety Stock of 100.46 kg and an ROP of 316.68 kg. Meanwhile, for the 40x60 cm plastic, the order quantity was adjusted from 450 kg to 466.15 kg, supported by a Safety Stock of 136.12 kg and an ROP of 429.10 kg. Implementing these proposed policies successfully established systematic inventory protection, thereby preventing the risk of stockouts. Furthermore, this method resulted in Total Inventory Cost (TIC) savings of 2.14% for the 25x45 cm plastic and 0.06% for the 40x60 cm plastic compared to the company's previous actual policies.

Keywords: Inventory Control, Economic Order Quantity, Safety Stock, Reorder Point, Auxiliary Materials.

1. PENDAHULUAN

Pengendalian persediaan merupakan pilar penting dalam menjaga kelancaran operasional perusahaan manufaktur. Tujuan utamanya adalah mencapai keseimbangan yang presisi antara ketersediaan material dan efisiensi biaya. Mengelola persediaan bukanlah hal yang sederhana, ketersediaan material yang berlebihan akan membengkakkan biaya penyimpanan, sementara kekurangan persediaan (*stockout*) berpotensi besar menghentikan jalannya proses produksi dan menurunkan produktivitas perusahaan [1].

Tantangan dalam pengendalian persediaan ini secara nyata dialami oleh PT XYZ, sebuah perusahaan manufaktur pakan ternak berskala besar. Pada stasiun kerja Preparation Premix, kelancaran produksi sangat bertumpu pada ketersediaan bahan penolong berupa plastik *premix* ukuran 25x45 cm dan 40x60 cm. Plastik ini memiliki peran operasional yang vital sebagai wadah takaran sementara untuk menimbang bahan aditif mikro sebelum dicampurkan ke dalam formula pakan utama. Akan tetapi, perusahaan belum memiliki metode pemesanan yang terstandarisasi, sehingga kekosongan stok (*stockout*) plastik terjadi secara berulang. Dampak dari masalah ini menyebabkan kerja tambah bagi operator, operator terpaksa melakukan kerja tambah (*rework*) hingga memakan waktu 3 jam untuk memilah dan memakai ulang plastik bekas demi mencegah terhentinya lini produksi. Untuk mengatasi masalah *stockout* yang berulang ini, penelitian menerapkan metode *Economic Order Quantity* (EOQ). Metode EOQ diterapkan untuk menentukan kuantitas pemesanan yang paling ekonomis guna meminimalkan *Total Inventory Cost* (TIC) [3]. Selain itu, penelitian ini juga mengintegrasikan *Safety Stock* (SS) sebagai pelindung dari fluktuasi waktu pengiriman [4], serta *Reorder Point* (ROP) untuk menentukan batas minimal sisa persediaan agar perusahaan dapat melakukan pemesanan ulang secara sistematis sebelum stok habis [5]. Melalui integrasi ketiga perhitungan ini, PT XYZ diharapkan mampu menghilangkan pemborosan waktu akibat *rework* sekaligus mengefisienkan total biaya persediaan. Keberhasilan metode EOQ dan *Safety Stock* dalam menekan total biaya persediaan serta mengatasi masalah *stockout* bahan penolong ini juga telah dibuktikan oleh berbagai penelitian terdahulu di berbagai sektor manufaktur [6] [7] [8].

2. METODE

2.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT.XYZ pada bagian Preparation Premix.

2.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Pendekatan ini dipilih untuk menganalisis data historis perusahaan secara objektif berupa angka-angka, seperti jumlah permintaan bulanan, waktu tunggu kedatangan pesanan (*lead time*), biaya pemesanan, serta biaya penyimpanan. Data tersebut kemudian diolah melalui pendekatan matematis untuk memberikan solusi optimal atas permasalahan kekosongan persediaan[9].

2.3 Economic Order Quantity

Economic Order Quantity (EOQ) adalah sebuah metode perhitungan yang digunakan untuk menentukan kuantitas pemesanan persediaan yang paling optimal. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk meminimalkan Total Biaya Persediaan (*Total Inventory Cost*), yang merupakan akumulasi dari biaya pemesanan (*ordering cost*) dan biaya penyimpanan (*holding*

cost) [10]. EOQ merupakan salah satu teknik pengendalian persediaan yang paling luas dikenal dan digunakan secara independen karena terbukti efektif dalam menyeimbangkan pengeluaran perusahaan [11]. Penerapan model ini dapat membantu perusahaan menghindari penumpukan material berlebihan di gudang yang memicu inefisiensi biaya operasional [12]. Perhitungan EOQ dirumuskan sebagai berikut:

$$EOQ (Q^*) = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}} \quad (1)$$

Keterangan:

D = Total permintaan (*demand*) per tahun

S = Biaya pemesanan (*ordering cost*) per pesanan

H = Biaya penyimpanan (*holding cost*) per unit per tahun

2.4 Safety Stock

Safety Stock merupakan persediaan pengaman yang sengaja dicadangkan oleh perusahaan untuk melindungi jalannya produksi dari risiko kehabisan bahan baku (stockout). Pada penelitian ini, safety stock difokuskan untuk mengantisipasi ketidakpastian waktu kedatangan pesanan (*lead time*) dari pemasok [4]. Keberadaan stok pengaman ini sangat krusial dalam manajemen operasi karena berfungsi sebagai bantalan (*buffer*) utama ketika terjadi keterlambatan pengiriman [13]. Tanpa adanya persediaan pengaman yang terukur, perusahaan akan sangat rentan mengalami gangguan produksi yang berdampak pada penurunan tingkat pelayanan (*service level*) [14]. Perhitungan *Safety stock* dirumuskan sebagai berikut:

$$SS = Z_{\alpha} \times d \times \sigma L \quad (1)$$

Keterangan:

Z_{α} = Nilai invers distribusi normal pada nilai α

d = Demand/permintaan harian

$\bar{L}$ = Rata-rata lead time

2.5 Reorder Point

Reorder Point (ROP) adalah titik batas jumlah persediaan di mana perusahaan harus segera melakukan pemesanan ulang. Perhitungan ini memastikan agar material yang dipesan tiba tepat waktu di pabrik ketika sisa persediaan di gudang hampir habis, sehingga proses produksi dapat berjalan tanpa jeda [4]. Integrasi yang akurat antara *safety stock* dan ROP ini akan menciptakan sistem peringatan dini (*early warning system*) yang efektif guna menjaga stabilitas kinerja operasional perusahaan [15] Perhitungan *Reorder Point* dirumuskan sebagai berikut:

$$ROP = d \times \bar{L} + SS \quad (2)$$

Keterangan:

SS = Safety Stock

d = Demand/permintaan harian

$\bar{L}$ = Rata-rata lead time harian

2.6 Alur Penelitian

Berikut memperlihatkan tahap-tahap penelitian yang dilakukan agar penelitian lebih terarah dan sistematis dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Alur penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi pakan ternak terbesar di Indonesia yang didirikan pada tanggal 8 Maret 1978. PT.XYZ pada awal usahanya merupakan join venture 50-50 antara PT. Perusahaan Dagang & Industri Graanhandel Thegra NV (Netherlands) Dengan Ometraco.

Bangunan utama PT.XYZ Unit Purwakarta terdapat gedung perkantoran, 2 gudang yang terdiri dari 1 gudang penyimpanan *raw material* dan gudang penyimpanan *finish goods* pakan ternak, 1 tower produksi, 7 silo jagung yang terdiri dari 5 silo besar dan 2 silo kecil, 1 gudang (workshop dan spare part), 1 gedung lab dan QC, kamar timbang utama, pos satpam, musholla, 2 Ipal dan ruang tunggu sopir.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam analisis ini, data yang digunakan adalah *lead time* pengadaan plastik, permintaan tahunan, serta biaya pesan (S) dan simpan (H).

3.2.1 Data Pemesanan Plastik Premix

Data pemesanan plastik *premix* ukuran 25×45 cm dan ukuran 40x60 cm yang digunakan adalah periode Desember 2024–Desember 2025. Pemesanan yang dilakukan pada bulan Desember 2024 tersebut adalah untuk mengakomodasi kebutuhan pada bulan Januari 2025. Data pemesanan plastik ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Pemesanan Plastik Premix

Tanggal Pemesanan	Tanggal Kedatangan	Jumlah pesanan plastik ukuran 25x45 cm (Kg)	Jumlah pesanan plastik ukuran 40x60 cm (Kg)
19/12/2024	14/01/2025	250	450
20/01/2025	06/02/2025	550	950
13/03/2025	25/03/2025	250	350
21/04/2025	14/05/2025	250	350
09/06/2025	26/06/2025	300	350
22/07/2025	13/08/2025	300	350
20/08/2025	09/09/2025	350	400
24/09/2025	18/10/2025	350	400
06/11/2025	26/11/2025	400	450
09/12/2025	18/12/2025	250	450
Total		3250	4500
Rata-rata		325	450

3.2.2 Data *Lead time* Pengadaan Plastik

Data *Lead time* pengadaan plastik *premix* ukuran 25×45 cm dan ukuran 40x60 cm yang digunakan mulai Desember 2024 hingga Desember 2025 guna mengakomodasi siklus pemesanan awal tahun. Data pemesanan plastik ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Data *Lead time* pengadaan plastik premix

Tanggal Pemesanan	Tanggal Kedatangan	<i>Lead time</i>
19/12/2024	14/01/2025	26
20/01/2025	06/02/2025	17
13/03/2025	25/03/2025	12
21/04/2025	14/05/2025	23
09/06/2025	26/06/2025	17
22/07/2025	13/08/2025	22
20/08/2025	09/09/2025	20
24/09/2025	18/10/2025	24
06/11/2025	26/11/2025	20
09/12/2025	18/12/2025	9
Rata-rata		19,0

3.2.3 Data Penggunaan Plastik Premix

Data penggunaan plastik *premix* ukuran 25×45 cm dan ukuran 40x60 cm yang digunakan adalah periode Januari–Desember 2025, dengan sisa plastik pada periode

Desember 2024 adalah 150 kg untuk plastik 25x45 dan 200 kg untuk plastik 40x60. Data penggunaan plastik ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3. Penggunaan Plastik Premix

No	Bulan	Penggunaan Plastik 25x45 cm (Kg)	Penggunaan Plastik 40x60 cm (Kg)
1	Januari	316,69	428,85
2	Februari	317,92	430,52
3	Maret	261,75	354,45
4	April	240,34	325,46
5	Mei	252,02	341,28
6	Juni	229,26	310,46
7	Juli	263,97	357,46
8	Agustus	256,24	347,00
9	September	289,77	392,40
10	Oktober	325,77	441,14
11	November	295,63	400,33
12	Desember	320,39	433,86
Total		3369,76	4563,21
Rata-rata		280,81	380,27

3.2.4 Biaya Pemesanan

Dalam pengadaan persediaan plastik premix, perusahaan menanggung sejumlah pengeluaran yang dikategorikan sebagai biaya pemesanan, Biaya ini meliputi biaya administrasi untuk pembuatan dokumen pembelian seperti biaya ATK, dan biaya internet, biaya pemesanan plastik premix dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Biaya Per Pesanan

Jenis Biaya	Nominal per pesanan (Rp)
Administrasi PO	20.000
Internet	30.000
Total	50.000

3.2.5 Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan merupakan beban pengeluaran yang timbul sebagai akibat dari ditahannya barang persediaan oleh perusahaan selama rentang waktu tertentu. Pada penelitian ini biaya penyimpanan dihitung menggunakan metode persentase berdasarkan teori (Heizer & Reinder). Persentase yang ditetapkan oleh perusahaan adalah sebesar 7% pertahun, dengan rincian: Housing cost (3%), Material handling (1%), dan Labor cost (3%).

Tabel 5. Biaya Penyimpanan

Jenis biaya	Harga plastik per kg (Rp)	Persentase (%)	Nominal (Rp)
Housing cost	30.000	3	900
Material handling	30.000	1	300
Labor cost	30.000	3	900
Total			2.100

3.3 Pengolahan Data

Penelitian ini dilakukan analisis data secara bertahap untuk menentukan nilai *Economic Order Quantity* (EOQ), *Safety Stock* (SS), dan *Reorder Point* (ROP) pada plastik premix ukuran 25x45 cm dan 40x60 cm.

3.3.1 Total Inventory Cost (TIC) Aktual Perusahaan.

Perhitungan Total Inventory Cost (TIC) aktual perusahaan menggunakan pendekatan matematis yang setara dengan EOQ, Hal ini dilakukan agar perbandingan TIC aktual perusahaan dan perbandingan TIC EOQ menggunakan pendekatan matematis yang setara. Perhitungan TIC aktual perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan TIC aktual plastik 25x45 cm

$$\text{TIC aktual} = \frac{D}{Q_{\text{aktual}}} \times S + \frac{Q}{2} \times H \quad (3)$$

$$\text{TIC aktual} = \frac{3369,76}{325} \times 50.000 + \frac{325}{2} \times 2.100$$

$$\text{TIC aktual} = \text{Rp } 859.674,62$$

2. Perhitungan TIC aktual plastik 25x45 cm

$$\text{TIC aktual} = \frac{D}{Q_{\text{aktual}}} \times S + \frac{Q}{2} \times H \quad (4)$$

$$\text{TIC aktual} = \frac{3369,76}{325} \times 50.000 + \frac{325}{2} \times 2.100$$

$$\text{TIC aktual} = \text{Rp } 859.674,62$$

3.3.2 Perhitungan Kuantitas Dan Frekuensi Pemesanan EOQ

1. Perhitungan Kuantitas Pemesanan EOQ Plastik 25x45 cm

$$\text{EOQ (Q*)} = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}} \quad (5)$$

$$\text{EOQ} = \sqrt{\frac{2 \times 3369,76 \times 50.000}{2100}}$$

$$EOQ = 400.58 \text{ kg}$$

Frekuensi pemesanan EOQ Plastik 25x45 cm

$$N = \frac{D}{Q^*} \quad (6)$$

$$N = \frac{3.369,76}{400.58}$$

$$N = 8,41 \text{ (9 kali)}$$

2. Perhitungan Kuantitas Pemesanan EOQ Plastik 40x60 cm

$$EOQ (Q^*) = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}} \quad (7)$$

$$EOQ (Q^*) = \sqrt{\frac{2 \times 4563,21 \times 50.000}{2.100}}$$

$$EOQ (Q^*) = \sqrt{217.295,71}$$

$$EOQ (Q^*) = 466,15$$

Frekuensi pemesanan EOQ Plastik 40x60 cm

$$N = \frac{D}{Q^*} \quad (8)$$

$$N = \frac{4563,21}{466,15}$$

$$N = 9,79 \text{ (Dibulatkan menjadi 10 kali)}$$

3.3.3 Perhitungan TIC EOQ

1. Perhitungan TIC EOQ Plastik 25x45 cm

$$TIC = \frac{D}{Q} \times S + \frac{Q}{2} \times H \quad (9)$$

$$TIC = \frac{3369,76}{400,58} \times 50.000 + \frac{400,58}{2} \times 2.100$$

$$TIC = \text{Rp } 841.219,12$$

2. Perhitungan TIC EOQ Plastik 40x60 cm

$$TIC = \frac{D}{Q} \times S + \frac{Q}{2} \times H \quad (10)$$

$$TIC = \frac{4563,21}{466,15} \times 50.000 + \frac{466,15}{2} \times 2.100$$

TIC = Rp 978.914,76

3.4 Perhitungan Safety Stock

Dalam melakukan perhitungan *Safety Stock* perusahaan menetapkan tingkat *service level* sebesar 95% yang artinya probabilitas atau risiko terjadinya kehabisan stok plastik ditekan hingga batas 5%. Berdasarkan penetapan *service level* 95% (0,95) yang diiringi dengan batas toleransi kekosongan persediaan 5% (0,05) tersebut, maka merujuk pada tabel kurva Z, nilai standar normal deviasi (Z) yang digunakan dalam rumusan ini adalah sebesar 1,65. Untuk menjaga satuan waktu antara permintaan demand dan *lead time* memiliki satuan waktu yang sama, data penggunaan bulanan di konversi terlebih dahulu kesatuan hari dengan cara membagi total penggunaan plastik dibagi dengan total hari kerja pada tahun 2025. Dimana pada tahun 2025 demand plastik 25x45 cm adalah 3369,76 kg, demand plastik 40x60 cm adalah 4563,21 kg, dan jumlah hari kerja di PT.XYZ sebanyak 296 hari. Hal ini dilakukan guna menjaga satuan waktu tetap sama dengan satuan *lead time* pengadaan plastik. Pendekatan ini dilakukan agar parameter yang dibutuhkan dalam penghitungan *Safety Stock* dan *Reorder Point* berada dalam satuan waktu yang sama sehingga penghitungan dapat dilakukan secara konsisten. Dihitung dengan cara:

$$d = \frac{D}{\text{Jumlah hari kerja}} \quad (11)$$

$$d = \frac{3369,76}{296}$$

d = 11,38 Kg

$$d = \frac{D}{\text{Jumlah hari kerja}} \quad (12)$$

$$d = \frac{4563,21}{296}$$

d = 15,42 Kg

Setelah diketahui data penggunaan harian, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi data *lead time* pengadaan plastik. Data *lead time* pengadaan plastik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Data *Lead time* pengadaan plastik

Tanggal Permintaan	Tanggal Kedatangan	<i>Lead time</i>
19/12/2024	14/01/2025	26
20/01/2025	06/02/2025	17
13/03/2025	25/03/2025	12
21/04/2025	14/05/2025	23
09/06/2025	26/06/2025	17
22/07/2025	13/08/2025	22
20/08/2025	09/09/2025	20
24/09/2025	18/10/2025	24

Tanggal Permintaan	Tanggal Kedatangan	<i>Lead time</i>
06/11/2025	26/11/2025	20
09/12/2025	18/12/2025	9
Rata-rata		19,0
Standar Deviasi <i>Lead time</i>		5,35

Adapun perhitungan safety stock adalah sebagai berikut

1. Perhitungan *Safety Stock* plastik 25x45 cm

$$SS = Z_{\alpha} \times d \times \sigma_L \quad (13)$$

$$SS = 1,65 \times 11,38 \times 5,35$$

$$SS = \mathbf{100,46 \text{ Kg}}$$

2. Perhitungan *Safety Stock* plastik 40x60 cm

$$SS = Z_{\alpha} \times d \times \sigma_L \quad (14)$$

$$SS = 1,65 \times 15,42 \times 5,35$$

$$SS = \mathbf{136,12}$$

Berdasarkan perhitungan, *Safety Stock* plastik 25x45 Cm adalah **100,46 Kg**, dan untuk plastik 40x60 cm adalah **136,12 kg**

3.5 Perhitungan Reorder Point

Reorder Point (ROP) titik pemesanan kembali adalah saat dimana perusahaan harus melakukan pemesanan plastik kembali, sehingga penerimaan plastik yang dipesan tepat waktu. Karena dalam melakukan pemesanan plastik premix tidak dapat langsung diterima hari itu juga. Perhitungan ROP ini mempertimbangkan rata-rata kebutuhan plastik selama masa *lead time* dan tambahan persediaan pengaman, sehingga perusahaan dapat memastikan ketersediaan plastik tetap terjaga dan proses *Preparation premix* berjalan tanpa gangguan. Adapun perhitungan nya adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Reorder Point Plastik 25x45 cm

$$ROP = d \times \bar{L} + SS \quad (15)$$

$$ROP = 11,38 \times 19 + 100,46$$

$$ROP = 316,68 \text{ Kg}$$

2. Perhitungan Reorder Point Plastik 25x45 cm

$$ROP = d \times \bar{L} + SS \quad (16)$$

$$ROP = 15,42 \times 19 + 136,12$$

$$ROP = 429,10$$

Berdasarkan perhitungan, *Reorder Point* plastik 25x45 Cm adalah **316,68 Kg**, dan untuk plastik 40x60 cm adalah **429,10 kg**.

3.6 Perbandingan Hasil

Pengendalian persediaan plastik premix menurut metode konvensional yang diterapkan PT.XYZ secara aktual dapat dibandingkan dengan metode EOQ. Dengan membandingkan kedua metode tersebut, perusahaan dapat mengetahui metode mana yang mampu menghasilkan biaya minimum. Berikut adalah tabel perbandingan metode konvensional dan metode EOQ.

Tabel 7. Perbandingan metode konvensional dan metode EOQ plastik 25x45 Cm

Keterangan	Metode Konvensional	Metode EOQ	Penghematan
Kuantitas pemesanan (kg)	325	400,58	
Frekuensi pemesanan (Kali)	10	9	
Total biaya persediaan (Rp)	859.674,62	841.219,12	18.455,50
<i>Safety Stock</i> (kg)	-	100,46	
<i>Reorder Point</i> (kg)	-	316,68	

Berdasarkan tabel diatas, penerapan metode EOQ pada plastik 25x45 cm merekomendasikan peningkatan kuantitas pemesanan dari 325 kg menjadi 400,58 kg, yang berdampak pada penurunan frekuensi pemesanan dari 10 kali menjadi 9 kali dalam setahun. Penyesuaian ini mampu memberikan efisiensi Total Biaya Persediaan (TIC) sebesar 2,14% atau secara nominal sebesar Rp 18.455,50 dari kebijakan aktual yang sebelumnya sebesar Rp 859.674,62 turun menjadi Rp 841.219,12 Di samping efisiensi biaya, metode usulan juga memberikan perlindungan operasional yang sebelumnya tidak ada, yaitu melalui penetapan *Safety Stock* sebesar 100,46 kg dan instruksi pemesanan kembali (*Reorder Point*) saat sisa persediaan menyentuh angka 316,68 kg.

Tabel 8. Perbandingan metode konvensional dan metode EOQ plastik 40x60 Cm

Keterangan	Metode Konvensional	Metode EOQ	Penghematan
Kuantitas pemesanan (kg)	450	466,15	
Frekuensi pemesanan (Kali)	10	10	
Total biaya persediaan (Rp)	979.523,33	978.914,76	608,57
<i>Safety Stock</i> (kg)	-	136,12	
<i>Reorder Point</i> (kg)	-	429,10	

Berdasarkan tabel diatas, penerapan metode EOQ pada plastik 40x60 cm merekomendasikan peningkatan kuantitas pemesanan dari 450 kg menjadi 466,15 kg, akan tetapi frekuensi pemesanan tetap 10 kali dalam setahun. Penyesuaian ini mampu memberikan efisiensi Total Biaya Persediaan (TIC) sebesar 0,06%, atau secara nominal sebesar Rp 608,57 dari kebijakan

aktual yang awalnya sebesar Rp 979.523,33 turun menjadi Rp 978.914,76. Di samping efisiensi biaya, metode usulan juga memberikan perlindungan operasional yang sebelumnya tidak ada, yaitu melalui penetapan *Safety Stock* sebesar 136,12 kg dan instruksi pemesanan kembali (*Reorder Point*) saat sisa persediaan menyentuh angka 429,10 kg.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan metode usulan *Economic Order Quantity* (EOQ) kuantitas yang optimal untuk mencegah terjadinya *stockout* dan menyeimbangkan biaya persediaan adalah sebesar 400,58 kg untuk ukuran 25x45 cm dengan frekuensi pemesanan 9 kali dan 466,15 kg untuk ukuran 40x60 cm dengan frekuensi 10 kali.

Untuk mencegah terjadinya *stockout* yang memicu kerja tambah, batas persediaan pengaman (*Safety Stock*) yang dibutuhkan adalah sebesar 100,46 kg untuk ukuran 25x45 cm dan 136,12 kg untuk ukuran 40x60 cm. Kebijakan ini harus didukung dengan pelaksanaan pemesanan kembali (*Reorder Point*) saat stok di gudang menyentuh titik 316,68 kg untuk ukuran 25x45 cm dan 429,10 kg untuk ukuran 40x60 cm.

Berdasarkan hasil perbandingan, total biaya persediaan (Total Inventory Cost) antara metode usulan dan metode aktual secara nominal memiliki penghematan sebesar Rp 18.455,50 atau sekitar 2,14% untuk plastik 25x45 cm, dan penghematan sebesar Rp 608,57 atau sekitar 0,06% untuk plastik 40x60 cm.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] L. D. Simbolon, *Pengendalian Persediaan*. Lombok, Nusa Tenggara Barat: Forum Pemuda Aswaja, 2021.
- [2] I. Mufida, R. R. Kurniati, and D. Zunaida, "Pengaruh Faktor Bahan Baku dan Bahan Penolong Terhadap Produksi (Studi pada Pabrik Tahu UD. Diyamin di Kelurahan Banyuanyar, Sampang)," *JJAGABI*, vol. 8, no. 1, pp. 51–58, 2019.
- [3] Alpiah and R. Miharja, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ) dan Reorder Point (Studi Kasus PT BJI)," *J. Pro Bisnis*, vol. 17, no. 2, pp. 109–121, 2024.
- [4] M. Hudori, "Formulasi Model Safety Stock dan Reorder Point untuk Berbagai Kondisi Persediaan Material," vol. X, no. 3, pp. 217–224, 2018.
- [5] R. M. Sugengriadi, R. J. Pramudita, and W. S. Putra, "Analisis Persediaan Bahan Baku Kertas Dengan Menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ), Reorder Point (ROP) dan Safety Stock (SS) di PT . Papertech Indonesia," vol. 4, no. 1, pp. 196–205, 2025.
- [6] R. Maisyarah, "Analisis Sistem Pengendalian Persediaan Bahan Pembantu Packing Material Terhadap Efisiensi Biaya Persediaan Pada PT. Aquafarm Nusantara, Unit Processing Plant di Serdang Bedagai," *J. Akunt. Bisnis dan Publik*, vol. 8, no. 1, pp. 56–61, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/akuntansibisnisdanpublik/article/view/126>
- [7] F. Ardianto and D. Wardana, "OPTIMALISASI MANAJEMEN PERSEDIAAN DENGAN EOQ, ROP, DAN SAFETY STOCK," *RISTANSI Ris. Akunt.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–15, 2025, doi: 10.32815/ristansi.v6i1.2622.
- [8] W. F. Mufti and S. A. Rusmin, "Pengendalian Persediaan Bahan Baku Penolong

Menggunakan Metode Economic Order Quantity di Industri Makanan Olahan,” vol. 3, no. 1, pp. 21–25, 2022.

- [9] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.
- [10] H. Purnomo and L. P. Riani, *Optimasi Pengendalian Persediaan*. Kediri: Fakultas Ekonomi Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2018.
- [11] J. Heizer, B. Render, and C. Munson, *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*, 12th ed. Boston: Pearson, 2017.
- [12] A. Rusdiana, *Manajemen Operasi*. Jakarta: Pustaka Setia, 2014.
- [13] D. K. Priatna, *Buku Ajar Manajemen Operasi*. Tasikmalaya: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2025.
- [14] M. M. Shofiyulloh and R. N. Sari, “Analisis persediaan bahan baku, reorder point dan safety stock pupuk urea pada PT. XYZ,” *JUTIN J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 8, no. 1, pp. 330–340, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i1.39646.
- [15] A. Zahra, S. I. Aulia, S. Destiyani, Susilo, and Y. F. Togatorop, “INVENTORY MANAGEMENT AS THE KEY TO IMPROVING THE COMPANY’S OPERATIONAL PERFORMANCE (MANAJEMEN PERSEDIAAN SEBAGAI KUNCI PENINGKATAN KINERJA OPERASIONAL PERUSAHAAN),” *J. Ilm. Ekon. Dan Manaj.*, vol. 3, no. 3, pp. 418–428, 2025, doi: 10.61722/jiem.v3i3.4217.

Perencanaan Pengadaan Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode *Material Requirement Planning* (MRP) Pada UMKM Citruk Bulat Barokah

R.M. Sugengriadi¹, Rifqi Jalu Pramudita², Septiani Lestari³

¹²³Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia

Email: sugeng.riadi@sttexmaco.ac.id

Received 29 Agustus 2026 | *Revised* 09 September 2026 | *Accepted* 24 September 2026

ABSTRAK

UMKM Citruk Bulat Barokah saat ini menghadapi permasalahan ketidakseimbangan persediaan bahan baku utama berupa kondisi terjadinya overstock maupun outstock akibat sistem pengadaan bahan baku yang masih berbasis pada perkiraan subjektif dari pemilik usaha. Penelitian kuantitatif ini bertujuan untuk menyusun sebuah perencanaan pengadaan tepung tapioka secara sistematis dan terstruktur dengan menerapkan kombinasi dari metode forecasting, Master Production Schedule (MPS), serta Material Requirement Planning (MRP) melalui teknik Lot for Lot berdasarkan historis data permintaan periode Januari 2024 hingga Oktober 2025. Hasil akhir perhitungan MRP dengan asumsi lead time selama 3 hari menetapkan rincian rencana pengadaan tepung tapioka sebesar 20 kg pada periode minggu pertama hingga minggu ketiga, serta 19,8 kg pada minggu keempat. Penerapan integrasi metode MRP dan teknik Lot for Lot ini terbukti mampu menyusun jadwal pengadaan dan menentukan kuantitas kebutuhan secara akurat guna meminimalkan risiko ketidaksesuaian persediaan di masa mendatang.

Kata kunci: Material Requirement Planning, Forecasting, Tepung Tapioka, UMKM.

ABSTRACT

The MSME "Citruk Bulat Barokah" is currently facing inventory imbalances—specifically overstock and stockout situations—stemming from a raw material procurement system based on the owner's subjective estimates. This quantitative study aims to formulate a systematic and structured procurement plan for tapioca flour by integrating forecasting methods, the Master Production Schedule (MPS), and Material Requirements Planning (MRP) using the "Lot-for-Lot" technique, based on historical demand data from January 2024 to October 2025. The final MRP calculations, assuming a three-day lead time, established a procurement plan of 20 kg for the first three weeks and 19.8 kg for the fourth week. Integrating the MRP method with the Lot-for-Lot technique proved effective in creating accurate procurement schedules and determining required quantities, thereby minimizing the risk of future inventory imbalances.

Keywords: Material Requirements Planning, Forecasting, Tapioca Flour, MSMEs.

1. PENDAHULUAN

Produktivitas merupakan salah satu faktor yang menentukan daya saing dan keberlangsungan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Berdasarkan data Kementerian Koperasi dan UKM yang dikutip oleh Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian, UMKM mencakup sekitar 99% dari seluruh unit usaha di Indonesia, berkontribusi sekitar 61% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), serta menyerap sekitar 97% tenaga kerja nasional [1]. Besarnya kontribusi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas UMKM memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi. Peningkatan produktivitas dapat dicapai melalui manajemen produksi yang optimal, khususnya dalam aspek perencanaan serta pengendalian stok bahan baku. Dengan memastikan ketersediaan material yang selaras dengan kebutuhan, operasional perusahaan akan terjaga kelancarannya. Sebaliknya, perencanaan yang tidak matang dapat memicu ketidakseimbangan stok, baik berupa kekurangan maupun kelebihan yang berdampak pada terganggunya alur produksi serta membengkaknya biaya operasional. UMKM Citruk Bulat Barokah yang berlokasi di Kubang Buleud, Kelurahan Sukalaksana, Kecamatan Bungursari, Kota Tasikmalaya merupakan UMKM yang bergerak dalam produksi makanan ringan berbahan dasar tepung tapioka dengan sistem produksi *make to order*. Tepung tapioka menjadi bahan baku utama sehingga ketersediaannya perlu diperhatikan guna menjaga kelangsungan proses produksi. Selama ini, pengadaan tepung tapioka masih dilakukan berdasarkan pengalaman dan perkiraan pemilik. Cara tersebut sering menyebabkan jumlah persediaan tidak sesuai dengan kebutuhan sehingga kelebihan atau kekurangan stok bahan baku tepung tapioka masih terjadi sehingga berdampak pada terganggunya proses produksi. Karena menggunakan sistem *make to order*, produksi hanya dilakukan ketika ada pesanan dari konsumen. Oleh sebab itu, kelancaran proses produksi salah satunya ditentukan oleh ketersediaan bahan baku. Permasalahan yang sering terjadi menunjukkan bahwa UMKM memerlukan sistem pengendalian persediaan yang dapat membantu menentukan jumlah dan waktu pengadaan bahan baku sesuai dengan kebutuhan produksi [2].

Perencanaan produksi merupakan proses penyusunan rencana untuk menentukan langkah-langkah yang akan dilaksanakan pada masa mendatang, dengan menentukan kegiatan yang perlu dilaksanakan, jumlah produksi yang dibutuhkan, serta waktu pelaksanaannya [3]. Persediaan dapat dipahami sebagai segala bentuk bahan yang disimpan perusahaan untuk mengantisipasi adanya fluktuasi permintaan. Persediaan ini mencakup bahan mentah, produk dalam proses (setengah jadi), maupun barang jadi yang siap dipasarkan [4]. Persediaan memiliki peran penting dalam mengatasi ketidakpastian permintaan maupun keterlambatan waktu pengiriman. Selain itu, keberadaan persediaan memungkinkan perusahaan memperoleh manfaat berupa potongan harga dari pembelian dalam jumlah besar [5]. Peramalan (*Forecasting*) adalah proses untuk memprediksi kondisi atau kejadian yang diprediksi terjadi pada masa mendatang dengan memanfaatkan data historis sebagai dasar analisis [6]. Data *time series* (deret waktu) dikatakan stasioner apabila karakteristik statistiknya, seperti nilai rata-rata, varians, dan kovarians tetap konstan dari waktu ke waktu sehingga tidak dipengaruhi oleh perubahan periode pengamatan [7]. Sebagai sebuah rancangan yang komprehensif, jadwal induk produksi berperan dalam penentuan volume target produksi yang harus dicapai dalam rentang waktu tertentu. *Master Production Shcedule* merupakan rencana produksi yang disusun untuk periode waktu yang relatif singkat, yang memuat gambaran umum sekaligus rincian dari keseluruhan proses produksi hingga menghasilkan produk akhir (*Finished Good*) [8]. [9] Mengungkapkan bahwa MRP merupakan pendekatan yang sangat efektif untuk merancang daftar kebutuhan material karena mampu mengintegrasikan proses peramalan, penyusunan jadwal induk produksi, dan penentuan ukuran pemesanan (*lot sizing*) sehingga pengadaan bahan baku menjadi lebih terencana dan biaya persediaan dapat diminimalkan. *Material Requirement Planning* adalah metode

perencanaan yang dirancang untuk menetapkan spesifikasi, kuantitas, dan waktu pengadaan bahan baku, sehingga kegiatan produksi dapat berjalan lancar sesuai jadwal yang telah ditetapkan. MRP dikembangkan untuk membantu perusahaan mengendalikan persediaan secara lebih efektif dengan menyesuaikan kebutuhan bahan baku terhadap permintaan produk sehingga dapat mengurangi risiko kekurangan maupun kelebihan persediaan [10]. Oleh karena itu, peneliti memilih metode MRP ini untuk menyusun perencanaan pengadaan bahan baku dengan hasil penelitian ditunjukkan untuk memberikan gambaran mengenai jumlah kebutuhan material yang harus tersedia pada setiap periode produksi dengan begitu dapat menyusun rencana pengadaan yang lebih teratur dan relevan dengan kondisi operasional UMKM.

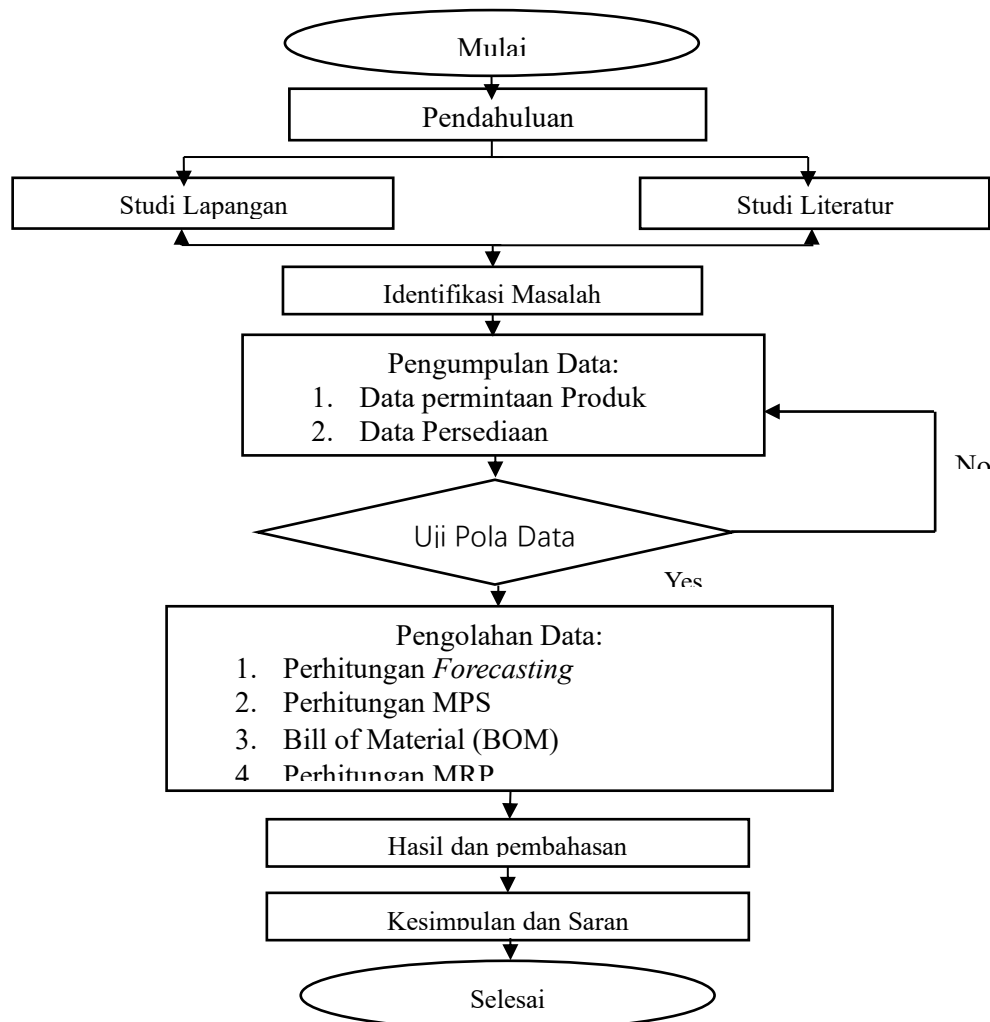
2. METODE

2.1 Waktu Dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di UMKM Citruk Bulat Barokah yang berlokasi di Kubang Buleud 2, No. RT/RW 01/011, Kec. Bungursari, Kel. Sukalaksana, Kota Tasikmalaya. Pada tanggal 13 September 2025 sampai 12 Maret 2026.

2.2 Kerangka Pemikiran

Gambar di bawah ini menyajikan tahapan pelaksanaan penelitian yang disusun secara sistematis guna menjamin proses analisis berjalan lebih terarah.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Perusahaan

UMKM Citruk Bulat Barokah merupakan usaha mikro, kecil, dan menengah yang bergerak di bidang industri makanan ringan dan berlokasi di wilayah Tasikmalaya, Jawa Barat. Usaha ini didirikan oleh Ibu Deulis pada tahun 2018 dengan fokus pada produksi Citruk, yaitu camilan tradisional yang berbahan dasar utama tepung tapioka yang dipadukan dengan bumbu-bumbu pilihan sehingga menghasilkan cita rasa gurih dan tekstur yang khas. Dalam proses produksinya, UMKM Citruk Bulat Barokah mengutamakan penggunaan bahan alami tanpa tambahan bahan pengawet. Produk Citruk yang dihasilkan ditujukan untuk berbagai kalangan usia, baik anak-anak maupun orang dewasa, dengan harga yang terjangkau dan menjadi camilan populer di Masyarakat setempat dan sekitarnya.

3.2 Sosialisasi Mengenai Hasil Penelitian

Gambar 3 dibawah menunjukkan proses sosialisasi memaparkan hasil dari perhitungan kebutuhan bahan baku yang diperoleh melalui penerapan metode *Material Requirement Planning* dengan teknik *Lot for Lot*



Gambar 2. Sosialisasi Hasil Penelitian ke pemilik UMKM

Keterangan gambar 2:

1. Ibu Deulisi (pemilik UMKM Citruk Bulat Barokah)
2. Septiani Lestari (peneliti)

3.3 Uji Pola Data

Analisis pola data permintaan merupakan tahapan awal yang dilakukan sebelum proses peramalan [7]. Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik data permintaan sehingga metode peramalan yang digunakan sesuai dengan pola data yang dimiliki. Dalam penelitian ini dilakukan uji pola data menggunakan uji unit akar *Augmented Dickey Fuller* (ADF) dengan bantuan *software Eviews 12*.

Null Hypothesis: PERMINTAAN__BUNGKUS_ has a unit root		
Exogenous: Constant		
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=4)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.074332	0.0054
Test critical values:		
1% level	-3.788030	
5% level	-3.012363	
10% level	-2.646119	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Gambar 3. Hasil Uji Unit Akar

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa data permintaan bersifat stasioner, hal ini dibuktikan dengan nilai probabilitas (*p-value*) sebesar 0.0054 yang lebih kecil dari tingkat signifikansi 0.05. Dengan demikian, data permintaan dapat dinyatakan stasioner sehingga pola data cenderung bersifat horizontal dan tidak menunjukkan adanya tren yang signifikan.

3.4 Peramalan

Menurut [11] menyatakan bahwa tujuan peramalan adalah untuk memperlihatkan beragam pendekatan yang dapat digunakan manajer dalam melakukan prediksi, memberikan sudut pandang mengenai prospek penjualan dalam bisnis, serta menjelaskan proses penyusunan, pemantauan, dan evaluasi tingkat akurasi ramalan. Penelitian ini menerapkan metode *Moving Average* serta *Exponential Smoothing* sebagai pendekatan dalam melakukan peramalan. Metode *Moving Average* dan *Exponential Smoothing* cocok diterapkan pada data yang bersifat stasioner, yaitu data yang nilainya berfluktuasi di sekitar rata-rata yang relatif tetap dari periode ke periode [12]. Dalam penelitian ini penulis menggunakan *Microsoft Excell* untuk membantu perhitungan. Peramalannya sebagai berikut:

1. *Moving Average* (MA)

Hasil peramalan dengan metode *Moving Average* (MA) tersaji pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Peramalan *Moving Average* 3 bulan

No	Bulan (2024- 2025)	Penjualan	Forecast	Error	e	[e] ²	Pct Error
1	Januari	400					
2	Februari	340					
3	Maret	450					
4	April	460	396.67	63.33	63.33	4011.11	13.77
5	Mei	410	416.67	-6.67	6.67	44.44	1.63
6	Juni	340	440.00	-100.00	100.00	10000.00	29.41
7	Juli	370	403.33	-33.33	33.33	1111.11	9.01
8	Agustus	400	373.33	26.67	26.67	711.11	6.67
9	September	425	370.00	55.00	55.00	3025.00	12.94
10	Oktober	485	398.33	86.67	86.67	7511.11	17.87
11	November	255	436.67	-181.67	181.67	33002.78	71.24
12	Desember	350	388.33	-38.33	38.33	1469.44	10.95
13	Januari	410	363.33	46.67	46.67	2177.78	11.38
14	Februari	375	338.33	36.67	36.67	1344.44	9.78
15	Maret	380	378.33	1.67	1.67	2.78	0.44
16	April	500	388.33	111.67	111.67	12469.44	22.33
17	Mei	470	418.33	51.67	51.67	2669.44	10.99
18	Juni	455	450.00	5.00	5.00	25.00	1.10
19	Juli	325	475.00	-150.00	150.00	22500.00	46.15
20	Agustus	385	416.67	-31.67	31.67	1002.78	8.23
21	September	395	388.33	6.67	6.67	44.44	1.69
22	Oktober	380	368.33	11.67	11.67	136.11	3.07
Total		8760		-38.33	1045.00	103258.33	288.65
Rata-rata		398.18		-2.02	55.00	5434.65	15.19

No	Bulan (2024- 2025)	Penjualan	Forecast	Error	e	[e] ²	Pct Error
Peramalan periode selanjutnya			386.67	Bias	MAD	MSE	MAPE

Hasil perhitungan menunjukkan *Mean Absolute Deviation* (MAD) sebesar 55,00, *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 5.434,65, sedangkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan nilai sebesar 15,19%. Dengan peramalan untuk periode selanjutnya sebesar 386,67 atau dibulatkan menjadi 387 bungkus.

2. *Exponential Smoothing* (ES)

Dalam pererapan metode Exponentia SMOOTHing, dilakukan pengujian tiga variasi konstanta pemulusan, yaitu $\alpha = 0,1$; $\alpha = 0,5$; dan $\alpha = 0,9$. Hasil evaluasi akurasi menunjukkan bahwa parameter $\alpha = 0,1$ merupakan model paling optimal karena menghasilkan tingkat kesalahan terkecil. Peramalannya sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Peramalan *Exponential Smoothing* $\alpha = 0,1$

No	Bulan (2024-2025)	penjualan	ES	error	e	[e] ²	pct error
1	Januari	400	400.00				
2	Februari	340	400.00	-60.00	60.00	3600.00	17.65
3	Maret	450	394.00	56.00	56.00	3136.00	12.44
4	April	460	399.60	60.40	60.40	3648.16	13.13
5	Mei	410	405.64	4.36	4.36	19.01	1.06
6	Juni	340	406.08	-66.08	66.08	4366.04	19.43
7	Juli	370	399.47	-29.47	29.47	868.39	7.96
8	Agustus	400	396.52	3.48	3.48	12.10	0.87
9	September	425	396.87	28.13	28.13	791.33	6.62
10	Oktober	485	399.68	85.32	85.32	7279.08	17.59
11	November	255	408.21	-153.21	153.21	23474.60	60.08
12	Desember	350	392.89	-42.89	42.89	1839.79	12.26
13	Januari	410	388.60	21.40	21.40	457.81	5.22
14	Februari	375	390.74	-15.74	15.74	247.85	4.20
15	Maret	380	389.17	-9.17	9.17	84.07	2.41
16	April	500	388.25	111.75	111.75	12487.62	22.35
17	Mei	470	399.43	70.57	70.57	4980.58	15.02
18	Juni	455	406.48	48.52	48.52	2353.79	10.66
19	Juli	325	411.34	-86.34	86.34	7453.85	26.56
20	Agustus	385	402.70	-17.70	17.70	313.36	4.60
21	September	395	400.93	-5.93	5.93	35.19	1.50
22	Oktober	380	400.34	-20.34	20.34	413.66	5.35
Total		8760		-16.95	996.79	77862.28	266.98
Rata-rata		398.18		-0.81	47.47	3707.73	12.71
Peramalan periode selanjutnya			398.30		MAD	MSE	MAPE

Hasil perhitungan menunjukkan *Mean Absolute Deviation* (MAD) sebesar 47,47, *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 3707,73, sedangkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan nilai sebesar 12.71%. Dengan peramalan untuk periode selanjutnya sebesar 398,30 atau dibulatkan menjadi 389 bungkus.

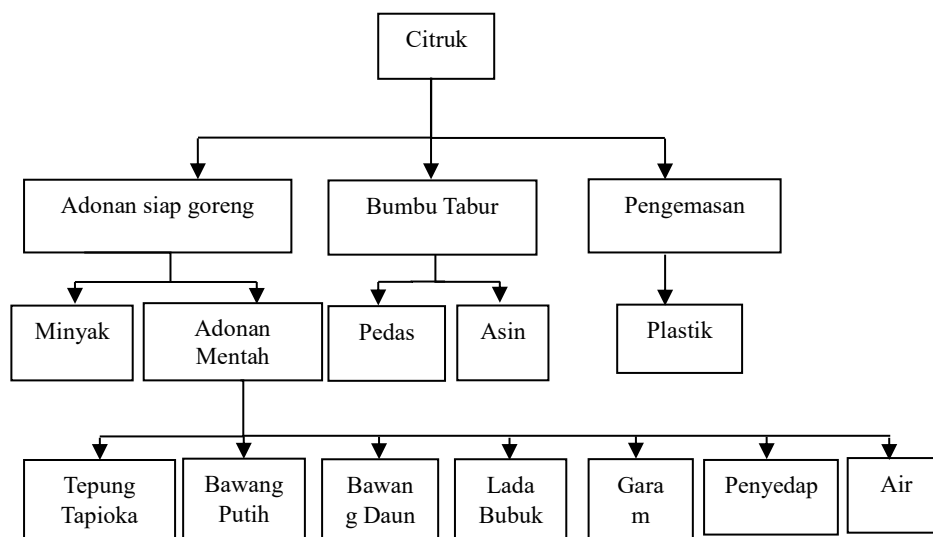
Tabel 3. Hasil Kesalahan Peramalan

Metode Peramalan	MAD	MSE	MAPE
<i>Moving Average</i> $n = 3$	55.00	5434.65	15.19
<i>Exponential Smoothing</i> α 0,1	47.47	3707.73	12.71
<i>Exponential Smoothing</i> α 0,5	48.24	4804.35	13.29
<i>Exponential Smoothing</i> α 0,9	57.56	5936.16	16.05

Berdasarkan hasil perbandingan nilai MAD, MSE dan MAPE dari keempat metode peramalan yang diuji, metode *Exponential Smoothing* $\alpha = 0,1$ menunjukkan tingkat kesalahan peramalan yang paling rendah. Metode tersebut memperoleh MAD = 47,47, MSE = 3703,73, dan MAPE = 12,71%. Nilai MAPE tersebut berada rentang 10% - 20% sehingga termasuk dalam kategori akurat [13].

3.5 Bill of Material (BOM)

Sebelum Menyusun MRP atau *Material Requirement Planning*, diperlukan data *Bill of Material* (BOM), yang merupakan suatu daftar terstruktur berisi keseluruhan komponen, bahan baku, serta sub komponen yang dibutuhkan dalam menghasilkan satu unit produk akhir [14]. BOM atau *Bill of Material* merupakan daftar lengkap dan terstruktur yang memuat seluruh komponen, sub-komponen, bahan baku, serta jumlah yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit produk akhir [15]. Berikut adalah *Bill of Material* Produk Citruk pada UMKM Citruk Bulat Barokah.



Gambar 4. Struktur Produk Citruk

Setelah struktur produk ditentukan, tahap berikutnya adalah menyusun *Bill of Material* (BOM). BOM memuat informasi mengenai komponen, bahan baku, dan campuran material yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk akhir [16].

Tabel 4. *Bill Of Material* Citruk

Level	Nama Barang	Jumlah	Sumber	Asal Bahan Baku
0	Citruk	-	Buat	-
1	Adonan Siap Goreng	1 kg	Buat	-
1	Bumbu Tabur	1	Beli	Dalam Kota
1	Pengemasan	1	Beli	-
2	Plastik	1 pcs	Beli	Dalam Kota
2	Asin	4 pcs	Beli	Dalam Kota
2	Pedas	2 pcs	Beli	Dalam Kota
2	Minyak	200 ml	Beli	Dalam Kota
2	Adonan Mentah	1 kg	Buat	Dalam Kota
3	Tepung Tapioka	200 gram	Beli	Dalam Kota
3	Bawang Putih	4 gram	Beli	Dalam Kota
3	Bawang Daun	20 gram	Beli	Dalam Kota
3	Lada Bubuk	0,2 gram	Beli	Dalam Kota
3	Garam	2 gram	Beli	Dalam Kota
3	Penyedap	100 gram	Beli	Dalam Kota
3	Air	340 ml	Punya Sendiri	Sumur pemilik

3.7 Master Production Schedule (MPS)

Dalam penelitian ini, MPS disusun berdasarkan hasil peramalan metode *Exponential Smoothing* dengan nilai $\alpha = 0,1$ yang terpilih sebagai metode terbaik karena memiliki tingkat kesalahan peramalan paling rendah, dengan permintaan produk sebesar 399 bungkus, jadwal produksi dibagi ke dalam empat minggu pada periode November dengan mempertimbangkan perataan jumlah produksi. Hasil pembagian kebutuhan produksi per minggu disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 5. Hasil MPS

Produk: Citruk					Total
Periode	November				
	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	
MPS	100	100	100	99	399

Berdasarkan hasil MPS tersebut pada minggu pertama, kedua dan ketiga direncanakan produksi sebanyak 100 bungkus, sedangkan pada minggu keempat sebanyak 99 bungkus.

Dengan demikian, total produksi yang direncanakan selama periode November adalah 399 bungkus sesuai dengan hasil peramalan.

3.8 Material Requirement Planning (MRP)

1. Kebutuhan Kotor

Data MPS yang telah diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menghitung kebutuhan kotor bahan baku. Perhitungan kebutuhan kotor dilakukan dengan mengaitkan jumlah rencana produksi yang terdapat pada MPS dengan kebutuhan bahan baku per bungkus produk berdasarkan BOM [17]. Pada penelitian ini, hasil MPS menunjukkan jumlah produksi produk Citruk selama periode perencanaan sebanyak 399 bungkus. Berdasarkan BOM, setiap satu bungkus produk membutuhkan tepung tapioka sebanyak 200 gram per bungkus. Oleh karena itu, kebutuhan kotor tepung tapioka dihitung dengan mengalikan jumlah produk yang direncanakan dalam MPS dengan kebutuhan tepung tapioka per bungkus.

Perhitungan kebutuhan kotor tepung tapioka adalah sebagai berikut:

Kebutuhan kotor = MPS x Kebutuhan Tepung Tapioka per Bungkus

= 399 x 200

= 79.800 gram

= 79,8 kg

Dengan demikian, kebutuhan kotor tepung tapioka yang diperlukan untuk memenuhi rencana produksi sebanyak 399 bungkus adalah sebesar 79,8 kilogram. Perhitungan yang sama dilakukan untuk bahan baku lainnya sesuai dengan komposisi yang terdapat pada *Bill of Material* (BOM).

2. Penyusunan MRP dengan Teknik *Lot for Lot*

Penyusunan tabel *Material Requirement Planning* (MRP) dilakukan dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel agar mempermudah proses pengolahan dan perhitungan kebutuhan bahan baku. Dalam penelitian ini, *lead time* pengadaan tepung tapioka adalah 3 hari, yang digunakan sebagai dasar dalam penyusunan tabel MRP, adapun langkah penyusunan tabel MRP sebagai berikut:

- 1) Tahap awal dalam penyusunan MRP adalah memasukkan kebutuhan kotor (*Gross Requirement*) yang diperoleh dari hasil konversi jadwal induk produksi berdasarkan struktur *Bill of Material* (BOM) produk Citruk. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan kotor tepung tapioka pada bulan November masing-masing sebesar 20.000 gram pada minggu pertama, kedua, dan ketiga serta 19.800 gram pada minggu keempat.
- 2) Berikutnya adalah memasukkan jumlah persediaan awal (*On-Hand Inventory*). Berdasarkan data yang diperoleh dari UMKM Citruk Bulat Barokah, semua bahan baku tidak memiliki persediaan awal.
- 3) Langkah selanjutnya adalah menghitung kebutuhan bersih (*Net Requirement*) dengan mengurangi kebutuhan kotor terhadap persediaan yang tersedia. Karena tidak terdapat persediaan awal bahan baku tepung tapioka, maka kebutuhan bersih sama dengan kebutuhan kotor. Pengadaan persediaan pada minggu pertama, kebutuhan kotor tepung tapioka sebesar 20.000 gram, minggu kedua, 20.000 gram, ketiga 20.000 gram dan keempat 19.800 gram.
- 4) Setelah kebutuhan bersih diperoleh, nilai tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan *Plannerd Order Receipt* (PORc), yaitu jumlah bahan baku yang harus diterima pada setiap periode. Karena UMKM Citruk Bulat Barokah menerapkan teknik *Lot for Lot*,

maka jumlah *Planned Order Receipt* (PORc) sama dengan kebutuhan bersih pada masing-masing periode.

- 5) Langkah terakhir adalah menentukan *Planned Order Release* (PORe), yaitu waktu pelepasan pesanan yang disesuaikan dengan *lead time* masing-masing bahan baku. Pada penelitian ini, bahan baku tepung tapioka memiliki *lead time* selama 3 hari, sehingga pemesanan harus dilakukan 3 hari sebelum periode kebutuhan agar bahan baku tersedia tepat waktu.

Penyusunan tabel ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan bersih bahan baku serta jadwal pemesanan yang diperlukan selama periode perencanaan produksi:

Item: Tepung Tapiola																	Lead Time: 3 hari				
November	Minggu 1					minggu 2					Minggu 3					Minggu 4					
	0	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Gross Requirement				20000					20000					20000					19800		
On Hand																					
Net Requirement				20000					20000					20000					19800		
Planned Order Receipt				20000					20000					20000					19800		
Planned Order Release	20000					20000					20000					19800					

Gambar 5. Hasil Perhitungan MRP Tepung Tapioka

Dari hasil perhitungan *Material Requirement Planning* (MRP) diketahui bahwa jumlah pengadaan bahan baku tepung tapioka dilakukan sebanyak 4 kali, yaitu pada minggu pertama 20.000 gram, minggu kedua sebesar 20.000 gram, minggu ketiga sebesar 20.000 gram dan minggu keempat sebesar 19.800 gram. Pengadaan tersebut ditentukan berdasarkan hasil *Planned Order Release* yang mempertimbangkan kebutuhan bersih dan *lead time* selama 3 hari, sehingga bahan baku diterima tepat pada saat dibutuhkan untuk proses produksi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada UMKM Citruk Bulat Barokah, makan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan pengadaan bahan baku pada UMKM Citruk Bulat Barokah berhasil disusun menggunakan metode *Forecasting*, *Master Production Schedule* (MPS), *Bill of Material* (BOM), dan *Material Requirement Planning* (MRP) dengan teknik *Lot for Lot* (LFL). Hasil peramalan menunjukkan permintaan produk untuk periode selanjutnya sebesar 399 bungkus, yang kemudian disusun ke dalam jadwal induk produksi (MPS) mingguan sebanyak 100 bungkus pada minggu pertama, 100 bungkus pada minggu kedua, 100 bungkus pada minggu ketiga dan 99 bungkus pada minggu keempat. Berdasarkan MPS dan BOM diperoleh kebutuhan bahan baku yang menjadi dasar penyusunan rencana pengadaan. Dengan demikian, perencanaan pengadaan yang disusun mampu mengurangi potensi terjadinya kelebihan maupun kekurangan persediaan bahan baku.
2. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada *Material Requirement Planning* (MRP) dengan penerapan teknik *Lot for Lot*, diperoleh rencana jumlah dan waktu pengadaan bahan baku tepung tapioka pada setiap periode produksi sebagaimana disajikan pada Gambar 6

Item: Tepung Tapioka													Lead Time: 3 hari									
Nov ember	Minggu 1					minggu 2					Minggu 3					Minggu 4						
	0	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Gross Requirement				20000					20000					20000					19800			
On Hand																						
Net Requirement				20000					20000					20000					19800			
Planned Order Receipt				20000					20000					20000					19800			
Planned Order Release	20000					20000					20000					19800						

Gambar 6. Hasil MRP dengan Teknik Lot for Lot

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan pengadaan bahan baku direncanakan sebesar 20 kg pada minggu pertama, 20 kg pada minggu kedua, 20 kg pada minggu ketiga, dan 19,8 kg pada minggu keempat. Dengan *lead time* selama 3 hari, jadwal pemesanan dilakukan tiga hari sebelum bahan baku digunakan sesuai dengan hasil *Planned Order Release*, sehingga bahan baku tersedia tepat pada waktu yang dibutuhkan untuk proses produksi. Dengan demikian, pengadaan bahan baku dilakukan berdasarkan hasil perencanaan kebutuhan material.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] K. K. B. PEREKONOMIAN, "Dorong UMKM Naik Kelas dan Go Export, Pemerintah Siapkan Ekosistem Pembiayaan yang Terintegrasi." Accessed: Jun. 04, 2026. [Online]. Available: <https://ekon.go.id/publikasi/detail/5396/dorong-umkm-naik-kelas-dan-go-export-pemerintah-siapkan-ekosistem-pembiayaan-yang-terintegrasi>
- [2] R. A. Saputra, I. Kholidasari, S. Sundari, and L. Setiawati, "ANALISIS PERENCANAAN BAHAN BAKU DI UD . AA DENGAN MENERAPKAN METODE MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (MRP)," vol. 5, no. April, pp. 1–11, 2021.
- [3] A. Agung, I. Riska, P. Utami, and K. Mandala, "Analisis Perencanaan Produksi Agregat pada CV . Pelangi Rex ' s di Denpasar," vol. 8, no. 1, pp. 282–293, 2024, doi: 10.33087/ekonomis.v8i1.1337.
- [4] H. A. Rusdiana, *Manajemen operasi*. Bandung: CV PUSTAKA SETIA, 2014.
- [5] M. R. Octamara, Y. Ekapprawatya, and J. Teknikpindustri, "Perencanaan dan Pengendalian Bahan Baku Produksi Kue Lapis pada UMKM XYZ di Kota Pontianak," vol. 9, no. 2, pp. 259–266, 2025.
- [6] S. Arsy, I. Ramadhan, A. pratnam saputra, and V. Hartati, "Peramalan Permintaan Produk Tempe Periode yang Akan Datang di TALENTA Conference Series Peramalan Permintaan Produk Tempe Periode yang Akan Datang di Pabrik," vol. 7, no. 1, 2024, doi: 10.32734/ee.v7i1.2178.
- [7] Bisri and H. W. Setianingrum, "Analisis Faktor internal dan Eksternal yang Mempengaruhi Dana Pihak Ketiga Bank Syariah di Indonesia," *Anal. Fakt. Intern. dan Eksternal yang Mempengaruhi Dana Pihak Ketiga Bank Syariah di Indones.*, vol. 9, no. 1, pp. 81–95, 2019.
- [8] N. P. Adetya, M. M. Putri, P. Meilanitasari, and S. U. Wijaya, "MATERIAL REQUIREMENT PLANNING PRODUK PAKAN TERNAK DENGAN METODE LOT SIZING EOQ DAN POQ (STUDI KASUS : PT XYZ)," no. September, pp. 229–243, 2024.
- [9] F. Hermawan, Sumarsono, N. Muflihah, and fatma A. N. F. Afiatna, "Analisis Perencanaan Bahan Baku Menggunakan Material Requirement Planning Dengan Perbandingan Beberapa Lot Sizing: Studi Kasus UKM Tahu," no. 55, pp. 34–48, 2025, [Online]. Available: <http://ejournal.unhasy.ac.id/index.php/invantri>
- [10] U. I. Yuliana and A. Suryadi, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Produksi Pintu dengan Metode Material Requirement Planning (MRP)," vol. 16, no. 2, pp. 435–450, 2024.
- [11] J. Heizer, B. Render, and C. Munson, *OPERATIONS MANAGEMENT SUSTAINABILITY AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*, 12th ed. Harlow, Inggris: Pearson, 2017.

- [12] R. Fijra and M. Navero, "Peramalan Produksi CPO (Crude Palm Oil)," vol. 2, no. 1, pp. 81–91, 2023.
- [13] R. Prastya, B. Pasifik, A. F. Setiawan, and S. A. Wibowo, "ANALISIS PERBANDINGAN PERAMALAN PRODUKSI GULA DENGAN ALGORITMA SINGLE EXPONENTIAL SMOOTHING DAN DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING BERBASIS WEBSITE (STUDI KASUS : PT PG KREBET BARU)," vol. 8, no. 5, pp. 8292–8300, 2024.
- [14] R. Firdaus and A. N. Amalia, "Perencanaan Bahan Baku Sosis Menggunakan Metode Material Requirement Planning (MRP) di PT . RF," vol. 8, no. 4, pp. 3811–3821, 2026, doi: 10.31004/jutin.v8i4.48457.
- [15] O. Gauri, R. Rahmawati, I. Sujana, J. T. Industri, F. Teknik, and U. Tanjungpura, "PERENCANAAN PRODUKSI DAN PENGENDALIAN BAHAN BAKU DI IKM XYZ," vol. 9, no. 2, pp. 294–302, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/issue/view/2642>
- [16] S. Stefhanie *et al.*, "Perencanaan Bahan Baku Produksi Menggunakan Metode Material Requirement Planning (MRP) Studi Kasus Teh Botol Sosro," vol. 8, no. 4, pp. 825–833, 2024.
- [17] qoulina sakilah putri Wahyudiana, N. Nurjanah, A. Andriyanto, and D. Thorfiani, "Penerapan Metode Material Requirement Planning (MRP) dalam Pengendalian dan Perencanaan Persediaan Bahan Baku Semen Instan Variasi X pada PT XYZ," vol. 04, no. 02, pp. 99–115, 2023.

Optimalisasi Pengendalian Persediaan Barang Menggunakan Metode Always Better Control (ABC) dan Economic Order Quantity (EOQ) Untuk Meminimalkan Overstock

R. M. Sugengriadi¹, Rifqi Jalu Pramudita², Dwi Pingkan³

¹²³Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: sugeng.riadi@stttxmaco.ac.id

Received 31 Agustus 2026 | *Revised* 09 September 2026 | *Accepted* 22 September 2026

ABSTRAK

Toko Material Bangunan Baru Jaya menghadapi overstock dan tingginya biaya penyimpanan akibat belum menerapkan pengendalian kuantitatif. Penelitian ini bertujuan menganalisis penyebab overstock, mengklasifikasikan barang via metode Always Better Control (ABC), serta menentukan kebijakan optimal pada kategori A menggunakan Economic Order Quantity (EOQ), Safety Stock, Reorder Point, dan Total Inventory Cost (TIC). Penelitian kuantitatif ini menganalisis 10 material pada 2024. Hasilnya, nilai overstock mencapai Rp78.532.000. Klasifikasi ABC menetapkan empat barang kategori A (Semen, Hebel, Besi 10, dan Batu Bata) dengan kontribusi 75,46% terhadap nilai penggunaan tahunan. Penerapan metode EOQ, Safety Stock, dan Reorder Point berhasil menurunkan Total Inventory Cost dari Rp6.792.666 menjadi Rp4.022.460 per tahun, menciptakan efisiensi biaya sebesar 40,79%. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi metode ABC dan EOQ efektif meningkatkan.

Kata kunci: Overstock, Always Better Control, Economic Order Quantity, Safety Stock, Reorder Point.

ABSTRACT

Baru Jaya Building Materials Store faces overstock issues and high storage costs due to the absence of quantitative inventory control. This study aims to analyze the causes of overstock, classify items using the Always Better Control (ABC) method, and determine optimal policies for Category A items using Economic Order Quantity (EOQ), Safety Stock, Reorder Point, and Total Inventory Cost (TIC) calculations. This quantitative study analyzed 10 material types in 2024. The results revealed an overstock value of IDR 78,532,000. ABC classification identified four Category A items (cement, lightweight concrete blocks, 10mm steel bars, and bricks), which accounted for 75.46% of the annual usage value. Implementing EOQ, Safety Stock, and Reorder Point methods successfully reduced the Total Inventory Cost from IDR 6,792,666 to IDR 4,022,460 per year, achieving a cost efficiency of 40.79%. This demonstrates the effectiveness of combining ABC and EOQ methods in improving inventory management.

Keywords: Overstock, Always Better Control, Economic Order Quantity, Safety Stock, Reorder Point.

1. PENDAHULUAN

Persediaan merupakan aset yang memiliki peranan penting dalam menunjang kegiatan operasional perusahaan, khususnya pada usaha perdagangan seperti toko material bangunan. Pengelolaan persediaan yang baik bertujuan menjaga ketersediaan barang, memperlancar distribusi, serta memenuhi kebutuhan pelanggan secara tepat waktu. Sebaliknya, pengelolaan persediaan yang tidak optimal dapat menimbulkan permasalahan berupa kelebihan persediaan (overstock), yang berpotensi meningkatkan biaya penyimpanan, memperbesar risiko kerusakan barang, serta membuat pemanfaatan kapasitas gudang menjadi kurang efisien.

Toko Material Bangunan Baru Jaya merupakan usaha ritel material bangunan yang berlokasi di Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, dan telah beroperasi kurang lebih 10 tahun dengan lebih dari 50 jenis material yang dikelola, seperti semen, batu bata, hebel, genteng, besi beton, keramik, cat, dan pipa. Banyaknya variasi barang menyebabkan toko membutuhkan sistem pengendalian persediaan yang tepat agar jumlah stok sesuai kebutuhan aktual. Hasil observasi dan wawancara awal menunjukkan bahwa beberapa jenis barang memiliki jumlah persediaan yang melebihi tingkat kebutuhan pelanggan, mengindikasikan kondisi overstock akibat sistem pemesanan yang masih bersifat konvensional dan belum menggunakan perhitungan kuantitatif.

Permasalahan pengendalian persediaan serupa juga ditemukan pada penelitian terdahulu. Penelitian pada objek jasa transportasi menunjukkan bahwa overstock terjadi akibat kebijakan pengendalian yang belum optimal, dan penerapan Always Better Control (ABC) bersama Economic Order Quantity (EOQ) terbukti membantu menekan kelebihan stok serta biaya penyimpanan [1]. Penelitian lain pada industri manufaktur juga mengintegrasikan ABC dan EOQ untuk mengatasi tingginya investasi persediaan akibat ketidaksesuaian perencanaan kebutuhan dengan permintaan aktual, dan berhasil meningkatkan efisiensi melalui penurunan total biaya persediaan [2]. Penerapan EOQ yang dipadukan dengan Safety Stock dan Reorder Point juga terbukti membantu usaha ritel material menentukan jumlah pemesanan optimal dan waktu pemesanan kembali yang tepat [3], sementara integrasi ketiga metode tersebut pada industri kertas mampu mengatasi permasalahan overstock secara lebih menyeluruh [4].

Selain itu, penerapan EOQ secara mandiri telah terbukti mampu menentukan kuantitas pemesanan ekonomis pada berbagai jenis usaha dagang [5][6], sementara Analisis ABC banyak digunakan sebagai dasar penentuan prioritas pengawasan barang berdasarkan kontribusi nilai penggunaannya [7][8][9]. Berdasarkan bukti-bukti empiris tersebut, kombinasi Analisis ABC dan EOQ dinilai relevan untuk diterapkan pada Toko Material Bangunan Baru Jaya. Namun demikian, beberapa penelitian terdahulu masih terbatas dalam mengintegrasikan seluruh tahapan pengendalian persediaan secara menyeluruh, mulai dari identifikasi kondisi overstock, klasifikasi prioritas, penentuan jumlah pemesanan optimal, penentuan safety stock dan reorder point, hingga evaluasi total biaya persediaan.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kondisi persediaan yang menyebabkan terjadinya overstock pada Toko Material Bangunan Baru Jaya; (2) mengklasifikasikan 10 jenis barang yang terindikasi overstock menggunakan metode Always Better Control (ABC) sebagai dasar prioritas pengendalian; (3) menentukan kebijakan pengendalian persediaan optimal pada barang kategori A melalui metode Economic Order Quantity (EOQ), Safety Stock (SS), Reorder Point (ROP), dan Total Inventory Cost (TIC); serta (4) menyusun rekomendasi pengendalian persediaan untuk meminimalkan overstock pada toko tersebut.

2. METODE

2.1 Objek dan Jenis Data Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Toko Material Bangunan Baru Jaya yang berlokasi di Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, dengan populasi berupa lebih dari 50 jenis material bangunan yang dikelola toko. Data dianalisis dari periode historis Januari–Desember 2024. Penentuan sampel dilakukan menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kriteria: (1) barang menunjukkan rasio stok terhadap permintaan yang relatif tinggi secara konsisten sehingga terindikasi overstock; dan (2) barang memiliki data permintaan bulanan, harga satuan, serta catatan stok yang lengkap. Berdasarkan kedua kriteria tersebut, diperoleh 10 jenis barang sebagai sampel penelitian, yaitu Keramik, Hebel, Cat, Batu Bata, Toren, Semen, Genting, Besi 10, Loster, dan Paku Payung. Data yang digunakan terdiri atas data primer (hasil wawancara dan observasi mengenai sistem persediaan, biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan lead time pemasok) serta data sekunder (data penjualan/permintaan bulanan, harga satuan, dan catatan stok toko) [10].

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik, yaitu wawancara dengan pemilik/pengelola toko untuk memperoleh informasi mengenai sistem persediaan, biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan lead time; observasi langsung terhadap kondisi persediaan, proses pencatatan stok, dan mekanisme pemesanan ulang; serta dokumentasi berupa catatan penjualan bulanan, buku stok, dan laporan persediaan sebagai dasar analisis.

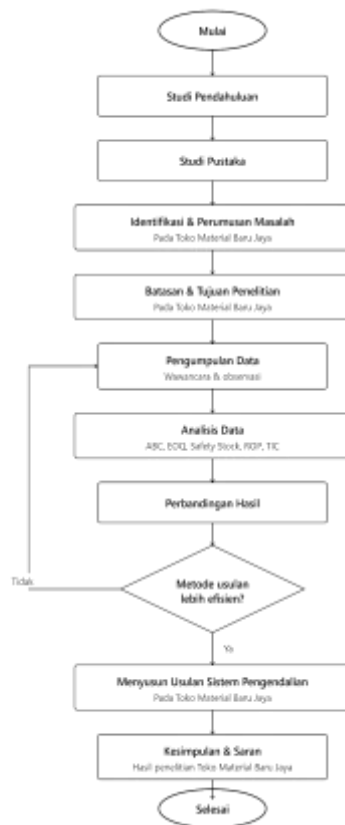
2.3 Teknik Pengolahan Data

Data yang telah terkumpul diolah secara bertahap. Tahap pertama adalah screening kondisi overstock dengan membandingkan jumlah stok akhir terhadap permintaan tahunan pada seluruh populasi barang untuk memperoleh 10 barang sampel. Tahap kedua adalah Analisis Always Better Control (ABC), yaitu pengelompokan barang berdasarkan nilai penggunaan tahunan ($D \times C$), yang kemudian diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah dan dihitung persentase kumulatifnya untuk menentukan Kategori A (kumulatif 0–80%), Kategori B (80–95%), dan Kategori C (95–100%) [11].

Tahap ketiga adalah perhitungan Economic Order Quantity (EOQ) pada barang kategori A menggunakan rumus $EOQ = \sqrt{(2DS/H)}$, dengan D sebagai permintaan tahunan, S sebagai biaya pemesanan per pesanan, dan H sebagai biaya penyimpanan per unit per tahun [12]. Tahap keempat adalah perhitungan Safety Stock ($SS = Z \times \sigma$) menggunakan tingkat pelayanan 95% ($Z = 1,65$) dan standar deviasi permintaan bulanan, dilanjutkan dengan perhitungan Reorder Point ($ROP = (d \times L) + SS$), dengan d sebagai rata-rata permintaan harian dan L sebagai lead time pemasok [13]. Tahap terakhir adalah perhitungan Total Inventory Cost ($TIC = (D/Q) \times S + (Q/2) \times H$) pada kondisi awal dan kondisi usulan EOQ, yang kemudian dibandingkan untuk mengetahui besarnya efisiensi biaya yang dapat dicapai [14][15].

2.4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara terstruktur mulai dari studi pendahuluan, studi pustaka, identifikasi dan perumusan masalah, pengumpulan data, analisis ABC dan EOQ, hingga penyusunan usulan sistem pengendalian persediaan, sebagaimana digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Profil Objek Penelitian

Toko Material Bangunan Baru Jaya berlokasi di Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, dan telah beroperasi selama kurang lebih 10 tahun dalam penyediaan material konstruksi seperti semen, batu bata, hebel, genteng, besi beton, keramik, cat, dan pipa. Barang diperoleh dari beberapa pemasok, kemudian disimpan di gudang sebelum didistribusikan melalui penjualan. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, sistem pengendalian persediaan yang berjalan masih bersifat konvensional; keputusan pemesanan dilakukan berdasarkan pengalaman pemilik dan perkiraan kebutuhan, tanpa menggunakan metode kuantitatif seperti EOQ, Safety Stock, dan Reorder Point. Kondisi tersebut menyebabkan beberapa jenis material memiliki jumlah persediaan yang melebihi kebutuhan aktual.



Gambar 2. Kondisi Persediaan Toko Material Bangunan Baru Jaya

3.2 Identifikasi Kondisi Overstock Persediaan Awal

Identifikasi overstock dilakukan dengan membandingkan jumlah stok akhir terhadap permintaan tahunan pada masing-masing dari 10 barang sampel. Hasil identifikasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Kondisi Overstock Persediaan Awal

No	Nama Barang	Satuan	Permintaan Tahunan	Stok Akhir	Overstock (Unit)	Nilai Overstock (Rp)
1	Keramik	Dus	750	810	60	6.000.000
2	Hebel	m ³	624	670	46	16.100.000
3	Cat	Kaleng	580	640	60	4.500.000
4	Batu Bata	Pcs	105.400	108.500	3.100	2.480.000
5	Toren	Unit	60	70	10	12.000.000
6	Semen	Sak	6.000	6.400	400	22.000.000
7	Genting	Pcs	1.318	1.550	232	812.000
8	Besi 10	Batang	1.200	1.350	150	12.000.000
9	Loster	Pcs	505	550	45	540.000
10	Paku Payung	Kg	850	900	50	2.100.000
	Total					78.532.000

Sumber: Data olahan hasil observasi dan wawancara dengan pemilik toko (2025).

Seluruh barang yang menjadi objek penelitian mengalami kondisi overstock dengan total nilai kelebihan persediaan mencapai Rp78.532.000. Semen menjadi barang dengan nilai overstock terbesar (Rp22.000.000), diikuti Hebel (Rp16.100.000), sedangkan Besi 10 dan Toren masing-masing sebesar Rp12.000.000. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian modal usaha masih tertahan dalam bentuk persediaan yang belum sesuai kebutuhan aktual. Karena penentuan prioritas tidak dapat hanya didasarkan pada besarnya nilai overstock, diperlukan analisis lanjutan menggunakan metode Always Better Control (ABC) berdasarkan nilai penggunaan tahunan.

3.3 Analisis Always Better Control (ABC)

Nilai penggunaan tahunan dihitung dengan mengalikan permintaan tahunan (D) dengan harga satuan (C) setiap barang. Sebagai contoh, nilai penggunaan tahunan Semen = $6.000 \times \text{Rp}55.000 = \text{Rp}330.000.000$. Hasil perhitungan pada seluruh barang sampel menunjukkan total nilai penggunaan tahunan sebesar Rp965.593.000, dengan Semen sebagai kontributor terbesar (34,18%). Persentase kumulatif nilai penggunaan tahunan selanjutnya digunakan untuk menetapkan kategori ABC, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Klasifikasi ABC Berdasarkan Nilai Penggunaan Tahunan

No	Nama Barang	Nilai Penggunaan Tahunan (Rp)	Persentase (%)	Kumulatif (%)	Kategori
1	Semen	330.000.000	34,18	34,18	A
2	Hebel	218.400.000	22,61	56,79	A
3	Besi 10	96.000.000	9,94	66,73	A
4	Batu Bata	84.320.000	8,73	75,46	A
5	Keramik	75.000.000	7,77	83,23	B
6	Toren	72.000.000	7,45	90,68	B
7	Cat	43.500.000	4,50	95,18	C
8	Paku Payung	35.700.000	3,70	98,88	C
9	Loster	6.060.000	0,63	99,51	C
10	Genting	4.613.000	0,48	99,99	C

Sumber: Data olahan peneliti (2025).

Hasil klasifikasi ABC menghasilkan empat barang kategori A, yaitu Semen, Hebel, Besi 10, dan Batu Bata, dengan kontribusi kumulatif sebesar 75,46% terhadap total nilai penggunaan tahunan meskipun jumlahnya hanya 4 dari 10 barang yang dianalisis. Keempat barang tersebut menjadi prioritas utama pengendalian persediaan dan dianalisis lebih lanjut menggunakan metode EOQ, Safety Stock, Reorder Point, dan Total Inventory Cost, sementara Keramik dan Toren (kategori B) serta Cat, Paku Payung, Loster, dan Genting (kategori C) cukup dikendalikan dengan tingkat pengawasan menengah hingga sederhana.

3.4 Perhitungan Economic Order Quantity (EOQ)

Perhitungan EOQ dilakukan pada empat barang kategori A menggunakan parameter permintaan tahunan (D), biaya pemesanan (S) sebesar Rp15.000 per pesanan—diperoleh dari total biaya pemesanan tahunan Rp1.800.000 dibagi frekuensi pemesanan 120 kali per tahun—serta biaya penyimpanan (H) yang dihitung sebesar 20% dari harga satuan masing-masing barang. Sebagai contoh perhitungan pada Semen: $EOQ = \sqrt{(2 \times 6.000 \times 15.000 / 11.000)} = \sqrt{16.363,64} \approx 128$ sak per pesanan. Hasil perhitungan EOQ untuk seluruh barang kategori A disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan EOQ Barang Kategori A

No	Barang	D (Unit/Tahun)	S (Rp/Pesan)	H (Rp/Unit/Tahun)	EOQ (Unit/Pesan)	Frekuensi (Kali/Tahun)
1	Semen	6.000	15.000	11.000	128	47
2	Hebel	624	15.000	70.000	16	39
3	Besi 10	1.200	15.000	16.000	47	26
4	Batu Bata	105.400	15.000	160	4.446	24

Sumber: Data olahan peneliti (2025).

Barang dengan biaya penyimpanan per unit yang tinggi, seperti Hebel, menghasilkan nilai EOQ yang relatif kecil (16 m³ per pesanan) namun dengan frekuensi pemesanan yang cukup tinggi (39 kali per tahun), sedangkan Batu Bata dengan biaya penyimpanan per unit rendah dan permintaan tahunan tinggi menghasilkan EOQ terbesar (4.446 pcs). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah pemesanan optimal sangat dipengaruhi oleh karakteristik biaya dan permintaan masing-masing barang, sehingga kuantitas pemesanan perlu disesuaikan secara individual untuk setiap item.

3.5 Perhitungan Safety Stock dan Reorder Point

Safety Stock dihitung menggunakan rumus $SS = Z \times \sigma$, dengan tingkat pelayanan 95% ($Z = 1,65$) dan σ merupakan standar deviasi permintaan bulanan masing-masing barang selama periode Januari–Desember 2024. Reorder Point dihitung menggunakan rumus $ROP = (d \times L) + SS$, dengan d sebagai rata-rata permintaan harian (permintaan tahunan dibagi 314 hari kerja) dan L sebagai lead time pemasok selama 3 hari. Hasil perhitungan Safety Stock dan Reorder Point pada barang kategori A disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Safety Stock dan Reorder Point

No	Barang	EOQ (Unit/Pesan)	Safety Stock (Unit)	Reorder Point (Unit)
1	Semen	128 sak	56 sak	113 sak
2	Hebel	16 m ³	6 m ³	12 m ³
3	Besi 10	47 batang	9 batang	20 batang
4	Batu Bata	4.446 pcs	791 pcs	1.798 pcs
No	Barang	EOQ (Unit/Pesan)	Safety Stock (Unit)	Reorder Point (Unit)
1	Semen	128 sak	56 sak	113 sak

Sumber: Data olahan peneliti (2025).

Nilai Safety Stock dan Reorder Point tersebut menjadi acuan bagi toko dalam menetapkan persediaan pengaman minimum serta titik waktu yang tepat untuk melakukan pemesanan kembali, sehingga risiko kehabisan stok (stockout) maupun kelebihan persediaan dapat diminimalkan secara bersamaan.

3.6 Perbandingan Total Inventory Cost Sebelum dan Sesudah Penerapan EOQ

Sebelum menerapkan EOQ, toko menetapkan jumlah pemesanan berdasarkan estimasi kebutuhan bulanan (kuantitas pemesanan awal diasumsikan sama dengan rata-rata permintaan bulanan) tanpa mempertimbangkan keseimbangan biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Total Inventory Cost (TIC) dihitung menggunakan rumus $TIC = (D/Q) \times S + (Q/2) \times H$, baik pada kondisi awal (Q = kuantitas pemesanan aktual) maupun kondisi usulan (Q = EOQ). Hasil perbandingan TIC disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Total Inventory Cost Sebelum dan Sesudah Penerapan EOQ

No	Barang	TIC Kondisi Awal (Rp/Tahun)	TIC Metode EOQ (Rp/Tahun)	Penghematan (Rp/Tahun)	Efisiensi (%)
1	Semen	2.930.000	1.407.200	1.522.800	51,98
2	Hebel	2.000.000	1.145.000	855.000	42,75
3	Besi 10	980.000	758.979	221.021	22,55
4	Batu Bata	882.666	711.281	171.385	19,41
	Total	6.792.666	4.022.460	2.770.206	40,79

Sumber: Data diolah peneliti (2025).

Penerapan metode EOQ yang didukung penetapan Safety Stock dan Reorder Point terbukti menurunkan Total Inventory Cost dari Rp6.792.666 per tahun pada kondisi awal menjadi Rp4.022.460 per tahun, atau setara efisiensi biaya sebesar 40,79%. Semen dan Hebel merupakan dua barang dengan tingkat efisiensi tertinggi, masing-masing 51,98% dan 42,75%, sehingga menjadi prioritas utama untuk segera diterapkan sistem pengendalian berbasis EOQ, sedangkan Besi 10 dan Batu Bata tetap menunjukkan penghematan biaya meskipun dengan persentase yang lebih kecil, yaitu 22,55% dan 19,41%. Hasil ini sejalan dengan temuan penelitian terdahulu bahwa integrasi ABC dan EOQ secara konsisten mampu menurunkan total biaya persediaan sekaligus menekan risiko overstock pada usaha dagang dan ritel material [1][2][4].

4. KESIMPULAN

Sistem pengendalian persediaan pada Toko Material Bangunan Baru Jaya masih bersifat konvensional dan belum menggunakan metode kuantitatif, sehingga dari lebih dari 50 jenis material yang dikelola, terdapat 10 jenis barang yang mengalami overstock dengan total nilai kelebihan persediaan sebesar Rp78.532.000. Hasil klasifikasi Always Better Control (ABC) menghasilkan empat barang kategori A, yaitu Semen, Hebel, Besi 10, dan Batu Bata, dengan kontribusi 75,46% terhadap total nilai penggunaan tahunan, sehingga menjadi prioritas utama pengendalian persediaan.

Penerapan Economic Order Quantity (EOQ) menghasilkan jumlah pemesanan optimal masing-masing sebesar 128 sak (Semen), 16 m³ (Hebel), 47 batang (Besi 10), dan 4.446 pcs (Batu Bata), yang dilengkapi dengan penetapan Safety Stock dan Reorder Point sebagai batas aman persediaan dan acuan waktu pemesanan kembali. Implementasi kebijakan tersebut mampu menurunkan Total Inventory Cost dari Rp6.792.666 per tahun menjadi Rp4.022.460 per tahun, atau efisiensi biaya sebesar 40,79%. Dengan demikian, penerapan kombinasi Analisis ABC dan EOQ terbukti mampu membantu Toko Material Bangunan Baru Jaya mengidentifikasi prioritas persediaan, menentukan kebijakan pemesanan yang lebih ekonomis, dan meminimalkan overstock secara berkelanjutan. Toko disarankan untuk menerapkan kebijakan EOQ, Safety Stock, dan Reorder Point secara konsisten pada barang kategori A, meningkatkan sistem pencatatan persediaan, serta melakukan evaluasi berkala terhadap parameter perhitungan sesuai perubahan pola permintaan. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan periode observasi yang lebih panjang dan mempertimbangkan faktor tambahan seperti fluktuasi lead time dan permintaan musiman.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] S. Doni Nuryana, "Pengendalian Persediaan Sparepart Transmisi Bus dengan Analisis Always Better Control (ABC) dan Metode Economic Order Quantity (EOQ) di PT. Primajasa Perdanaraya Utama," Skripsi Sarjana, Sekolah Tinggi Teknologi Subang, 2025.
- [2] Marchello Pamolango, Albertus Daru Dewantoro, and L. M. C., "Optimalisasi Persediaan Material Packing dengan Analisis ABC, Metode Peramalan, dan Economic Order Quantity," Jurnal Teknik Industri, vol. 11, no. 1, 2026.
- [3] Y. Bu'ulolo, M. S. D. Mendrofa, J. B. I. J. Gea, and I. Harefa, "Pengendalian Persediaan Barang Dagang Menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ) Pada Toko Besi Sadarman di Kota Gunungsitoli," Jurnal Ekonomi Bisnis, Manajemen dan Akuntansi (JEBMA), vol. 4, no. 3, pp. 2163–2174, 2024, doi: 10.47709/jebma.v4i3.4774.
- [4] R. M. Sugengriadi, R. J. Pramudita, and W. S. Putra, "Analisis Persediaan Bahan Baku Kertas dengan Menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ), Reorder Point (ROP) dan Safety Stock (SS) di PT. Papertech Indonesia," Jurnal Infotex, vol. 4, no. 1, pp. 196–205, 2025.
- [5] A. Triagustin and A. F. I. Himawan, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ)," Jurnal Ekobistek, vol. 11, pp. 349–354, 2022, doi: 10.35134/ekobistek.v11i4.404.
- [6] N. C. Dertaniawan, "Analisis Pengendalian Persediaan Barang Dagang dengan Metode EOQ," Jurnal Ilmiah, vol. 3, no. 9, pp. 753–767, 2023.
- [7] S. M. C. Panjaitan and E. Aryanny, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Kain dengan Metode Analisis Always Better Control (ABC) dan Algoritma Wagner Within di PT. XYZ," Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management, vol. 15, no. 2, pp. 25–36, 2020, doi: 10.33005/tekmapro.v15i2.148.
- [8] D. N. Pratiwi and S. Saifudin, "Penerapan Metode Analisis ABC dalam Pengendalian Persediaan Bahan Baku," Solusi, vol. 19, no. 1, pp. 60–75, 2021.

- [9] D. Rukmayadi, A. Dulkarim, and M. Kholil, "Usulan Perancangan Tata Letak Penempatan Barang Jadi di Warehouse Menggunakan Metode ABC di PT Elken Global Indonesia," *ISTA Online Technology Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 13–27, 2022, doi: 10.62702/ion.v3i1.44.
- [10] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2021.
- [11] T. Wahyuni, "Penggunaan Analisis ABC untuk Pengendalian Persediaan Barang Habis Pakai," *Jurnal Vokasi Indonesia*, vol. 3, no. 2, 2021, doi: 10.7454/jvi.v3i2.30.
- [12] Amiruddin Alnas and M. Fakhriza, "Sistem Informasi Manajemen Persediaan Barang pada Toko Bangunan UD. Alnas Menggunakan Economic Order Quantity (EOQ)," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi*, vol. 7, no. 2, pp. 419–425, 2024, doi: 10.32493/jtsi.v7i2.38714.
- [13] F. Setiawan, "Perancangan Aplikasi Pengendalian Persediaan Barang dengan Metode Safety Stock dan Reorder Point (Studi Kasus: PT. Airlangga Jaya Mandiri)," *Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan*, vol. 2, no. 2, pp. 401–408, 2024.
- [14] R. B. Sulu and N. P. Waluyowati, "Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Economic Order Quantity," *Jurnal Kewirausahaan dan Inovasi*, vol. 2, no. 2, pp. 345–354, 2024, doi: 10.21776/jki.2023.02.2.05.
- [15] W. Marlina, V. D. A. Sarahita, and R. Febriyanti, "Analisis Persediaan dengan Economic Order Quantity di UMKM Kacang Atom di Tanah Datar, Sumatera Barat," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 7, no. 4, pp. 2193–2203, 2024, doi: 10.31004/jutin.v7i4.25104.

Usulan Strategi Pemasaran Menggunakan Metode *Strenght, Weaknesses, Opportunities, Threats* (SWOT) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Deni Ahmad Taufik¹, RM. Sugengriadi², Intan Siti Hapsah R.N.L³

¹²³Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: deniat68@gmail.com

Received 31 Agustus 2026 | *Revised* 09 September 2026 | *Accepted* 24 September 2026

ABSTRAK

Persaingan industri aksesoris fesyen menuntut UMKM untuk menerapkan strategi pemasaran yang adaptif. UMKM *Miraculous Beads* di Subang mengalami penurunan penjualan hingga 70% akibat keterbatasan jangkauan pemasaran dan tingginya persaingan pasar. Penelitian ini bertujuan merumuskan dan menentukan prioritas strategi pemasaran guna meningkatkan penjualan menggunakan analisis SWOT serta *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Evaluasi matriks *Internal Factor Evaluation* (IFE) menghasilkan skor 3,10 dengan kekuatan utama pada desain unik dan harga terjangkau. *External Factor Evaluation* (EFE) memperoleh skor 2,63 dengan peluang terbesar pada pemanfaatan *marketplace*. *Matriks Internal-External* menempatkan usaha ini pada Kuadran IV atau *Grow and Build*. Berdasarkan sintesis AHP, kriteria harga dan inovasi menjadi pertimbangan paling berpengaruh dengan bobot 0,28, diikuti kualitas serta promosi. Strategi prioritas utama yang direkomendasikan adalah pemanfaatan *marketplace* berbiaya rendah dengan bobot 0,39, diikuti penetapan harga kompetitif, optimalisasi promosi digital, dan penjualan di *marketplace* utama. Penerapan strategi prioritas ini diharapkan dapat memperluas jangkauan pasar dan meningkatkan omzet penjualan secara berkelanjutan.

Kata Kunci: AHP, Aksesoris Manik-manik, Strategi Pemasaran, SWOT, UMKM.

ABSTRACT

Competition in the fashion accessories industry compels MSMEs to adopt adaptive marketing strategies. Miraculous Beads, an MSME in Subang, experienced a sales decline of up to 70% due to limited marketing reach and intense market competition. This study aims to formulate and prioritize marketing strategies to boost sales using SWOT analysis and the Analytical Hierarchy Process (AHP). The Internal Factor Evaluation (IFE) matrix yielded a score of 3.10, with unique designs and affordable prices identified as key strengths. The External Factor Evaluation (EFE) resulted in a score of 2.63, highlighting the utilization of online marketplaces as the greatest opportunity. The Internal-External (IE) matrix positioned the business in Quadrant IV, or the "Grow and Build" phase. Based on the AHP synthesis, price and innovation emerged as the most influential criteria (each with a weight of 0.28), followed by quality and promotion. The primary recommended strategy is the use of low-cost online marketplaces (weight: 0.39), followed by competitive pricing, digital promotion optimization, and sales on major marketplaces. Implementing these prioritized strategies is expected to expand market reach and sustainably increase sales revenue.

Keywords: AHP, Beaded Accessories, Marketing Strategy, SWOT, UMKM.

1. PENDAHULUAN

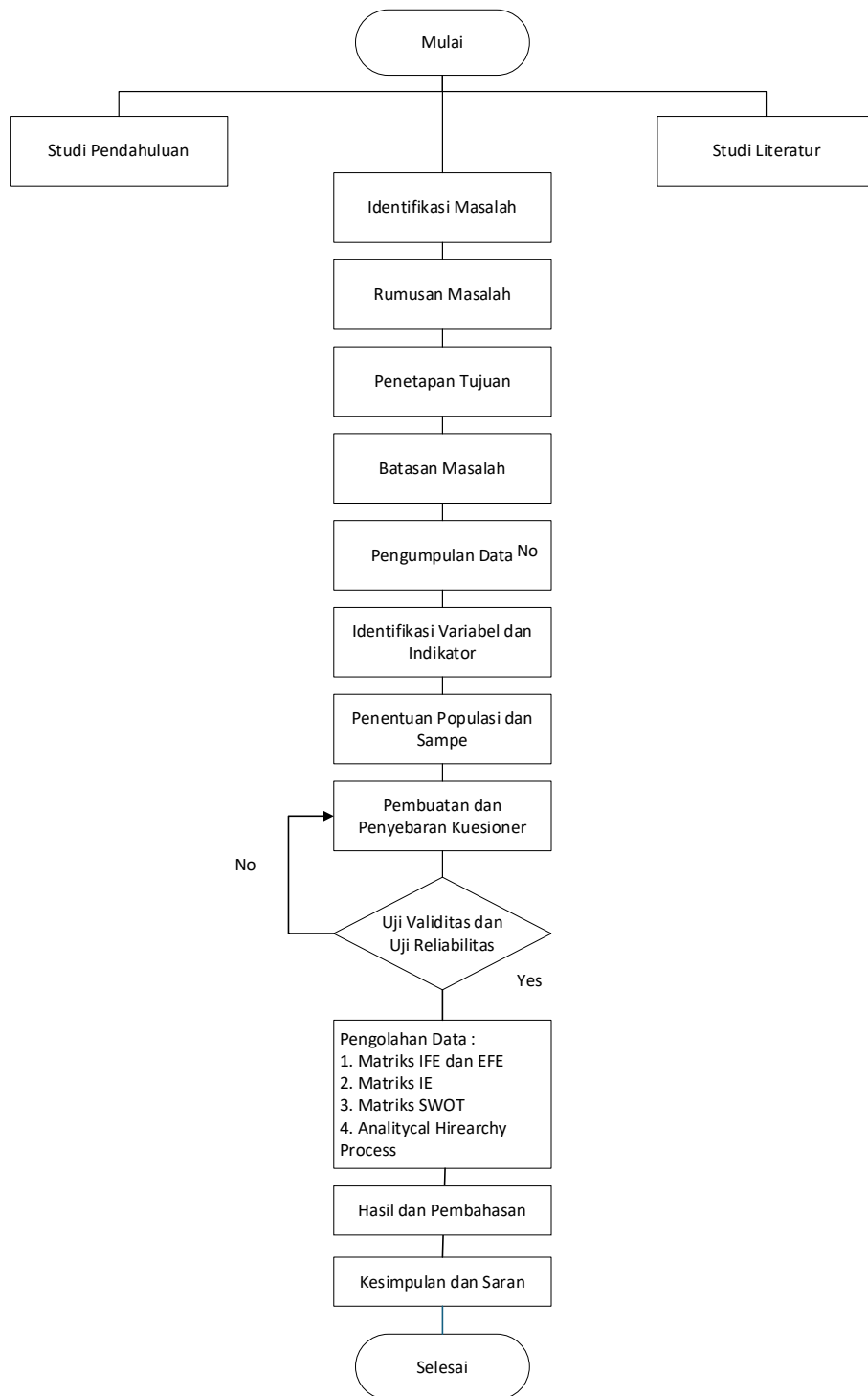
Menurut Rudjito Usaha Kecil dan Menengah merupakan entitas bisnis yang memberikan kontribusi signifikan terhadap penopang perekonomian nasional di Indonesia. Kehadiran sektor ini berperan strategis dalam mengeskalasi pendapatan devisa negara melalui kontribusi pajak badan usaha, sekaligus menstimulasi perluasan kesempatan kerja baru di masyarakat [1]. Menurut kriteria BPS, sebuah unit usaha dikategorikan sebagai usaha kecil apabila mempekerjakan tenaga kerja kurang dari 20 orang. Adapun entitas bisnis yang memiliki jumlah tenaga kerja 20 orang atau lebih (hingga batas tertentu) diklasifikasikan sebagai usaha menengah. Ditinjau dari perspektif finansial, keputusan menteri keuangan Nomor 316/KMK.016/1994 tanggal 27 Juni 1994 menetapkan bahwa usaha kecil merupakan perorangan atau badan usaha dengan nilai omset penjualan pertahun atau total aset (aktiva) paling banyak Rp. 600.000.000, di mana perhitungan tersebut mengecualikan nilai tanah dan bangunan yang ditempati. Sintesis dari berbagai landasan teori tersebut menunjukkan bahwa definisi UMKM dapat ditinjau melalui beragam indikator, meliputi akumulasi kekayaan bersih pelaku usaha, kuantitas penyerapan tenaga kerja, hingga nominal omset penjualan tahunannya [2]. Menurut *Kotler dan Armstrong*, strategi pemasaran berfungsi sebagai landasan logis bagi perusahaan dalam membangun nilai serta hubungan yang harmonis dengan konsume. Strategi ini berperan sangat penting dalam mengoptimalkan nilai merek dan efektifitas promosi, serta memperluas pangsa pasar produk secara signifikan. Guna mencapai efisiensi dalam komunikasi pemasaran, diterapkan bauran pemasaran yang mengintegrasikan delapan elemen utama, meliputi periklanan, promosi penjualan, acara dan pengalaman, hubungan masyarakat, pemasaran langsung, pemasaran interaktif, pemasaran dari mulut ke mulut (*word of mouth*), serta penjualan personal (*personal selling*) [3]. Analisis SWOT merupakan metode perencanaan strategis yang diaplikasikan untuk mengevaluasi empat elemen yaitu kekuatan (*strengths*), kelemahan (*weaknesses*), peluang (*opportunities*), dan ancaman (*threats*) dalam suatu program atau suatu spekulasi bisnis. Keempat komponen tersebut menjadi dasar pembentukan akronim SWOT. Implementasi proses ini menitikberatkan pada penetapan sasaran spesifik dari aktivitas bisnis atau proyek, serta mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang bersifat mendukung maupun menghambat pencapaian tujuan tersebut [4]. *Analitycal Hierarchy Process* (AHP) merupakan suatu metodologi yang digunakan untuk mengurai situasi kompleks dan tidak terstruktur ke dalam komponen-komponen penyusun yang tersusun secara hierarkis. Metode ini bekerja dengan mengintegrasikan penilaian subjektif mengenai tingkat kepentingan relatif dari setiap variabel, guna menentukan prioritas tertinggi yang memengaruhi hasil akhir dalam suatu kondisi tertentu. Pada prinsipnya, proses pengambilan keputusan berfokus pada pemilihan alternatif terbaik melalui tahapan penstrukturan masalah serta identifikasi berbagai alternatif solusi. Instrumen utama dari metode AHP ini adalah pemanfaatan hierarki fungsional yang menempatkan persepsi atau preferensi manusia sebagai input primernya. Melalui penyusunan bagan hierarki tersebut, persoalan yang rumit dapat didekonstruksikan ke dalam kelompok-kelompok variabel yang lebih sederhana dan sistematis [5].

2. METODE

2.1. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan sekumpulan instruksi atau tahapan-tahapan sistematis yang dilakukan peneliti dalam mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis sebuah data untuk mendapatkan solusi dari rumusan masalah.

Usulan Strategi Pemasaran Untuk Meningkatkan Penjualan Menggunakan Metode *Strenght, Weaknesses, Opportunities, Threats* (SWOT) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)



Gambar 1. Kerangka Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Usaha

Usaha mikro kecil dan menengah (UMKM) *Miraculous Beads* merupakan usaha kecil menengah yang bergerak di industri rumahan dalam bidang produksi aksesoris manik-manik dengan berbagai jenis variasi mulai dari gelang, kalung, gantungan kunci, gantungan tas, cincin, dan

juga menerima pesanan *custom* sesuai dengan *request customer*. Usaha ini didirikan pada tahun 2025 oleh Intan Siti Hapsah dan *partner*-nya Shifa Shofiah dengan tujuan membangun bisnis di dunia aksesoris manik-manik guna memberikan inovasi dalam penggunaan *fashion* dengan harga yang terjangkau, kualitas yang bagus dan desain yang menarik. Sampel merupakan bagian terdefinisi dari populasi yang diambil untuk mempresentasikan karakteristik populasi. Dalam penelitian ini, penentuan besaran sampel dihitung dengan mengaplikasikan rumus Slovin sebagai berikut [6].

3.2. Analisis Matriks IFE

Matriks *Internal Factor Evaluation* (IFE) berfungsi sebagai instrumen analisis terhadap berbagai variabel internal yang memengaruhi performa secara objektif [7]

Tabel 1. Analisis Matriks IFE

No	Faktor Internal	Tingkat Signifikansi	Bobot	Peringkat	Bobot Skor
Kekuatan					
1	Kualitas produk baik	2	0,10	3	0,30
2	Desain produk terlihat menarik dan unik	3	0,15	4	0,60
3	Harga produk terjangkau bagi konsumen	3	0,15	4	0,60
4	Pelayanan kepada pelanggan sudah baik	3	0,15	4	0,60
5	Promosi yang dilakukan sudah efektif	2	0,10	3	0,30
Total Kekuatan		13	0,65	18	2,40
Kelemahan					
1	Produksi produk masih terbatas	2	0,10	2	0,20
2	Modal usaha masih terbatas	2	0,10	2	0,20
3	Jangkauan pemasaran masih sempit	3	0,15	2	0,30
Total Kelemahan		7	0,35	6	0,70
Total IFE Score		20	1,00	24	3,10

3.3. Analisis Matriks EFE

Matriks *External Factor Evaluation* diaplikasikan guna mengevaluasi berbagai variabel lingkungan makro yang berpotensi memengaruhi kinerja perusahaan [7].

Tabel 2. Analisis Matriks EFE

No	Faktor Eksternal	Tingkat Signifikansi	Bobot	Peringkat	Bobot Skor
Peluang					
1	Minat masyarakat terhadap aksesoris semakin meningkat	2	0,11	3	0,32
2	Media sosial membantu pemasaran produk	2	0,11	3	0,32
3	Marketplace membuka peluang penjualan	3	0,16	4	0,63
4	Trend aksesoris handmade sedang berkembang	2	0,11	3	0,32
Total Peluang		9	0,47	13	1,58
Ancaman					
1	Banyak pesaing dengan produk serupa	3	0,16	2	0,32
2	Persaingan harga cukup tinggi	2	0,11	2	0,21
3	Trend produk sering berubah	2	0,11	2	0,21
4	Produk tiruan dari pesaing mudah ditemukan	3	0,16	2	0,32
Total Ancaman		10	0,53	8	1,05
Total EFE Score		19	1,00	21	2,63

3.4. Analisis Matriks IE

Matriks *Internal-Eksternal* (IE) merupakan bentuk integrasi dari hasil analisis faktor lingkungan internal dan eksternal perusahaan [7].

Tabel 3. Analisis Matriks IE

Skor EFE = 2,63				
Skor IFE = 3,10		Kuat (3,0 - 4,0)	Sedang (2,0 - 2,99)	Lemah (1,0 - 1,99)
	Kuat (3,0 - 4,0)	I	II	III
	Sedang (2,0 - 2,99)	IV	V	VI
	Lemah (1,0 - 1,99)	VII	VIII	IX

3.5. Analisis Matriks SWOT

Matriks SWOT merupakan instrumen pencocokan (*matching tool*) krusial yang berfungsi untuk merumuskan empat varian strategi alternatif, yaitu strategi kekuatan-peluang (*strengths-opportunities*/SO), kelemahan-peluang (*weaknesses-opportunities*/WO), kekuatan-ancaman (*strengths-threats*/ST), dan strategi kelemahan-ancaman (*weaknesses-threats*/WT) [7]

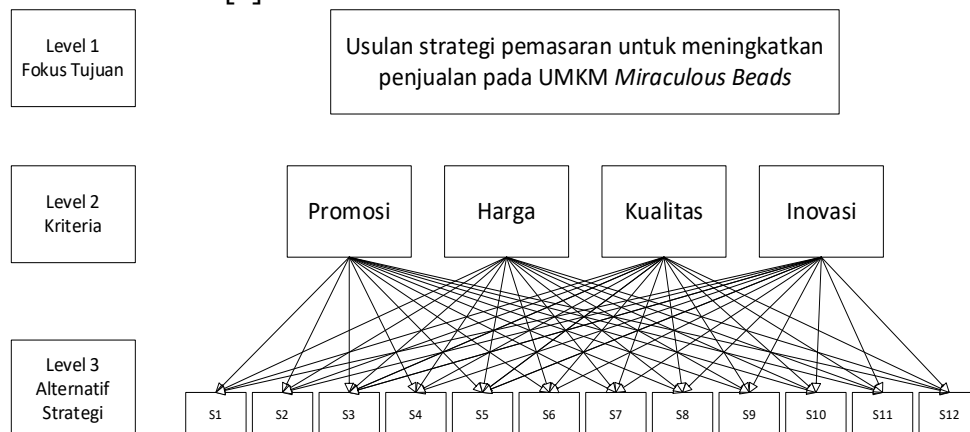
Tabel 4. Analisis Matriks SWOT

Faktor Internal	STRENGTHS (S)	WEAKNESSES (W)
Faktor Eksternal	1. Kualitas produk baik 2. Desain produk terlihat menarik dan unik 3. Harga produk terjangkau bagi konsumen 4. Pelayanan kepada pelanggan sudah baik 5. Promosi yang dilakukan sudah efektif	1. Produksi produk masih terbatas 2. Modal usaha masih terbatas 3. Jangkauan pemasaran masih sempit
OPPORTUNITIES (O)	STRATEGI (S-O)	STRATEGI (W-O)
1. Minat masyarakat terhadap aksesoris semakin meningkat 2. Media sosial membantu pemasaran produk 3. <i>Marketplace</i> membuka peluang penjualan 4. <i>Trend</i> aksesoris <i>handmade</i> sedang berkembang	1. Memasarkan produk melalui media sosial seperti, instagram, whatsapp dan tiktok. 2. Menghadirkan lebih banyak desain produk yang unik dan menarik ditengah. perkembangan <i>trend</i> aksesoris <i>handmade</i> . 3. Menjaga kepercayaan kualitas dan pelayanan yang baik ditengah minat masyarakat terhadap aksesoris yang semakin meningkat.	1. Menjual melalui shoppe, toko pedia dan marketplace lainnya untuk menjangkau pelanggan lebih luas. 2. Memanfaatkan marketplace dengan biaya rendah. 3. Mengoptimalkan promosi digital melalui media sosial dan <i>marketplace</i> untuk memperluas jangkauan pasar.
THREATS (T)	STRATEGI (S-T)	STRATEGI (W-T)

Faktor Internal	STRENGTHS (S)	WEAKNESSES (W)
	1. Kualitas produk baik 2. Desain produk terlihat menarik dan unik 3. Harga produk terjangkau bagi konsumen 4. Pelayanan kepada pelanggan sudah baik 5. Promosi yang dilakukan sudah efektif	1. Produksi produk masih terbatas 2. Modal usaha masih terbatas 3. Jangkauan pemasaran masih sempit
Faktor Eksternal	1. Banyak pesaing dengan produk serupa 2. Persaingan harga cukup tinggi 3. Trend produk sering berubah 4. Produk tiruan dari pesaing mudah ditemukan	1. Mempertahankan kualitas produk agar mampu bersaing. 2. Membuat inovasi dan value produk agar berbeda dari pesaing. 3. Menentukan harga yang kompetitif.
		1. Mengelola biaya produksi secara efisiensi. 2. Membuat strategi promosi yang lebih efektif. 3. Meningkatkan kapasitas produksi secara bertahap agar mampu memenuhi permintaan produksi.

3.6. Menyusun Hierarki

Penyusunan kerangka hierarki masalah diorientasikan untuk menyederhanakan fenomena yang rumit, dengan cara mengintegrasikan keseluruhan variabel keputusan yang berada di dalam sistem pemecahan masalah [8].



Gambar 2. Struktur Hierarki

3.7. Menyusun Prioritas dari Variabel Kriteria (Level 1)

1. Menyusun prioritas dari variabel kriteria dengan menggunakan matriks perbandingan berpasangan. Berdasarkan data hasil penilaian pemilik UMKM, kemudian hasilnya dirata-rata menggunakan rata-rata geometrik mean.

$$G = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \dots x_n} \quad (1)$$

$$G = \sqrt[1]{2}$$

$$G = 1,41$$

Tabel 5. Geometri Mean Matriks perbandingan Berpasangan

Kriteria	Promosi	Harga	Kualitas	Inovasi
Promosi	1,00	0,71	1,00	0,71
Harga	1,41	1,00	1,41	1,00
Kualitas	1,00	1,41	1,00	0,71
Inovasi	1,41	1,00	1,41	1,00
Total	4,82	4,12	4,82	3,42

2. Menormalisasikan matriks perbandingan

Tabel 6. Perhitungan Normalisasi Matriks Perbandingan

Kriteria	Promosi	Harga	Kualitas	Inovasi	Total
Promosi	0,21	0,17	0,21	0,21	0,79
Harga	0,29	0,24	0,29	0,29	1,12
Kualitas	0,21	0,34	0,21	0,21	0,96
Inovasi	0,29	0,24	0,29	0,29	1,12
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00

3. Menghitung Eigen vector.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Eigen Vector

Kriteria	Eigen Vector	Prioritas
Promosi	0,20	III
Harga	0,28	I
Kualitas	0,24	II
Inovasi	0,28	I

3.8. Menyusun Kriteria dari Variabel Alternatif (Level 2)

3.8.1. Kriteria Promosi

1. Menyusun prioritas dari variabel alternatif terhadap kriteria promosi dengan menggunakan matriks perbandingan berpasangan.

Tabel 8. Geometri Mean Matriks Perbandingan Berpasangan

Strategi	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
S1	1,00	0,71	0,71	0,58	0,58	0,58	0,71	0,71	0,58	0,71	1,00	0,71
S2	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00
S3	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00
S4	1,73	1,23	1,23	1,00	1,00	1,00	1,23	1,23	1,00	1,23	1,73	1,23
S5	1,73	1,23	1,23	1,00	1,00	1,00	1,23	1,23	1,00	1,23	1,73	1,23
S6	1,73	1,23	1,23	1,00	1,00	1,00	1,23	1,23	1,00	1,23	1,73	1,23
S7	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00
S8	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00
S9	1,73	1,23	1,23	1,00	1,00	1,00	1,23	1,23	1,00	1,23	1,73	1,23
S10	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00

Strategi	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
S11	1,00	0,71	0,71	0,58	0,58	0,58	0,71	0,71	0,58	0,71	1,00	0,71
S12	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00
Total	17,38	12,33	12,33	10,05	10,05	10,05	12,33	12,33	10,05	12,33	17,38	12,33

2. Menormalisasikan matriks perbandingan

Tabel 9. Perhitungan Normalisasi Matriks Perbandingan

Strategi	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	Total
S1	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,69
S2	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,97
S3	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,97
S4	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,19
S5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,19
S6	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,19
S7	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,97
S8	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,97
S9	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,19
S10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,97
S11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,69
S12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,97
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	12,00

3. Menghitung eigen vector.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Eigen Vector

Strategi	Eigen Vector	Prioritas
S1	0,06	III
S2	0,08	II
S3	0,08	II
S4	0,10	I
S5	0,10	I
S6	0,10	I
S7	0,08	II
S8	0,08	II
S9	0,10	I
S10	0,08	II
S11	0,06	III
S12	0,08	II

Lakukan perhitungan tersebut kepada tiga kriteria lainnya dengan metode dan urutan yang sama.

3.9. Uji Konsistensi

Perhitungan uji konsistensi pada kriteria promosi, dan dilakukan pada kriteria lainnya.

1. Mencari *Vector A* dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Vector A} = \text{Matriks Awal} \times \text{Eigen Vector} \quad (2)$$

Usulan Strategi Pemasaran Untuk Meningkatkan Penjualan Menggunakan Metode *Strenght, Weaknesses, Opportunities, Threats* (SWOT) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

$$\begin{aligned} \text{Vector A} &= 1(0,06) + 0,71(0,08) + 0,71(0,08) + 0,58(0,10) + 0,58(0,10) + 0,58(0,10) \\ &+ 0,71(0,08) + 0,71(0,08) + 0,58(0,10) + 0,71(0,08) + 1(0,06) \\ &+ 0,71(0,08) = 0,69 \end{aligned}$$

Tabel 11. Hasil Perhitungan Vector A

Strategi	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	x	Eigen Vector	Vector A
S1	1,00	0,71	0,71	0,58	0,58	0,58	0,71	0,71	0,58	0,71	1,00	0,71		0,06	0,69
S2	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00		0,08	0,97
S3	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00		0,08	0,97
S4	1,73	1,23	1,23	1,00	1,00	1,00	1,23	1,23	1,00	1,23	1,73	1,23		0,10	1,19
S5	1,73	1,23	1,23	1,00	1,00	1,00	1,23	1,23	1,00	1,23	1,73	1,23		0,10	1,19
S6	1,73	1,23	1,23	1,00	1,00	1,00	1,23	1,23	1,00	1,23	1,73	1,23		0,10	1,19
S7	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00		0,08	0,97
S8	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00		0,08	0,97
S9	1,73	1,23	1,23	1,00	1,00	1,00	1,23	1,23	1,00	1,23	1,73	1,23		0,10	1,19
S10	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00		0,08	0,97
S11	1,00	0,71	0,71	0,58	0,58	0,58	0,71	0,71	0,58	0,71	1,00	0,71		0,06	0,69
S12	1,41	1,00	1,00	0,82	0,82	0,82	1,00	1,00	0,82	1,00	1,41	1,00		0,08	0,97

2. Mencari *Vector B* dengan menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Vector B} &= \frac{\text{Vector A}}{\text{Eigen Vector}} \\ &= \frac{0,25}{0,04} = 5,89 \end{aligned} \quad (3)$$

Tabel 12. Hasil Perhitungan Vector B

Vector A		Eigen Vector	Vector B
0,69	/	0,06	12,00
0,97		0,08	12,00
0,97		0,08	12,00
1,19		0,10	12,00
1,19		0,10	12,00
1,19		0,10	12,00
0,97		0,08	12,00
0,97		0,08	12,00
1,19		0,10	12,00
0,97		0,08	12,00
0,69		0,06	12,00
0,97		0,08	12,00

3. Mencari nilai maksimum *eigen value* (λ maks)

$$\lambda_{maks} = \frac{12,00 + 12,00 + 12,00 + 12,00 + 12,00 + 12,00 + 12,00 + 12,00 + 12,00 + 12,00 + 12,00 + 12,00}{12} = 12,00$$

4. Menghitung nilai *Consistensy Index* (CI)

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n-1} \quad (4)$$

$$= \frac{12,00 - 12}{11} = 0,00$$

5. Mencari *Consistency Ratio* (CR)

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (5)$$

$$= \frac{0,00}{1,48} = 0,00$$

Tabel 13. Tabel Consistency Ratio

n	1,2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0,00	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

3.10. Memilih Strategi

penentuan bobot alternatif secara menyeluruh diimplementasikan melalui proses sintesis sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Prosedur ini diinisiasi dengan mengukur prioritas lokal (*local priority*), yang kemudian diintegrasikan untuk menghasilkan estimasi prioritas global (*global priority*).

Tabel 3. 14 Prioritas Keseluruhan (Global Priority)

No	Kriteria	Local Priority Kriteria	Alternatif	Local Priority Alternatif	Prioritas Keseluruhan
1	Promosi	0,2	S1	0,06	0,01
			S2	0,08	0,02
			S3	0,08	0,02
			S4	0,10	0,02
			S5	0,10	0,02
			S6	0,10	0,02
			S7	0,08	0,02
			S8	0,08	0,02
			S9	0,10	0,02
			S10	0,08	0,02
			S11	0,06	0,01
			S12	0,08	0,02
2	Harga	0,28	S1	0,06	0,02
			S2	0,08	0,02
			S3	0,08	0,02
			S4	0,08	0,02
			S5	0,10	0,03
			S6	0,08	0,02
			S7	0,08	0,02
			S8	0,08	0,02

Usulan Strategi Pemasaran Untuk Meningkatkan Penjualan Menggunakan Metode *Strenght, Weaknesses, Opportunities, Threats* (SWOT) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

No	Kriteria	Local Priority Kriteria	Alternatif	Local Priority Alternatif	Prioritas Keseluruhan
			S9	0,10	0,03
			S10	0,10	0,03
			S11	0,08	0,02
			S12	0,08	0,02
3	Kualitas	0,24	S1	0,06	0,02
			S2	0,08	0,02
			S3	0,10	0,03
			S4	0,10	0,03
			S5	0,10	0,03
			S6	0,10	0,03
			S7	0,10	0,03
			S8	0,08	0,02
			S9	0,08	0,02
			S10	0,08	0,02
			S11	0,08	0,02
			S12	0,08	0,02
4	Inovasi	0,28	S1	0,05	0,02
			S2	0,09	0,03
			S3	0,08	0,02
			S4	0,09	0,03
			S5	0,09	0,03
			S6	0,09	0,03
			S7	0,08	0,02
			S8	0,09	0,03
			S9	0,09	0,03
			S10	0,08	0,02
			S11	0,08	0,02
			S12	0,08	0,02

Tabel 15. Bobot Alternatif Berdasarkan Kriteria

Alternatif	Promosi	Harga	Kualitas	Inovasi	Bobot
S1	0,06	0,06	0,06	0,05	0,22
S2	0,08	0,08	0,08	0,09	0,33
S3	0,08	0,08	0,10	0,08	0,33
S4	0,10	0,08	0,10	0,09	0,37
S5	0,10	0,10	0,10	0,09	0,39

Alternatif	Promosi	Harga	Kualitas	Inovasi	Bobot
S6	0,10	0,08	0,10	0,09	0,37
S7	0,08	0,08	0,10	0,08	0,33
S8	0,08	0,08	0,08	0,09	0,33
S9	0,10	0,10	0,08	0,09	0,37
S10	0,08	0,10	0,08	0,08	0,33
S11	0,06	0,08	0,08	0,08	0,29
S12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,32

Tabel 16. Peringkat Strategi

Alternatif	Bobot	Peringkat
S5	0,39	I
S9	0,37	II
S6	0,37	II
S4	0,37	II
S10	0,33	III
S7	0,33	III
S3	0,33	III
S8	0,33	III
S2	0,33	III
S12	0,32	IV
S11	0,29	V
S1	0,22	VI

Berdasarkan hasil bobot alternatif, strategi 5 harus dipilih sebagai strategi yang pertama dilakukan, karena memanfaatkan *marketplace* dengan biaya yang rendah merupakan strategi yang pas untuk posisi UMKM *Miraculous Beads* berdasarkan hasil analisis *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Kelima strategi lainnya dapat digunakan menjadi strategi pendukung untuk memaksimalkan penjualan pada UMKM *Miraculous Beads*. Hasil dari penentuan prioritas pemilihan strategi ini dapat digunakan sebagai penentu strategi mana yang harus diutamakan dalam penerapan agar penjualan pada UMKM *Miraculous Beads* semakin meningkat. Dengan Menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) kita dapat mengetahui tingkat prioritas dari beberapa strategi yang dihasilkan oleh analisis SWOT.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil integrasi analisis SWOT dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisis faktor internal (matriks IFE)

Faktor internal yang sangat memberikan kontribusi paling dominan terhadap keberlangsungan UMKM *Miraculous Beads* pada aspek kekuatan (*strenght*) dicatatkan oleh keunggulan desain produk yang unik dan estetik, penetapan harga yang terjangkau bagi konsumen, serta kualitas pelayanan pelanggan yang optimal dengan akumulasi bobot sebesar 0,60. Sementara itu, indikator kelemahan (*weaknesses*) utama yang menjadi hambatan terbesar bisnis ini ditujukan oleh keterbatasan jangkauan pemasaran dengan perolehan bobot tertinggi senilai 0,30.

a. Analisis faktor eksternal (matriks EFE)

Faktor lingkungan luar yang memberikan peluang (*opportunities*) paling potensial bagi UMKM *Miraculous Beads* adalah pemanfaatan platform *marketplace* untuk

memperluas penetrasi pejumlahan dengan nilai bobot terbesar mencapai 0,63. Adapun faktor ancaman (*threats*) pada UMKM *Miraculous Beads* ini dipengaruhi oleh banyaknya pesaing dengan produk serupa dan produk tiruan dari pesaing mudah ditemukan dengan bobot terbesar senilai 0,32.

c. Analisis matriks IE

Hasil skor matriks IFE diperoleh nilai sebesar 3,10 dan matriks EFE sebesar 2,63 berada pada kuadran IV yang menunjukkan bahwa kondisi UMKM *Miraculous Beads* berada pada posisi *grow and build*, posisi ini menunjukkan bahwa UMKM *Miraculous Beads* memiliki potensi pertumbuhan yang baik.

d. Analisis matriks SWOT

Diperoleh berdasarkan matriks IFE, EFE, dan IE yang kemudian dilakukan pencocokan antara strategi SO, WO, ST, dan WT menghasilkan 12 strategi pemasaran yang kemudian akan dilakukan alternatif pemilihan strategi pemasaran menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

2. Hasil dari 12 alternatif strategi pemasaran yang diformulasikan melalui analisis SWOT, proses seleksi strategi prioritas menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) menetapkan Strategi 5 (pemanfaatan platform *marketplace* secara efisien/ biaya rendah) sebagai opsi unggulan. Strategi ini menempati peringkat pertama (rangking 1) dengan perolehan nilai bobot terbesar yaitu, 0,39. Bukti nyata dari usulan strategi tersebut yang harus dilakukan oleh pemilik UMKM adalah membuat akun *marketplace* di sebuah *platform* seperti *Shopee, Lazada, Tiktok Shop, Toko Pedia* untuk menjual produk UMKM *Miraculous Beads* dengan harga yang kompetitif didukung oleh kualitas dan desain yang unik menjadikan jangkauan penjualan nya lebih meluas dan pelanggan yang beragam. Dibantu dengan promosi *marketing* di media sosial seperti membuat konten kreatif yang menarik perhatian pelanggan untuk membeli produk pada UMKM *Miraculous Beads*.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] M. R. Ihsan, "Nasib Para Pengusaha Mikro, Kecil, Dan Menengah(Umkm) Selama Covid-19," *J. Digit. Commun. Des.*, vol. 1, pp. 86–93, 2022.
- [2] M. N. Ilmi and F. Metandi, "Perancangan Sistem Informasi Produksi Dan Penjualan Pada Umkm Bakpia (Studi Kasus Aa Bakery)," *Just TI (Jurnal Sains Terap. Teknol. Informasi)*, vol. 12, no. 1, p. 17, 2020, doi: 10.46964/justti.v12i1.180.
- [3] A. Arwin, J. T. Ibrahim, and B. Y. Ariadi, "PROCURATIO : Jurnal Manajemen & Bisnis PROCURATIO : Jurnal Manajemen & Bisnis," *Procur. J. Manaj. Bisnis*, vol. 01, no. 2, pp. 45–55, 2023.
- [4] T. H. Suryatman, M. E. Kosim, and E. G. S, "Perencanaan Strategi Pemasaran Dengan Analisis Swot Dalam Upaya Meningkatkan Penjualan Sepatu Adidas Di PT. Panarub Industry Marketing Strategy Planning With Analysis Swot In Effort To Increase Sales Of Adidas Shoe At PT. Panarub Industry," *J. Ind. Manuf.*, vol. 6, no. 1, pp. 43–56, 2021.
- [5] M. A. P. Prawira and R. Amin, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Karyawan Terbaik Pada PT. Citra Prima Batara Dengan Metode AHP," *J. Tek. Komput. AMIK BSI*, vol. 8, no. 2, pp. 174–180, 2022, doi: 10.31294/jtk.v4i2.
- [6] F. F. Ismail and D. Sudarmadi, "Pengaruh Sistem Informasi Akuntansi Dan Pengendalian Internal Terhadap Kinerja Karyawanpt. Beton Elemen Persada," *J. Akuntansi, Audit dan Sist. Inf. Akunt.*, vol. Vol.3 No.1, no. 1, pp. 1–13, 2019.

- [7] N. Fadhilah, D. S. Utomo, and S. Gunawan, "Analisis Strategi Pemasaran Pada Momoo Milk Fresh dengan Menggunakan Metode SWOT dan Analytical Hierarchy Process (AHP)," 2026.
- [8] R. M. Sugengriadi, D. A. Taufik, and A. J. Yunus, "Pemilihan Supplier Pada Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) Keripik Singkong Imunk Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)," *J. Infotex*, vol. 3, no. 2, pp. 150–162, 2025.
- [9] Fauzan, R., Astry, J, "Strategi Pemasaran Untuk Meningkatkan Volume Penjualan Dengan Menggunakan Blue Ocean Strategy Model Pada Usaha Sanjai Nitta Bukittinggi". 1-12, 2020.
- [10] Nandy, "Strategi pemasaran: pengertian, fungsi, tujuan, dan contohnya. [online] Gramedia Blog. Tersedia pada: [Diakses 6 November 2023].Djaslim S. Intisari Pemasaran dan Unsurunsur Pemasaran. Bandung: Linda Karya; 2003.
- [11] Allen, A. (2023). "Understanding the 7Ps of the marketing mix". [online] Oxford College of Marketing Blog. Tersedia pada: [Diakses 6 November 2023].
- [12] Assylla, S., & Nugraha. (2022). "Perancangan Strategi Pemasaran dengan Pendekatan Analisis SWOT dan Metode TOPSIS". *Jurnal Riset Teknik Industri*, 129–140. <https://doi.org/10.29313/jrti.v2i2.1283>
- [13] Muhammad Fadhil Ramadhan, & Asep Nana Rukmana. (2023). "Perancangan Strategi Pengembangan Usaha Menggunakan Analisis SWOT (Strength, Weakness, Opportunity, Threats) dan BMC (Business Model Canvas) pada Nos Jeans". *Jurnal Riset Teknik Industri*, 51–58. <https://doi.org/10.29313/jrti.v3i1.1972>
- [14] Pranata, Y. A., & Amaranti, R. (2021). "Rancangan Strategi Pemasaran Media Sosial Menggunakan Model SOSTAC". *Jurnal Riset Teknik Industri*, 1(2), 110–120. <https://doi.org/10.29313/jrti.v1i2.397>
- [15] Hadi A. A. & Hussein A. S. (2023). "Analisis Swot-Ahp Dalam Menentukan Strategi Pemasaran Untuk Meningkatkan Volume Penjualan". *Jurnal Kewirausahaan dan Inovasi*. Volume 02, Number 4, Pages 960-981. Universitas Brawijaya. DOI: <http://dx.doi.org/10.21776/jki.2023.02.4.03>.

Analisis Penerapan Blue Ocean Strategy dan SWOT sebagai Upaya Keluar dari Persaingan Pasar dan Meningkatkan Pertumbuhan Penjualan

R.M. Sugengriadi¹, Muhamad Mirfak Arfan², Faishal Zaky Hermawan³

¹²³Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: sugeng.riadi@stttxmaco.ac.id

Received 01 September 2026 | *Revised* 16 September 2026 | *Accepted* 24 September 2026

ABSTRAK

Toko Material Baru Jaya menghadapi tantangan persaingan bisnis yang ketat serta tingkat penjualan yang mengalami stagnasi. Penelitian ini bertujuan merancang strategi bisnis guna keluar dari pasar konvensional menggunakan Analisis SWOT dan Blue Ocean Strategy. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, serta kuesioner kepada 48 responden pelanggan, kemudian dianalisis menggunakan matriks IFAS-EFAS dan Kerangka Kerja Empat Langkah. Hasil analisis menunjukkan posisi perusahaan berada pada kuadran II (-0,26; +1,16), sehingga direkomendasikan penerapan strategi turn-around (WO). Langkah ini dilakukan dengan menghapuskan bonus, mengurangi perang harga, meningkatkan kualitas pelayanan, variasi produk, presentasi toko, serta menciptakan inovasi paket bundling. Implementasi selama satu bulan menunjukkan peningkatan total penjualan sebesar 43% dari Rp58.301.900 menjadi Rp83.332.500, dengan jumlah konsumen naik menjadi 44 orang, serta paket bundling menyumbang 20% total penjualan. Kombinasi metode ini terbukti sangat efektif membantu toko keluar dari persaingan, memperluas pasar, dan meningkatkan pertumbuhan penjualan secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Blue Ocean Strategy, Analisis SWOT, Strategi Bersaing, Kerangka Kerja Empat Langkah, Pertumbuhan Penjualan.

ABSTRACT

Toko Material Baru Jaya faces the challenges of intense business competition and stagnant sales. This study aims to design a business strategy to break away from the conventional market using SWOT Analysis and Blue Ocean Strategy. Data were collected through observation, interviews, and questionnaires administered to 48 customers, then analyzed using the IFAS-EFAS matrix and the Four-Action Framework. The analysis placed the company in Quadrant II (-0.26; +1.16), leading to a recommendation for a turnaround (WO) strategy. This strategy involved eliminating bonuses, mitigating price wars, and enhancing service quality, product variety, and store presentation, alongside the introduction of innovative bundling packages. One month of implementation resulted in a 43% increase in total sales—rising from IDR 58,301,900 to IDR 83,332,500—and a rise in the customer count to 44, with bundling packages contributing 20% of total sales. This combination of methods proved highly effective in helping the store escape intense competition, expand its market, and achieve sustainable sales growth.

Keywords: Blue Ocean Strategy, SWOT Analysis, Competitive Strategy, Four Actions Framework, Sales Growth.

1. PENDAHULUAN

Sektor ritel bahan bangunan merupakan salah satu industri yang sangat kompetitif. Menjamurnya toko material dari skala besar hingga kecil membuat persaingan harga dan layanan semakin ketat, sehingga pelaku usaha dituntut untuk terus berinovasi agar mampu menjaga kepuasan pelanggan [1]. Toko Material Baru Jaya, sebagai salah satu pemain lokal yang telah beroperasi hampir 10 tahun tanpa pesaing berarti di sekitar wilayahnya, kini menghadapi tekanan persaingan setelah munculnya toko material baru yang berlokasi tidak jauh dari lokasi usaha. Kondisi ini berdampak pada pertumbuhan penjualan yang cenderung stagnan. Dengan model bisnis yang masih konvensional, Baru Jaya sering kali terjebak dalam kondisi red ocean, yaitu kondisi di mana persaingan didasarkan pada harga sehingga margin keuntungan menipis dan pasar menjadi semakin jenuh.

Tabel 1. Selisih Harga Produk Toko Material Baru Jaya dan Kompetitor

Produk	Toko Material Baru Jaya	Toko Material Bangunan XYZ
Skrup	Rp45.000	Rp40.000
Paralon 1/2 inch	Rp18.000	Rp15.000
Kran air	Rp35.000	Rp32.000
Baja ringan	Rp75.000	Rp70.000
Lampu LED	Rp32.000	Rp30.000

Di pasar yang kompetitif, perusahaan mengadopsi berbagai strategi untuk mempertahankan dan memperluas posisi pasarnya. Perang harga yang ditandai dengan pengurangan harga secara agresif kerap memberikan pertumbuhan penjualan jangka pendek, tetapi merusak profitabilitas jangka panjang dan ekuitas merek. Konsep Blue Ocean Strategy yang diperkenalkan oleh Kim dan Mauborgne menawarkan pendekatan alternatif berupa penciptaan ruang pasar baru yang belum tersentuh pesaing, sehingga perusahaan dapat bertumbuh tanpa harus terlibat dalam perang harga yang merusak profitabilitas jangka panjang [2]. Fenomena tekanan persaingan yang dialami Toko Material Baru Jaya bukan kasus yang berdiri sendiri. Penelitian pada UMKM Rehti's Batik di Jember menemukan bahwa usaha kecil yang tidak mampu menciptakan keunikan nilai bagi pelanggan mengalami stagnasi pertumbuhan penjualan secara berkepanjangan [3]. Kondisi serupa ditemukan pada Malkita Mall Jakarta, di mana persaingan pasar menyebabkan penurunan tingkat hunian dan pendapatan sebelum strategi baru diterapkan [4]. Keberhasilan kombinasi SWOT dan Blue Ocean Strategy juga telah dibuktikan pada perumusan strategi samudra biru bagi PT XYZ, yang menghasilkan terobosan layanan yang menempatkan perusahaan pada posisi berbeda dari pesaingnya [5], pada Warkop Bella yang berhasil merumuskan strategi Blue Ocean setelah mengalami penurunan penjualan selama empat bulan berturut-turut [6], serta pada Toko Bangunan Selat Jaya yang merupakan objek dengan karakteristik usaha yang relevan dengan penelitian ini [7]. Pendekatan Analisis SWOT berbasis matriks IFAS dan EFAS yang serupa juga telah terbukti efektif digunakan pada studi kelayakan bisnis UMKM lain untuk merumuskan strategi pengembangan usaha [8]. Berdasarkan bukti-bukti empiris tersebut, kombinasi Analisis SWOT dan Blue Ocean Strategy dinilai sebagai pendekatan yang relevan dan tepat sasaran untuk diterapkan pada Toko Material Baru Jaya dalam menghadapi ancaman persaingan yang semakin nyata sekaligus meningkatkan pertumbuhan penjualan secara berkelanjutan.

Secara konseptual, Mintzberg mengemukakan bahwa strategi dapat dipahami melalui lima perspektif (5P), yaitu plan (rencana), ploy (taktik), pattern (pola), position (posisi), dan perspective (perspektif) [9]. Strategi sendiri dapat dipandang sebagai program yang mencari

cara untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan sebelumnya [10]. Adapun proses manajemen strategi mencakup tiga tahap utama, yaitu perumusan strategi, implementasi strategi, dan evaluasi strategi [11]. Penelitian ini berada pada tahap perumusan strategi melalui Analisis SWOT dan Blue Ocean Strategy, yang selanjutnya diimplementasikan dan dievaluasi dampaknya terhadap kinerja penjualan Toko Material Baru Jaya. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui kekuatan dan kelemahan yang dimiliki Toko Material Baru Jaya melalui Analisis SWOT, (2) merumuskan solusi strategi bisnis yang tepat agar toko mampu keluar dari persaingan pasar dan meningkatkan pertumbuhan penjualan, serta (3) merancang penerapan rencana Blue Ocean Strategy dan mengevaluasi dampaknya terhadap kinerja penjualan setelah diimplementasikan.

2. METODE

2.1 Objek dan Jenis Data Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Toko Material Baru Jaya yang berlokasi di Jl. Purnawarman Selatan, Kelurahan Sindangkasih, Kecamatan Purwakarta, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat. Sebagai objek pembandingan digunakan Toko Material Bangunan XYZ yang berjarak kurang dari dua kilometer dari lokasi penelitian dan memiliki kesamaan jenis produk serta tingkat aktivitas penjualan. Penelitian ini menggunakan data primer, yaitu data umum dan data aktual perusahaan yang diperoleh langsung dari lapangan, serta data sekunder yang bersumber dari penelitian terdahulu dan publikasi ilmiah sebagai landasan teoritis [12].

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui tiga teknik, yaitu observasi langsung terhadap aktivitas dan proses bisnis toko, wawancara dengan pemilik dan staf toko, serta kuesioner yang disebarkan kepada 48 pelanggan Toko Material Baru Jaya dan 48 pelanggan Toko XYZ. Variabel kuesioner disusun berdasarkan teori bauran pemasaran (harga, produk, tempat, promosi) dan kualitas pelayanan, yang dijabarkan menjadi sembilan variabel, yaitu harga produk (X1), kualitas produk (X2), presentasi produk (X3), varian dan inovasi produk (X4), lokasi dan akses (X5), kecepatan pengiriman (X6), kenyamanan toko (X7), keramahan pelayanan (X8), dan bonus toko (X9). Setiap variabel diukur menggunakan skala Likert 1 (sangat tidak baik) hingga 5 (sangat baik) [12].

2.3 Teknik Pengolahan Data

Data kuesioner terlebih dahulu diuji kecukupannya menggunakan rumus Slovin untuk memastikan jumlah sampel yang terkumpul mampu merepresentasikan populasi. Selanjutnya dilakukan uji validitas dengan metode korelasi Pearson menggunakan SPSS, di mana item dinyatakan valid apabila nilai r hitung lebih besar dari r tabel pada taraf signifikansi 0,05 dengan derajat bebas (df) = $n-2$. Uji reliabilitas dilakukan dengan melihat nilai Cronbach's Alpha, di mana instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai Alpha lebih besar dari 0,60. Data hasil kuesioner yang telah teruji kemudian diolah menggunakan Analisis SWOT untuk memperoleh gambaran kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman perusahaan [13]. Faktor internal dan eksternal disusun ke dalam matriks Internal Factor Analysis Summary (IFAS) dan External Factor Analysis Summary (EFAS), yang kemudian dirangkum ke dalam matriks SWOT untuk menghasilkan alternatif strategi kombinasi SO, ST, WO, dan WT [14], di mana setiap faktor diberi bobot (0,0-1,0) dan rating (1-4) yang kemudian dikalikan untuk memperoleh skor [15]. Selisih skor kekuatan dan kelemahan (sumbu X) serta selisih skor peluang dan ancaman (sumbu Y) diplot pada diagram Kartesius untuk menentukan posisi kuadran strategi perusahaan. Tahap berikutnya adalah perancangan Blue Ocean Strategy, dimulai dengan penyusunan Kanvas Strategi untuk memetakan kurva nilai perusahaan terhadap pesaing, dilanjutkan dengan Kerangka Kerja Empat Langkah (Eliminate-Reduce-Raise-Create) untuk

merumuskan faktor yang dihapuskan, dikurangi, ditingkatkan, dan diciptakan guna membangun kurva nilai baru yang menjauh dari persaingan konvensional [2].

2.4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara terstruktur mulai dari tahap pendahuluan, identifikasi masalah, studi pustaka, pengumpulan data, pengolahan data, analisis SWOT dan Blue Ocean Strategy, implementasi strategi, hingga penarikan kesimpulan dan saran, sebagaimana digambarkan pada diagram alir berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Profil Objek Penelitian

Toko Material Baru Jaya berlokasi di Jl. Purnawarman Selatan, Kelurahan Sindangkasih, Kecamatan Purwakarta, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat. Usaha ini mengawali perjalanannya sebagai toko material konvensional yang melayani kebutuhan dasar pembangunan seperti semen, pasir, dan besi, dengan sumber pemasok yang berasal langsung dari pabrik. Pemasaran dilakukan secara langsung (offline) di toko maupun secara tidak langsung melalui pesan WhatsApp bagi pelanggan yang pernah berbelanja langsung. Menyadari ketatnya persaingan harga di red ocean akibat munculnya pesaing baru, perusahaan tengah bertransformasi untuk menciptakan pasar baru yang menekankan efisiensi biaya bagi konsumen serta kemudahan akses.



Gambar 2. Toko Material Baru Jaya

3.2 Uji Kecukupan, Validitas, dan Reliabilitas Data

Berdasarkan perhitungan rumus Slovin, jumlah 48 kuesioner yang disebarkan pada masing-masing toko dinyatakan cukup untuk merepresentasikan populasi pelanggan. Hasil uji validitas dengan taraf signifikansi 0,05 dan $df = 46$ diperoleh r tabel sebesar 0,2845.

Tabel 2. Hasil Uji Validitas Variabel Kuesioner

Variabel	r tabel	r hitung TB. Baru Jaya	r hitung TB. XYZ	Keterangan
X1	0,2845	0,306	0,574	Valid
X2	0,2845	0,572	0,632	Valid
X3	0,2845	0,471	0,471	Valid
X4	0,2845	0,439	0,679	Valid
X5	0,2845	0,673	0,458	Valid
X6	0,2845	0,621	0,719	Valid
X7	0,2845	0,653	0,599	Valid
X8	0,2845	0,653	0,429	Valid

Variabel	r tabel	r hitung TB. Baru Jaya	r hitung TB. XYZ	Keterangan
X9	0,2845	0,369	0,661	Valid

Seluruh nilai r hitung pada kedua toko lebih besar dari r tabel (0,2845), sehingga sembilan variabel kuesioner dinyatakan valid. Hasil uji reliabilitas menunjukkan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,661 untuk TB. Baru Jaya dan 0,709 untuk TB. XYZ, keduanya berada di atas nilai batas 0,60 sehingga instrumen kuesioner dinyatakan reliabel dan layak digunakan untuk analisis lebih lanjut.

3.3 Analisis SWOT

Nilai rata-rata (mean) hasil rekapitulasi kuesioner masing-masing toko dibandingkan untuk menentukan kekuatan dan kelemahan TB. Baru Jaya. Apabila nilai rata-rata TB. Baru Jaya lebih tinggi dari TB. XYZ, variabel tersebut dikategorikan sebagai kekuatan (strength); sebaliknya dikategorikan sebagai kelemahan (weakness).

Tabel 3. Rekapitulasi Kuesioner dan Penentuan Strengths-Weaknesses

Kode	Variabel	TB. Baru Jaya	TB. XYZ	Keterangan
X1	Harga produk	3,91	4,79	Weakness
X2	Kualitas produk	2,91	1,89	Strength
X3	Presentasi produk	2,89	4,79	Weakness
X4	Varian & inovasi produk	4,72	4,75	Weakness
X5	Lokasi & akses	3,87	2,89	Strength
X6	Kecepatan pengiriman	2,87	1,89	Strength
X7	Kenyamanan toko	4,70	4,75	Weakness
X8	Keramahan pelayanan	2,87	3,89	Weakness
X9	Bonus toko	3,89	2,89	Strength

TB. Baru Jaya unggul dari pesaingnya pada empat variabel, yaitu kualitas produk, lokasi dan akses, kecepatan pengiriman, serta bonus toko. Sebaliknya, TB. Baru Jaya tertinggal pada variabel harga produk, presentasi produk, varian dan inovasi produk, kenyamanan toko, serta keramahan pelayanan.

Tabel 4. Matriks EFAS Toko Material Baru Jaya

Faktor Strategi Eksternal - Peluang	Bobot	Rating	Skor
Tingginya permintaan pasar terhadap produk bangunan seiring meningkatnya pembangunan properti	0,13	4	0,52
Perkembangan teknologi digital sebagai media promosi dan pemasaran produk	0,10	3	0,29
Pertumbuhan sektor konstruksi dan renovasi rumah yang terus meningkat	0,13	4	0,52
Peluang kerja sama dengan kontraktor dan developer properti lokal	0,06	3	0,19

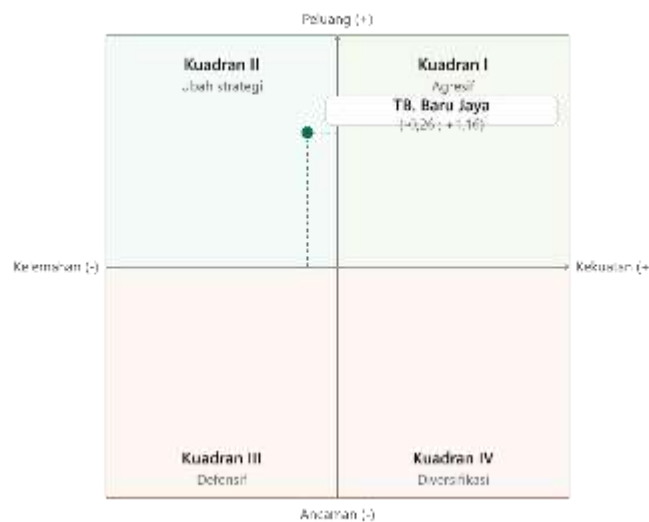
Faktor Strategi Eksternal - Peluang	Bobot	Rating	Skor
Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kualitas bahan bangunan	0,10	3	0,29
Inovasi produk bahan bangunan yang terus berkembang di pasaran	0,03	2	0,06
Jumlah Peluang	0,55	19	1,87
Faktor Strategi Eksternal - Ancaman	Bobot	Rating	Skor
Munculnya pesaing baru toko bahan bangunan di sekitar wilayah yang sama	0,13	1	0,13
Fluktuasi harga bahan baku dan material bangunan yang tidak stabil	0,06	2	0,13
Persaingan harga yang ketat dari toko bangunan lain (termasuk TB. XYZ)	0,13	2	0,26
Perubahan kebijakan pemerintah terkait regulasi distribusi material bangunan	0,06	1	0,06
Penurunan daya beli konsumen akibat kondisi ekonomi yang tidak menentu	0,06	2	0,13
Jumlah Ancaman	0,45	8	0,71
Total Faktor Eksternal	1,00	27	2,58

Tabel 5. Matriks IFAS Toko Material Baru Jaya

Faktor Strategi Internal - Kekuatan	Bobot	Rating	Skor
Kualitas produk - nilai kepuasan lebih tinggi dibanding pesaing (2,91 vs 1,89)	0,10	3	0,31
Lokasi dan akses - lokasi toko lebih mudah dijangkau pelanggan (3,87 vs 2,89)	0,10	3	0,31
Kecepatan pengiriman barang - layanan lebih cepat dan responsif (2,87 vs 1,89)	0,08	2	0,15
Bonus toko - program bonus dan reward lebih menarik dibanding pesaing (3,89 vs 2,89)	0,05	2	0,10
Jumlah Kekuatan	0,33	10	0,87
Faktor Strategi Internal - Kelemahan	Bobot	Rating	Skor
Harga produk - kurang kompetitif dibanding pesaing (3,91 vs 4,79)	0,21	2	0,41
Presentasi produk - tampilan dan penataan kurang menarik (2,89 vs 4,79)	0,13	2	0,26
Varian dan inovasi produk - variasi masih tertinggal (4,72 vs 4,75)	0,13	2	0,26
Kenyamanan toko - suasana toko masih di bawah standar pesaing (4,70 vs 4,75)	0,10	1	0,10
Keramahan pelayanan - tingkat keramahan staf dinilai lebih rendah (2,87 vs 3,89)	0,10	1	0,10

Jumlah Kelemahan	0,67	8	1,13
Total Faktor Internal	1,00	18	2,00

Selisih skor peluang dan ancaman pada sumbu Y sebesar $1,87 - 0,71 = +1,16$, menunjukkan bahwa peluang eksternal masih lebih besar dibanding ancaman yang dihadapi. Adapun selisih skor kekuatan dan kelemahan pada sumbu X sebesar $0,87 - 1,13 = -0,26$, menunjukkan bahwa kelemahan internal perusahaan saat ini masih lebih dominan dibanding kekuatannya. Berdasarkan koordinat $(-0,26 ; +1,16)$, posisi TB. Baru Jaya berada pada kuadran II diagram Kartesius Analisis SWOT sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

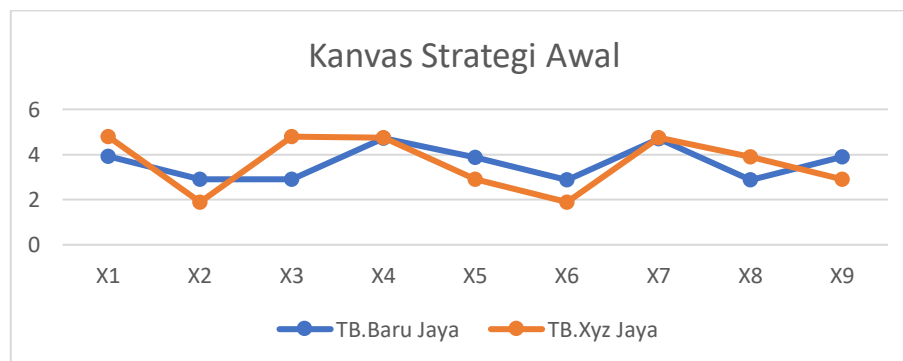


Gambar 3. Diagram Matrix Analisis SWOT Toko Material Baru Jaya

Posisi pada kuadran II menunjukkan bahwa perusahaan menghadapi peluang eksternal yang besar, namun kondisi internalnya masih didominasi kelemahan. Strategi yang direkomendasikan adalah strategi turn-around (WO), yaitu meminimalkan kelemahan yang ada agar peluang pasar yang tersedia dapat dimanfaatkan secara maksimal. Pendekatan Blue Ocean Strategy sangat relevan diterapkan untuk membantu perusahaan keluar dari persaingan dan menciptakan nilai baru di pasar.

3.4 Analisis Blue Ocean Strategy

Kanvas Strategi Awal disusun berdasarkan nilai rata-rata hasil rekapitulasi kuesioner untuk menggambarkan kondisi kompetisi TB. Baru Jaya terhadap TB. XYZ pada sembilan variabel penelitian.



Gambar 4. Kanvas Strategi Awal Toko Material Baru Jaya

Kurva nilai pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kurva TB. Baru Jaya hampir identik dengan kurva TB. XYZ, dengan pesaing unggul pada sejumlah variabel kunci. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perusahaan masih berada dalam red ocean, yaitu situasi persaingan yang berlangsung sangat intens karena orientasi nilai yang ditawarkan hampir sama dengan pesaing utamanya. Oleh karena itu, TB. Baru Jaya perlu merancang kurva nilai baru yang menjauh dari fokus persaingan yang selama ini ditawarkan. Kurva nilai baru dirumuskan menggunakan Kerangka Kerja Empat Langkah (Eliminate-Reduce-Raise-Create) sebagai berikut.

Tabel 6. Skema Kerangka Kerja Empat Langkah (ERRC)

Hapuskan (Eliminate)	Kurangi (Reduce)
Bonus toko	Harga produk
Tingkatkan (Raise)	Ciptakan (Create)
Presentasi produk, varian produk, keramahan pelayanan	Paket bundling produk

Pada tahap eliminate, bonus toko dihapuskan karena data survei menunjukkan bahwa faktor tersebut tidak menjadi penentu keputusan pembelian pelanggan toko bangunan, sementara pemberiannya justru menekan margin keuntungan sehingga kas toko tidak cukup untuk aktivitas pemasaran yang lebih strategis. Anggaran yang sebelumnya dialokasikan untuk bonus dialihkan sepenuhnya untuk mendanai peningkatan tiga faktor lain dan penciptaan paket bundling.

Pada tahap reduce, intensitas persaingan harga dikurangi tanpa meninggalkan harga yang kompetitif, melalui survei harga kompetitor terdekat secara berkala dan penetapan daftar harga resmi agar pelanggan tidak perlu tawar-menawar secara terus-menerus.

Pada tahap raise, perusahaan meningkatkan presentasi produk melalui penataan ulang tata letak dan pelabelan harga yang jelas, meningkatkan varian produk dengan mengidentifikasi kebutuhan pelanggan yang belum terpenuhi dan memperkuat hubungan dengan pemasok, serta meningkatkan keramahan pelayanan melalui pelatihan customer service secara berkala dan penyusunan standar operasional pelayanan.

Pada tahap create, perusahaan menciptakan paket bundling yang menggabungkan beberapa produk bahan bangunan yang saling berkaitan, seperti paket pasang dinding, paket atap ringan, paket instalasi air, dan paket cor beton, dengan harga yang lebih efisien dibanding pembelian satuan. Inovasi ini dirancang untuk membuka ruang pasar baru yang belum disentuh pesaing sekaligus mengalihkan fokus persaingan dari harga menuju nilai dan kemudahan berbelanja, sejalan dengan prinsip value innovation dalam Blue Ocean Strategy.

3.5 Hasil Implementasi Strategi

Strategi hasil Kerangka Kerja Empat Langkah diimplementasikan selama satu bulan untuk melihat dampaknya terhadap akuisisi pelanggan dan pertumbuhan penjualan, dengan membandingkan kondisi bulan Mei (sebelum penerapan) dan bulan Juni (setelah penerapan) 2026.

Tabel 7. Perbandingan Kinerja Penjualan Bulan Mei dan Juni 2026

Metrik	Mei (Sebelum)	Juni (Sesudah)	Selisih	Pertumbuhan
Total penjualan (Rp)	58.301.900	83.332.500	25.030.600	43%

Jumlah transaksi	274	310	36	13%
Jumlah barang terjual	901	994	93	10%
Jumlah konsumen unik	38	44	6	16%
Konsumen baru di bulan Juni	-	9	-	20%
Konsumen bertahan (kedua bulan)	35	35	-	92%

Total penjualan meningkat dari Rp58.301.900 menjadi Rp83.332.500, atau naik Rp25.030.600 (43%). Jumlah transaksi meningkat 13% dan jumlah barang terjual meningkat 10%, menunjukkan bahwa strategi yang diterapkan mampu meningkatkan aktivitas sekaligus nilai transaksi. Dari sisi konsumen, jumlah konsumen unik meningkat 16% dengan 9 konsumen baru pada bulan Juni, sementara 35 konsumen (92%) melakukan pembelian pada kedua bulan, menunjukkan bahwa strategi ini mampu menarik pelanggan baru tanpa mengorbankan loyalitas pelanggan lama. Program paket bundling yang merupakan hasil tahap create berkontribusi sebanyak 37 transaksi dengan total penjualan Rp16.432.000, atau sekitar 20% dari total penjualan bulan Juni, sementara penjualan reguler masih mendominasi dengan kontribusi 80%. Hasil ini menunjukkan bahwa inovasi paket bundling mampu menciptakan sumber pendapatan baru tanpa mengurangi penjualan produk yang sudah ada, sejalan dengan konsep value innovation di mana perusahaan memperoleh keunggulan kompetitif berkelanjutan melalui penciptaan nilai baru yang relevan bagi pelanggan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada aspek pemasaran dan implementasi strategi, dapat disimpulkan bahwa Toko Material Baru Jaya memiliki peluang eksternal yang besar (skor EFAS peluang 1,87) yang didukung oleh tingginya permintaan material bangunan dan pertumbuhan sektor konstruksi, namun kondisi internalnya masih didominasi kelemahan (skor IFAS kelemahan 1,13 dibanding kekuatan 0,87), terutama pada aspek harga, variasi produk, presentasi produk, kenyamanan toko, dan keramahan pelayanan. Posisi perusahaan pada koordinat (-0,26 ; +1,16) menempatkannya pada kuadran II diagram Kartesius SWOT, sehingga strategi yang direkomendasikan adalah strategi turn-around (WO) yang berfokus pada meminimalkan kelemahan internal agar peluang pasar dapat dimanfaatkan secara maksimal. Rencana strategi disusun menggunakan Kanvas Strategi dan Kerangka Kerja Empat Langkah (Eliminate-Reduce-Raise-Create), dengan menghapuskan bonus toko, mengurangi intensitas persaingan harga, meningkatkan presentasi produk, varian produk, dan kualitas pelayanan, serta menciptakan paket bundling produk yang menggabungkan beberapa kebutuhan bahan bangunan sekaligus. Hasil implementasi strategi selama satu bulan menunjukkan dampak positif yang nyata, yaitu peningkatan total penjualan sebesar 43% (dari Rp58.301.900 menjadi Rp83.332.500), pertumbuhan jumlah konsumen sebesar 16% dengan 9 pelanggan baru, serta kontribusi paket bundling sebesar 20% dari total penjualan melalui 37 transaksi. Dengan demikian, penerapan kombinasi Analisis SWOT dan Blue Ocean Strategy terbukti mampu membantu Toko Material Baru Jaya keluar dari persaingan pasar konvensional, memperluas jangkauan konsumen, dan meningkatkan pertumbuhan penjualan secara berkelanjutan. Perusahaan disarankan untuk terus mengembangkan variasi paket bundling, melakukan survei harga kompetitor secara berkala, serta melaksanakan pelatihan pelayanan pelanggan secara berkelanjutan, sementara penelitian selanjutnya disarankan menggunakan periode observasi yang lebih panjang dan melibatkan lebih dari satu toko pembanding.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] T. Pradiani, "Pengaruh harga, kualitas pelayanan, dan personal selling terhadap kepuasan pelanggan Toko Besi dan Kaca Santa Yogyakarta," *Jurnal PROFIT: Kajian Pendidikan Ekonomi dan Ilmu Ekonomi*, vol. 5, no. 2, pp. 183-192, 2024, doi: 10.32815/jpro.v5i2.2163.
- [2] W. C. Kim and R. Mauborgne, "Value innovation: a leap into the blue ocean," *Journal of Business Strategy*, 2005, doi: 10.1108/02756660510608521.
- [3] A. P. Murti, T. Setyowati, and I. P. Samsuryaningrum, "Implementasi Blue Ocean Strategy pada UMKM Reztis Batik di Desa Tegalsari Kabupaten Jember," *Jurnal Manajemen dan Bisnis Indonesia*, vol. 8, no. 1, pp. 128-136, 2022, doi: 10.32528/jmbi.v8i1.5046.
- [4] M. Muliana and A. I. Said, "Combine business model canvas, blue ocean strategy, and analytical hierarchy process to develop business model of Malkita Mall Jakarta," *Advances in Economics, Business and Management Research*, vol. 149, pp. 284-290, 2023, doi: 10.2991/aebmr.k.200812.050.
- [5] D. Fitriani, M. I. Firdaus, and J. Phangestu, "Perumusan strategi samudra biru Strategic Business Unit Express PT XYZ periode 2021-2023," *Journal of Emerging Business Management and Entrepreneurship Studies*, vol. 1, no. 2, pp. 288-305, 2021, doi: 10.34149/jebmes.v1i2.55.
- [6] M. A. Bora and B. Yolanda, "Strategi perumusan usaha menggunakan metode Blue Ocean (Studi kasus di Warkop Bella)," *Jurnal Industri Kreatif*, vol. 4, no. 2, pp. 12-23, 2020, doi: 10.36352/jik.v4i02.194.
- [7] A. Ferdinand, "Perencanaan strategi bisnis pada Toko Bangunan Selat Jaya menggunakan pendekatan Blue Ocean Strategy," *Skripsi Sarjana, Universitas Islam Indonesia*, 2022.
- [8] R. M. Sugengriadi, M. M. Arfan, and R. A. Prabowo, "Analisis kelayakan bisnis UMKM depot air minum "Aquadam" dengan metode SWOT, payback period, NPV dan IRR ditinjau dari aspek pemasaran dan aspek keuangan usaha," *Jurnal Infotex*, vol. 3, no. 1, pp. 204-215, 2024.
- [9] H. Mintzberg, "The strategy concept I: Five Ps for strategy," *California Management Review*, pp. 11-24, 1987, doi: 10.2307/41165263.
- [10] S. Kühl, "Strategy is structure. A systems theory-based definition of strategy," *Journal of Organizational Sociology*, vol. 1, no. 3, pp. 251-286, 2023, doi: 10.1515/joso-2023-0014.
- [11] Z. T. R. Sumaryono, "Manajemen strategis dan kerangka kerja strategis," *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi*, vol. 5, no. 3, pp. 353-366, 2024, doi: 10.31933/jemsi.v5i3.1850.
- [12] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2021.
- [13] Sharath Kumar C.R and Praveena, "SWOT analysis," *International Journal of Advanced Research*, vol. 11, no. 9, pp. 744-748, doi: 10.21474/IJAR01/17584.
- [14] M. A. Benzaghta, A. Elwalda, M. M. Mousa, I. Erkan, and M. Rahman, "SWOT analysis applications: An integrative literature review," *Journal of Global Business Insights*, vol. 6, no. 1, pp. 55-73, 2021, doi: 10.5038/2640-6489.6.1.1148.

- [15] A. S. Salsabila, Y. Herawati, and A. Hushori, "Analisis IFAS dan EFAS sebagai perencanaan strategi untuk melakukan pengembangan usaha pada PD Mie Ayam Berkah," *Jurnal Terapan Ilmu Ekonomi, Manajemen dan Bisnis*, vol. 4, no. 1, 2024.

Rancang Bangun Dan Pengujian Prototipe Sistem Konversi Energi Mekanik Berbasis Flywheel Dan Mekanisme Pegas–Crankshaft Sebagai Penggerak Generator DC

Sutrisno¹, Adang Saepudin², Sidik Nur Yusuf³

¹²³Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: sutrisno@stttxmaco.ac.id

Received 02 September 2026 | Revised 14 September 2026 | Accepted 24 September 2026

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pengembangan teknologi konversi energi alternatif berbasis tenaga manusia untuk menggerakkan generator DC. Namun, putaran manusia yang tidak stabil menyebabkan fluktuasi tegangan, arus, dan daya listrik. Penelitian ini bertujuan merancang prototipe sistem konversi energi mekanik menggunakan *flywheel*, mekanisme pegas-*crankshaft*, *freewheel gear*, dan engkol untuk menggerakkan generator DC 24V 30W. Menggunakan metode *Research and Development* (R&D) serta eksperimen, hasil pengujian menunjukkan peningkatan signifikan setelah penambahan *freewheel gear* dan engkol. Putaran *flywheel* meningkat dari 751,7 rpm menjadi 2.018 rpm (168,5%), putaran generator dari 1.170,6 rpm menjadi 3.503 rpm (199,3%), tegangan dari 2,19 V menjadi 3,44 V (57,1%), arus dari 0,091 A menjadi 0,144 A (58,2%), dan daya dari 0,205 W menjadi 0,501 W (144,4%). Meski efektif meningkatkan penyaluran energi, efisiensi konversi aktual masih rendah (0,41%–0,45%) akibat rugi-rugi mekanis transmisi.

Kata kunci: flywheel, pegas–crankshaft, Generator DC, Freewheel, konversi energi.

ABSTRACT

The ever-increasing demand for electrical energy drives the development of human-powered alternative energy conversion technologies to operate DC generators. However, inconsistent human-generated rotation leads to fluctuations in voltage, current, and power output. This study aimed to design a mechanical energy conversion system prototype utilizing a flywheel, a spring-crankshaft mechanism, a freewheel gear, and a crank to drive a 24V 30W DC generator. Employing Research and Development (R&D) and experimental methods, the test results demonstrated significant improvements following the addition of the freewheel gear and crank. Flywheel speed increased from 751.7 rpm to 2,018 rpm (168.5%), generator speed from 1,170.6 rpm to 3,503 rpm (199.3%), voltage from 2.19 V to 3.44 V (57.1%), current from 0.091 A to 0.144 A (58.2%), and power from 0.205 W to 0.501 W (144.4%). Although effective at enhancing energy delivery, the actual conversion efficiency remained low (0.41%–0.45%) due to mechanical transmission losses.

Keywords: flywheel, spring–crankshaft, DC generator, freewheel, energy conversion.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, perkembangan industri, dan meningkatnya penggunaan peralatan elektronik, sehingga mendorong perlunya pengembangan sumber energi alternatif yang mampu mengurangi ketergantungan pada energi fosil [1]. Salah satu pendekatan yang dapat dikembangkan adalah sistem konversi energi mekanik menjadi energi listrik yang sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan, terutama pada daerah dengan keterbatasan akses listrik konvensional. Energi mekanik dapat diperoleh dari berbagai sumber, salah satunya tenaga manusia, yang kemudian diteruskan melalui sistem transmisi untuk memutar generator DC. Permasalahannya, putaran yang dihasilkan oleh tenaga manusia umumnya tidak stabil sehingga tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan menjadi kurang optimal.

Salah satu komponen yang umum digunakan untuk menjaga kestabilan putaran adalah flywheel, yang berfungsi menyimpan energi kinetik rotasi sehingga mampu mempertahankan putaran ketika terjadi perubahan beban [2]. Selain flywheel, sistem mekanik dapat dikombinasikan dengan mekanisme pegas–crankshaft, di mana putaran poros menyebabkan crankshaft menarik dan melepas pegas secara berulang. Pegas berperan sebagai media penyimpan dan pelepas energi mekanik dalam bentuk energi potensial elastis, bukan sebagai sumber energi, sesuai dengan Hukum Kekekalan Energi [3]. Meskipun banyak video demonstrasi di media digital menampilkan prototipe pembangkit listrik sederhana berbasis flywheel, pegas, dan generator DC, sebagian besar tidak disertai data pengujian yang lengkap—seperti RPM, tegangan, arus, daya, dan efisiensi—sehingga kinerjanya belum dapat dievaluasi secara ilmiah [4].

Penelitian yang mengombinasikan flywheel dengan mekanisme pegas–crankshaft sebagai penggerak generator DC masih relatif terbatas, terutama pada skala prototipe. Kebaruan penelitian ini terletak pada perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe sistem tersebut dengan tenaga manusia sebagai sumber energi utama, yang kemudian dikembangkan melalui penambahan freewheel gear dan engkol untuk meningkatkan efektivitas penyaluran energi mekanik. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang, membuat, dan mengembangkan prototipe sistem konversi energi mekanik berbasis flywheel dan mekanisme pegas–crankshaft; (2) membuktikan pengaruh penambahan freewheel gear dan engkol terhadap karakteristik putaran, tegangan, arus, dan daya listrik; (3) menghitung efisiensi konversi energi sebelum dan sesudah modifikasi; serta (4) memverifikasi secara eksperimental konsep sistem konversi energi mekanik yang banyak didemonstrasikan pada media digital. Penelitian difokuskan pada prototipe berskala kecil dengan generator DC 24 Volt 30 Watt dan tidak membahas analisis kekuatan material, getaran, maupun simulasi numerik.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun (Research and Development) yang dipadukan dengan metode eksperimen. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, pemilihan komponen, pembuatan dan perakitan prototipe, pengujian awal, evaluasi, pengembangan sistem melalui penambahan freewheel gear dan engkol, serta pengujian ulang untuk membandingkan kinerja sebelum dan sesudah modifikasi. Alur konversi energi pada prototipe dimulai dari tenaga manusia yang memutar flywheel, kemudian energi putar diteruskan ke poros yang telah dimodifikasi menjadi crankshaft sehingga mekanisme pegas mengalami siklus tarik-lepas secara berulang. Putaran poros selanjutnya diteruskan melalui sistem pulley dan V-belt menuju generator DC, yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik untuk menyalakan beban berupa tiga buah lampu LED.

2.1 Spesifikasi Komponen Utama

Komponen utama prototipe terdapat pada Tabel 1, sistem dikembangkan dengan menambahkan freewheel gear dan engkol pada mekanisme penggerak untuk meningkatkan efektivitas penyaluran energi mekanik menuju flywheel dan generator DC.

No	Komponen	Spesifikasi / Detail
1	Flywheel	Jenis solid disc, bahan baja karbon, massa 8 kg
2	Poros Utama	Bahan baja karbon, diameter 20 mm
3	Pegas Tarik	6 buah, disusun pada mekanisme crankshaft
4	Pillow Block Bearing	2 buah, diameter dalam 20 mm
5	Pulley Penggerak	Diameter 8 inci
6	Pulley Generator	Diameter 2,5 inci
7	Transmisi Daya	V-belt (menghubungkan pulley penggerak & generator)
8	Generator DC	24 Volt, 30 Watt
9	Beban	3 buah lampu LED 10 Watt
10	Freewheel Gear	Untuk meningkatkan efektivitas penyaluran energi mekanik
11	Engkol	Dipasang pada mekanisme penggerak

2.2 Prosedur Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian dilakukan secara langsung pada prototipe dengan memberikan putaran awal pada flywheel menggunakan tenaga manusia. Parameter yang diukur meliputi putaran flywheel dan generator (RPM) menggunakan tachometer digital, serta tegangan dan arus keluaran generator menggunakan multimeter digital. Pengambilan data dilakukan secara eksperimental sebanyak sepuluh kali percobaan pada masing-masing kondisi (sebelum dan sesudah penambahan freewheel gear dan engkol), kemudian data dirata-ratakan untuk meningkatkan keandalan hasil.

Rumus Daya listrik keluaran dihitung dari hasil kali tegangan dan arus

$$(P = V \times I) \quad (1)$$

sedangkan efisiensi sistem dihitung dengan membandingkan daya listrik keluaran terhadap estimasi daya mekanik masukan

$$(\eta = P_{out} / P_{in} \times 100\%) \quad (2)$$

Variabel bebas pada penelitian ini adalah putaran awal flywheel, variabel terikat meliputi putaran generator, tegangan, arus, daya, dan efisiensi, sedangkan variabel kontrol meliputi massa flywheel, jumlah pegas, diameter pulley, spesifikasi generator, dan beban lampu LED yang dijaga tetap selama pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan Rancangan

Berdasarkan spesifikasi rancangan, flywheel dengan jari-jari 0,15 m dan tebal 0,0145 m berbahan baja (massa jenis 7.850 kg/m³) menghasilkan massa teoritis 8,05 kg, sesuai dengan

spesifikasi rancangan 8 kg, dengan momen inersia sebesar $0,09 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. Pada putaran awal rancangan 500 rpm, energi kinetik rotasi yang tersimpan pada flywheel dihitung sebesar 123,37 Joule. Keenam pegas identik yang disusun pada mekanisme crankshaft memiliki konstanta sebesar 800 N/m per pegas dengan simpangan maksimum 0,1 m, sehingga total energi potensial elastis yang tersimpan sebesar 24 Joule. Rasio transmisi pulley (8 inci berbanding 2,5 inci) sebesar 3,2:1 menghasilkan putaran generator rancangan sebesar 1.600 rpm pada putaran poros utama 500 rpm.

Berdasarkan target daya rancangan sebesar 30 Watt yang setara dengan kapasitas nominal generator (24 Volt, 30 Watt), efisiensi sistem secara teoritis dihitung mencapai 100%, dengan catatan nilai tersebut merupakan hasil perhitungan ideal tanpa memperhitungkan rugi-rugi energi akibat gesekan, slip, maupun rugi-rugi internal generator.



Gambar 1. Rancangan alat awal

3.2 Hasil Pengujian Sebelum Penambahan Freewheel Gear dan Engkol

Pengujian awal dilakukan sebanyak sepuluh kali percobaan dengan variasi kondisi putaran awal. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sebelum Penambahan Freewheel Gear dan Engkol

No	RPM Flywheel	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Keterangan
1	969	1429	2,61	0,109	0,285	Putaran maksimum
2	454	799	1,57	0,065	0,102	Putaran rendah
3	528	878	1,73	0,072	0,125	Stabil
4	603	975	1,89	0,079	0,149	Stabil
5	675	1082	2,02	0,084	0,170	Stabil
6	741	1168	2,18	0,091	0,198	Stabil
7	812	1249	2,32	0,097	0,225	Stabil
8	865	1326	2,43	0,101	0,245	Baik
9	918	1385	2,54	0,106	0,269	Sangat baik
10	952	1415	2,59	0,108	0,280	Mendekati maksimum

Rancang Bangun Dan Pengujian Prototipe Sistem Konversi Energi Mekanik Berbasis Flywheel Dan Mekanisme Pegas–Crankshaft Sebagai Penggerak Generator DC

No	RPM Flywheel	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Keterangan
Rata-rata	751,7	1.170,6	2,19	0,091	0,205	

Berdasarkan Tabel 2, seluruh parameter keluaran meningkat seiring bertambahnya putaran flywheel, dengan rata-rata RPM flywheel 751,7 rpm, RPM generator 1.170,6 rpm, tegangan 2,19 V, arus 0,091 A, dan daya 0,205 W.



Gambar 2. Rancangan alat penambahan Freewheel gear dan engkol



Gambar 3. Pengujian saat Freewheel



Gambar 4.1 Pembacaan tachometer pada Freewheel



Gambar 5. Pembacaan voltmeter dan amperemeter pada keluaran generator

3.3 Hasil Pengujian Setelah Penambahan Freewheel Gear dan Engkol

Setelah dilakukan evaluasi terhadap hasil pengujian awal, sistem dikembangkan melalui penambahan freewheel gear dan engkol untuk meningkatkan efektivitas penyaluran energi mekanik. Pengujian ulang dilakukan dengan prosedur yang sama, dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Setelah Penambahan Freewheel Gear dan Engkol

No	RPM Flywheel	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	1600	2600	2,95	0,123	0,363
2	1690	2790	3,02	0,126	0,381
3	1770	2990	3,11	0,130	0,404
4	1860	3210	3,25	0,136	0,442
5	1900	3500	3,56	0,149	0,530
6	2050	3650	3,61	0,151	0,545
7	2160	3820	3,67	0,154	0,565
8	2280	3990	3,72	0,156	0,580
9	2390	4160	3,76	0,158	0,594
10	2480	4320	3,79	0,160	0,606
Rata-rata	2.018	3.503	3,44	0,144	0,501

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa putaran flywheel dan generator meningkat secara konsisten dari percobaan pertama hingga kesepuluh, diikuti kenaikan tegangan, arus, dan daya listrik, dengan rata-rata RPM flywheel 2.018 rpm, RPM generator 3.503 rpm, tegangan 3,44 V, arus 0,144 A, dan daya 0,501 W.

3.4 Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Tabel 4. Perbandingan Rata-rata Hasil Pengujian Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Parameter	Sebelum	Sesudah	Peningkatan (%)
RPM Flywheel (rpm)	751,7	2.018	168,5%
RPM Generator (rpm)	1.170,6	3.503	199,3%
Tegangan (V)	2,19	3,44	57,1%
Arus (A)	0,091	0,144	58,2%
Daya (W)	0,205	0,501	144,4%

Penambahan freewheel gear dan engkol memberikan pengaruh signifikan terhadap seluruh parameter pengujian (Tabel 3). Peningkatan RPM flywheel dan RPM generator yang besar (168,5% dan 199,3%) sejalan dengan prinsip kerja freewheel gear, yaitu mekanisme penguncian dan pelepasan yang memungkinkan poros tetap meneruskan putaran satu arah tanpa terhambat gerakan balik dari mekanisme engkol, sehingga energi yang sebelumnya banyak terbuang akibat putaran terputus-putus dapat disalurkan secara lebih kontinu menuju flywheel dan generator [5].

Tegangan keluaran meningkat 57,1%, jauh lebih kecil dibandingkan kenaikan RPM generator (199,3%), mengindikasikan hubungan tegangan terhadap RPM tidak sepenuhnya linear pada rentang putaran yang lebih tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh hambatan dalam (internal resistance) generator yang menyebabkan jatuh tegangan lebih besar seiring meningkatnya arus, serta rugi-rugi elektromagnetik yang turut membesar pada putaran tinggi. Arus keluaran meningkat sebanding dengan tegangan (58,2%), sesuai dengan karakteristik generator DC pada beban resistif tetap berupa lampu LED. Daya listrik keluaran merupakan parameter dengan peningkatan paling menonjol (144,4%), sesuai dengan persamaan $P = V \times I$, karena kenaikan daya merupakan hasil kali kenaikan tegangan dan arus secara bersamaan. Meskipun demikian, nilai daya listrik aktual maksimum (0,606 W) masih jauh di bawah kapasitas nominal generator (24 Volt, 30 Watt), yang menunjukkan bahwa rentang putaran hasil pengujian masih jauh di bawah RPM operasi yang dibutuhkan generator untuk bekerja mendekati kapasitas nominalnya.

Efisiensi sistem aktual, yang diestimasi menggunakan torsi masukan rancangan ($T \approx 0,573 \text{ N}\cdot\text{m}$) dikalikan kecepatan sudut aktual, berkisar 0,37%–0,49% (rata-rata 0,45%) sebelum modifikasi dan 0,38%–0,46% (rata-rata 0,41%) setelah modifikasi. Nilai ini jauh di bawah efisiensi teoritis 100% pada tahap perancangan, dan menariknya tidak membaik secara persentase setelah penambahan freewheel gear dan engkol, karena estimasi daya masukan turut meningkat sebanding dengan kenaikan RPM flywheel. Kondisi ini mengonfirmasi bahwa faktor rugi-rugi energi—terutama gesekan pada bearing, slip pada sistem pulley dan V-belt, serta generator yang belum bekerja mendekati kapasitas nominalnya—berdampak jauh lebih besar terhadap kinerja prototipe aktual dibandingkan asumsi ideal pada perhitungan rancangan. Indikator yang lebih dapat diandalkan untuk menilai keberhasilan modifikasi pada penelitian ini adalah peningkatan langsung pada RPM, tegangan, dan daya listrik keluaran, dibandingkan nilai efisiensi yang bergantung pada asumsi torsi masukan yang belum diukur secara langsung.

4. KESIMPULAN

Prototipe sistem konversi energi mekanik berbasis flywheel dan mekanisme pegas–crankshaft berhasil dirancang, dibuat, dan dapat beroperasi sesuai fungsi yang direncanakan, dengan seluruh komponen utama—pegas, crankshaft, flywheel, freewheel gear, sistem transmisi, dan generator DC—bekerja sebagai satu kesatuan sistem. Penambahan freewheel gear dan engkol terbukti meningkatkan kinerja prototipe secara signifikan, dengan rata-rata RPM flywheel naik 168,5%, RPM generator naik 199,3%, tegangan naik 57,1%, arus naik 58,2%, dan daya listrik naik 144,4% dibandingkan sebelum modifikasi.

Meskipun demikian, efisiensi konversi energi aktual masih rendah (berkisar 0,41%–0,45%) dan belum menunjukkan perbaikan signifikan secara persentase, terutama akibat rugi-rugi mekanis pada sistem transmisi serta generator DC yang belum bekerja mendekati kapasitas nominalnya. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa konsep sistem konversi energi mekanik yang banyak didemonstrasikan pada media digital dapat direalisasikan dan mampu menghasilkan energi listrik, namun keluaran yang dihasilkan masih relatif rendah dan memerlukan pengembangan lebih lanjut. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengoptimalkan rasio transmisi dan pemilihan generator yang sesuai dengan rentang RPM aktual, mengurangi rugi-rugi mekanis pada bearing dan sistem V-belt, menggunakan instrumen akuisisi data otomatis, serta mengembangkan sistem penyimpanan energi listrik seperti baterai atau superkapasitor agar energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara lebih efektif.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1]. E. E. Zainuri Anwar, "Speed Breaker as the Mover of Electric," Jurnal Rekayasa Elektrika Mesin, vol. 3, no. 01, pp. 1–5, 2020.
- [2]. J. Tangko, R. Tandioga, I. Djufri, dan R. Haardiyanti, "Analisis Pembangkit Listrik Berbasis Flywheel," Jurnal Sinergi, 2019.
- [3]. M. Dan, H. Joule, dan N. Yuningsih, "Mempengaruhi Proses Konversi Energi (Studi Kasus Percobaan Tara Kalor)," vol. VII, pp. 77–84, 2018.
- [4]. Lubis dan Syam, "Rancang Bangun Sistem Mekanik Speedbump Generasi ke-3 sebagai Penghasil Daya Listrik," 2020.
- [5]. I. H. K. Winarso, Gema Romadhona, dan Kurniawan, "Pemanfaatan Energi Inersia Fly Wheel untuk Menstabilkan Tegangan Keluaran Generator DC Shunt," vol. 24, no. 2, pp. 89–96, 2023.
- [6]. L. A. Diantoro dan A. Taufiq, "Rancang Bangun Prototipe Flywheel untuk Meningkatkan Kinerja Generator," vol. 3, no. 2, 2021.
- [7]. M. Y. Lukman Nulhakim, Syafrizal, M. I. Subekti, A. I. Tauvana, dan Widodo, "Rancang Bangun Modul Mesin Konversi Energi Bertingkat," vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2024.
- [8]. F. Syukrillah, "Teori Pegas," 2014.
- [9]. L. Inayah, dkk., "Analisis Pengaruh Konstanta Pegas terhadap Panjang Pegas," vol. 5, no. 1, pp. 30–36, 2024.
- [10]. A. Karmana, I. P. Ilyas, dan A. Ramdan, "Analisis Rancangan Poros Spindle Mesin Auto Level Buff Menggunakan Perangkat Lunak CAE," vol. 4, no. 1, pp. 25–38, 2022.
- [11]. Y. Heryadi dan E. Ismanto, "Analisis Kekuatan Bearing Type NU 314, Bearing QJ 314, dan Bearing 22316 pada Mesin Screw Conveyor," vol. 14, no. 1, pp. 1–11, 2024.
- [12]. A. Nugroho dan H. Yudiono, "Design Analysis Pillowblock Strength of Rotogravure Gearbox Uses Catia V5 Software," Jurnal Inovasi Mesin, vol. 6, no. 2, pp. 1–17, 2024.
- [13]. H. Mahmudi, "Analisa Perhitungan Pulley dan V-Belt pada Sistem Transmisi Mesin Pencacah."
- [14]. E. K. Bawan, dkk., "Pemanfaatan Sepeda Statis dan Generator DC," vol. 27, no. 1, pp. 41–52, 2026.
- [15]. A. K. Wijaya, D. Nugroho, dan A. Nugroho, "Analisa Efisiensi Kinerja Generator G-101 pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi," vol. 4, no. 1, pp. 57–67, 2022.
- [16]. D. T. Rafianto Takbiral Fajar, Mesin, F. Vokasi, U. N. Surabaya, P. T. Mesin, F. Vokasi, and U. N. Surabaya, "ANALISIS PUTARAN PULLEY VAN BELT PADA TRANSMISI MESIN BOR TIPE LC-25A DENGAN MOTOR PENGGERAK ½ HP Rafianto Takbiral Fajar Firman Yasa Utama , Arya Mahendra Sakti , Andita Nataria Fitri Ganda Abstrak," pp. 1–7, 2017.

- [17]. E. K. Bawan *et al.*, "PEMANFAATAN SEPEDA STATIS DAN GENERATOR DC," vol. 27, no. 1, pp. 41–52, 2026.
- [18]. A. K. Wijaya, D. Nugroho, and A. Nugroho, "Analisa Efisiensi Kinerja Generator G-101 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi," vol. 4, no. 1, pp. 57–67, 2022.
- [19]. A. B. Pratama, H. A. Tampubolon, E. Putra, D. Boangmanalu, and J. Fan, "Jurnal Inovator Analisis Efisiensi Turbin Pada STG-20 di PLTP XYZ," vol. 7, no. 1, pp. 41–46, 2024.

Pembuatan Alat Pembakar Batok Kelapa Menjadi Arang Pada Media Drum Kapasitas 210 Liter Dengan Kompor Oli Bekas

Sutrisno¹, Adang Saepudin², Alek Buldani³

¹²³Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: sutrisno@stttxmaco.ac.id

Received 04 September 2026 | *Revised* 11 September 2026 | *Accepted* 21 September 2026

ABSTRAK

Limbah pertanian batok kelapa berpotensi tinggi sebagai bahan baku arang berkualitas, namun pembakaran tradisional masih terkendala oleh suhu tidak terkontrol dan kualitas tidak merata. Penelitian ini merancang, membuat, dan menguji alat pembakar batok kelapa ramah lingkungan menggunakan drum bekas berkapasitas 210 liter berbasis kompor oli bekas dan blower DC 12V. Pengujian dilakukan dua kali dengan variasi kecepatan udara blower 5,5 m/s dan 8,8 m/s selama 420 menit pada 10 kg bahan baku. Hasil penelitian menunjukkan temperatur puncak mencapai 208°C pada pengujian I dan 220°C pada pengujian II, dengan rendemen arang sebesar 65% dan 63%. Peningkatan kecepatan udara terbukti mempercepat pemanasan awal serta meningkatkan temperatur puncak. Konsumsi daya blower tercatat 247 Wh dengan pemakaian oli bekas 2.175 ml dan 2.540 ml. Alat ini terbukti sangat efektif menghasilkan arang secara lebih terkontrol dan layak dikembangkan sebagai teknologi sederhana pengolahan limbah batok kelapa.

Kata kunci: Arang Batok Kelapa, Drum 210 Liter, Kompor Oli Bekas, Karbonisasi, Perpindahan Panas

ABSTRACT

Coconut shell agricultural waste holds great potential as a raw material for high-quality charcoal; however, traditional carbonization methods are often hampered by uncontrolled temperatures and inconsistent product quality. This study involved the design, fabrication, and testing of an eco-friendly coconut shell carbonizer utilizing a repurposed 210-liter drum, a waste-oil burner system, and a 12V DC blower. Two test runs were conducted using blower air speeds of 5.5 m/s and 8.8 m/s over a 420-minute period with 10 kg of raw material. The results showed peak temperatures of 208°C in the first test and 220°C in the second, with charcoal yields of 65% and 63%, respectively. Increasing the air speed was found to accelerate the initial heating phase and raise the peak temperature. Blower power consumption was recorded at 247 Wh, with waste oil consumption totaling 2,175 ml and 2,540 ml. The device proved highly effective at producing charcoal under controlled conditions and is a viable candidate for development as a simple technology for processing coconut shell waste.

Keywords: Coconut Shell Charcoal, 210-Liter Drum, Waste Oil Stove, Carbonization, Heat Transfer.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu produsen kelapa terbesar di dunia. Hampir semua bagian kelapa dapat dimanfaatkan, namun batok kelapa sering menjadi limbah yang dibuang atau dibakar tanpa pengendalian. Batok kelapa memiliki nilai kalor 16-20 MJ/kg sehingga sangat potensial sebagai bahan baku arang dan briket [1].

Di wilayah Cipeundeuy, Bandung Barat, tumpukan batok kelapa dari pedagang kelapa muda menjadi pemandangan umum. Limbah ini dibiarkan menumpuk, dibakar terbuka, atau menjadi sumber pencemaran lingkungan [2]. Padahal, batok kelapa dapat diubah menjadi arang yang memiliki nilai ekonomi tinggi.

Arang batok kelapa memiliki keunggulan dibanding arang kayu: panas lebih tinggi, pembakaran lebih lama, dan lebih ramah lingkungan. Arang ini juga digunakan sebagai bahan baku karbon aktif untuk keperluan rumah tangga dan industri [3]. Namun, proses pembuatan arang secara tradisional masih tidak efisien karena menghasilkan asap berlebih, membutuhkan waktu lama, dan menghasilkan kualitas tidak seragam [4].

Penelitian ini merancang alat pembakar batok kelapa menggunakan drum bekas 210 liter dengan kompor oli bekas sebagai sumber panas. Drum dipilih karena mudah didapat dan harganya terjangkau. Oli bekas dipilih karena masih memiliki nilai kalor tinggi sehingga menjadi alternatif bahan bakar murah [16]. Tujuan penelitian ini adalah mengurangi limbah batok kelapa di Cipeundeuy dan memberikan solusi pengolahan limbah yang berkelanjutan dan bernilai ekonomi.

2. METODE

2.1 Karbonisasi Batok Kelapa

Karbonisasi adalah proses pemanasan bahan organik pada suhu tertentu dengan kondisi oksigen terbatas sehingga menghasilkan arang. Suhu karbonisasi batok kelapa berkisar antara 300-600°C. Tahapan prosesnya meliputi pengeringan awal, pemanasan bertahap, pelepasan zat volatil, dan pendinginan [13].

Batok kelapa mengandung karbon 70-80%, lignin, dan serat. Arang batok kelapa yang baik ditandai dengan warna hitam pekat, struktur keras, dan tidak mudah hancur. Kualitas arang ditentukan oleh suhu karbonisasi, lama proses, kadar air bahan baku, dan metode yang digunakan [12].

2.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas pada proses karbonisasi terjadi melalui tiga mekanisme utama [7]:

- Konduksi: perpindahan panas melalui dinding logam drum dari burner ke dalam ruang bakar. Dinyatakan dengan Hukum Fourier: $q = k.A.(dT/dx)$, di mana k adalah konduktivitas termal (W/m.K), A adalah luas penampang (m^2), dan dT/dx adalah gradien suhu [9].
- Konveksi: perpindahan panas melalui aliran udara panas di dalam drum akibat pemanasan burner. Dinyatakan dengan: $q = h.A.(T_s - T_\infty)$, di mana h adalah koefisien konveksi (W/m².K), T_s adalah suhu permukaan, dan T_∞ adalah suhu fluida [7].
- Radiasi: perpindahan panas dari api burner ke drum tanpa medium perantara. Dinyatakan dengan Hukum Stefan-Boltzmann: $q = \sigma.A.T^4$, di mana $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ W/m².K⁴ dan T adalah suhu mutlak (Kelvin) [7].

2.3 Kompor Oli Bekas dan Blower

Kompor oli bekas (burner) memanfaatkan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif. Oli bekas masih memiliki nilai kalor cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai sumber panas yang ekonomis. Pembakaran oli bekas memerlukan desain burner yang tepat agar berlangsung

sempurna dan aman [16]. Blower berfungsi memasok dan mengatur aliran udara (oksigen) ke ruang bakar sehingga proses pembakaran berlangsung optimal [14].

2.4 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Cipeundeuy, Bandung Barat. Tahapan meliputi perancangan, pembuatan alat, dan pengujian performa pembakaran.

2.5 Desain dan Konstruksi Alat

Alat terdiri dari tiga komponen utama: (1) drum bekas 210 liter sebagai ruang karbonisasi, (2) kompor oli bekas dengan blower DC 12V sebagai sumber panas, dan (3) sistem cerobong asap dan thermocouple untuk monitoring suhu. Spesifikasi blower: arus DC, tegangan 12V, daya 35,28W, aliran udara 46 CFM.

Dimensi drum: diameter 58 cm (0,58 m), tinggi 90 cm (0,9 m), luas permukaan selimut silinder $A = \pi \cdot d \cdot h = 1,64 \text{ m}^2$.

2.6 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dua kali dengan parameter berikut:

- Bahan baku: batok kelapa 10 kg per percobaan
- Pengujian I: kecepatan udara blower 5,5 m/s
- Pengujian II: kecepatan udara blower 8,8 m/s
- Durasi: 420 menit (7 jam) per pengujian
- Pengukuran suhu: 3 titik (bawah, tengah, atas) setiap 15 menit
- Parameter: temperatur pembakaran, waktu, daya blower, konsumsi oli bekas, massa arang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ada pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Spesifikasi Alat

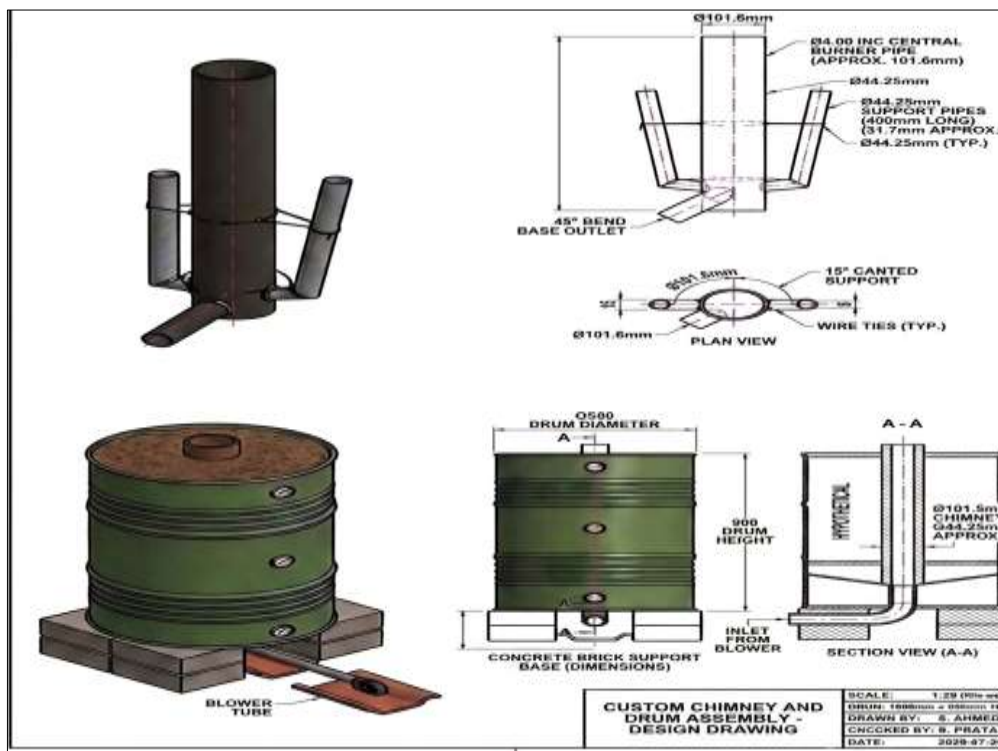
No	Nama Alat	Spesifikasi / Keterangan
1	Drum bekas	Diameter ± 58 cm, tinggi 98 cm, kapasitas 210 L, sebagai ruang pembakaran utama
2	Blower listrik (keong)	DC 12 V, daya 24W,
3	Pipa galvanis	4 inci, sebagai saluran udara dan gas hasil pembakaran
4	Nozzle / burner head	Tempat keluarnya nyala api
5	Thermocouple digital	Mengukur suhu ruang pembakaran (3 titik: atas, tengah, bawah)
6	Multimeter/ wattmeter	Mengukur daya listrik blower
7	Timbangan digital	Menimbang batok kelapa dan arang hasil pembakaran
8	Stopwatch	Mengukur waktu pembakaran

Tabel 2. Spesifikasi Bahan

No	Bahan	Keterangan
1	Batok kelapa	Bahan utama yang diproses menjadi arang, ±10 kg per percobaan
2	Oli bekas	Bahan bakar untuk kompor burner
3	Besi lembaran	Bahan tambahan konstruksi alat
4	Kabel listrik, sakelar, soket	Komponen sistem kelistrikan blower
5	Cat tahan panas	Finishing dan perlindungan permukaan alat

3.2 Desain dan Kontruksi Alat

Alat terdiri dari tiga bagian utama yaitu ruang pembakaran (Drum), blower, dan ruang keluaran panas. Drum berfungsi sebagai reaktor utama tempat batok kelapa dibakar dan dikarbonisasi. Pada bagian bawah drum dipasang lubang ventilasi dan pipa saluran udara yang terhubung ke blower. Blower mengalirkan udara bertekanan ke dalam drum melalui pipa galvanis. Intensitas aliran diatur menggunakan dimmer switch, memungkinkan operator menyesuaikan laju pembakaran sesuai kebutuhan proses. Api yang dihasilkan burner dialirkan melalui nozzle langsung ke zona pemanasan di bawah drum. Cerobong asap dan lubang gas terpasang untuk membuang produk pembakaran dan menjaga sirkulasi udara di dalam ruang bakar.



Gambar 1. Desain Alat Pembakar Batok Kelapa

3.3 Proses Perakitan

Perakitan alat dilakukan secara bertahap mengikuti urutan berikut:

1. Memotong dan melubangi drum sesuai desain.

Pembuatan Alat Pembakar Batok Kelapa Menjadi Arang Pada Media Drum Kapasitas 210 Liter Dengan Kompur Oli Bekas



Gambar 2. Pemotongan drum

2. Memasang pipa cerobong drum.



Gambar 3. Cerobong asap

3. Memasang burner head di bagian bawah drum.
4. Menyambungkan sistem kelistrikan blower dengan sakelar dan kabel.
5. Memasang thermocouple pada tiga titik: atas, tengah, dan bawah drum.
6. Memasang cerobong asap pada bagian tengah drum.

3.4 Tahap Pengujian

3.4.1 Prosedur Pengujian

Pengujian alat dijalankan menggunakan prosedur berikut:

1. Menimbang batok kelapa ± 10 kg per percobaan.



Gambar 4. Proses penimbangan

2. Memasukkan batok kelapa ke dalam drum reaktor.



Gambar 5. Memasukkan batok kelapa ke dalam drum reaktor

3. Menyalakan blower dan menghidupkan pembakaran.



Gambar 6. Menyalakan pembakaran

4. Mengukur suhu pada tiga titik (atas, tengah, bawah) setiap 15 menit.



Gambar 7. Pengukuran suhu

5. Mencatat waktu total pembakaran dan konsumsi oli bekas.



Gambar 8. Tabung oli

6. Mengulangi pengujian dengan variasi kecepatan blower (5,5 m/s dan 8,8 m/s).



Gambar 9. Pengukuran kecepatan angin

3.4.2 Parameter yang Diamati

Variabel yang diukur dan diamati selama pengujian mencakup:

1. Temperatur pembakaran (°C): diukur untuk mengetahui seberapa tinggi panas yang dihasilkan.
2. Waktu pembakaran (menit): waktu dari nyala awal hingga proses karbonisasi selesai.
3. Daya listrik blower (Watt): diukur dengan wattmeter selama pengujian.
4. Efisiensi termal (%): dihitung berdasarkan perbandingan energi panas yang dihasilkan terhadap energi bahan bakar.

3.4.3 Analisis Data

Pengolahan data dilakukan secara kuantitatif dengan metode berikut:

1. Perbandingan suhu terhadap waktu dan kecepatan blower.
2. Perhitungan konsumsi energi listrik:
$$E = P \times t \quad (1)$$
di mana E = energi listrik (Wh), P = daya blower (W), t = waktu pemakaian (jam).
3. Perbandingan efisiensi antar variasi blower.
4. Evaluasi kestabilan api dan emisi asap secara visual.

3.5 Data Temperatur Pengujian I (Kecepatan Udara 5,5 m/s)

Tabel 3 menampilkan sebagian data temperatur pada pengujian I. Temperatur tertinggi tercapai pada titik atas sebesar 208°C pada menit ke-405.

Tabel 3. Data Temperatur Pengujian I (v = 5,5 m/s)

No	Waktu (menit)	T Bawah (°C)	T Tengah (°C)	T Atas (°C)	v Udara (m/s)
1	0	0	0	0	5,5

No	Waktu (menit)	T Bawah (°C)	T Tengah (°C)	T Atas (°C)	v Udara (m/s)
2	15	50	80	85	5,5
3	90	51	92	102	5,5
4	120	62	115	130	5,5
5	165	80	145	165	5,5
6	250	100	149	150	5,5
7	310	100	150	165	5,5
8	370	130	160	160	5,5
9	405	150	200	208	5,5
10	420	160	205	205	5,5

3.6 Data Temperatur Pengujian II (Kecepatan Udara 8,8 m/s)

Tabel 4 menampilkan sebagian data temperatur pada pengujian II. Kenaikan temperatur berlangsung lebih cepat pada menit-menit awal (110°C pada menit ke-60) dan temperatur puncak 220°C tercapai pada menit ke-370.

Tabel 4. Data Temperatur Pengujian II (v = 8,8 m/s)

No	Waktu (menit)	T Bawah (°C)	T Tengah (°C)	T Atas (°C)	v Udara (m/s)
1	0	0	0	0	8,8
2	15	50	78	80	8,8
3	60	72	110	110	8,8
4	120	72	120	130	8,8
5	150	90	178	181	8,8
6	220	128	178	180	8,8
7	280	158	210	200	8,8
8	325	170	190	200	8,8
9	370	185	210	220	8,8
10	420	200	190	200	8,8

3.7 Analisis Perpindahan Panas

Perhitungan perpindahan panas menggunakan geometri drum dengan A = 1,64 m². Suhu lingkungan awal T_∞ = 30°C.

Tabel 5. Ringkasan Perpindahan Panas

Mekanisme	Pengujian I (5,5 m/s)	Pengujian II (8,8 m/s)	Perubahan (%)
Konveksi (W)	5.838,1	6.231,7	+6,7
Radiasi (W)	4.198,1	4.714,2	+12,3
Konduksi (W)*	~7.994.568	~10.946.408	+37,0

*Nilai konduksi besar karena tebal dinding drum hanya 1,2 mm, sehingga tahanan konduksinya sangat kecil. Konveksi dan radiasi adalah faktor pembatas laju perpindahan panas yang sesungguhnya.

Peningkatan kecepatan udara dari 5,5 m/s ke 8,8 m/s meningkatkan suplai oksigen ke ruang bakar. Hal ini meningkatkan konveksi sebesar 6,7% dan radiasi sebesar 12,3%, konsisten dengan teori bahwa kecepatan aliran udara berbanding lurus dengan intensitas pembakaran. Radiasi meningkat lebih signifikan karena berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlak.

3.8 Efisiensi dan Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 6. Perbandingan Efisiensi dan Konsumsi Bahan Bakar

Parameter	Pengujian I	Pengujian II
Massa batok kelapa awal (kg)	10	10
Massa arang matang (kg)	1,5	2,9
Massa belum matang (kg)	5,0	3,4
Rendemen arang (%)	65	63
Temperatur puncak titik atas (°C)	208	220
Lama proses (jam)	7	7
Daya blower (W)	35,28	35,28
Konsumsi energi listrik (Wh)	247,0	247,0
Volume oli bekas awal (ml)	2.200	2.690
Volume oli bekas sisa (ml)	25	150
Volume oli terpakai (ml)	2.175	2.540
Laju konsumsi oli (ml/jam)	310,7	362,9

Rendemen arang pengujian I (65%) sedikit lebih tinggi dari pengujian II (63%). Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan blower yang lebih tinggi menghasilkan temperatur puncak lebih tinggi, namun meningkatkan risiko sebagian batok kelapa terbakar menjadi abu, sehingga menurunkan rendemen sedikit.

Konsumsi oli bekas pada pengujian II (2.540 ml) lebih besar 16,8% dibanding pengujian I (2.175 ml). Ini menunjukkan bahwa kecepatan udara lebih tinggi mendorong pembakaran lebih intensif dengan laju konsumsi bahan bakar lebih besar. Konsumsi energi listrik blower sama pada kedua pengujian yaitu 247 Wh karena daya dan durasi operasi identik.

3.9 Perbandingan Metode Tradisional dan Alat Rancangan

Tabel 7. Perbandingan Metode Pembakaran

Kriteria	Metode Tradisional	Alat Rancangan
Kontrol suhu	Tidak ada	Thermocouple + blower
Keseragaman arang	Tidak merata	Lebih merata
Asap	Berlebih	Terkontrol via cerobong
Kapasitas	Terbatas	10-25 kg per sesi
Durasi proses	Tidak tentu	7 jam terstandar
Kebutuhan operator	Aktif memantau	Minim pemantauan

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji alat pembakar batok kelapa menggunakan drum bekas 210 liter dengan kompor oli bekas dan blower DC 12V. Berikut kesimpulan utama:

1. Alat berhasil menghasilkan arang dari batok kelapa dengan rendemen 65% (pengujian I, 5,5 m/s) dan 63% (pengujian II, 8,8 m/s). Temperatur puncak masing-masing 208°C dan 220°C.
2. Peningkatan kecepatan udara blower dari 5,5 m/s ke 8,8 m/s meningkatkan temperatur puncak sebesar 12°C dan mempercepat pemanasan awal, namun menurunkan rendemen arang 2% dan meningkatkan konsumsi oli bekas 16,8%.
3. Perpindahan panas konveksi meningkat 6,7% dan radiasi meningkat 12,3% saat kecepatan udara dinaikkan, konsisten dengan teori perpindahan panas.

4. Konsumsi energi listrik blower 247 Wh (0,247 kWh) per sesi dengan biaya sangat rendah, menjadikan alat ini ekonomis untuk skala kecil menengah.
5. Alat ini layak dikembangkan sebagai teknologi sederhana pengolah limbah batok kelapa menjadi produk bernilai ekonomi sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1]. S. Ahmad et al., "Sosialisasi pemanfaatan limbah batok kelapa menjadi bahan bakar briket di desa lapa laok kecamatan dungkek kabupaten sumenep," vol. 4, no. 2, pp. 1642-1647, 2023.
- [2]. P. Briket, "J.A.I: Jurnal Abdimas Indonesia," pp. 1863-1870, 2024.
- [3]. A. Winarto, "Analisis Kualitas Nilai Kalor Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Variasi Bahan Perekat," vol. 4, no. 1, pp. 208-213, 2025.
- [4]. J. T. Kimia and P. N. Malang, "Pengaruh jumlah massa umpan sekam padi terhadap kualitas asap cair pada proses pirolisis," vol. 8, no. 9, pp. 559-566, 2022.
- [5]. R. F. Naryanto, "Journal of Mechanical Engineering Learning," vol. 3, no. 2, pp. 86-93, 2014.
- [6]. A. M. Taga, B. V. Tarigan, and U. N. Cendana, "Analisis Perpindahan Panas pada Alat Pengering Daun Kelor Sistem Rotary," pp. 977-984.
- [7]. M. Haerudin, T. C. Wahyudi, and K. Ridhuan, "Pengaruh Jumlah Lubang Burner Dan Kecepatan Udara Pada Kompor Oli Bekas Terhadap Unjuk Kerja Pembakaran," vol. 13, no. 01, 2024.
- [8]. U. Sampah and O. Menggunakan, "Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)," 2020.
- [9]. A. Hidayat, A. Akhyan, and F. A. Irdam, "Karakterisasi Kinerja Termal Briket Tempurung Kelapa melalui Pengujian Kadar Air, Nilai Kalor," vol. 07, no. 01, pp. 107-115, 2026.
- [10]. P. Dari, S. Kayu, A. Rohman, and N. A. Mufarida, "Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis Terhadap Komposisi Uji," vol. 3, no. 1, pp. 413-422, 2024.
- [11]. Y. B. Yokasing et al., "Al Jazari Inovasi Tungku Kayu Yang Dilengkapi Blower Sebagai Penyuplai Oksigen Bertekanan," vol. 8, pp. 20-26, 2023.
- [12]. M. S. Cahyono et al., "Proses Pirolisis Sampah Plastik dalam Rotary Drum Reactor dengan Variasi Laju Kenaikan Suhu," vol. 3, no. 2502, pp. 63-68, 2020.

- [13]. A. Pratama, Y. W. Atmojo, and G. W. Ramadhan, "Rancang Bangun Kompur (Burner) Berbahan Bakar Oli Bekas," vol. 19, no. September, pp. 95-103, 2020.

Analisis Efektivitas Penurunan Suhu Dinamo Motor Listrik pada Ruang Tertutup dengan Menggunakan Exhaust Fan

Sutrisno¹, Adang Saepudin², Richard Al Rais Ihsan³

¹²³Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia

Email: sutrisno@stttxmaco.ac.id

Received 03 September 2026 | Revised 09 September 2026 | Accepted 24 September 2026

ABSTRAK

Pengoperasian motor listrik secara terus-menerus menghasilkan akumulasi panas yang berpotensi merusak isolasi kumparan serta memperpendek umur pakai komponen. Penelitian eksperimental ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pengaplikasian exhaust fan dalam menurunkan suhu dinamo motor listrik pada ruang tertutup. Pengujian dilakukan menggunakan motor induksi satu fasa ADK YL-63B-4 dan exhaust fan Maspion MV-250NEX pada kondisi ruang terbuka serta ruang tertutup bervolume 0,606 m³. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengaplikasian exhaust fan pada ruang terbuka berhasil menurunkan suhu motor dari 55,9°C menjadi 46,6°C (16,64%). Sementara itu, pada ruang tertutup, suhu puncak motor yang mencapai 97,1°C dapat diturunkan secara drastis menjadi 52,3°C (46,14%) hanya dalam kurun waktu satu menit saja. Laju perpindahan panas pun meningkat signifikan mencapai 177,83 W pada area ruang tertutup. Kesimpulannya, penggunaan exhaust fan terbukti sangat efektif menurunkan suhu operasional motor listrik secara optimal, dengan tingkat efektivitas tertinggi berada pada ruang tertutup.

Kata kunci: Exhaust Fan, Motor Listrik, Suhu, Konveksi Paksa, Ventilasi

ABSTRACT

Continuous operation of an electric motor generates heat accumulation that can potentially damage winding insulation and shorten component lifespan. This experimental study aims to analyze the effectiveness of using an exhaust fan to lower the temperature of an electric motor within an enclosed space. Testing was conducted using an ADK YL-63B-4 single-phase induction motor and a Maspion MV-250NEX exhaust fan in both open-air conditions and an enclosed space with a volume of 0.606 m³. The results indicate that using the exhaust fan in an open area successfully reduced the motor temperature from 55.9°C to 46.6°C (a 16.64% reduction). Meanwhile, in the enclosed space, the peak motor temperature—which reached 97.1°C—was drastically reduced to 52.3°C (a 46.14% reduction) in just one minute. The rate of heat transfer also increased significantly, reaching 177.83 W within the enclosed space. In conclusion, the use of an exhaust fan proved highly effective in optimally lowering the electric motor's operating temperature, with the highest level of effectiveness observed in the enclosed space.

Keywords: exhaust fan, electric motor, temperature, forced convection, ventilation

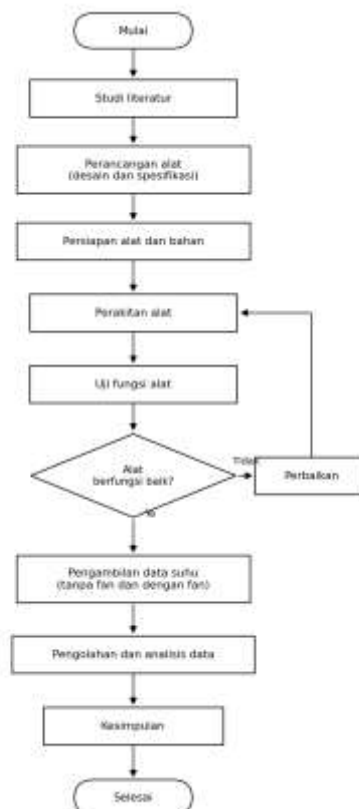
1. PENDAHULUAN

Motor listrik menjadi penggerak utama beragam peralatan di industri maupun rumah tangga. Motor listrik merupakan peralatan dengan konsumsi energi terbesar di dunia industri [1]. Namun setiap motor yang bekerja selalu membangkitkan panas, karena tidak seluruh energi listrik berubah menjadi putaran. Sebagian energi hilang sebagai rugi tembaga, rugi besi, dan rugi mekanis yang seluruhnya menjadi panas [2]. Panas berlebih menjadi penyebab utama kerusakan motor. Kelebihan beban membuat arus naik sehingga gulungan mengalami overheat dan terbakar [3]. Suhu tinggi juga mempercepat kerusakan kumparan [4]. Bukti dari lapangan menunjukkan kerusakan motor akibat arus lebih dan kelebihan panas terjadi lintas sektor, termasuk pada permesinan kapal [5]. Komponen dengan risiko kegagalan tertinggi adalah belitan stator, terminal box, dan bearing [6]. Persoalan bertambah berat ketika motor berada pada ruang tertutup tanpa ventilasi, karena panas terperangkap dan tidak dapat keluar secara alami, sehingga downtime produksi pun tak terhindarkan [7].

Metode pendinginan cair seperti water jacket terbukti menyerap panas, tetapi rumit dan mahal untuk skala bengkel kecil [1]. Pendinginan udara paksa dengan kipas telah berhasil pada generator [8] dan panel listrik [9], serta exhaust fan terbukti memperbaiki kualitas udara ruangan [10]. Namun belum ada yang mengukur langsung penurunan suhu motor listrik akibat exhaust fan. Penelitian ini mengisi kekosongan tersebut dengan merancang sistem pendingin exhaust fan pada motor listrik lalu menganalisis penurunan suhunya secara kuantitatif.

2. METODE

Tahapan penelitian mengikuti diagram alir di bawah ini. Sebelum data diambil, alat lebih dulu melewati pengujian fungsi; apabila kinerjanya belum baik, perbaikan dan perakitan ulang dilakukan sampai alat benar-benar siap dipakai.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Penelitian menggunakan metode eksperimen. Objek uji adalah motor induksi satu fasa ADK YL-63B-4 (0,18 kW, 220 V, 1340 rpm, kelas isolasi F) dan exhaust fan Maspion MV-250NEX (diameter 10 inci, 30 W, debit 860 m³/jam). Suhu diukur dengan termometer digital termokopel tipe K TM-902C pada titik tetap di tengah bodi motor. Studi eksperimen konveksi paksa menunjukkan koefisien perpindahan panas meningkat seiring bertambahnya kecepatan aliran udara [11]. Jarak exhaust fan ke motor ditetapkan 25 cm dengan sumbu fan sejajar sumbu poros motor. Pengujian dilakukan dua tahap: ruang terbuka selama 20 menit dengan pencatatan tiap 5 menit, dan ruang tertutup memakai kardus berdimensi 98×63×98 cm (volume 0,606 m³) dengan sisi belakang fan terbuka sebagai jalur buang udara.

Laju perpindahan panas dihitung dengan hukum pendinginan Newton [12], seperti ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$Q = h \times A \times \Delta T \quad (1)$$

Luas permukaan motor didekati sebagai silinder, $A = (\pi DL) + 2(\pi D^2/4) = 0,2049 \text{ m}^2$. Persentase penurunan suhu dihitung dengan Persamaan (2) [13].

$$\% = ((T_1 - T_2) / T_1) \times 100\% \quad (2)$$

Nilai koefisien perpindahan panas konveksi (h) merujuk pada literatur, yaitu $h = 10 \text{ W/m}^2\text{°C}$ untuk konveksi alami udara dan $h = 35 \text{ W/m}^2\text{°C}$ untuk konveksi paksa exhaust fan [13], [14].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu alat perkakas untuk fabrikasi/perakitan rangka serta instrumen pengukuran dan pengumpulan data. Pada proses fabrikasi dan perakitan, gergaji besi digunakan untuk memotong profil besi siku sesuai dimensi yang dirancang. Bagian tepi besi bekas pemotongan selanjutnya dihaluskan menggunakan kikir untuk menghilangkan bagian tajam. Pembuatan lubang baut tambahan pada rangka dilakukan menggunakan bor tangan, sedangkan proses perakitan dan pengencangan baut rangka menggunakan set obeng dan kunci pas. Untuk keperluan pengukuran dan pengambilan data eksperimen, meteran digunakan untuk mengukur dimensi motor listrik serta menentukan presisi jarak pemasangan fan. Pengukuran perubahan suhu permukaan motor listrik secara kontinu dan akurat menggunakan termometer digital termokopel tipe K (TM-902C). Sementara itu, durasi waktu operasional pengujian dan penentuan interval waktu pencatatan data diatur menggunakan stopwatch pada ponsel.

Tabel 1. Spesifikasi Alat

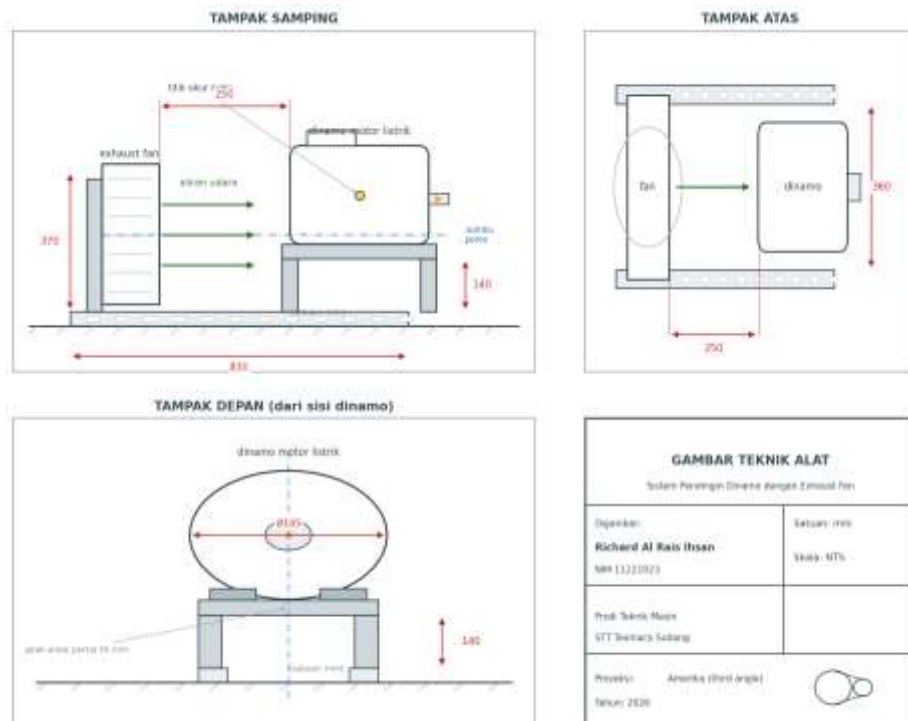
No	Nama Alat	Fungsi
1	Gergaji besi	Memotong besi siku sesuai ukuran
2	Bor tangan	Membuat lubang baut tambahan bila diperlukan
3	Kikir	Menghaluskan sisi besi bekas potongan
4	Termometer digital termokopel tipe K (TM-902C)	Mengukur suhu permukaan motor
5	Meteran	Mengukur dimensi motor dan jarak pemasangan fan

No	Nama Alat	Fungsi
6	Stopwatch (ponsel)	Mengukur durasi operasi dan interval pencatatan
7	Obeng dan kunci pas	Memasang dan mengencangkan baut rangka

Tabel 2. Spesifikasi Bahan

No	Bahan	Spesifikasi
1	Motor listrik satu fasa	1/4 HP (± 180 W), 220 V, 50 Hz, 4 pole, ± 1400 rpm, kelas isolasi F
2	Exhaust fan dinding	Maspion MV-250NEX, diameter 10 inci (25 cm), 220 V, 30 W, debit udara 860 m ³ /jam, 1052 rpm
3	Besi siku lubang	Profil 38 × 38 mm, tebal 2 mm, panjang 100 cm, untuk rangka dudukan fan
4	Plat siku L	5 × 5 cm, tebal 2 mm, penguat sudut rangka
5	Kabel listrik + steker + saklar	220 V, panjang 1,8 m, untuk catu daya exhaust fan
6	Baut dan mur	Ukuran kunci 12/13, pengikat rangka dan fan

Wujud rancangan alat dituangkan ke dalam gambar teknik bertiga pandangan, meliputi tampak samping, tampak atas, dan tampak depan. Dimensi-dimensi utama alat ditampilkan dalam satuan milimeter pada gambar tersebut, mencakup jarak exhaust fan ke dinamo, tinggi dudukan dinamo, tinggi fan, serta diameter bodi dinamo.



Gambar 2. Gambar Teknik Alat Pendingin Dinamo Motor Listrik

Alat berhasil dirakit menggunakan rangka besi siku lubang dengan sambungan baut tanpa pengelasan. Motor, exhaust fan, dan termometer tersusun pada satu rangka dengan jarak dan posisi yang tetap, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



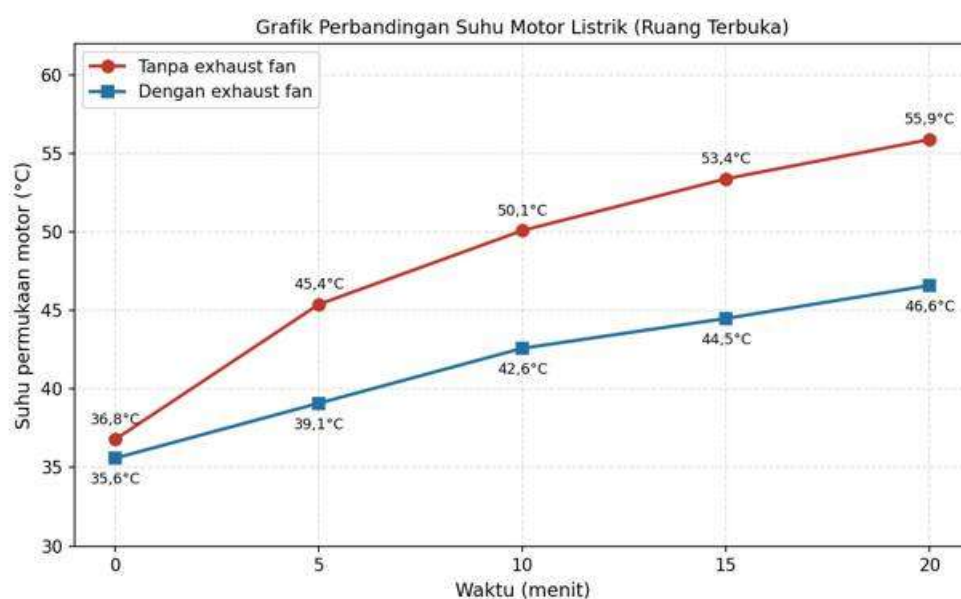
Gambar 3. Alat Pendingin Motor Listrik

3.1 Pengujian Ruang Terbuka

Tanggal 20 Juli 2026, pukul 17.00 sampai 18.00 WIB, menjadi waktu pelaksanaan pengujian ruang terbuka. Pengujian mencakup dua sesi yang masing-masing berlangsung 20 menit: sesi pertama motor bekerja tanpa exhaust fan, sesi kedua motor bekerja dengan exhaust fan. Setiap 5 menit, suhu permukaan motor dibaca pada titik tetap di tengah bodi memakai termokopel TM-902C. Hasil pengujian ruang terbuka disajikan pada Tabel 1.

Tabel 3. Data Suhu Ruang Terbuka (°C)

Waktu (menit)	Suhu Ruang (°C)	Tanpa Fan (°C)	Dengan Fan (°C)	Selisih (°C)	Keterangan
0 (awal)	36,8 / 35,6	36,8	35,6	1,2	Suhu awal (motor belum menyala)
5	—	45,4	39,1	6,3	—
10	—	50,1	42,6	7,5	—
15	—	53,4	44,5	8,9	—
20	—	55,9	46,6	9,3	Suhu akhir pengujian



Gambar 4. Grafik Suhu Ruang Terbuka

Tabel 1 memperlihatkan suhu motor tanpa exhaust fan, suhu motor naik dari 36,8°C menjadi 55,9°C. Dengan exhaust fan, suhu hanya naik dari 35,6°C menjadi 46,6°C. Penurunan suhu akhir mencapai 9,3°C atau 16,64%. Kenaikan suhu ditekan dari 19,1°C menjadi 11,0°C, setara reduksi kenaikan 42,41%.

3.2 Pengujian Ruang Tertutup

Motor dioperasikan tiga jam dalam ruang tertutup tanpa ventilasi hingga suhu mencapai 97,1°C, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Setelah exhaust fan dinyalakan, suhu turun menjadi 52,3°C hanya dalam satu menit, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 5. Suhu Maksimal 97,1°C

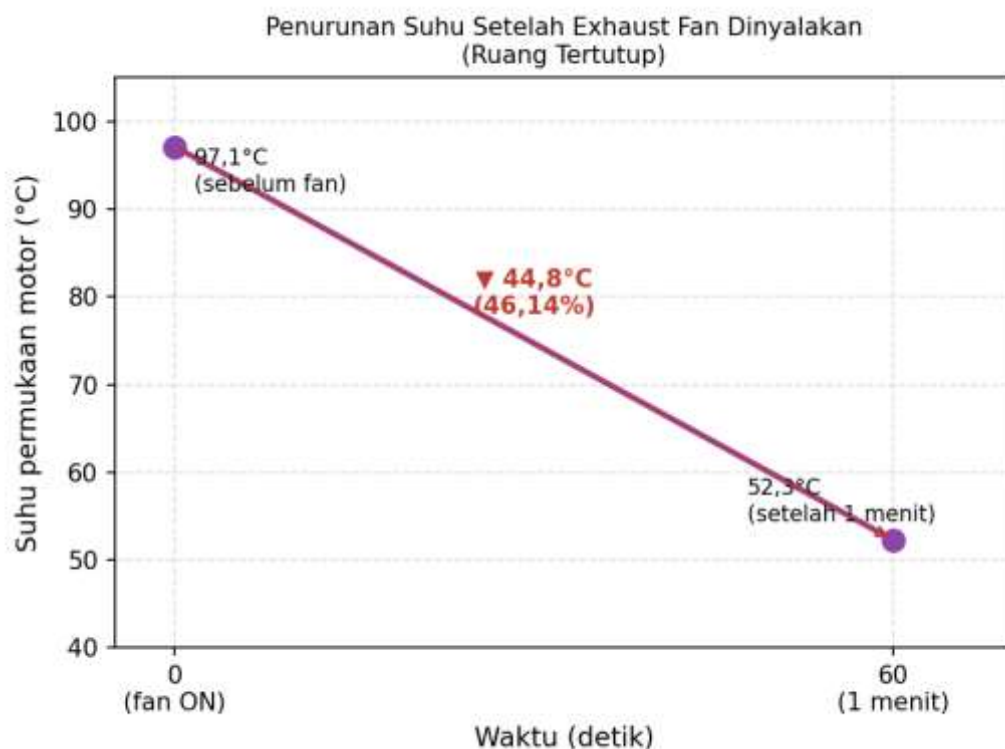


Gambar 6. Suhu Setelah Fan Dinyalakan 52,3°C

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Suhu Motor Listrik pada Ruang Tertutup

Kondisi	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Keterangan
Tanpa exhaust fan	27,5	97,1	Motor beroperasi 3 jam dalam ruang tertutup kardus (98×63×98 cm)

Kondisi	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Keterangan
Dengan exhaust fan	97,1	52,3	Exhaust fan dinyalakan; pengukuran setelah 1 menit



Gambar 7. Grafik Penurunan Suhu Motor pada Ruang Tertutup Setelah Exhaust Fan Dinyalakan

Penurunan pada ruang tertutup mencapai 44,8°C atau 46,14%, jauh lebih besar daripada ruang terbuka. Hal ini karena pada ruang tertutup exhaust fan bekerja sesuai fungsi aslinya, yaitu menghisap udara panas dari dalam ruang dan membuangnya keluar. Kondisi ini selaras dengan prinsip degradasi isolasi akibat paparan suhu tinggi yang terus-menerus [16].

3.3 Laju Perpindahan Panas dan Laju Pergantian Udara

Pada ruang terbuka, laju perpindahan panas meningkat dari 39,13 W tanpa fan menjadi 78,88 W dengan fan. Pada ruang tertutup laju perpindahan panas mencapai 177,83 W. Laju pergantian udara exhaust fan sebesar 1.421 kali per jam, jauh melampaui standar ventilasi industri 6–30 kali per jam [15]. Standar tata udara nasional menetapkan laju pergantian udara yang memadai demi menjaga suhu dan kualitas udara tetap aman bagi peralatan [17].

Suhu maksimal 97,1°C masih berada di bawah batas kelas isolasi F sebesar 155°C, sehingga motor tidak rusak. Hasil ini sesuai teori konveksi paksa bahwa aliran udara meningkatkan koefisien perpindahan panas [14], sehingga pembuangan panas dari permukaan motor menjadi lebih cepat.

3.4 Perbandingan Hasil Pengujian Ruang Terbuka dan Tertutup

Tabel 5. Rekapitulasi Perbandingan Hasil Pengujian

Parameter	Ruang Terbuka	Ruang Tertutup	Satuan
Suhu awal / suhu maksimal	55,9	97,1	°C

Parameter	Ruang Terbuka	Ruang Tertutup	Satuan
Suhu akhir dengan fan	46,6	52,3	°C
Penurunan suhu	9,3	44,8	°C
Persentase penurunan	16,64	46,14	%
Durasi pengujian	20 menit	1 menit	—
Laju perpindahan panas (Q)	78,88	177,83	Watt

Jurang yang lebar antara persentase penurunan suhu ruang terbuka (16,64%) dan ruang tertutup (46,14%) menjelaskan lewat dua mekanisme. Mekanisme pertama: panas di ruang tertutup tidak menemukan jalan keluar secara alami sehingga akumulasinya jauh lebih tinggi; begitu exhaust fan menyala, gradien suhu (ΔT) antara motor dan udara pun jauh lebih besar, dan nilai $Q = h \times A \times \Delta T$ ikut membesar. Mekanisme kedua: di ruang tertutup exhaust fan justru menjalankan fungsi aslinya, yakni menyedot udara panas dari dalam ruang lalu membuangnya keluar, sehingga keefektifannya mencapai titik maksimal.

4. KESIMPULAN

Bertolak dari keseluruhan proses perancangan, pembuatan alat, dan pengujian yang telah dijalankan, kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Keefektifan exhaust fan Maspion MV-250NEX dalam menurunkan suhu permukaan motor listrik ADK YL-63B-4 terbukti. Sepanjang 20 menit pengujian ruang terbuka, suhu akhir motor dengan exhaust fan tercatat 46,6°C berbanding 55,9°C tanpa exhaust fan, atau turun sebesar 9,3°C (16,64%).
2. Di ruang tertutup, hanya dalam 1 menit sejak dinyalakan, exhaust fan sanggup memangkas suhu motor dari 97,1°C menjadi 52,3°C, setara persentase penurunan 46,14%. Keefektifan yang jauh lebih tinggi pada ruang tertutup bersumber dari bekerjanya exhaust fan sesuai fungsi aslinya, yakni menyedot dan membuang udara panas dari dalam ruang, dengan laju pergantian udara mencapai 1.421 kali per jam.
3. Laju perpindahan panas konveksi paksa exhaust fan pada ruang terbuka mencapai 78,88 W, dua kali lipat dibanding kondisi tanpa fan (39,13 W); pada ruang tertutup nilainya menembus 177,83 W, yang membuktikan kemampuan exhaust fan mengangkut kalor secara sangat efisien.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Ekayuliana and Irwandi, 'Rancang Bangun Sistem Pendingin Motor Listrik Menggunakan Water Jacket Lilitan Pipa Pipih,' in Prosiding Seminar Nasional NCIET, vol. 1, pp. B59–B66, 2020. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/88547749>
- [2] Z. Anthony, Mesin Listrik Arus Bolak Balik, Edisi revisi. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2019. [Online]. Available: <https://lib.atim.ac.id/opac/detail-opac?id=913>
- [3] R. A. Kusuma, 'Analisa Penyebab Terbakarnya Motor Induksi Tiga Fasa dengan Menggunakan Simulasi MATLAB,' Jurnal Kajian Teknik Elektro, vol. 7, no. 2, 2022. [Online]. Available: <https://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/JKTE/article/view/6448>

- [4] N. Naibaho, 'Analisis Suhu Motor Listrik 3 Fasa dengan Sensor FT-H50,' Jurnal Elektro, vol. 11, no. 1, pp. 94–105, 2023. [Online]. Available: <https://repository.unkris.ac.id/id/eprint/851/>
- [5] A. Hendrawan, Siswadi, Supari, and R. A. A. Al Khomsi, 'Penyebab Kerusakan Electro Motor Oil Max Pump pada Mesin Induk di KM. Dharma Kartika IX,' Saintara: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim, vol. 5, no. 2, 2021. <https://doi.org/10.52488/saintara.v5i2.104>
- [6] Nurcahyo et al., 'Mengidentifikasi Kerusakan Motor Listrik 3 Fasa dengan Metode Failure Mode and Effects Analysis,' Jambura Industrial Review (JIREV), 2023. [Online]. Available: <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/JIRev/article/view/24772>
- [7] N. Evalina, J. Susilo, and A. Amiruddin, 'Perancangan Sistem Monitoring Suhu dan Getaran pada Bearing Motor Induksi Berbasis HMI,' RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, vol. 6, no. 2, pp. 135–139, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/17197>
- [8] T. M. Amin, U. Situmeang, and A. Tanjung, 'Analisis Kinerja Cooling Fan terhadap Temperatur Air untuk Meningkatkan Kinerja Generator di PLTG Balai Pungut,' SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri, vol. 7, no. 2, pp. 25–32, 2023. [Online]. Available: <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/article/view/10767>
- [9] I. D. G. D. Pranata et al., 'Sistem Pendingin Otomatis dan Monitoring Suhu pada Panel Box Recloser Menggunakan Sensor MLX90614 Berbasis ESP8266,' SMATIKA: STIKI Informatika Jurnal, vol. 12, no. 1, pp. 17–26, 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.ubhinus.ac.id/index.php/SMATIKA/article/download/667/457>
- [10] R. Irfani, A. A. Rahmanto, and M. E. Gazazanata, 'Rancang Bangun Sistem Exhaust Fan Otomatis Berbasis Sensor DHT11 dan Mikrokontroler ESP32 untuk Peningkatan Kualitas Udara di Smoking Area,' Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material, 2025. [Online]. Available: https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal_ENGINE/article/view/2161
- [11] Derry, Danial, and Lubis, 'Studi Eksperimen Perpindahan Panas Konveksi Paksa pada Pipa Stainless,' Jurnal Teknik Mesin Universitas Tanjungpura, vol. 3, no. 1, pp. 52–55, 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtm/article/download/51391/75676591511>
- [12] F. M. Dewadi et al., Perpindahan Panas [Ebook]. Bandung: Indie Press, 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/370553074_Perpindahan_Panas
- [13] A. Mursadin and R. Subagyo, Perpindahan Panas I (Bahan Ajar HMKK 453) [Ebook]. Banjarbaru: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat, 2016. [Online]. Available: https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/bahan/Perpindahan_Panas_1_full.pdf
- [14] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, and A. S. Lavine, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 6th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.
- [15] ASHRAE, ASHRAE Handbook: HVAC Applications. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019.

- [16] M. Wahyudi, 'Evaluasi Degradasi Isolasi Motor Induksi,' JNTETI (Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi), vol. 8, no. 1, 2019. [Online]. Available: <https://journal.ugm.ac.id/v3/JNTETI/article/download/2621/742>
- [17] Badan Standardisasi Nasional, Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung (SNI 03-6572-2001). Jakarta: BSN, 2001.

Kiosk Pelayanan Desa Terintegrasi Web NFC untuk Transparansi Kinerja

Aang Samsudin¹

¹Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email : aangsamsudin93@gmail.com

Received 29 Agustus 2026 | *Revised* 07 September 2026 | *Accepted* 21 September 2026

ABSTRAK

Permasalahan utama pelayanan publik di tingkat desa adalah tingginya hambatan administratif, seperti antrean panjang konvensional, keterbatasan jam operasional kantor desa, serta minimnya transparansi alur berkas untuk dokumen esensial seperti surat pengantar dan SKTM. Kondisi ini memicu ketidaknyamanan warga dan persepsi negatif terhadap birokrasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini membangun sistem Kios Layanan Desa mandiri berbasis digital menggunakan metode pengembangan *prototyping*. Tahapan metode ini meliputi pengumpulan kebutuhan, perancangan sistem, pembangunan prototipe, evaluasi, dan pengkodean sistem. Berdasarkan hasil pengujian *black-box* terhadap 22 skenario fungsionalitas, antarmuka dan sistem kios menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 95,5% dengan waktu tanggap cepat berkisar antara 0,1 hingga 0,6 detik. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem ini bisa diandalkan, sangat responsif, dan efektif memangkas hambatan layanan konvensional. Kehadiran sistem ini mampu meningkatkan transparansi sekaligus kualitas pelayanan publik secara mandiri.

Kata Kunci: Kiosk, Metode *Prototyping*, NFC, Pengujian *Black-Box*, Desa.

ABSTRACT

The primary challenge regarding public services at the village level is the prevalence of administrative hurdles, such as long, traditional queues, limited village office operating hours, and a lack of transparency regarding the processing status of essential documents like referral letters and Certificates of Incapacity (SKTM). These conditions cause resident dissatisfaction and foster negative perceptions of the bureaucracy. To address these issues, this study developed a digital, self-service Village Service Kiosk using the prototyping development method. The method involved requirements gathering, system design, prototype construction, evaluation, and system coding. Black-box testing across 22 functional scenarios demonstrated a 95.5% success rate for the kiosk interface and system, with rapid response times ranging from 0.1 to 0.6 seconds. The test results confirm that the system is reliable, highly responsive, and effective in eliminating the barriers associated with conventional service methods. The implementation of this system enhances both transparency and the quality of self-service public administration.

Keywords: Kiosk, Prototyping Method, NFC, Black-Box Testing, village.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi menuntut sektor pelayanan publik, termasuk pemerintahan tingkat desa, untuk melakukan transformasi digital guna mewujudkan tata kelola pemerintahan yang baik (*good governance*) [1]. Pemerintah desa sebagai lini terdepan birokrasi pemerintahan memiliki tanggung jawab besar dalam memberikan pelayanan administrasi yang cepat, akurat, dan transparan kepada masyarakat [2]. Namun, pada praktiknya, implementasi pelayanan publik di tingkat lokal sering kali masih menghadapi berbagai kendala operasional yang berdampak langsung pada tingkat kepuasan warga [3].

Berdasarkan studi pendahuluan dan observasi langsung di Desa XYZ, permasalahan utama yang dihadapi masyarakat adalah tingginya hambatan dalam pengurusan surat-surat administrasi kependudukan. Layanan konvensional yang masih bersifat manual (*face-to-face*) menyebabkan warga sering kali harus mengantre dalam waktu yang lama, menemui kendala keterbatasan jam operasional kantor desa, serta minimnya kejelasan informasi mengenai alur dan status penyelesaian berkas [4]. Kondisi ini tidak hanya memicu ketidaknyamanan bagi masyarakat yang ingin mengurus dokumen esensial seperti surat pengantar, surat keterangan domisili, hingga Surat Keterangan Tidak Mampu (SKTM) tetapi juga menciptakan persepsi kurang baik terhadap transparansi birokrasi desa [5]. Sejalan dengan hal tersebut, penerapan sistem berbasis mandiri (*self-service kiosk*) terbukti efektif dalam memangkas birokrasi yang panjang serta mempercepat akses informasi bagi masyarakat luas [6].

Selain permasalahan pada sisi pelayanan publik, aspek tata kelola kepegawaian internal di Kantor Desa XYZ juga menghadapi tantangan serius, khususnya terkait validitas dan akuntabilitas sistem presensi aparatur desa. Ditemukan adanya permasalahan berupa anomali daftar hadir, seperti potensi manipulasi jam kehadiran, presensi fiktif, atau lemahnya pengawasan kedisiplinan kerja pegawai. Anomali daftar hadir ini secara langsung berdampak pada penurunan produktivitas kerja aparatur, yang kemudian berimbas pada lambatnya penyelesaian pelayanan administrasi bagi warga [7]. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah mekanisme pencatatan kehadiran yang objektif, transparan, dan terintegrasi untuk meminimalisir celah kecurangan serta meningkatkan kedisiplinan pegawai instansi pemerintahan [8].

Sebagai solusi komprehensif atas permasalahan ganda tersebut, pemanfaatan teknologi Anjungan Pelayanan Mandiri (*Kiosk*) interaktif menjadi inovasi strategis yang dapat menjembatani kebutuhan warga sekaligus mengontrol kinerja internal [9]. Untuk mengoptimalkan fungsi kepegawaian pada sistem tersebut, teknologi identifikasi nirkabel modern seperti Web NFC API (*Near Field Communication*) dapat diintegrasikan sebagai media otentikasi kehadiran aparatur desa secara *real-time* dan akurat [10]. Melalui pemanfaatan protokol komunikasi berbasis API (*Application Programming Interface*), data presensi pegawai dapat disinkronkan langsung dengan sistem pusat yang juga menampilkan indikator kinerja serta transparansi layanan publik bagi masyarakat.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi aplikatif dalam meningkatkan kualitas pelayanan administratif warga sekaligus mewujudkan akuntabilitas dan keterbukaan informasi kinerja aparatur pemerintah desa.

2. METODE

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pemanfaatan teknologi untuk efisiensi pelayanan publik dan tata kelola instansi pemerintahan telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya, yang menjadi

landasan sekaligus pembeda bagi penelitian ini. Hidayat dan Kurniawan mengembangkan anjungan pelayanan mandiri (kiosk) berbasis layar sentuh untuk mempercepat pengurusan administrasi kependudukan dan surat pengantar warga secara mandiri[11]. Penelitian tersebut membuktikan bahwa penggunaan kiosk efektif memangkas waktu tunggu masyarakat di kantor desa, namun sistem yang dibangun masih bersifat mandiri (standalone) dan belum mencakup modul manajemen internal aparatur desa. Dalam ranah internal instansi, Mahendra dan Puspitasari menerapkan teknologi identifikasi nirkabel berbasis NFC dan RFID yang terhubung dengan Web API untuk sistem otentikasi kepegawaian[12].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencatatan kehadiran digital mampu meminimalisir kecurangan presensi manual. Namun, sistem tersebut terbatas hanya sebagai alat absensi internal kantor tanpa keterhubungan dengan layanan publik. Sejalan dengan itu, Setiawan dan Hakim menganalisis penanggulangan anomali daftar hadir di instansi pemerintahan lokal menggunakan perangkat nirkabel[13]. Meski berhasil mereduksi manipulasi data kehadiran, rekapitulasi data tersebut bersifat tertutup (*internal-use only*) sehingga tidak dapat diakses secara transparan oleh masyarakat luas. Dari sisi arsitektur sistem, Kusuma dan Prasetyo merancang arsitektur komunikasi data berbasis RESTful API pada mesin kiosk untuk menyinkronkan data pelayanan desa secara real-time dengan basis data pusat[14]. Implementasi tersebut berhasil menjaga stabilitas pertukaran data, meskipun fungsi sistem masih berfokus eksklusif pada layanan surat-menyurat tanpa mengintegrasikan pengawasan kinerja pegawai. Terkait evaluasi pengalaman pengguna, Wibowo et al. meneliti tingkat usability pada anjungan mandiri pedesaan menggunakan model DeLone and McLean, dan menyimpulkan bahwa kemudahan antarmuka sangat menentukan tingkat adopsi teknologi oleh warga desa, kendati aspek integrasi data kepegawaian belum menjadi fokus dalam evaluasi mereka[15].

Berdasarkan telaah pustaka di atas, terlihat adanya celah riset (*research gap*) berupa pemisahan fungsi antara sistem pelayanan warga dan sistem kepegawaian internal. Penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan menggabungkan fungsi layanan mandiri warga dan sistem presensi kepegawaian berbasis Web NFC API ke dalam satu ekosistem Kiosk terpadu yang turut menyajikan transparansi kinerja aparatur kepada masyarakat di Desa XYZ.

2.2 Metode Pendekatan Sistem

Object-Oriented Programming (OOP) diterapkan pada penelitian ini karena pendekatannya berfokus pada pada objek-objek yang saling terhubung dan dikelompokkan dalam satu unit yang dikenal sebagai class.

2.3 Metode Pengembangan Sistem

Dalam pengembangan Sistem Kiosk Pelayanan Mandiri Terintegrasi Web NFC API untuk Transparansi Kinerja Kepegawaian dan Layanan Desa, penelitian ini menggunakan Metode Prototype (Prototyping Model). Pendekatan ini dipilih karena sifatnya yang iteratif dan dinamis, sehingga memungkinkan pengembang untuk menerjemahkan kebutuhan pengguna (perangkat desa dan masyarakat) secara akurat ke dalam bentuk model sistem nyata yang dapat dievaluasi secara berkala.



Gambar 1. Metode Prototype

Tahapan prototype pada penelitian ini sebagai berikut:

a. Communication and Quick Plan

Pada tahap awal, dilakukan analisis mendalam terhadap alur pelayanan administrasi desa yang sedang berjalan serta sistem pencatatan kinerja pegawai. Peneliti mengidentifikasi hambatan utama seperti lambatnya proses antrean layanan dan minimnya transparansi kinerja staf desa. Dari analisis ini, dirumuskan kebutuhan fungsional sistem, termasuk integrasi perangkat keras pembaca kartu identitas menggunakan *Web NFC API* untuk autentikasi cepat serta modul dasbor transparansi kinerja kepegawaian berbasis web.

b. Modeling Quick Design

Setelah kebutuhan sistem teridentifikasi, perancangan sistem dalam bentuk diagram Use Case, class diagram, perancangan awal antarmuka (*User Interface/User Experience*) dan arsitektur sistem dirancang. Desain antarmuka kiosk dibuat sesederhana mungkin (*user-friendly*) agar mudah dioperasikan oleh berbagai kalangan masyarakat, termasuk warga lanjut usia. Pada tahap ini juga dirancang skema komunikasi data antara perangkat keras *NFC reader* melalui *Web NFC API* dengan peladen (*server*) pusat desa.

c. Construction of Prototype

Berdasarkan perancangan cepat, dibangunlah model kerja (*working model*) atau prototipe sistem kiosk pelayanan mandiri. Prototipe ini mencakup fitur-fitur utama seperti:

- Menu layanan administrasi mandiri warga.
- Modul pemindaian kartu pegawai menggunakan *Web NFC API* untuk pencatatan kehadiran dan pelacakan tugas.
- Halaman visualisasi data transparansi kinerja kepegawaian desa secara *real-time*.

d. Deployment Delivery & Feedback

Prototipe yang telah selesai dibangun kemudian diuji coba (*testing*) langsung oleh calon pengguna utama, yaitu staf perangkat desa dan perwakilan warga. Pada tahap ini, pengguna memberikan umpan balik (*feedback*) terkait kemudahan navigasi layar sentuh (*touchscreen*), kecepatan respons pembacaan kartu NFC, serta kejelasan informasi kinerja yang ditampilkan.

Masukan dan catatan evaluasi dari pengguna digunakan oleh pengembang untuk memperbaiki dan menyempurnakan prototipe. Proses iterasi ini dilakukan hingga sistem benar-benar stabil, bebas dari kesalahan logika (*bug*), dan sesuai dengan kebutuhan operasional kantor desa. Setelah disetujui, sistem akhir diimplementasikan secara penuh pada perangkat keras kiosk di lingkungan kantor desa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjadi salah satu bagian terpenting dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini penerapan metode prototype dijadikan acuan untuk membangun suatu sistem yang dibutuhkan supaya lebih terukur dan dapat terkontrol dengan baik.

3.1 *Communication and Quick Plan*

Pada tahap awal pengembangan sistem menggunakan model prototipe ini, dilakukan dua aktivitas utama guna memastikan arah perancangan selaras dengan kebutuhan operasional di kantor desa:

3.1.1 Komunikasi (*Communication*)

Tahap ini difokuskan pada kegiatan pengumpulan kebutuhan mendalam (*requirement gathering*) melalui metode observasi langsung dan wawancara dengan pemangku kepentingan (*stakeholders*), yang meliputi perangkat desa, staf administrasi, serta perwakilan warga setempat. Peneliti menggali informasi terkait hambatan birokrasi yang sering terjadi, lamanya proses pelayanan manual, serta minimnya transparansi pelaporan kinerja kepegawaian. Dari hasil komunikasi tersebut, disepakati bahwa sistem yang dibutuhkan adalah sebuah perangkat kiosk interaktif berbasis layar sentuh yang dilengkapi teknologi pembaca kartu identitas melalui *Web NFC API* untuk mempercepat proses autentikasi warga maupun pencatatan kehadiran serta aktivitas staf desa secara transparan.

3.1.2 Perencanaan Cepat (*Quick Plan*)

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang diperoleh dari sesi komunikasi, disusunlah perencanaan cepat (*quick plan*) yang mencakup batasan ruang lingkup proyek, estimasi waktu pengerjaan, serta penentuan spesifikasi perangkat keras dan lunak.

- **Arsitektur & Teknologi:** Perencanaan menetapkan penggunaan teknologi berbasis web yang mendukung *Web NFC API* agar dapat terhubung secara optimal dengan perangkat keras pembaca NFC pada kiosk, serta basis data terpusat untuk mengelola rekam jejak layanan warga dan indikator kinerja pegawai (*Key Performance Indicators*).
- **Luaran Tahap:** Tahap ini menghasilkan cetak biru (*blueprint*) fungsional sistem dan draf alur kerja (*workflow*) yang menjadi acuan dasar bagi peneliti untuk segera melanjutkan ke tahap perancangan purwarupa cepat (*quick design and prototype construction*).

Analisis kebutuhan sistem yang pakai pada penelitian ini yaitu perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Rekomendasi Spesifikasi *Hardware*

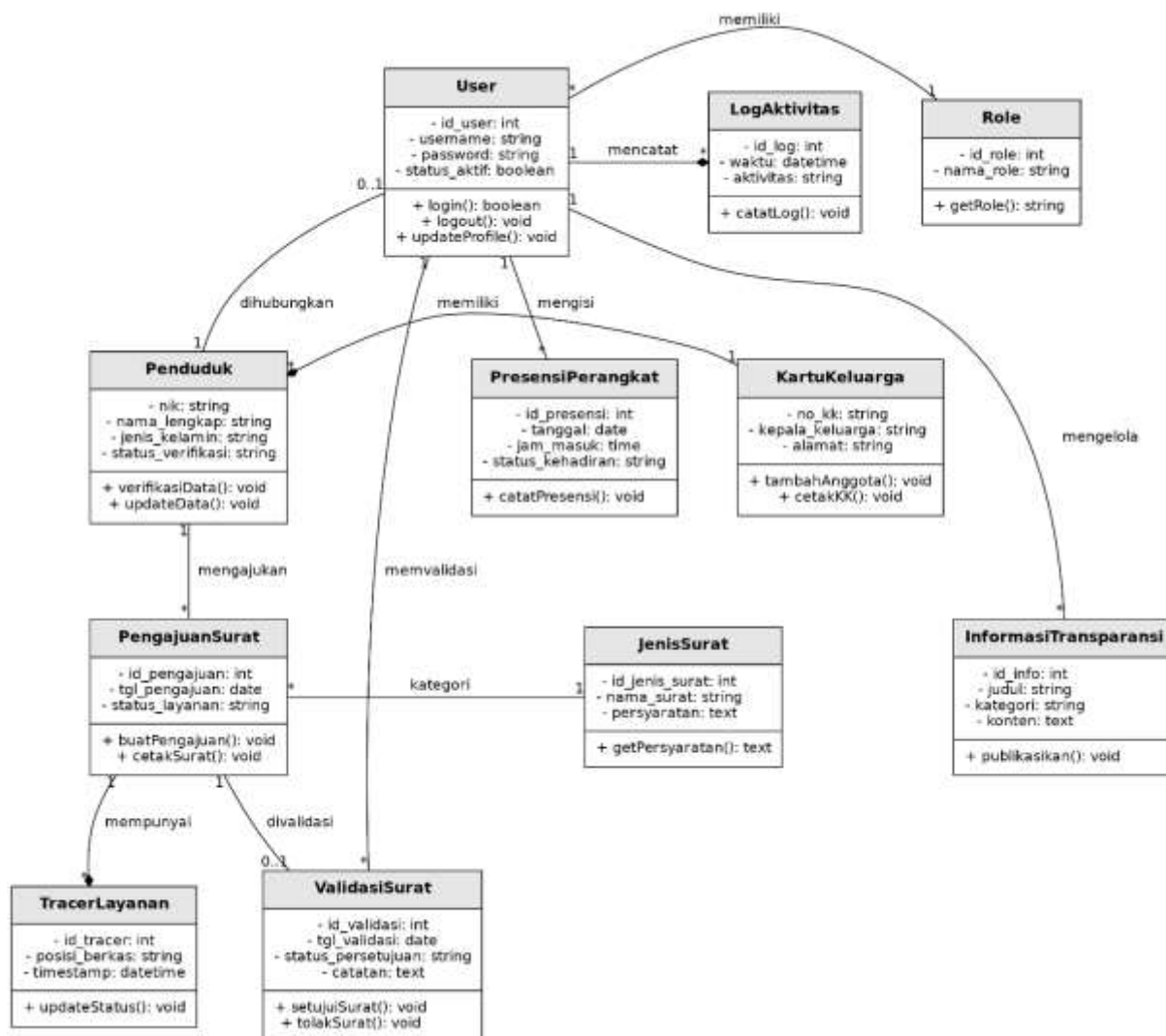
Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	
Mini PC	Intel i5 12450 H RAM 8 GB SSD 128
Reader	NFC Reader ACR 122, 13.56 MHz
Monitor	LCD Touchscreen 20 inch

Tabel 2. Rekomendasi Spesifikasi *Software*

Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	
Browser	Google Chrome

3.2.2 Class Diagram

Class diagram menggambarkan struktur statis dari sistem Kiosk Layanan Desa dengan mendefinisikan kelas-kelas, atribut, operasi (metode), serta hubungan antar kelas. Sistem kios mandiri (*kiosk*) ini umumnya dirancang untuk memfasilitasi warga desa dalam mengurus administrasi secara mandiri (misalnya pengajuan surat pengantar, pengecekan informasi bantuan, atau pengaduan) tanpa harus selalu melalui operator desa.



Gambar 3. Class Diagram

3.3 Kontruksi

User interface menjadi salah satu bentuk implementasi dari aplikasi yang dirancang untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan. Pada penelitian ini, terdapat beberapa user interface yang dibuat.

3.3.1 User Interface kios

Gambar 4 menunjukkan rancangan antarmuka utama (*main interface*) dari sistem Kiosk Layanan Digital Desa Sindangmukti. Desain ini dikembangkan dengan konsep interaksi layar sentuh (*touchscreen*) yang ramah pengguna (*user-friendly*) guna memudahkan masyarakat dalam mengakses layanan secara mandiri. Pada halaman utama ini, antarmuka dibagi menjadi beberapa komponen fungsional utama, antara lain: Panel Menu Utama: Menyediakan tiga fitur

esensial layanan mandiri, yaitu Presensi Pegawai (menggunakan pemindaian kartu/e-KTP), Buku Tamu untuk registrasi pengunjung, serta Info Publik yang menyajikan transparansi data dan informasi desa secara real-time. Panduan Penggunaan (*Step-by-Step*): Dilengkapi dengan petunjuk operasional singkat di bagian bawah. Informasi Waktu dan Sambutan: Menampilkan teks berjalan (*marquee*/info) serta penunjuk waktu digital secara akurat untuk memastikan kenyamanan pengguna selama mengakses sistem di anjungan desa.



Gambar 4. Tampilan Utama Kiosk

3.3.2 User Interface Login

Gambar 5 menunjukkan rancangan antarmuka halaman autentikasi atau masuk (*login*) untuk bagian administratif Sistem Informasi Desa (Panel Administrasi & Layanan Terpadu). Halaman ini dirancang untuk mengamankan hak akses sistem berdasarkan peran pengguna (*role-based access control*).

Gambar 5. User interface login

3.3.3 User Interface Home

Gambar 6 di atas menunjukkan rancangan antarmuka untuk modul Presensi Masuk pegawai yang terintegrasi pada sistem kios digital desa. Halaman ini dirancang untuk memfasilitasi pencatatan kehadiran aparatur desa secara mandiri menggunakan teknologi pemindaian kartu (*tap card/ NFC*).

Komponen fungsional utama yang terdapat pada antarmuka ini meliputi:

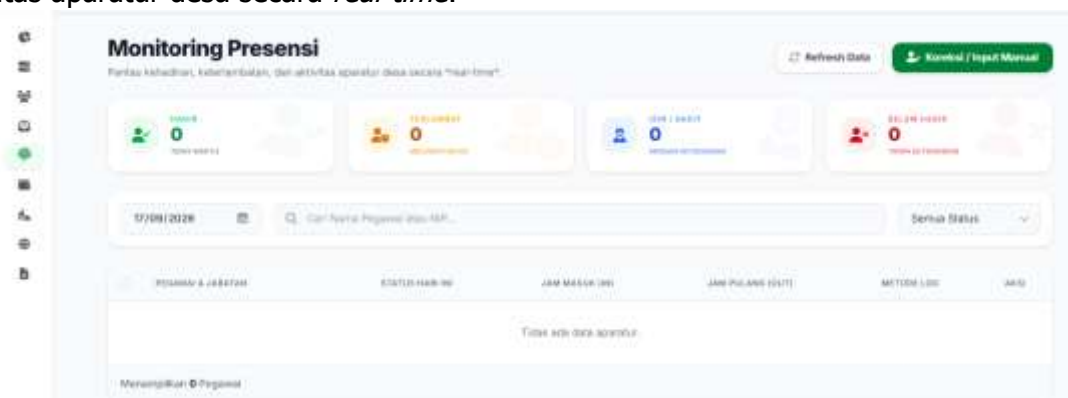
- Navigasi dan Status Waktu: Menyediakan tombol Kembali di sudut kiri atas serta panel informasi waktu real-time yang menunjukkan status keterlambatan (misalnya keterangan *+116m*), tanggal, dan jam digital secara akurat.
- Pilihan Jenis Kehadiran: Terdapat tombol pilihan status presensi antara Masuk dan Pulang guna menyesuaikan mode absensi harian pegawai.
- Indikator Status Kehadiran: Menampilkan informasi peringatan waktu secara dinamis, seperti indikator Terlambat Masuk yang memberikan keterangan bahwa pegawai tetap bisa melakukan presensi namun tercatat terlambat.
- Area Aksi Pemindaian: Tombol interaktif utama bertuliskan Tap Di Sini yang berfungsi sebagai zona sensor untuk menempelkan kartu pegawai pada perangkat kios.
- Informasi Aturan Waktu Presensi: Panel sisi kanan bawah yang merinci informasi jam kerja (08:00 - 15:00), rentang waktu masuk normal (07:00 - 08:00), aturan jam pulang, serta catatan ketentuan sistem terkait batas toleransi presensi di luar jam operasional.



Gambar 6. User interface home

3.3.4 User Interface Monitoring Presensi

Gambar 7 menunjukkan rancangan antarmuka halaman **Monitoring Presensi** yang ditujukan bagi administrator atau pimpinan desa untuk memantau kehadiran, keterlambatan, dan aktivitas aparatur desa secara *real-time*.



Gambar 7. User interface monitoring

3.4 Deployment Delivery & Feedback

Pengujian fungsionalitas sistem Kios Layanan Desa dilakukan secara komprehensif menggunakan metode *black-box testing* dengan menguji sebanyak 22 skenario pengujian yang mencakup aspek antarmuka, navigasi, sensor perangkat keras, hingga penanganan galat (*error handling*) yang ada pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian black box

No	Modul / Komponen yang Diuji	Skenario Pengujian (Masukan)	Waktu Respon	Status Error	Hasil Pengujian
1	Indikator Status Sistem	Sistem aktif berjalan di sudut kiri atas layar.	< 0.1 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
2	Penunjuk Waktu	Sistem memuat jam digital real-time di sudut kanan atas.	Real-time	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
3	Teks Ajakan Interaksi	Menampilkan teks panduan "SILAKAN SENTUH LAYAR".	< 0.1 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
4	Tombol Menu "Presensi Pegawai"	Pengguna menyentuh ikon/tombol menu presensi (TAP KARTU).	0.25 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
5	Modul Pemindai NFC/KTP	Pengguna menempelkan kartu pegawai pada area sensor.	0.45 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
6	Tombol Menu "Buku Tamu"	Pengguna menyentuh tombol menu buku tamu (ISI DATA).	0.30 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
7	Form Input Buku Tamu	Pengguna mengetik nama dan keperluan kunjungan.	0.20 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
8	Tombol Menu "Info Publik"	Pengguna menyentuh tombol menu info publik (BUKA INFO).	0.28 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
9	Navigasi Berita/Transparansi	Pengguna menggulir (scroll) informasi publik desa.	0.35 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
10	Panel Panduan Langkah (Step 1)	Sistem menampilkan instruksi "Pilih Menu".	< 0.1 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
11	Panel Panduan Langkah (Step 2)	Sistem menampilkan instruksi "Tempel KTP".	< 0.1 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
12	Panel Panduan Langkah (Step 3)	Sistem menampilkan instruksi "Selesai".	< 0.1 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
13	Teks Berjalan (Marquee)	Menampilkan informasi teks sambutan di pita bawah.	Real-time	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
14	Tombol Bantuan Darurat	Pengguna menekan ikon bantuan di sudut kanan bawah.	0.20 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
15	Tombol Aksesibilitas	Pengguna menekan tombol fitur aksesibilitas layar.	0.90 detik	Terdeteksi delay	Tidak Valid (Perbaikan)
16	Tombol Kembali (Back Button)	Pengguna menekan tombol kembali dari sub-menu ke beranda.	0.15 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
17	Validasi Sesi Otomatis	Sistem mereset otomatis jika layar dibiarkan idle.	1.00 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)

No	Modul / Komponen yang Diuji	Skenario Pengujian (Masukan)	Waktu Respon	Status Error	Hasil Pengujian
18	Cetak Dokumen / Bukti	Sistem memicu perintah cetak pada printer termal kios.	1.20 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
19	Deteksi Ketersediaan Printer	Sistem membaca status kertas printer habis/tersedia.	0.50 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
20	Koneksi Jaringan Lokal (LAN)	Sistem memverifikasi koneksi basis data server desa.	0.40 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
21	Penanganan Koneksi Putus	Sistem menampilkan peringatan saat jaringan terputus.	0.60 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)
22	Penutupan Aplikasi / Sesi	Operator keluar dari mode aplikasi kios penuh.	0.30 detik	Tidak ada error (0%)	Valid (Sesuai)

Perhitungan Persentase Pengujian

$$\text{Persentase keberhasilan} = \left(\frac{\text{jumlah pengujian valid}}{\text{total pengujian yang dilakukan}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

- o Jumlah Pengujian Valid: 21
- o Total Pengujian Keseluruhan: 22
- o Persentase Keberhasilan:

$$\frac{21}{22} \times 100\% = 95,45\% \approx 95,5\%$$

Hasil pengujian menunjukkan bahwa 21 dari 22 skenario fungsional berjalan sesuai dengan hasil yang diharapkan, sehingga diperoleh tingkat keberhasilan pengujian sebesar 95,5%. Satu skenario, yaitu fitur aksesibilitas, masih menunjukkan delay dan memerlukan perbaikan lebih lanjut untuk diimplementasikan di lingkungan instansi desa. Jika dibandingkan dengan rentang penilaian pada Tabel 4, nilai tersebut berada pada interval 81% - 100%, yang termasuk dalam kategori "Sangat Layak".

Tabel 4. Tabel Kelayakan

Persentase (%)	Kriteria
81-100	sangat layak
61-80	layak
41-60	cukup layak
21-40	kurang layak
0-20	sangat kurang layak

Sumber : Samsudin, A., dkk[16].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem Kios Layanan Desa, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Fungsionalitas dan Kinerja Sistem: Pengujian black-box yang dilakukan pada 22 skenario pengujian—mencakup aspek antarmuka, navigasi menu, pemindai perangkat keras (NFC/KTP), integrasi printer termal, hingga penanganan galat (error handling)—menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi utamanya dengan baik. Sebanyak 21 skenario dinyatakan valid dan sesuai dengan perancangan.

2. Tingkat Keberhasilan: Berdasarkan perhitungan persentase kelayakan pengujian fungsionalitas, sistem Kios Layanan Desa memperoleh tingkat keberhasilan sebesar 95,5%. Angka ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keandalan, stabilitas, dan akurasi yang tinggi dalam melayani kebutuhan administrasi warga secara mandiri.
3. Waktu Respon dan Pengalaman Pengguna: Sistem terbukti responsif dengan rata-rata waktu tanggap (response time) berkisar antara 0,1 hingga 0,6 detik untuk sebagian besar interaksi sentuh (touch event). Hal ini memastikan bahwa antarmuka berbasis anjungan mandiri ini nyaman, cepat, dan mudah dioperasikan oleh masyarakat dari berbagai kalangan di lingkungan desa.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1]. Zulmasyhur, Setiawan, H. D., & Petrus W, N. L. (2024). Peningkatan Tata Kelola Melalui Transformasi Digital (*Enhancing Governance Through Digital Transformation*). Jurnal Governansi, 10(1), 127–136.
- [2]. Lino, M. M., Lau, Y. V., & Toda, H. (2024). Implementation Of Good Governance In Improving The Quality Of Public Services At The Fatuaruin Village Office, Sasitamean District, Malaka District. Journal of Tourism Economics and Policy, 4(8), 1293–1300. <https://doi.org/10.38142/jtep.v4i1.966>
- [3]. Hardiyansyah. (2018). Kualitas Pelayanan Publik: Konsep, Dimensi, Indikator dan Implementasinya (Edisi Revisi). Gava Media.
- [4]. Banobe, T. Y., & Musryidah, L. (2023). Tata Kelola Pemerintah Desa Terhadap Peningkatan Pelayanan Publik Desa Kalidawir Kecamatan Tanggulangin. Inovasi Pembangunan – Jurnal Kelitbangan, 11(3), 323–335. <https://doi.org/10.35450/jip.v11i03.447>
- [5]. Mozin, S. Y., & Isa, R. (2023). Optimalisasi Pelayanan Publik dalam Tata Kelola Pemerintahan Desa. Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa, 1(4), 150–155. <https://doi.org/10.59837/jpmmba.v1i4.75>
- [6]. Pratama, R., & Santoso, B. (2023). Perancangan E-Kiosk Sistem Informasi Desa untuk Optimalisasi Pelayanan Administrasi Publik Mandiri. Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis, 5(2), 112–120.
- [7]. Sari, M. P., & Singgih, R. P. (2024). The Importance of Village Apparatus Performance Improvement for Quality Public Services. Jurnal Ilmiah Global Education, 5(2), 1154–1161. <https://doi.org/10.55681/jige.v5i2.2760>
- [8]. Mardiasmo. (2021). Akuntabilitas dan Good Governance Sektor Publik. Andi Offset.
- [9]. Susanto, D., Pramono, T., & Kristiawan, I. P. (2021). Kualitas Pelayanan Publik Melalui Aplikasi Sistem Administrasi Kependudukan Berbasis Teknologi Informasi di Kelurahan Semampir. Jurnal Mediasosian: Jurnal Ilmu Sosial dan Administrasi Negara, 5(2), 45–58.
- [10]. Nugroho, A., & Wijaya, K. (2023). Implementasi Web NFC API pada Sistem Presensi Pegawai Berbasis Android dan Cloud Database. Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi), 7(3), 510–518.

- [11]. Hidayat, M. F., & Kurniawan, D. (2024). *Penerapan Anjungan Pelayanan Mandiri untuk Optimalisasi Transparansi Informasi Desa*. Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTSI).
- [12]. Mahendra, B., & Puspitasari, D. (2022). *Implementasi Teknologi RFID dan NFC pada Sistem Otentikasi Kepegawaian Berbasis Web API*. Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi).
- [13]. Setiawan, R., & Hakim, L. (2023). *Sistem Presensi Berbasis Web dan Perangkat Nirkabel untuk Mencegah Anomali Kehadiran Pegawai*. Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
- [14]. Kusuma, D. W., & Prasetyo, H. (2024). *Arsitektur Sistem Kiosk Pelayanan Publik Berbasis RESTful API untuk Keterbukaan Informasi Desa*. Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi).
- [15]. Wibowo, S. A., et al. (2023). *Evaluasi Usability Self-Service Kiosk Menggunakan Model DeLone and McLean*. Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (JURTI).
- [16]. Samsudin, A., & Darmawan, R. (2025). Sistem Monitoring Uang Saku Menggunakan Metode DevOps dan RFID (Radio Frequency Identification). Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis-JTEKSIS, 7(4), 520. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v7i4.2259>

Aplikasi Berbasis Web Pengelolaan Sistem Informasi Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari

Sidiq Amroni¹, Ilyas Ruhiyat²

¹²Program Studi Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: djitue@gmail.com

Received 31 Agustus 2026 | Revised 15 September 2026 | Accepted 22 September 2026

ABSTRAK

Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari menghadapi kendala pengelolaan administrasi dan Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) karena proses pendaftaran, pengarsipan, pertukaran berkas guru, dan distribusi rapor masih banyak dilakukan secara konvensional. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan aplikasi sistem informasi berbasis web yang mengintegrasikan informasi publik, PPDB *online*, pengelolaan berkas akademik guru, dan akses rapor digital. Pengembangan sistem menggunakan metode *Extreme Programming* (XP), sedangkan analisis dan perancangan menggunakan *Unified Modelling Language* (UML). Aplikasi diimplementasikan menggunakan PHP dengan framework Laravel, HTML, CSS, dan MySQL. Hasil implementasi berupa modul informasi publik, pendaftaran dan unggah dokumen PPDB, pengelolaan akun serta berkas guru, dan portal rapor digital bagi santri dan wali santri. Pengujian *Black-Box* dilakukan pada lima skenario fungsional dan seluruh skenario memperoleh status *valid*, sehingga tingkat keberhasilan pengujian pada skenario yang diuji adalah 100% (5 dari 5 skenario). Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi yang diuji telah berjalan sesuai keluaran yang diharapkan. Aplikasi ini menjadi alternatif pengelolaan data yang lebih terpusat dan dapat diakses melalui peramban web.

Kata kunci: Web, *Extreme Programming*, Laravel, Ma'had Ar-Risalah, Sekolah

ABSTRACT

Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari experienced administrative challenges because registration, archiving, teacher file exchange, and report-card distribution were still handled conventionally. This study aimed to design and implement a web-based information system integrating public information services, online new-student registration, teacher academic-file management, and digital report-card access. The system was developed using Extreme Programming (XP), while analysis and design employed the Unified Modelling Language (UML). The application was implemented using PHP with the Laravel framework, HTML, CSS, and MySQL. The implementation produced modules for public information, online registration and document upload, account and teacher-document management, and a digital report-card portal for students and parents. Black-Box Testing covered five functional scenarios, and all five scenarios obtained a valid status, resulting in a 100% success rate for the tested scenarios (5 of 5). This result indicates that the tested functions operated according to the expected outputs. The application provides a more centralized data-management alternative that can be accessed through a web browser.

Keywords: Website, *Extreme Programming*, Laravel, Ma'had Ar-Risalah, School.

1. PENDAHULUAN

Setiap lembaga pendidikan formal maupun non-formal dituntut untuk senantiasa meningkatkan mutu pelayanan administratif dan akademik demi memberikan efisiensi optimal bagi seluruh pemangku kepentingan, yang meliputi tenaga pendidik, peserta didik, serta orang tua murid [1]. Perkembangan teknologi informasi yang begitu pesat dalam era digitalisasi global mendorong instansi pendidikan untuk mengadopsi sistem informasi terintegrasi berbasis komputer [2]. Sistem informasi manajemen sekolah menjadi fondasi utama dalam mengelola operasional harian, mulai dari pengarsipan data induk, transparansi penerimaan siswa baru, hingga pengolahan hasil rekapitulasi penilaian belajar [3]. Meskipun berbagai perangkat lunak aplikasi pendidikan baik yang bersifat open-source maupun komersial telah tersedia di pasaran, banyak lembaga pendidikan formal yang menghadapi kendala ketidaksesuaian fitur aplikasi standar tersebut dengan alur kerja, regulasi internal, serta karakteristik operasional khusus yang berlaku di lembaga mereka [4].

Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari yang berlokasi di wilayah Purwasari, Kabupaten Karawang, Jawa Barat, merupakan salah satu lembaga pendidikan formal terpadu yang menyelenggarakan kegiatan pembelajaran lintas jenjang dari tingkat dasar hingga menengah. Dalam menjalankan aktivitas administratif harian, Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari sempat mengimplementasikan beberapa paket perangkat lunak aplikasi yang dibeli dari pihak ketiga [5]. Namun dalam perjalanannya, pengelola lembaga terus mengalami berbagai kendala operasional karena keterbatasan fleksibilitas sistem, kerumitan antarmuka pengguna, serta ketiadaan dukungan kustomisasi modul yang spesifik terhadap kebutuhan pesantren terpadu. Pada akhirnya, pimpinan dan tim manajemen Ma'had mengambil keputusan strategis untuk mengembangkan sistem aplikasi berbasis web secara mandiri yang dirancang secara khusus untuk mendukung kinerja administrator sekolah, mempermudah pendistribusian materi dan nilai oleh guru, serta meningkatkan mutu pelayanan informasi publik secara transparan [1].

Sebelum hadirnya sistem berbasis web ini, alur kerja operasional di Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari masih didominasi oleh metode konvensional berbasis dokumen kertas. Proses Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) membutuhkan kehadiran fisik calon wali santri ke lokasi sekolah untuk mengambil, mengisi, dan mengembalikan formulir pendaftaran fisik. Hal ini menimbulkan antrean panjang serta membatasi jangkauan pendaftar yang berasal dari luar daerah Karawang [6]. Selain itu, pengelolaan berkas pendaftaran dan rekapitulasi data calon santri berbasis kertas memerlukan ruang penyimpanan lemari arsip yang luas serta memiliki risiko tinggi terhadap bahaya kerusakan fisik akibat kelembapan, pelapukan kertas, maupun bahaya kehilangan dokumen [7]. Masyarakat umum yang membutuhkan informasi terkait profil Ma'had, program pendidikan, biaya studi, serta alur pendaftaran juga mengalami kesulitan karena informasi hanya dapat diperoleh secara tatap muka atau melalui media cetak brosur yang terbatas.

Penelitian [8] mengembangkan sistem administrasi sekolah berbasis web, sedangkan [9] membahas penerapan framework Laravel pada sistem pendaftaran siswa baru. Sementara itu, [10] berfokus pada pengujian fungsional sistem informasi akademik menggunakan Black-Box Testing. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan penerapan digitalisasi pada fungsi tertentu, tetapi belum memadukan layanan PPDB, pengelolaan berkas akademik guru, dan akses rapor digital dalam satu platform untuk lingkungan Ma'had terpadu.

Literatur rekayasa perangkat lunak juga menekankan pentingnya penyesuaian sistem dengan kebutuhan dan proses bisnis organisasi [4]. Oleh karena itu, celah penelitian ini terletak pada pengembangan dan implementasi platform web terintegrasi yang disesuaikan dengan alur

operasional Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari. Kontribusi penelitian ini adalah menghasilkan satu platform yang menghubungkan kebutuhan informasi publik, PPDB, administrasi berkas guru, dan akses rapor digital dalam konteks operasional Ma'had.

Permasalahan lain yang tak kalah penting terjadi pada administrasi akademik staf pengajar (guru) dan penyampaian laporan hasil belajar santri. Pengumpulan berkas perangkat pembelajaran, silabus, soal ujian, hingga pengiriman rekapitulasi nilai antar guru dan staf administrasi sebelumnya dilakukan dengan media penyimpanan portabel USB *flash drive* [8]. Pola kerja tersebut memerlukan pertukaran media secara fisik dan dapat menimbulkan duplikasi atau konflik versi dokumen. Di sisi lain, orang tua santri sebelumnya memperoleh informasi hasil belajar terutama melalui pembagian rapor fisik pada akhir semester. Kondisi tersebut menunjukkan kebutuhan terhadap mekanisme penyimpanan dan distribusi dokumen yang lebih terpusat serta dapat diakses melalui sistem berbasis web.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan mengimplementasikan aplikasi sistem informasi Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari berbasis web yang terintegrasi. Sistem dikembangkan untuk memfasilitasi pendaftaran calon santri secara online, memudahkan penyampaian informasi publik, menyediakan repositori digital bagi guru dalam mengelola dokumen akademik dan rapor santri, serta memberikan portal bagi santri dan wali santri untuk mengakses rapor digital. Kontribusi penelitian diarahkan pada penyatuan fungsi-fungsi tersebut dalam satu platform web yang disesuaikan dengan kebutuhan operasional Ma'had.

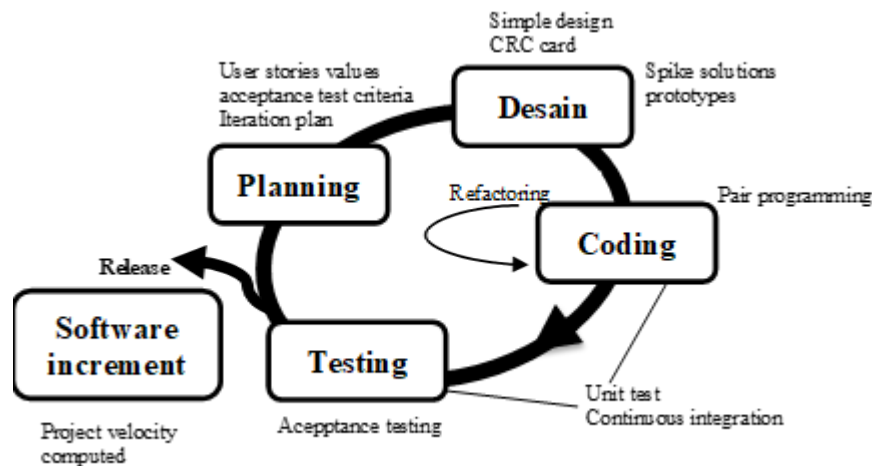
2. METODE

2.1 Lingkungan Alat dan Bahan Penelitian

Dalam menyukseskan seluruh tahapan perancangan hingga implementasi aplikasi berbasis web ini, digunakan kombinasi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) dengan spesifikasi yang memadai [11]. Perangkat keras utama yang digunakan dalam pengembangan mencakup komputer jinjing (laptop) dengan prosesor berarsitektur *multi-core*, memori utama (RAM) 8 GB, serta ruang penyimpanan berbasis *Solid State Drive* (SSD). Sementara itu, lingkungan perangkat lunak pendukung pengodean dan pengujian meliputi penjelajah web (*Google Chrome* dan *Mozilla Firefox*), paket server lokal XAMPP (*Apache web server* dan *database server MySQL*), lingkungan penyunting kode *Visual Studio Code*, serta *framework* pengembangan web PHP Laravel [12].

2.2 Tahapan Metode *Extreme Programming* (XP)

Pengembangan sistem aplikasi berbasis web untuk Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari menerapkan metode *Extreme Programming* (XP). Metode XP dipilih karena mendukung pengembangan perangkat lunak secara iteratif dengan perhatian pada kebutuhan pengguna, komunikasi, dan pengujian berkelanjutan [13]. Siklus pengembangan dalam penelitian ini terdiri dari empat tahapan utama, yaitu *Planning* (Perencanaan), *Design* (Perancangan), *Coding* (Pengodean), dan *Testing* (Pengujian), sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Siklus Metode Extreme Programming (XP)

Pertama, tahap *Planning* (Perencanaan) dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan sistem melalui komunikasi dengan pihak pengelola Ma'had, staf admin, perwakilan guru, dan pengguna yang terkait dengan proses pendaftaran. Kebutuhan tersebut dirumuskan menjadi kebutuhan fungsional yang menjadi dasar penyusunan fitur dan skenario pengujian. Tahap ini juga digunakan untuk menentukan prioritas fungsi yang akan diimplementasikan.

Kedua, tahap *Design* (Perancangan) berfokus pada pembentukan rancangan sistem dan antarmuka berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi. Perancangan dilakukan menggunakan pemodelan *Unified Modelling Language* (UML), yang mencakup *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, dan *Class Diagram* [14]. Rancangan tersebut digunakan sebagai acuan dalam implementasi struktur data, alur proses, dan hak akses pengguna.

Ketiga, tahap *Coding* (Pengodean) mentransformasikan rancangan sistem ke dalam implementasi perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman PHP dan framework Laravel. Struktur aplikasi mengikuti pola *Model-View-Controller* (MVC), sedangkan pengelolaan data menggunakan MySQL. Pada tahap ini setiap fungsi dikembangkan berdasarkan kebutuhan dan rancangan yang telah ditetapkan.

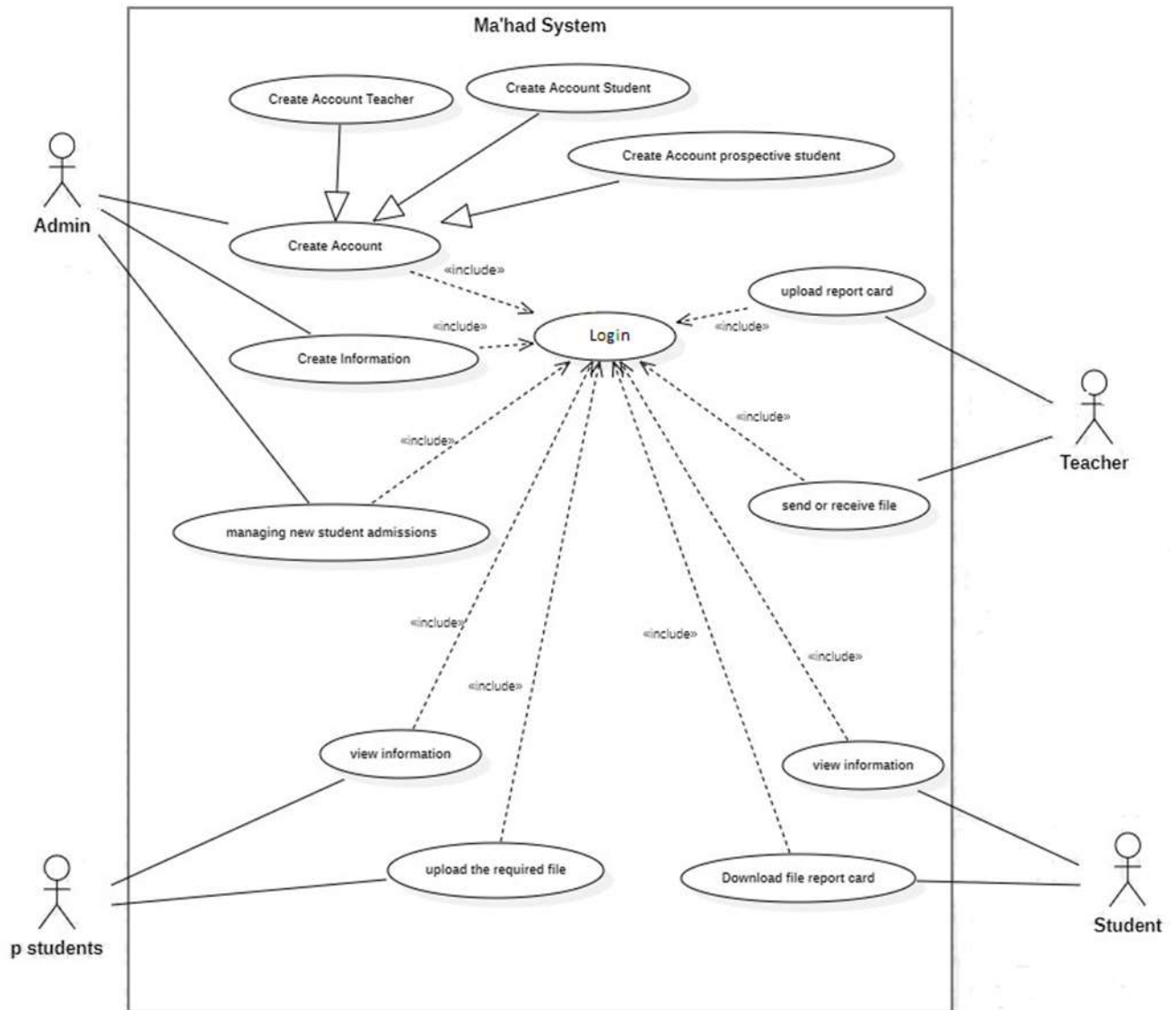
Keempat, tahap *Testing* (Pengujian) dilakukan untuk memeriksa kesesuaian fungsi sistem terhadap keluaran yang diharapkan. Pengujian menggunakan teknik *Black-Box Testing* dengan memeriksa input, proses, dan keluaran pada lima skenario fungsional utama. Hasil pengujian dicatat berdasarkan status valid atau tidak valid pada setiap skenario [10].

2.3 Pemodelan Sistem Berbasis UML

Untuk memvisualisasikan arsitektur dan alur interaksi pengguna dengan sistem, dilakukan pemodelan berorientasi objek menggunakan *Unified Modelling Language* (UML) [14]. Pemodelan UML dalam penelitian ini mencakup *Use Case Diagram* untuk mengidentifikasi interaksi aktor, *Activity Diagram* untuk menggambarkan alur kerja spesifik, serta *Class Diagram* untuk mendefinisikan struktur database dan relasi antar entitas data.

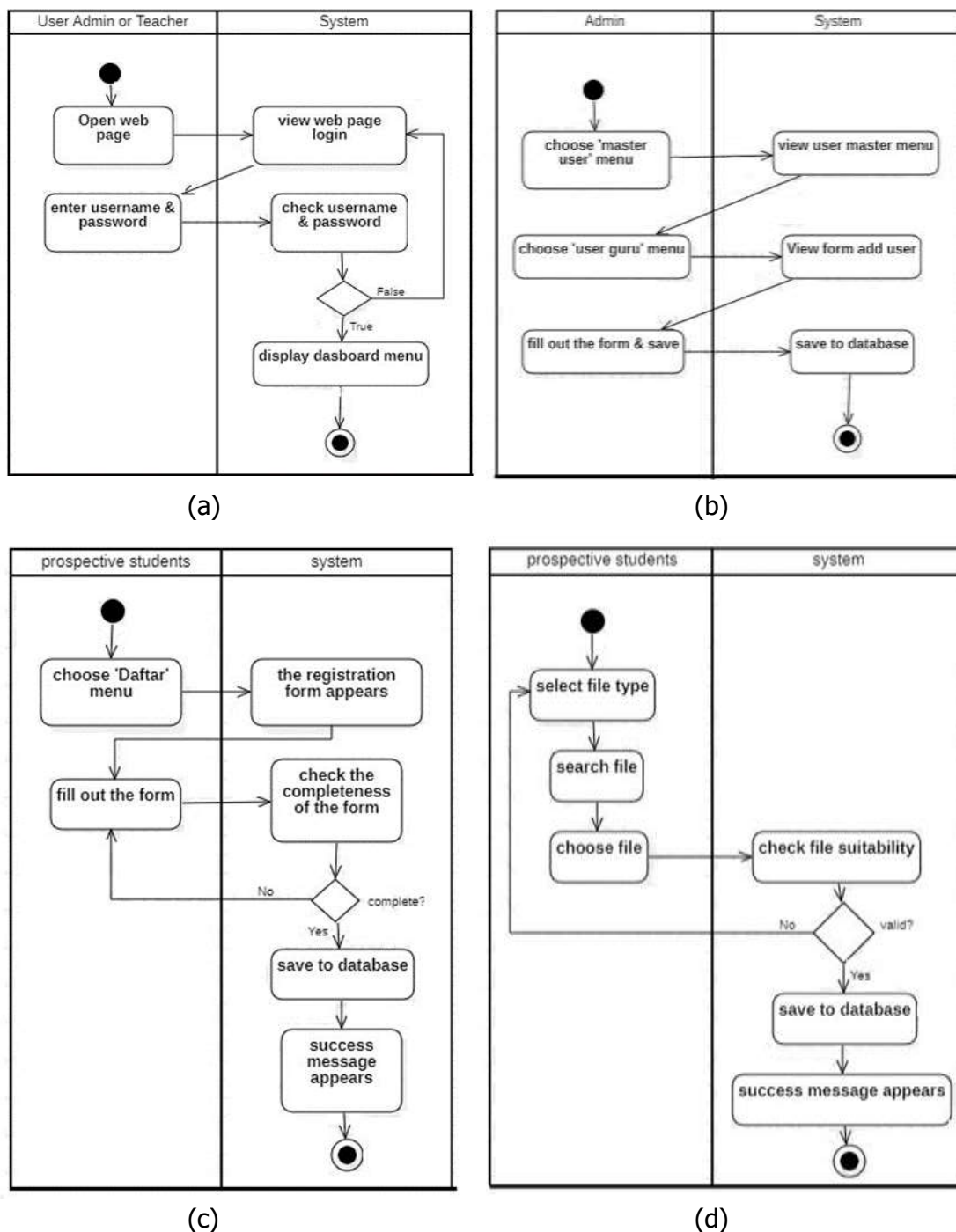
Berdasarkan analisis kebutuhan sistem Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari, teridentifikasi empat aktor utama yang berinteraksi dengan sistem, yang meliputi: (1) Admin, yang bertanggung jawab penuh dalam mengelola konfigurasi akun pengguna (guru, santri, dan calon santri), mengatur persyaratan PPDB *online*, memverifikasi kelengkapan berkas calon santri, serta mempublikasikan pengumuman sekolah; (2) Guru, yang memiliki hak akses untuk

mengunggah materi pembelajaran, melakukan transfer berkas antar sesama guru, menginput nilai harian dan nilai akhir, serta mengunggah file rapor santri ke dalam server database; (3) Santri dan Wali Santri, yang berhak mengunduh dan melihat laporan nilai rapor digital secara berkala, serta menerima pengumuman resmi dari sekolah; dan (4) Calon Santri, yang berhak melakukan pendaftaran akun PPDB secara *online*, mengisi formulir biodata, mengunggah berkas dokumen persyaratan, serta memeriksa status kelulusan seleksi penerimaan.



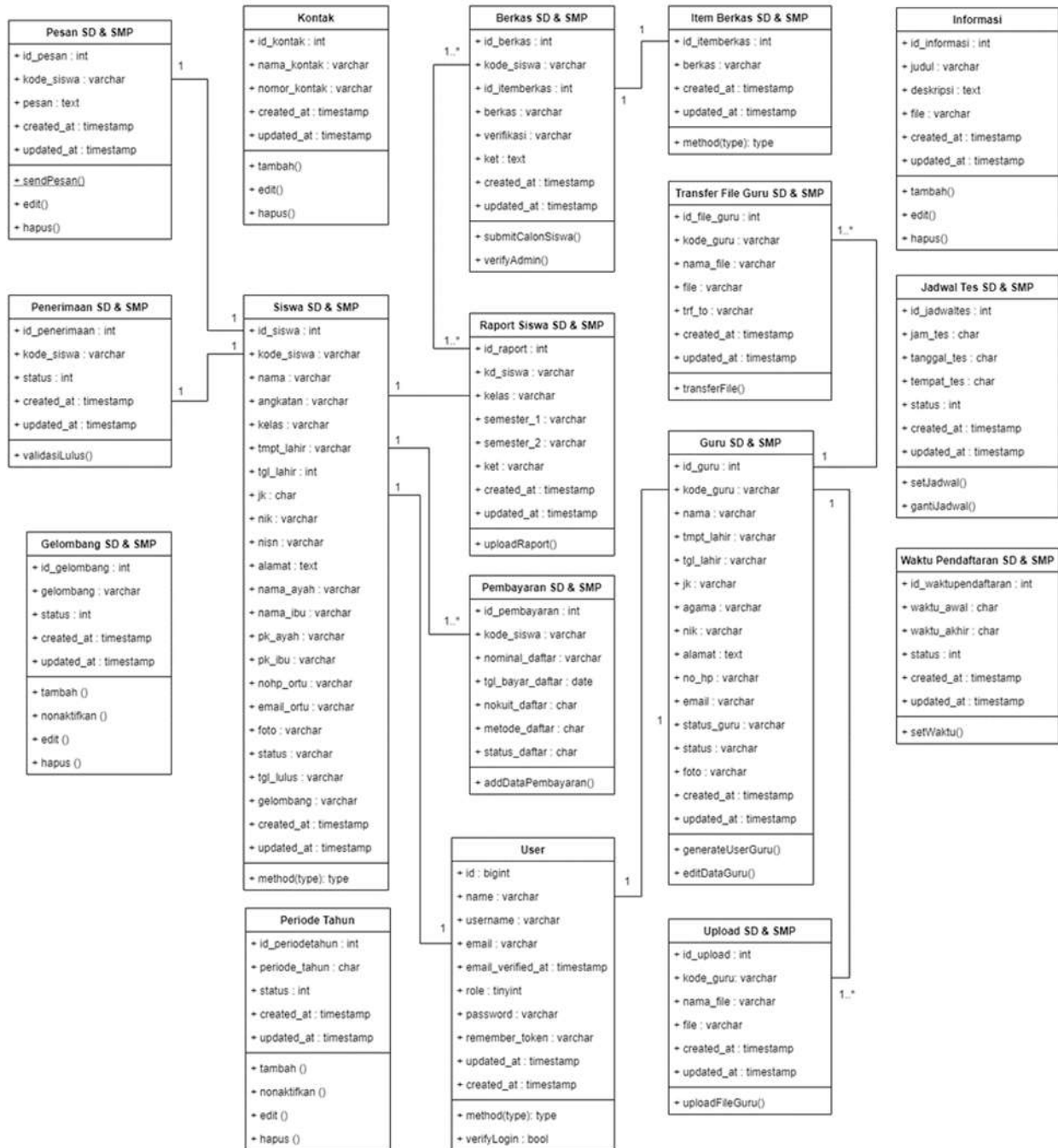
Gambar 2. Diagram Use Case Aplikasi Web Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari

Gambar 2 menampilkan diagram *use case* yang memetakan seluruh fungsi utama sistem terhadap keempat aktor tersebut. Setiap aktor terhubung dengan batas sistem aplikasi web sesuai dengan peranan dan tingkat hak akses (*privilege level*) masing-masing. Untuk memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai alur kerja operasional di dalam sistem, Gambar 3 menyajikan diagram aktivitas (*activity diagram*) yang mewakili empat prosedur vital, meliputi: (a) alur autentikasi *login* untuk Admin dan Guru, (b) alur pembuatan akun staf Guru oleh Admin, (c) alur pengisian formulir pendaftaran oleh Calon Santri, dan (d) alur unggah berkas dokumen persyaratan pendaftaran PPDB.



Gambar 3. Diagram Aktivitas Sistem: (a) Login Admin/Guru, (b) Buat Akun Guru, (c) Pendaftaran Calon Santri, (d) Unggah Berkas PPDB

Selanjutnya, struktur data dan relasi logika antar entitas yang dibangun di dalam database MySQL dimodelkan melalui *Class Diagram*. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, diagram kelas menggambarkan kelas-kelas utama seperti *User/Admin*, *Guru*, *Santri*, *CalonSantri*, serta *RapotBerkas* beserta atribut unik dan metode operasi yang dimiliki oleh masing-masing kelas. Relasi keterhitungan (*association*) antar kelas diatur sedemikian rupa guna menjamin integritas referensial data (*referential integrity*) pada saat transaksi data berlangsung [14].



Gambar 4. Diagram Kelas (Class Diagram) Database Aplikasi Ma'had

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Arsitektur Sistem Berbasis Framework Laravel

Aplikasi berbasis web untuk Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP versi 8.x dengan pola arsitektur *Model-View-Controller* (MVC) pada *framework* Laravel [12]. Penerapan MVC memisahkan pengolahan data pada Model, tampilan pada *View*, dan alur logika aplikasi pada *Controller* sehingga struktur program lebih terorganisasi. Pengelolaan basis data menggunakan MySQL. Pada aspek autentikasi, aplikasi

menggunakan mekanisme pengelolaan kata sandi berbasis BCrypt dan perlindungan CSRF pada formulir yang relevan [11].

3.2 Antarmuka Pengguna dan Modul Aplikasi Web

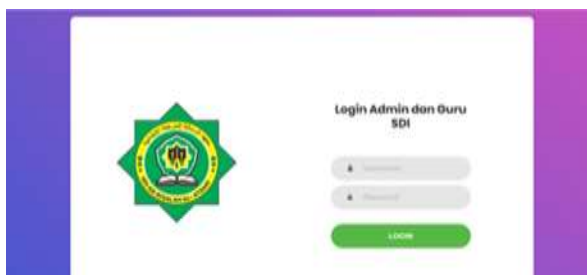
Hasil implementasi antarmuka pengguna (*user interface*) aplikasi web Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari disajikan pada Gambar 5. Tampilan sistem dirancang dengan mengedepankan prinsip kejelasan navigasi, kerapian tata letak, serta responsivitas tinggi sehingga nyaman diakses dari layar komputer desktop maupun perangkat telepon pintar (*smartphone*).



(a)



(b)



(c)



(d)

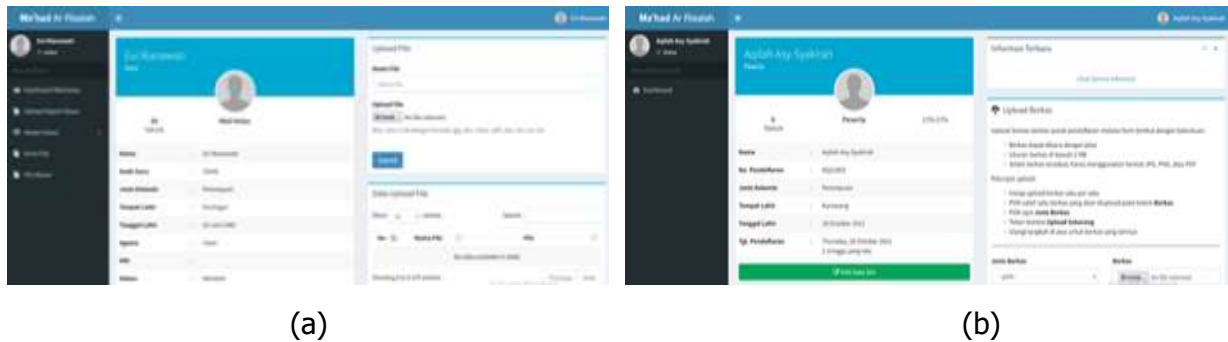
Gambar 5. Tangkapan Layar Antarmuka Aplikasi: (a) Halaman Utama, (b) Form Pendaftaran PPDB, (c) Login Admin/Guru, (d) Dashboard Admin

Pembahasan rinci mengenai fungsionalitas dari setiap modul antarmuka yang ditunjukkan pada Gambar 5 adalah sebagai berikut. Pertama, Halaman Utama / *Homepage* (Gambar 5a) berfungsi sebagai media promosi dan pusat informasi publik. Menyajikan profil Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari, visi dan misi lembaga, galeri kegiatan sanad pengajaran, fasilitas sekolah, serta berita dan pengumuman terbaru [1].

Kedua, Halaman Pendaftaran Santri Baru / PPDB (Gambar 5b) menyediakan formulir pendaftaran interaktif bagi calon santri. Calon pendaftar dapat mengisi identitas diri, data orang tua/wali, memilih jenjang pendidikan yang dituju, serta mengunggah berkas persyaratan seperti ijazah, akta kelahiran, dan kartu keluarga secara langsung tanpa harus datang ke lokasi sekolah [6].

Ketiga, Halaman Autentikasi Login (Gambar 5c) merupakan gerbang pengamanan awal untuk memasuki area tertutup sistem. Sistem secara otomatis mengidentifikasi hak akses pengguna berdasarkan kredensial username dan password yang diinputkan.

Keempat, Dashboard Pengelolaan Admin (Gambar 5d) menjadi pusat kendali bagi staf administrasi untuk memantau statistik pendaftar PPDB secara daring, memverifikasi keabsahan dokumen persyaratan, mengelola status akun guru dan santri, serta mempublikasikan berita sekolah [8].



Gambar 6. Tangkapan Layar Antarmuka Aplikasi: (a) Dashboard Portofolio Guru, (b) Portal Santri dan Wali Santri

Dashboard Portofolio Guru (Gambar 6a) memberikan fasilitas khusus bagi tenaga pendidik untuk melakukan pengunggahan berkas rencana pembelajaran, mentransfer file antar kolega guru, serta menginput rekapitulasi nilai ujian dan file rapor santri.

Portal Santri dan Wali Santri (Gambar 6b) merupakan halaman khusus yang memungkinkan santri atau orang tua murid untuk mengunduh berkas rapor digital semesteran serta memantau riwayat administrasi sekolah secara aman dan transparan [10].

3.3 Pengujian Sistem Berbasis *Black-Box Testing*

Untuk memastikan fungsionalitas sistem, dilakukan pengujian perangkat lunak menggunakan metode *Black-Box Testing*. Pengujian difokuskan pada validasi input, pemrosesan formulir, autentikasi login, dan fungsi unggah serta akses berkas. Tabel 1 memuat lima skenario pengujian. Seluruh lima skenario memperoleh status "*Valid / Sesuai*", sehingga tingkat keberhasilan pengujian berdasarkan skenario yang diuji adalah $5/5 \times 100\% = 100\%$. Persentase tersebut hanya merepresentasikan lima skenario fungsional yang diuji dan tidak dimaksudkan sebagai ukuran keberhasilan seluruh aspek sistem.

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Pengujian Fungsionalitas Sistem (*Black-Box Testing*)

Skenario Pengujian	Kasus Uji yang Dievaluasi	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan Status
Autentikasi Pengguna	Input username dan password valid/invalid pada halaman login	Pengguna valid masuk dashboard sesuai hak akses; Pengguna invalid ditolak dengan pesan error	<i>Valid / Sesuai</i>
Pendaftaran PPDB Online	Pengisian formulir pendaftaran dan unggah dokumen persyaratan	Data pendaftar tersimpan di database MySQL dan berkas terunggah lengkap di server	<i>Valid / Sesuai</i>
Manajemen Akun Admin	Admin melakukan aktivasi, penambahan, dan verifikasi berkas calon santri	Status pendaftar terbaru otomatis dan pemberitahuan muncul di portal calon santri	<i>Valid / Sesuai</i>
Manajemen Berkas Guru	Guru melakukan unggah file rapor digital dan transfer berkas akademik	File rapor tersimpan terstruktur di repositori dan dapat divalidasi oleh pihak admin	<i>Valid / Sesuai</i>
Akses Portal Santri	Santri/Wali Santri mengunduh berkas rapor digital melalui akun terdaftar	File rapor format PDF dapat diunduh secara langsung dengan cepat tanpa ada kendala error	<i>Valid / Sesuai</i>

3.4 Analisis Dampak Operasional dan Keunggulan Sistem

Berdasarkan Tabel 2, aplikasi berbasis web mengubah beberapa prosedur operasional dari pengelolaan dokumen fisik menjadi pengelolaan melalui sistem terpusat. Pada proses PPDB, formulir dan dokumen persyaratan dapat dikirim melalui sistem sehingga kebutuhan pertukaran dokumen secara langsung dapat dikurangi. Pengarsipan digital juga membuat data tersimpan dalam basis data dan dapat dicari melalui aplikasi, berbeda dengan pengelolaan arsip yang sepenuhnya bergantung pada dokumen fisik. Temuan ini menunjukkan perubahan proses kerja dari mekanisme berbasis dokumen menjadi mekanisme berbasis aplikasi, meskipun penelitian ini belum melakukan pengukuran kuantitatif terhadap waktu dan biaya operasional.

Tabel 2. Perbandingan Parameter Operasional Sebelum dan Sesudah Implementasi Aplikasi Web

Parameter Evaluasi	Kondisi Konvensional (Sebelum)	Kondisi Berbasis Web (Sesudah)	Dampak Peningkatan Efisiensi
Prosedur Pendaftaran PPDB	Calon santri wajib hadir secara fisik ke lokasi Ma'had untuk mengambil & mengembalikan formulir kertas	Pendaftaran dilakukan secara penuh melalui formulir online dari mana saja dan kapan saja	Mengurangi kebutuhan kunjungan fisik dan biaya transportasi pendaftar
Kecepatan Verifikasi Berkas	Verifikasi dokumen cetak dilakukan melalui pemeriksaan dan pengelolaan berkas fisik.	Dokumen persyaratan dapat diperiksa melalui berkas digital yang tersimpan pada sistem.	Mengurangi tahapan pertukaran dokumen fisik; waktu aktual belum diukur secara kuantitatif.
Pengarsipan Data Sekolah	Menggunakan lemari fisik; berisiko tinggi rapuh, rusak basah, atau terselip	Tersimpan secara terstruktur dalam database MySQL dengan sistem pencadangan terintegrasi	Mengurangi risiko kerusakan atau kehilangan dokumen fisik dan memudahkan pencarian arsip
Transfer Berkas Guru	Menggunakan USB flash drive portabel untuk pertukaran berkas.	Menggunakan repositori berkas pada aplikasi web sesuai hak akses pengguna.	Mengurangi ketergantungan pada media penyimpanan fisik dan pertukaran media secara langsung.
Akses Laporan Nilai Rapot	Wali santri hanya dapat melihat nilai pada saat pembagian rapot fisik di akhir semester	Wali santri dapat mengunduh rapot digital kapan saja melalui portal santri	Memudahkan akses dokumen rapor melalui portal sesuai hak akses pengguna.

Pada ranah administrasi tenaga pendidik, penggunaan repositori berbasis web mengurangi ketergantungan pada media penyimpanan portabel untuk pertukaran berkas. Dokumen dapat diunggah dan dikelola melalui akun pengguna sesuai fungsi yang tersedia pada sistem. Pendekatan ini juga mengurangi kebutuhan perpindahan media fisik yang dapat menjadi salah satu jalur pertukaran berkas yang tidak terkontrol. Sementara itu, portal rapor digital menyediakan mekanisme bagi santri dan wali santri untuk mengakses dokumen rapor yang telah dipublikasikan melalui sistem. Manfaat tersebut bersifat fungsional; penelitian ini belum mengukur secara kuantitatif peningkatan produktivitas atau kepuasan pengguna.

Keterbatasan penelitian ini adalah pengujian yang dilakukan masih berfokus pada lima skenario fungsional menggunakan Black-Box Testing. Penelitian ini belum melakukan pengukuran kuantitatif terhadap usability, kinerja, keamanan, maupun kepuasan pengguna. Penelitian juga belum membandingkan waktu dan biaya operasional sebelum dan sesudah

implementasi menggunakan instrumen pengukuran yang terstandar. Oleh karena itu, hasil 100% pada pengujian harus dipahami sebagai tingkat keberhasilan lima skenario fungsional yang diuji, bukan sebagai ukuran keberhasilan seluruh aspek sistem.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tahapan perancangan, pengembangan, pengujian, dan pembahasan, aplikasi sistem informasi berbasis web untuk Ma'had Ar-Risalah Al-Atsari telah diimplementasikan menggunakan metode Extreme Programming (XP), framework Laravel, dan basis data MySQL. Sistem menyediakan fungsi informasi publik, PPDB online, pengelolaan akun dan berkas guru, serta portal rapor digital. Pengujian Black-Box pada lima skenario fungsional menghasilkan lima skenario berstatus valid, atau 100% dari skenario yang diuji. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi yang diuji telah berjalan sesuai keluaran yang diharapkan. Secara operasional, sistem menyediakan mekanisme pengelolaan data dan dokumen yang lebih terpusat melalui peramban web. Namun, klaim mengenai peningkatan kinerja, usability, keamanan, dan kepuasan pengguna masih memerlukan pengukuran kuantitatif pada penelitian lanjutan.

Untuk pengembangan berikutnya, sistem dapat diperluas dengan modul pembayaran SPP online yang terintegrasi dengan Payment Gateway, aplikasi mobile pendukung, dan mekanisme notifikasi bagi wali santri. Penelitian lanjutan juga disarankan melakukan evaluasi usability, kinerja, keamanan, serta kepuasan pengguna dengan instrumen dan data kuantitatif agar dampak implementasi sistem dapat diukur secara lebih objektif.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] C. Kenneth and P. Jane, *Management Information System: Managing the Digital Firm*, 14th ed. New York: Pearson Higher Education, 2016.
- [2] R. Stair and G. Reynolds, *Principles of Information Systems*, 13th ed. Boston, MA: Cengage Learning, 2018.
- [3] A. S. Rosa and M. Shalahuddin, *Modul Pembelajaran Rekayasa Perangkat Lunak (Terstruktur dan Berorientasi Objek)*. Bandung: Informatika, 2018.
- [4] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 9th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2019.
- [5] M. Brammer, *Web Programming with PHP and MySQL: A Practical Guide*. Portsmouth: School of Computing University of Portsmouth, 2017.
- [6] D. Gopaul, *Software Methodologies: SCRUM vs Extreme Programming*. New York: McGraw-Hill Open-Publishing, 2018.
- [7] R. Miles and K. Hamilton, *Learning UML 2.0: A Pragmatic Introduction to UML*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2016.
- [8] E. Yudhanto and A. Prasetyo, 'Pengembangan Sistem Informasi Administrasi Sekolah Berbasis Web pada Lembaga Pendidikan Islam', *Jurnal Teknobiologi*, vol. 8, no. 1, pp. 45–52, 2019.

- [9] F. Nurzaman and H. Setiawan, 'Implementasi Framework Laravel pada Perancangan Sistem Pendaftaran Siswa Baru', *Jurnal Informatika Terapan*, vol. 12, no. 2, pp. 112–120, 2020.
- [10] I. M. A. Pradnyana and G. S. Santosa, 'Pengujian Fungsionalitas Sistem Informasi Akademik Menggunakan Metode Black-Box Testing', *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 3, pp. 88–95, 2021.
- [11] T. Otwell, *Laravel Documentation: The PHP Framework for Web Artisans*, 2021. [Online]. Available: <https://laravel.com/docs> [Accessed Jun. 15, 2022].
- [12] R. S. Wahono, 'Software Engineering Research Trends and Development Methodologies', *Journal of Software Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 1–15, 2020.
- [13] K. Beck and C. Andres, *Extreme Programming Explained: Embrace Change*, 2nd ed. Boston, MA: Addison-Wesley Professional, 2016.
- [14] M. Fowler, *UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language*, 3rd ed. Boston, MA: Addison-Wesley, 2018.
- [15] Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 'Panduan Digitalisasi Administrasi Sekolah di Era Industri 4.0', Jakarta: Kemdikbud RI, 2020.



www.ojs.stttexmaco.ac.id

infotex@stttexmaco.ac.id



ISSN 2964-5352

