

# Rancang Bangun Alat Bantu Pelepas Cetakan (*Dies Ejector*) Pada Proses Ekstrusi Aluminium Menggunakan Silinder Pneumatik

Sutrisno<sup>1</sup>, Hary Witjahjo<sup>2</sup>, Bagas Prayitno<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia

Email : sutrisno2604@gmail.com

*Received* 05 Maret 2026 | *Revised* 09 Maret 2026 | *Accepted* 28 Maret 2026

## ABSTRAK

Proses ekstrusi aluminium memerlukan alat bantu untuk melepas cetakan (*dies*) yang sering mengalami kesulitan akibat gaya gesek tinggi dan posisi pemasangan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat bantu pelepas cetakan (*dies ejector*) dengan memanfaatkan sistem pneumatik. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, observasi, perancangan konsep, perhitungan teoritis, analisis kebutuhan, hingga pembuatan dan pengujian alat. Hasil perancangan menghasilkan alat pelepas cetakan menggunakan silinder pneumatik double-acting dengan spesifikasi *bore piston* 250 mm, *stroke* 300 mm, dan diameter batang piston 100 mm. Berdasarkan perhitungan teoritis, gaya yang dihasilkan piston sebesar 1962 N untuk melepas beban setara 200 kg hanya memerlukan tekanan 0,4 bar. Pengujian aktual di lapangan menunjukkan bahwa alat mampu bekerja secara efektif pada tekanan 4–6 bar dengan rata-rata waktu pelepasan 11–13 detik. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa alat bantu pelepas cetakan berbasis pneumatik ini berhasil dirancang dan mampu meningkatkan efisiensi proses pelepasan cetakan pada ekstrusi aluminium sehingga dapat mengurangi waktu henti produksi serta meningkatkan keselamatan kerja operator.

**Kata kunci** : ekstrusi, aluminium, *dies ejector*, silinder, pneumatik.

## ABSTRACT

*The aluminum extrusion process requires a die ejector, which is often challenging due to high friction and installation position. This study aims to design and build a die ejector utilizing a pneumatic system. The methods used include literature review, observation, concept design, theoretical calculations, needs analysis, and tool fabrication and testing. The design results in a die ejector using a double-acting pneumatic cylinder with a piston bore of 250 mm, a stroke of 300 mm, and a piston rod diameter of 100 mm. Based on theoretical calculations, the piston generates a force of 1962 N to release a load equivalent to 200 kg, requiring only 0.4 bar of pressure. Actual field testing shows that the tool can operate effectively at a pressure of 4–6 bar with an average release time of 11–13 seconds. The test results can be concluded that this pneumatic-based die ejector has been successfully designed and is able to increase the efficiency of the die ejection process in aluminum extrusion, thereby reducing production downtime and improving operator safety.*

**Keywords:** *extrusion, aluminum, ejector dies, cylinder, pneumatic.*

## 1. PENDAHULUAN

Cetakan ekstrusi merupakan komponen penting dalam proses produksi berbagai produk industri. Proses ini dilakukan dengan memanaskan dan mendorong material melalui cetakan (*dies*) untuk membentuk produk akhir, sehingga setelah proses selesai cetakan perlu dibongkar untuk mengeluarkan produk atau melakukan perawatan.

Pada kondisi aktual di lokasi penelitian, pelepasan cetakan masih dilakukan secara manual oleh satu operator menggunakan palu, membutuhkan waktu 1 menit 13 detik dan memerlukan tenaga yang cukup besar. Karena itu, diperlukan improvement untuk mempercepat proses pelepasan menjadi sekitar 5 detik.

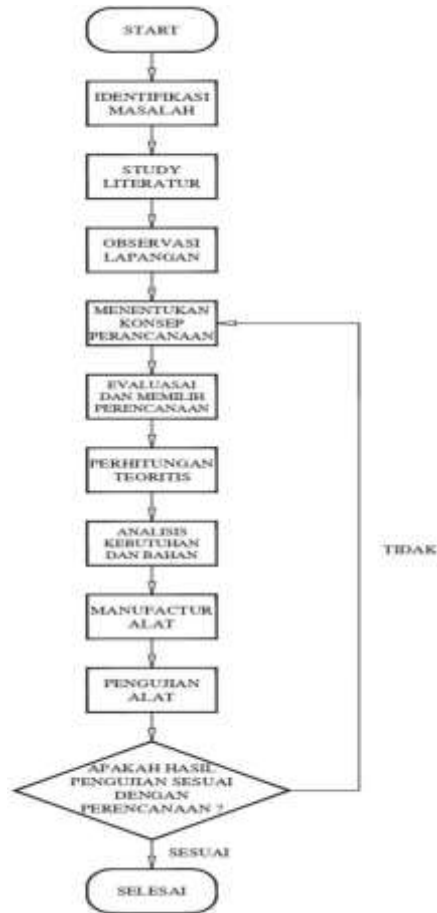
Berbagai penelitian sebelumnya menegaskan pentingnya desain dan analisis alat dalam proses manufaktur. J. Abhilash et al. (2015) merancang dies ejector hidrolik berkapasitas 1,2 ton dan mampu mendorong produk hingga 1,41 ton pada tekanan 100 bar, dengan analisis struktur menggunakan ANSYS [1]. Arif et al. (2003) mengidentifikasi tiga mode kegagalan utama pada dies, yaitu kelelahan, keausan, dan deformasi berdasarkan 616 kasus kegagalan [2]. S.N. AB Rahim et al. (2016) meneliti pengaruh kecepatan ram dan temperatur pada ekstrusi panas aluminium 6061 serta kaitannya dengan kualitas ikatan antar chip [3].

Di industri, JRM Aluminium mengembangkan sistem hidrolik pelepas cetakan yang mampu mempercepat proses menjadi 8 detik dan mengurangi risiko kerusakan [4]. Adi Kurniawan et al. (2023) juga menegaskan pentingnya tekanan dan material jig, dengan hasil terbaik diperoleh pada tekanan 0,4 MPa pada mesin press pneumatik [5].

Berdasarkan percobaan awal, gaya yang dibutuhkan untuk melepas hasil ekstrusi dari dies adalah 1960 N dengan luas efektif piston 0,017662 m<sup>2</sup>, sehingga tekanan yang diperlukan sekitar 1,1 bar. Nilai ini masih dalam batas kerja sistem pneumatik, sehingga penggunaan silinder pneumatik dinilai layak diterapkan dalam penelitian ini.

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan perancangan, simulasi, pembuatan, dan pengujian alat bantu pelepas cetakan (*dies ejector*) pada proses ekstrusi aluminium menggunakan silinder pneumatik. Proses perancangan dan konstruksi ini berlangsung di PT Alexindo Plant 2 Dawuan, pada bulan Februari hingga Juli tahun 2025, dengan menggunakan peralatan yang memadai. Untuk mempermudah pemahaman alur proses penelitian, disusun diagram alir (*flowchart*) yang menggambarkan tahapan dari awal identifikasi masalah, studi literatur, observasi lapangan, menentukan konsep perancangan, evaluasi dan membuat perencanaan, perhitungan teoritis, analisis kebutuhan dan bahan, manufaktur alat, pengujian alat, hingga pengujian dan evaluasi alat yang telah dibuat sesuai dengan perencanaan.



**Gambar 1. Flowchart kegiatan yang akan dilakukan**

### **2.1 Menentukan Konsep Perencanaan**

Konsep perancangan alat bantu pelepas cetakan (*dies ejector*) disusun berdasarkan hasil observasi di lapangan yang menunjukkan bahwa proses pelepasan cetakan secara manual memiliki sejumlah kelemahan, antara lain membutuhkan tenaga besar, memakan waktu lama, serta berpotensi menimbulkan kerusakan pada cetakan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dipilih konsep alat dengan sistem penggerak otomatis berbasis pneumatik agar mampu memberikan gaya dorong yang stabil dan lebih efisien.

Perancangan aspek mekanikal difokuskan pada desain struktur rangka serta penataan komponen utama yang mendukung kinerja alat. Tujuannya adalah memastikan posisi silinder pneumatik, dudukan cetakan, dan komponen pendukung lainnya terpasang dengan kuat, presisi, dan aman selama proses pelepasan cetakan pada produksi ekstrusi aluminium. Material utama rangka menggunakan baja siku dan plat baja karena memiliki kekuatan mekanis tinggi dan mudah dikerjakan. Proses penyambungan komponen dilakukan melalui kombinasi metode las dan baut-mur untuk menghasilkan konstruksi yang kokoh namun tetap memungkinkan perakitan dan pembongkaran dilakukan dengan mudah.

- a. Perencanaan desain alat.
- b. Perencanaan frame.

alat bantu pelepas cetakan (*dies ejector*) pada proses ekstrusi aluminium menggunakan silinder pneumatik, dilakukan analisis tegangan terhadap frame alat untuk memastikan kekuatannya mampu menahan beban kerja saat proses pelepasan cetakan (*dies ejector*)

berlangsung. Perhitungan dilakukan secara manual untuk membandingkan tegangan yang terjadi pada alat bantu tersebut.

c. Perhitungan pada tekanan

Untuk menentukan tekanan kerja silinder pneumatik digunakan rumus[14] hal 11 :

$$P=F/A \tag{1}$$

F = Gaya pneumatik (N)

P = Tekanan silinder (N/m<sup>2</sup> atau Pascal) A = Luas penampang (m<sup>2</sup> atau mm<sup>2</sup>)

d. Perhitungan gaya (F)

Penentuan gaya minimum yang diperlukan untuk mendorong atau melepaskan cetakan dilakukan melalui analisis fisika. Pada sistem pneumatik, penting memastikan silinder mampu menghasilkan gaya dorong yang cukup. Perhitungan gaya mengacu pada Hukum Newton II ( $F = m \times a$ ), di mana percepatan umumnya digantikan oleh percepatan gravitasi 9,8 m/s<sup>2</sup> untuk menghitung gaya berat cetakan yang harus diatasi [14] hal. 10.

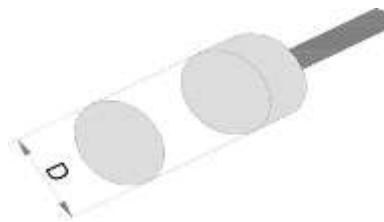
$$F=m \times g \tag{2}$$

F = Gaya tekan (N) m = Massa (Kg)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

e. Menghitung luas efektif piston

Rumus luas efektif piston digunakan untuk menghitung luas penampang kerja pada silinder pneumatik tipe *double acting*, terutama saat langkah maju (*forward stroke*). Pada sistem pneumatik, gaya dorong dihasilkan dari tekanan udara yang bekerja pada permukaan piston. Karena silinder kerja ganda memiliki batang piston di salah satu sisi, maka luas penampang efektif berkurang sebesar luas batang tersebut. Perhitungan ini penting untuk memastikan gaya dorong yang dihasilkan sesuai kebutuhan pelepasan cetakan serta menghindari terjadinya overdesain. Adapun rumus luas efektif piston adalah sebagai berikut [15]:



**Gambar 2. gambar forward stroke**

$$A = \frac{11}{4} \times D^2 \tag{3}$$

A = Luas penampang piston (mm<sup>2</sup>)

D = Diameter Piston (mm)

$\pi \approx 3,1416$

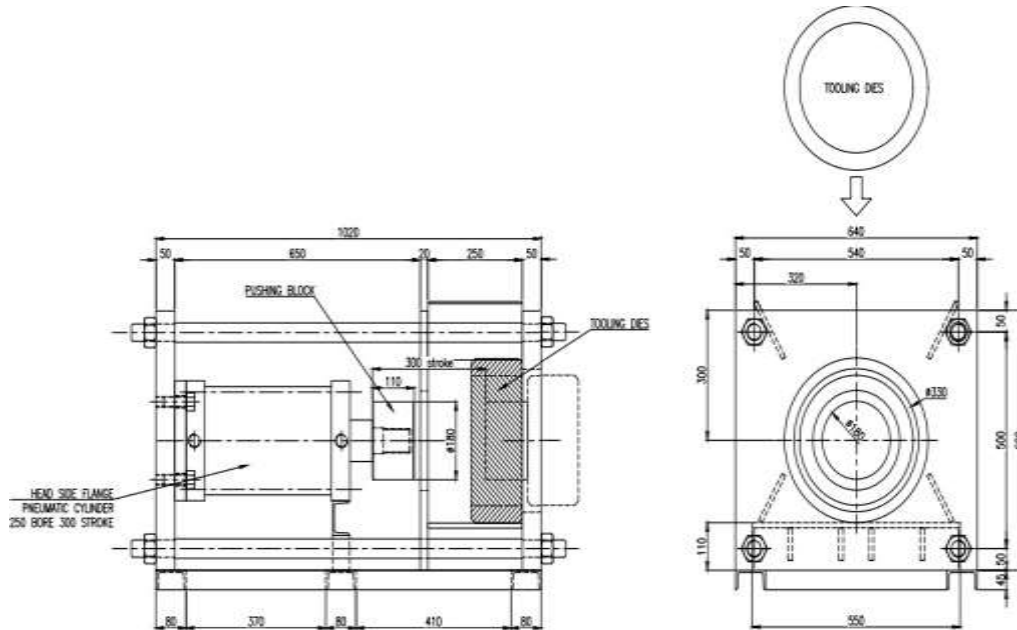
f. Analisis kebutuhan alat

**Tabel 1. analisis kebutuhan alat**

No	Bahan – Bahan	Spesifikasi
1	Plat besi SS400	Panjang 640 mm, lebar 600 mm, tebal 50 mm.
		Panjang 640 mm, lebar 600 mm, tebal 20 mm.
		Panjang 550 mm, lebar 250 mm, tebal 12 mm.
		Panjang 125 mm, lebar 250 mm, tebal 10 mm.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Proses Desain Frame



Gambar 3. Desain benda uji

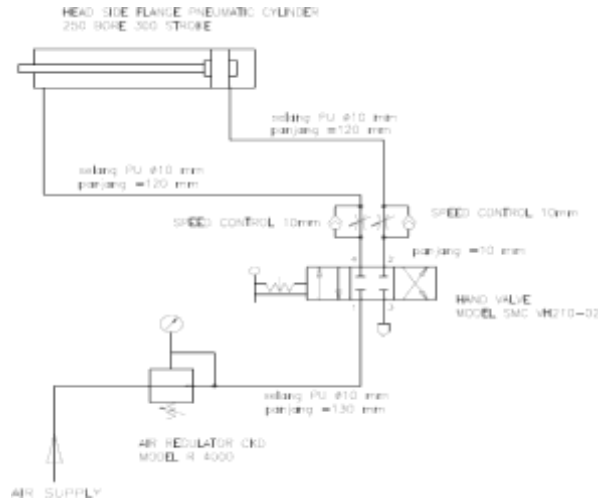
#### 3.2 Hasil Perancangan Alat

Hasil rancang bangun alat bantu pelepasan cetakan dies ejector berbasis sistem pneumatik ditampilkan pada gambar.



Gambar 4. Hasil perancangan alat

Alat ini dirancang berdasarkan hasil observasi lapangan dengan menggunakan silinder pneumatik *double-acting* tipe *side flange* berukuran *bore* 250 mm, *stroke* 300 mm, dan diameter batang piston 100 mm sebagai penggerak utama. Komponen pendukung seperti *hand valve*, regulator, serta filter-lubrikator dipasang sebagai sistem kendali udara. Seluruh komponen ditempatkan pada rangka baja SS400 yang dirancang kokoh dan stabil. Desain ini bertujuan menggantikan metode pelepasan manual menggunakan palu dengan sistem dorong otomatis berbasis tekanan udara yang lebih efisien dan aman.



**Gambar 5. Skema sistem dorong otomatis**

### 3.3 Perhitungan teoritis

Berikut ini merupakan hasil perhitungan teoritis :

a. Perhitungan luas area efektif piston

Diketahui:

$$n=3,14$$

$$D = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$$

$$A= (\pi)/4 D^2$$

$$A= ( 3,14)/4 [0,25]^2$$

$$= 0,785 \times 0,0625 \text{ m}$$

$$= 0,0490625 \text{ m}^2$$

Maka nilai luas area efektif piston adalah 0,0490625 m<sup>2</sup>

b. Perhitungan awal sistem pneumatik berdasarkan hasil obeservasi Diketahui:

$$m = 200 \text{ kg}$$

Massa maksimum dies yang telah diuji adalah 200 kg. Beban diterapkan secara vertikal sehingga dies jatuh. Berikut adalah gambar kondisi dies sebelum dan sesudah jatuh.



**Gambar 6. Pengujian Beban Maksimum Dies Posisi Vertikal**

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Ditanyakan :  $F$  (Gaya tekan )? Dimana:

$$F = m \times g$$

$F$  = Gaya tekan (N)  $m$  = Massa (Kg)

$g$  = Percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>) Sehingga :

$$F = 200 \times 9,81$$

$$F = 1962 \text{ N}$$

Gaya tekan yang diperoleh adalah 1962 N Diketahui

$$F = 1962 \text{ N}$$

$$A = 3,14 \times 0,252$$

$$= 0,785 \times 0,0625 \text{ m}$$

$$= 0,0490625 \text{ m}^2$$

Ditanyakan :  $P$  ( Tekanan)? Dimana :

$P$  = Tekanan Silinder ( $\text{N}/\text{m}^2$  atau Pascal)  $F$  = Gaya Pneumatik (N)

$A$  = Luas Penampang ( $\text{m}^2$  atau  $\text{mm}^2$ )

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{1962}{0,0490625}$$

$$P = 39.989 \text{ N}/\text{m}^2$$

$$P = 0,4 \text{ bar}$$

Maka secara teoritis tekanan yang dibutuhkan untuk melepas dies membutuhkan 0,4 bar untuk posisi vertikal. Sedangkan pada posisi horizontal, tekanan diberikan dengan menggunakan hand jack hidrolik.

Diketahui:

Tekanan uji  $P = 3,2 \text{ bar}$

$$P = 3,2 \text{ bar} \times 100.000 = 320.000 \text{ N}/\text{m}^2$$

$$A = 0,0490625 \text{ m}^2$$

Pada posisi horizontal, pengujian dilakukan menggunakan hand jack hidrolik yang dilengkapi pressure gauge dari hasil uji coba diketahui bahwa pada saat dies terlepas, tekanan yang terbaca sebesar 3,2 bar.



**Gambar 7. Pengujian Beban Maksimum Dies Posisi Horizontal**

Ditanyakan :  $F$  (Gaya Tekan)? Dimana :

$P$  = Tekanan Silinder ( $\text{N}/\text{m}^2$  atau Pascal)  $F$  = Gaya Tekan (N)

$A$  = Luas Penampang ( $\text{m}^2$  atau  $\text{mm}^2$ )

$$F = P \times A$$

$$F = F \times A$$

$$F = 320.000 \times 0,0490625$$

$$F = 15.700 \text{ N}$$

Maka secara teoritis gaya tekan yang dibutuhkan untuk melepas dies membutuhkan 15.700 N untuk posisi horizontal.

### 3.4 Hasil Pengujian Tekanan Aktual di Lapangan

Untuk mengetahui gaya yang benar-benar dibutuhkan dalam pelepasan dies, dilakukan pengujian lapangan menggunakan sistem pneumatik sebanyak lima kali dengan variasi tekanan. Perbedaan tekanan pada setiap percobaan dipengaruhi oleh gesekan antara dies dan cetakan, ketidaktepatan posisi pemasangan, serta tingkat keausan komponen mekanik yang berbeda pada setiap dies. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pneumatik perlu dirancang agar mampu bekerja dengan variasi tekanan di kondisi nyata.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tekanan yang diperlukan meningkat bertahap dari 2 bar hingga 6 bar. Tekanan tersebut kemudian dikonversi ke satuan SI (N/m<sup>2</sup>) sebagai berikut:

Diketahui:

$$P1 = 2 \text{ Bar} = 2 \times 100.000 = 200.000 \text{ N/m}^2$$

$$P2 = 3 \text{ Bar} = 3 \times 100.000 = 300.000 \text{ N/m}^2$$

$$P3 = 4 \text{ Bar} = 4 \times 100.000 = 400.000 \text{ N/m}^2$$

$$P4 = 5 \text{ Bar} = 5 \times 100.000 = 500.000 \text{ N/m}^2$$

$$P5 = 6 \text{ Bar} = 6 \times 100.000 = 600.000 \text{ N/m}^2$$

$$D = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$$

Maka nilai gaya pneumatik

$$A = \frac{3,14}{4} \times 0,25^2 = 0,04906$$

$$F1 = P1 \times A$$

$$F1 = 200.000 \times 0,0490625 = 9.812 \text{ N}$$

$$F2 = P2 \times A$$

$$F2 = 300.000 \times 0,0490625 = 14.718 \text{ N}$$

$$F3 = P3 \times A$$

$$F3 = 400.000 \times 0,0490625 = 19.624 \text{ N}$$

$$F4 = P4 \times A$$

$$F4 = 500.000 \times 0,0490625 = 24.530 \text{ N}$$

$$F5 = P5 \times A$$

$$F5 = 600.000 \times 0,0490625 = 29.436 \text{ N}$$

Dimana:

P1= Tekanan pengujian ke-1(N/m<sup>2</sup>)

P2= Tekanan pengujian ke-2(N/m<sup>2</sup>)

P3= Tekanan pengujian ke-3(N/m<sup>2</sup>)

P4= Tekanan pengujian ke-4(N/m<sup>2</sup>)

P5= Tekanan pengujian ke-5(N/m<sup>2</sup>)

F1 = Gaya pneumatik pengujian ke-1 (N)

F2 = Gaya pneumatik pengujian ke-2 (N)

F3 = Gaya pneumatik pengujian ke-3 (N)

F4 = Gaya pneumatik pengujian ke-1 (N)

$F_5$  = Gaya pneumatik pengujian ke-2 ( $N$ )

$D$  = Diameter piston bore ( $m$ )

$A$  = Luas penampang piston ( $m^2$ )

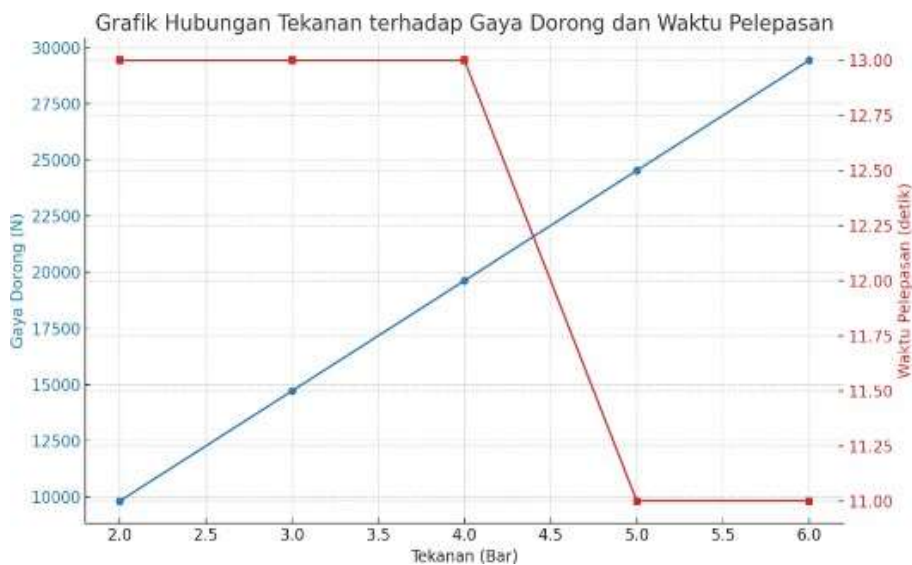
Selain gaya dorong silinder ( $N$ ) dan tekanan kerja ( $bar$ ), dalam pengujian ini juga dilakukan pengamatan parameter lain yaitu waktu pelepasan.

a. Hasil pengamatan

Hasil pengamatan di tunjukan pada tabel dibawah ini:

**Tabel 2. Hasil pengamatan**

No	Tekanan (Bar)	Gaya dorong (N)	Waktu Pelepasan (detik)	Keterangan
1	2	9.812	13	Pelepasan berhasil.
2	3	14.718	13	Pelepasan berhasil.
3	4	19.624	13	Pelepasan berhasil.
4	5	24.530	11	Pelepasan lebih cepat dan berhasil.
5	6	29.436	11	Pelepasan lebih cepat dan berhasil.



**Gambar 8. Grafik Tekanan dengan Gaya Dorong dan Waktu Pelepasan**

Berdasarkan lima kali pengujian dengan variasi tekanan 2–6 bar, diketahui bahwa semakin tinggi tekanan yang diberikan, semakin besar pula gaya dorong yang dihasilkan. Pada tekanan 2–4 bar, pelepasan dies masih dapat dilakukan namun membutuhkan waktu sekitar 13 detik. Sementara itu, pada tekanan 5 dan 6 bar, proses pelepasan berlangsung lebih cepat, yakni sekitar 11 detik. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan tekanan tidak hanya menambah gaya dorong, tetapi juga mempercepat waktu pelepasan. Dengan demikian, tekanan optimal

untuk memperoleh pelepasan yang cepat dan stabil berada pada kisaran 5–6 bar, dan dapat dijadikan acuan dalam pengoperasian alat di lapangan.

### 3.5 Pembahasan

Berdasarkan perhitungan teoritis, diketahui bahwa untuk menghasilkan gaya sebesar 1962 N (setara berat beban 200 kg), alat hanya membutuhkan tekanan sekitar 0,4 bar. Ini menunjukkan bahwa secara teoritis, sistem pneumatik dengan luas area efektif piston 0,0490625 m<sup>2</sup> mampu bekerja dengan tekanan sangat rendah pada posisi vertikal. Namun, nilai ini hanya berlaku dalam kondisi ideal tanpa gesekan, kebocoran udara, atau beban tambahan. Namun posisi horizontal gaya gravitasi tidak berperan. Dari hasil pengujian menggunakan hand jack hidrolik yang dilengkapi pressure gauge, tercatat bahwa pada saat dies terlepas, tekanan yang dibutuhkan sebesar 3,2 bar. Dengan luas piston 0,0490625 m<sup>2</sup>, tekanan tersebut setara dengan gaya dorong sekitar 15.700 N. Hasil pengujian berulang di lapangan menunjukkan bahwa semakin besar tekanan yang di berikan, maka gaya dorong silinder meningkat linier dari 9.812 N (2 bar) hingga 29.436 N (6 bar). Selain itu, waktu pelepasan dies juga lebih cepat pada tekanan tinggi, yaitu 11 detik pada 5 – 6 bar dibanding 13 detik 2 – 4 bar.

Perbedaan besar antara nilai teoritis 0,4 bar vertikal dan 3,2 bar horizontal dengan aktual 2-6 bar menunjukkan bahwa faktor gesekan, gravitasi, toleransi mekanik, keausan, serta ekspansi termal pada suhu tinggi 421 °C sangat mempengaruhi kebutuhan gaya dorong.

Dengan mempertimbangkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa tekanan kerja optimal sistem pneumatik berada pada kisaran 5 hingga 6 bar, di mana proses pelepasan berlangsung cepat dan stabil. Tekanan ini memberikan gaya dorong yang cukup besar untuk mengatasi hambatan mekanis dan kondisi operasional nyata, menjadikan sistem lebih andal dibanding metode manual sebelumnya. Ukuran diameter bore piston 250 mm dan diameter batang piston rod 100 mm terbukti menghasilkan luas efektif piston yang optimal 0,0490625 m<sup>2</sup>, yang mampu menghasilkan gaya dorong 9.000 – 29.000 N pada tekanan 2–6 bar. Rangka alat terbukti stabil dan tidak mengalami deformasi atau kebocoran selama pengujian, serta sistem kontrol manual dengan hand valve memberikan kemudahan bagi operator untuk mengoperasikan alat.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, perhitungan, dan pengujian alat bantu pelepasan cetakan *dies ejector* berbasis sistem pneumatik. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alat bantu pelepas cetakan dies berhasil dirancang dan dibuat menggunakan silinder pneumatik double-acting dengan spesifikasi bore piston 250 mm, stroke 300 mm, dan diameter batang piston 100 mm. Komponen pendukung seperti hand valve, regulator, serta filter-lubrikator dirangkai dalam satu sistem pada rangka baja SS400.
2. Berdasarkan perhitungan teoritis, tekanan minimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan gaya dorong sebesar 1.960 N adalah 0,4 bar, namun dalam pengujian aktual, tekanan yang digunakan berkisar antara 2-6 Bar, menghasilkan gaya dorong antara 9.812 N hingga
3. 29.436 N, dengan waktu pelepasan cetakan antara 13 detik (pada 2-4 bar) dan 11 detik (pada 5-6 bar). Hal ini menunjukkan adanya faktor eksternal seperti gesekan, gravitasi, toleransi mekanik, suhu, dan bentuk cetakan yang memengaruhi performa aktual.

4. Alat ini berhasil menggantikan metode manual yang sebelumnya menggunakan palu dan membutuhkan waktu 1 menit 13 detik, menjadi proses otomatis yang hanya memerlukan 11 detik pada tekanan 6 bar. Walaupun target ideal waktu pelepasan 5 detik belum tercapai, alat ini sudah menunjukkan peningkatan efisiensi yang signifikan dalam hal waktu dan tenaga kerja.
5. Keberhasilan sistem pneumatik dalam pelepasan cetakan menegaskan bahwa metode ini dapat menjadi solusi praktis dan ekonomis dibandingkan dengan sistem hidrolik yang memiliki biaya lebih tinggi, sekaligus meningkatkan keselamatan kerja operator dan mengurangi potensi kerusakan cetakan.

## 5. DAFTAR RUJUKAN

- [1]. J. Abhilash, M. Govindaraju, N. Reddy, and K. Srikanth, "Design, Analysis and Fabrication of a Hydraulic Die Ejector for a Powder Metallurgy Component," *Int. J. Mech. Eng. Rob. Res*, vol. 4, no. 1, 2015, [Online]. Available: [www.ijmerr.com](http://www.ijmerr.com)
- [2]. A. F. M. Arif, A. K. Sheikh, and S. Z. Qamar, "A study of die failure mechanisms in aluminum extrusion," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 134, no. 3, pp. 318–328, 2003, doi: 10.1016/S0924-0136(02)01116-0.
- [3]. S. N. Ab Rahim, M. A. Lajis, and S. Ariffin, "Effect of extrusion speed and temperature on hot extrusion process of 6061 aluminum alloy chip," *ARN J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 4, pp. 2272–2277, 2016.
- [4]. A. Tsau, Turnkey. Aluminium Extrusion Die Ejector Aluminium Extrusion Die Dismantling Machine, (2022). [Online]. Available: <https://www.youtube.com/channel/UCp9zfOf8ATKQADp42zZYqBA/about>
- [5]. A. Kurniawan, M. Zaenudin, and Y. K. P. Saleh, "Pengaruh Tekanan Pada Mesin Press Pneumatic Untuk Pembuatan Briket Dengan Menggunakan Jig Material Skd 11," *Technopex 2023*, no. 2007, pp. 21–31, 2023.
- [6]. R. s preesman, Software Engineering. [Online]. Available: [https://www.google.co.id/books/edition/Software\\_Engineering/bL7QZhtWvaUC?hl=id&gbpv=1&dq=software+engineering+oleh+pressman&printsec=frontcover](https://www.google.co.id/books/edition/Software_Engineering/bL7QZhtWvaUC?hl=id&gbpv=1&dq=software+engineering+oleh+pressman&printsec=frontcover)
- [7]. ScienDirect, "EXTRUSION MOLDING", [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/extrusion-molding>
- [8]. T. Elyan Rizki Syahputra and S. Adi Widyanto, "Analisa Karakteristik Material Stempel Mesin Ekstruder Pada Proses Ekstrusi Collapsible Tube," *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 11, no. 3, pp. 179–188, 2023.
- [9]. Akhyar, PROSES Pengerjaan Logam. [Online]. Available: [https://www.google.co.id/books/edition/BUKU\\_AJAR\\_PROSES\\_Pengerjaan\\_Logam/JauCEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=keuntungan+dari+ekstrusi&pg=PA76&printsec=frontcover](https://www.google.co.id/books/edition/BUKU_AJAR_PROSES_Pengerjaan_Logam/JauCEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=keuntungan+dari+ekstrusi&pg=PA76&printsec=frontcover)
- [10]. I. I. Muda, M. Eng, T. Metalurgi, U. Jenderal, and A. Yani, "TEKNIK PEMBENTUKAN LOGAM Oleh".

- [11]. R. Putra, U. Malikussaleh, M. Abi, and U. Malikussaleh, *Pemilihan Bahan* 2, no. March. 2019.
- [12]. dkk Wirawan Sumbodo, *PNEUMATIK DAN HIDROLIK*. 2020. [Online]. Available: [https://books.google.co.id/books?id=G\\_RIEQAAQBAJ&lpg=PA4&ots=TUKka2y1pH&dq=kompresor pneumatik&hl=id&pg=PA10#v=onepage&q=kompresor pneumatik&f=false](https://books.google.co.id/books?id=G_RIEQAAQBAJ&lpg=PA4&ots=TUKka2y1pH&dq=kompresor+pneumatik&hl=id&pg=PA10#v=onepage&q=kompresor+pneumatik&f=false)
- [13]. O. Sumarna, "Sifat-sifat Gas," *Kim. Fis.* 1, pp. 1–50, 2016.
- [14]. Mi. andrew parr., *Ceng., MIEE, hidrolika dan pneumatika*, 2nd ed. Jakarta: Erlangga, 2003.
- [15]. quora, "what is the formula for calculating tensile stress in a bolt?" Accessed: Jul. 09, 2025. [Online]. Available: <https://share.google/m1OtmEtIkeYGgm9gt>