

RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN TABUNG UDARA BERTEKANAN DENGAN SILINDER PNEUMATIK

Danci Ngaibawar^{1*}, Haslinda. HS², M. Ilham Nur³

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pejuang Republik Indonesia, Makassar^{1,2,3}
dancyngaibawar@gmail.com, haslindahs09@gmail.com, ilhamnuri3464@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem pengisian tabung udara bertekanan menggunakan silinder pneumatik yang digerakkan oleh beban kendaraan. Prinsip kerja alat ini memanfaatkan gaya tekan pelat pijakan yang dilalui kendaraan untuk menekan pegas dan menggerakkan poros pengungkit, sehingga torak silinder pneumatik melakukan langkah maju dan mundur. Udara yang terkompresi dialirkan ke tabung penyimpanan melalui katup buang cepat dan katup non-balik. Hasil perancangan menunjukkan massa total pelat pijakan dan engsel sebesar 68,8 kg dengan konstanta pegas yang dibutuhkan 24,39 kN/m untuk dua pegas. Pegas yang digunakan memiliki konstanta 4,796 kN/m dengan gaya balik 0,719 kN, yang dinyatakan aman untuk mengembalikan posisi pelat setelah tertekan. Dimensi poros dan pin yang dihasilkan dari analisis kekuatan adalah 67 mm dan 32,5 mm. Pengujian lapangan menggunakan kendaraan roda empat menghasilkan tekanan rata-rata 0,53 bar pada langkah maju torak dan 0,33 bar pada langkah mundur torak, setara dengan gaya 4,160 kN dan 0,146 kN. Berdasarkan hasil tersebut, sistem pengisian tabung udara bertekanan dengan silinder pneumatik ini memiliki konstruksi sederhana, tidak memerlukan energi listrik atau bahan bakar, serta dapat memanfaatkan energi potensial dari beban kendaraan. Alat ini berpotensi digunakan sebagai sistem pengisian udara alternatif yang hemat energi.

Kata kunci: silinder pneumatik, pelat pijakan, konstanta pegas, tekanan udara, energi alternatif

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terus berjalan disegala bidang. Perkembangan tersebut sangat dirasakan manfaatnya bagi manusia karena memberikan kemudahan pada berbagai sector kehidupan manusia. Pada kehidupan sehari – hari banyak alat yang di operasikan dengan menggunakan tenaga listrik maupun tenaga bahan bakar minyak. Perkembangan teknologi yang terus berkembang tidak hanya sampai kepada pencapaian tenaga berupa mesin, tetapi terus menerus dikembangkan sampai mencapai tingkat keefektifan dan keefesienan yang tinggi. Hal ini mendorong manusia untuk berinovasi, mengkaji sains dan teknologi untuk menjawab tuntutan tersebut sehingga terciptalah mesin – mesin yang tanpa menggunakan tenaga listrik maupun tenaga bahan bakar minyak, akan tetapi dapat berfungsi sebagaimana mestinya, Salah satu contohnya adalah system pneumatic[1].

Sistem pneumatic merupakan system yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimanfaatkan untuk menghasilkan suatu kerja. Udara tersebut didapatkan dari kompresor udara. Pada system pneumatic, Udara dari compressor di dimanfaatkan untuk menggerakkan silinder kerja. Prototipe mesin espresso sistem Pre-Charge Pneumatic (PCP) berkapasitas tabung 360 cc dan tekanan 2700 psi ini mampu melakukan rata-rata 70 kali ekstraksi per pengisian, dengan performa optimal pada grind size yang lebih kasar karena membutuhkan waktu dan tekanan lebih rendah.[2][3]. Udara bertekanan yang masuk ke dalam tangki diperlukan pendekatan teknik analisis data secara deskriptif menurut golongan atau jenis kendaraan yang melintasi jalan. Data-data tersebut selanjutnya diformulasikan ke dalam beberapa rumus untuk menghasilkan data-data perhitungan. Dari hasil –hasil perhitungan tersebut kemudian dilakukan pembahasan untuk mengetahui karakteristik dari alat tersebut. Pertambahan tekanan P1 dan P2 masuk ke dalam tangki penampungan adalah berkisar antara 0,24 sampai 0,27 untuk gerakan torak maju dan antara 0,42 sampai 0,48 untuk gerakan torak mundur. Untuk memperoleh tekanan kerja 4 sampai 8 bar dari udara betekanan maka diperlukan paling sedikit frekuensi beban dinamis dari kendaraan mobil berkisar mulai 10 sampai 20 kali.[4][5]

Berdasarkan literature maka penulis berinisiatif untuk menciptakan suatu alat yang memanfaatkan system kerja pneumatic. Hanya saja pada rangkaian alat ini, Silinder kerja pneumatic dimanfaatkan untuk

menghasilkan udara yang disimpan pada tabung tempat penyimpanan udara bertekanan yang selanjutnya udara bertekanan tersebut dapat dimanfaatkan untuk objek yang membutuhkannya. Silinder pneumatic digerakkan oleh suatu tuas yang terhubung dengan pelat pijakan yang disimpan di atas permukaan jalan. Tenaga yang diperlukan untuk menekan pelat pijakan tersebut adalah berat kendaraan mobil yang melintasi pelat pijakan tersebut adalah berat kendaraan mobil yang melintasi pelat pijakan tersebut. Sehingga tenaga listrik dan bahan bakar yang selama ini dimanfaatkan sebagai sumber tenaga untuk menghisap udara atmosfer dapat ditiadakan. Dengan demikian kita dapat menghemat energy. Selain itu, yang melatarbelakangi perancangan alat ini adalah mengingat belum adanya alat serupa yang pernah dibuat sebelumnya. Alat ini diharapkan dapat membantu kehidupan masyarakat, terkhusus kepada pengguna kendaraan beroda untuk memanfaatkan udara bertekanan tersebut dalam hal pengisian udara pada ban kendaraan.[6][7]

2. Metode Penelitian

Metode Perancangan

Metode perancangan dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu tahap perancangan, tahap pembuatan, dan tahap perakitan.

a. Peralatan

Penelitian ini peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Mesin bubut
2. Mesin gerinda potong
3. Mesin frais
4. Mesin Las
5. Gerinda tangan
6. Mesin bor
7. Alat ukur

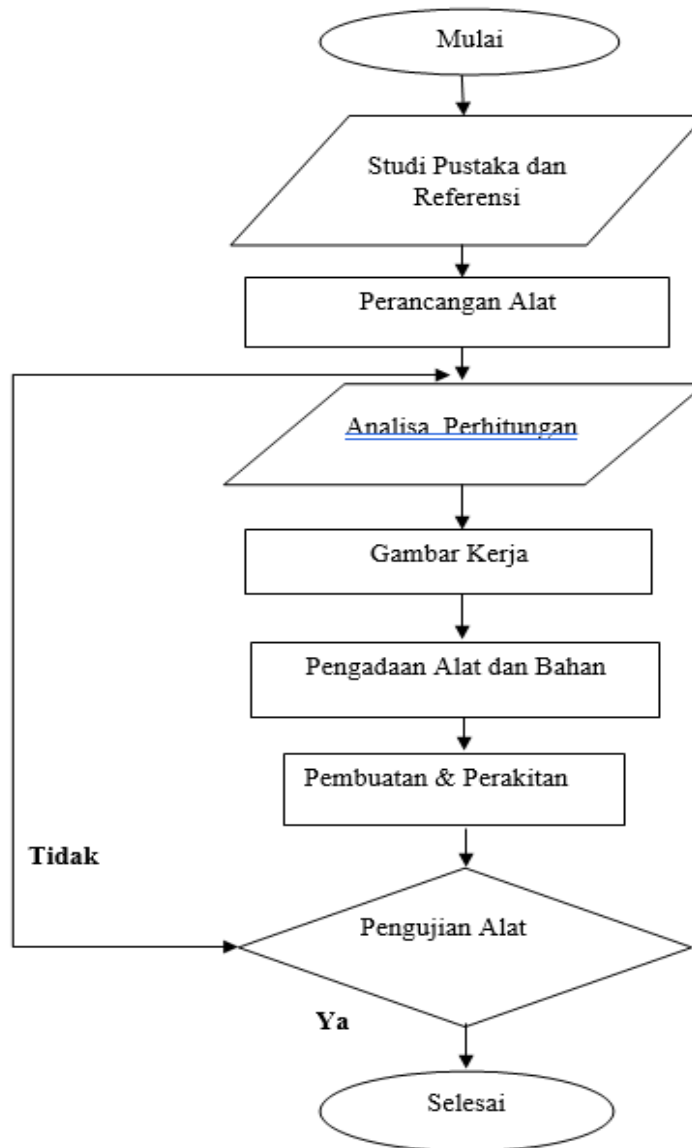
b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Besi pelat
2. Besi Profil L
3. Pegas
4. Tangki udara bertekanan
5. Selang
6. Engsel
7. Besi pejal
8. Besi Pipa
9. Bearing diameter poros 12 dan 10
10. Katup quick exhaust (buang cepat)
11. Katup non balik
12. Manometer
13. Mur dan baut M14, M17
14. Baut tanam (Fisher)
15. Silinder Pneumatik kerja ganda
16. Sambungan pipa berulir

c. Diagram Alir Penelitian

Adapun proses langkah kerja dapat dilihat pada diagram berikut :



Gambar 1. *Flow Chart*

3. Hasil dan Pembahasan

a. Analisa perhitungan

➤ Perhitungan Massa pelat pijakan

1. Massa Pelat

$$V_{\text{pelat}} = p \times l \times t$$

$$P = 2400 \text{ mm} \quad l = 500 \text{ mm} \quad t = 4 \text{ mm}$$

$$V = 2400 \times 500 \times 4$$

$$V = 4800.000 \text{ mm}^3$$

$$M_{\text{pelat}} = V \times \rho \text{ dimana } \rho = 7.7 \text{ g/cm}^3 \text{ (Lampiran III)}$$

$$= 4800 \times 7.7$$

$$= 33110 \text{ g}$$

$$= 33.11 \text{ kg}$$

Jadi massa untuk 2 pelat dengan ukuran yang sama adalah

$$M_{\text{pelat}} = 2 \times 33.11$$

$$= 66.22 \text{ kg}$$

$$= 649 \text{ N}$$

2. Massa Engsel

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 t$$

$$V_1 = \frac{3.14 \times 25^2 \times 55}{4} + \frac{3.14 \times 15^2 \times 35}{4}$$

$$= 12689.34 + 61818.75 \text{ mm}^3$$

$$= 32216 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = \frac{3.14 \times 25^2 \times 55}{4} - \frac{3.14 \times 15^2 \times 35}{4}$$

$$= (12689.34 - 5776.62) \text{ mm}^3$$

$$= 20307.7 \text{ mm}^3$$

$$= 20.3077 \text{ cm}^3$$

Jadi Volume total Engsel adalah

$$V_{\text{engsel}} = V_1 + V_2$$

$$= 32.216 + 20.3077$$

$$= 52.523 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa engsel} = V \times \rho$$

$$= 52.523 \times 7.7$$

$$= 404.4 \text{ g}$$

$$= 0.404 \text{ kg}$$

$$= 3.96 \text{ N}$$

Jadi massa untuk 5 engsel adalah $5 \times 3.96 = 19.8 \text{ N}$

Massa total pelat pijakan kendaraan yang akan ditumpu oleh pegas adalah

$$M_{\text{total}} = M_p + M_e$$

$$= 649 + 19.8$$

$$= 668.8 \text{ N}$$

➤ Perhitungan Konstanta Pegas

$$k = \frac{F}{x}$$

dimana

$$F = F_{\text{mobil}} + F_{\text{orang}} + \frac{1}{2} F_{\text{pelat}}$$

$$F_{\text{mobil}} = 637.5 \text{ kg (Lampiran II)} \times 9.8 = 6247.5 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\text{Forang} &= 75 \text{ kg} \times 9.8 = 735 \text{ N} \\ \text{Fpelat} &= 669 \text{ N} \\ \text{maka, } F &= F_{\text{mobil}} + \text{Forang} + 1/2 F_{\text{pelat}} \\ F &= 6247.5 + 735 + 1/2 F_{\text{pelat}} \\ &= 7317 \text{ N}\end{aligned}$$

Perubahan panjang pegas yang direncanakan yaitu $x = 150 \text{ mm} = 0.15 \text{ m}$

$$\begin{aligned}\text{Jadi } k &= \frac{7317}{0.15} \\ k &= 48780 \text{ N/m}\end{aligned}$$

Karena pegas yang ingin digunakan 2 maka konstanta pegas yang dibutuhkan adalah $48780 / 2 = 24390 \text{ N/m}$

Adapun spesifikasi pegas yang digunakan yaitu :

$D = 8 \text{ mm}$, $D = 75 \text{ mm}$, $n = 21$ maka,

$$\begin{aligned}k &= \frac{83 \times 10^3 \times 8^4}{8 \times 21 \times 75^3} \\ k &= 4796 \text{ N}\end{aligned}$$

Perhitungan Gaya Balik Pegas

$$\begin{aligned}F &= k \times x \\ F &= 4796 \times 0.15 \\ &= 719.4 \text{ N}\end{aligned}$$

Beban yang di terima pegas dari pelat adalah 669 N, sedangkan gaya balik pegas yaitu 719.4 N. Karena gaya balik pegas lebih besar daripada beban pelat, maka dapat disimpulkan bahwa pegas aman untuk digunakan.

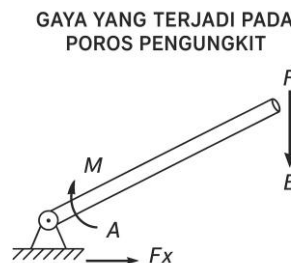
➤ Perhitungan Gaya Balik Pegas

$$\begin{aligned}\text{Panjang poros } l_1 &= \frac{150}{\tan 20.4^\circ} \\ l_2 &= 403 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang poros } l_2 &= \frac{200}{\tan 20.4^\circ} \\ l_2 &= 537 \text{ mm}\end{aligned}$$

➤ Perhitungan diameter poros

Analisa gaya terjadi pada poros pengungkit dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 2. Gaya yang terjadi pada poros pengungkit

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= 0 \\ F_2 \cdot l^2 + F_1(-l_1) - (l_1) &= 0 \\ F_2(537) + 3658.5(-403) - 719.4(-403) &= 0 \\ F_2(537) &= 1184457.3 \\ F_2 &= 2205.7 \text{ N} \\ \Sigma F_y &= 0 \\ F_1 + F_2 - R_A - R_B &= 0 \\ F_1 + F_2 &= R_A - R_B\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3658.5 + 2205.7 &= 719.4 + R_B \\
 R_B &= 5864.2 - 719.4 \\
 R_B &= 5144.8 \text{ N} \\
 \Sigma M_x &= 0 \\
 F_1 \cdot x - R_A(x) - R_B(x - l_1) &= 0 \\
 \text{Untuk } x &= 403, \text{ maka} \\
 M_B &= 3658.5 (403) - 719.4 (403) \\
 &= 1184457.3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Bahan poros yang digunakan ST 42 dengan tegangan tarik maks (bengkok) 420 N/mm² (lampiran I) dengan mengambil faktor keamanan $V = 10$ untuk beban dinamis (lampiran V) maka :

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{M_b}{W_b} & \text{dimana } W_b &= \frac{\pi}{32} d^3 \\
 \sigma_b &= \frac{\sigma_t}{v} & \text{maka, } \sigma_b &= \frac{420}{10} \\
 & & &= 42 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

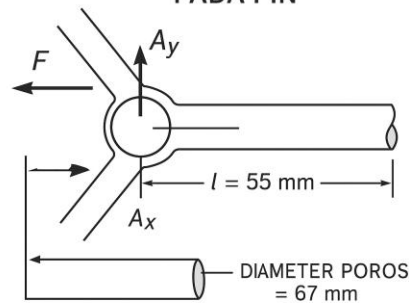
$$\begin{aligned}
 42 &= \frac{32 \times 1184457.3}{\pi d^3} \\
 d^3 &= \frac{3.14 \times d^3}{37902633.6} \\
 d &= 65.9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi diameter poros yang digunakan adalah 67 mm

➤ Perhitungan diameter pin

Analisis gaya yang bekerja pada pin dapat dilihat di bawah ini :

ANALISIS GAYA YANG BEKERJA PADA PIN



Gambar 3. Analisis Gaya yang bekerja pada Pin

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_A &= 0 \\
 F_B \left(\frac{1}{2} l \right) - R_B \times l &= 0 & \text{dimana } l &= 55 \text{ mm} \\
 \text{Maka, } 5144.8 \times 27.5 - R_B \times 55 &= 0 \\
 R_B &= \frac{141482}{55} \\
 &= 2572.4 \text{ N} \\
 \Sigma F_y &= 0 \\
 R_A + R_B - F_B &= 0 \\
 R_A + 2572.4 - 5144.8 &= 0 \\
 R_A &= 2572.4 \text{ N} \\
 M_{\text{maks}} &= F_B \times 27.5 \\
 &= F_B \times 27.5
 \end{aligned}$$

$$= 5144.8 \times 27.5$$

Bahan pin yang digunakan ST 42 dengan tegangan tarik maksimum (bengkok) 420 N/mm² dengan mengambil faktor keamanan V=10 karena jenis pembebanan yang dialami pin adalah beban dinamis maka :

$$\sigma b = \frac{Mb}{Wb} \quad \text{dimana } Wb = \frac{\pi}{32} d^3$$

$$\sigma b = \frac{\sigma t}{v} \quad \text{maka, } \sigma b = \frac{420}{10}$$

$$= 42 \text{ N/mm}^2$$

$$42 = \frac{32 \times 141482}{3.14 \times d^3}$$

$$d^3 = \frac{4527424}{131.88}$$

$$d = 32.5 \text{ mm}$$

Jadi diameter pin yang digunakan pada penumpu poros adalah 32.5 mm

Perhitungan kekuatan pengelasan

Jenis las yang digunakan dalam rancang bangun mesin ini adalah las listrik. Pada pembahasan ini, kekuatan las komponen yang dihitung hanya pada bagian pelat pijakan karena pada bagian pelat pijakan karena pada bagian ini pelat menerima beban secara berulang-ulang dibandingkan dengan komponen-komponen yang lain. Pada pengelasan bagian ini tinggi dan panjang pengelasan masing-masing 3 mm dan 55 mm. Elektroda yang digunakan adalah elektroda dengan ukuran diameter minimum, yaitu 6 mm. Jenis elektroda yang dipakai adalah AWS A.60 dengan kekuatan tarik maksimum 62 Kpsi. Tegangan tarik maksimum elektroda :

$$\sigma t_{\max} = 62 \times 6,894757.10^3$$

$$= 427,47 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan tarik izin elektroda dengan factor keamanan (v) = 5 dihitung dengan persamaan :

$$\frac{\sigma iz}{\sigma t} = \frac{\sigma t_{\max}}{v}$$

$$= \frac{427,47}{5} s$$

$$= 85,494 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser izin elektroda:

$$\frac{\tau iz}{\tau g} = 0,5 \times \sigma t$$

$$= 0,5 \times 85,494$$

$$= 42,474 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser pengelasan pelat pijakan :

$$F = 33 \text{ kg}$$

$$= 33 \times 9,8$$

$$= 1303.4 \text{ N}$$

$$\tau g = \frac{F}{0,707 \times h \times l}$$

$$= \frac{1303.4}{0,707 \times 3 \times 38}$$

$$= 16.17 \text{ N/mm}^2$$

Dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa pengelasan aman, karena tegangan geser pengelasan lebih kecil dari tegangan geser izin elektroda, tetapi untuk lebih memastikan aman tidaknya pengelasan sebaiknya dilakukan pemeriksaan langsung pada pengelasan pelat pijakan tersebut.

b. Hasil Pengujian

Proses pengujian alat ini dilakukan setelah proses rancang bangun selesai. Pengujian alat ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keberhasilan dari alat tersebut, apakah dapat

berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Berikut ini adalah beberapa data yang diperoleh dari hasil pengujian :

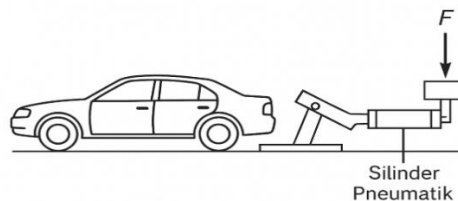
Tabel 1 Data hasil pengujian alat

Pengujian	Jenis Kendaraan	Tekanan yang dihasilkan P (bar)	
		Langkah maju torak silinder pneumatic (P ₁)	Langkah mundur torak silinder pneumatic (P ₂)
1	Mobil	0,5	0,3
2		0,6	0,4
3		0,5	0,3
Rata-Rata		0,53	0,33

Tabel 1. Setiap jenis kendaraan yang melintasi pelat pijakan menghasilkan tekanan yang berbeda-beda pada langkah maju dan langkah mundur dari torak silinder pneumatik

c. Pembahasan

Pada alat system pengisian tabung udara bertekanan dengan silinder pneumatic ini, menggunakan beban kendaraan sebagai tenaga penggerak. Ketika kendaraan mobil melintasi pelat pijakan maka pelat tersebut akan tertekan. Pegas pada pelat pijakan akan tertekan dengan perubahan panjang 150 mm. Poros pengungkit yang terhubung dengan pelat pijakan akan tertekan dan mendorong torak silinder pneumatic, dengan langkah torak sejauh 200 mm. udara yang berada di dalam torak silinder akan terpompa masuk kedalam tabung udara melalui katup buang cepat (exhaust valve) dan katup non balik (non-return valve), tekanan udara yang dihasilkan pada langkah maju torak silinder rata-rata 0,53 bar (terlihat pada gambar 4). sebaliknya apabila kendaraan telah melintasi pelat pijakan, maka dengan sendirinya pegas



Gambar 4. Posisi saat menerima beban

Dari hasil pengujian alat tersebut table 1 dengan pengujian mobil diperoleh :

Rata-rata tekanan pada langkah maju torak : 0,53 bar = 0,053 N/mm²

Rata-rata tekanan pada langkah mundur torak : 0,33 bar = 0,033 N/mm²

Beban (F₁) yang dibutuhkan torak silinder pneumatic untuk menghasilkan tekanan pada langkah maju adalah

$$\begin{aligned}
 F_1 &= P_1 \times A_1 \\
 F_1 &= 0,053 \times \frac{1}{4} \pi (D - d)^2 \\
 &= 0,033 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times (100 - 25)^2 \\
 &= 0,053 \times 7850 \text{ mm}^2 \\
 F_1 &= 4160,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Beban yang dibutuhkan torak silinder pneumatic untuk menghasilkan tekanan pada langkah mundur adalah :

$$\begin{aligned}
 F_2 &= P_2 \times A_2 \\
 &= 0,033 \times \frac{1}{4} \pi (D - d)^2 \\
 &= 0,033 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times (100 - 25)^2
 \end{aligned}$$

$$= 0.033 \times 4415.625 \text{ mm}^2$$

$$F_1 = 145.71 \text{ N}$$

Jadi rata-rata yang dibutuhkan torak silinder pneumatic untuk menghasilkan tekanan pada langkah maju adalah 4160.5 N dan beban rata-rata yang dibutuhkan torak silinder pneumatic untuk menghasilkan tekanan pada langkah mundur adalah 145.71 N.

4. Penutup

a. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dari hasil perancangan system pengisian tangki udara bertekanan dengan silinder pneumatic yang telah didapatkan, maka kami dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat system pengisian tabung udara bertekan dengan silinder pneumatik ini dapat menghemat energi dalam menghasilkan udara bertekanan dimana alat ini tidak membutuhkan tenaga listrik dan bahan bakar sebagai sumber tenaga
2. Alat system pengisian tabung udara bertekanan dengan silinder pneumatic memiliki konstruksi yang sederhana
3. Tenaga kendaraan dapat dimanfaatkan sebagai penggerak system pengisian tabung udara bertekanan dengan silinder pneumatic

b. Saran

Setelah melihat perencanaan dari perhitungan maka kesimpulan pada perencanaan ini, maka penulis ingin memberikan beberapa saran :

1. Sebaiknya setiap perencanaan digunakan bahan yang sesuai kebutuhan
2. Dalam pemilihan bahan diusahakan ukuran yang standar agar mudah diperoleh di pasaran.
3. Agar tidak terjadi kesalahan dalam perencanaan, sebaiknya perhitungan dan perancangan gambar dilakukan secara bersamaan
4. Untuk menghindari ledakan pada tabung udara, sebaiknya dipasang katup pengatur tekanan lebih
5. Jika alat ini ingin dipasang pada jalanan yang ramai kendaraan sebaiknya menggunakan ukuran tabung udara yang lebih besar.

Referensi

- [1] Bechker, "No TitleSistem Pneumatik: Pengertian, Cara Kerja dan Perbedaannya dengan Hidrolik," *intidaya Din. sejati*, 2025, [Online]. Available: <https://vacuumpump.co.id/blog/sistem-pneumatik#:~:text=Kompresor Udara,untuk digunakan oleh komponen lain.>
- [2] F. E. Nakula and A. M. Sakti, "Rancang Bangun Mesin Cetak Hot Press Pneumatik," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 6–10, 2013.
- [3] Dwi Istiyarno, Ikhwan Taufik, and Herru Budi Santoso, "Rancang Bangun Mesin Espresso dengan Sistem Pre-Charge Pneumatic," *Mars J. Tek. Mesin, Ind. Elektro Dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, pp. 95–106, 2024, doi: 10.61132/mars.v2i4.245.
- [4] S. Kaka, "No TitleAnalisis Desain Pengisian Tangki Udara Bertekanan Dengan Sistem Injeksi Silinder Pneumatik," *J. Tek. mesin Teknol.*, 2011, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/view/9>
- [5] R. S. Mulyono, W. Jatiarso, F. Anjasmara, G. F. Achyar, R. Ardhiansyah, and S. A. Pratama, "Rancang Bangun Alat Penekan Pegas Katup Sistem Pneumatik Dan Penopang Cylinder Head," *J. Poli-Teknologi*, vol. 15, no. 3, pp. 257–262, 2017, doi: 10.32722/pt.v15i3.860.
- [6] I. Irman, M. Arham, and M. I. Nur, "Study on Komatsu Engine S6D 95L Performance in

- Construction Operational Applications and Its Impact on Project Productivity in Public Works Projects in Kolaka,” *ILTEK J. Teknol.*, vol. 20, no. 01, pp. 91–94, 2025, doi: 10.47398/iltek.v20i01.197.
- [7] P. Parawansa, M. Rombe, M. Arham, M. I. Nur, and H. HS, “Karakterisasi Hidrodinamika Terhadap Korelasi Distribusi Penurunan Tekanan Pada Aliran Dua Fase Gas-Cair Pada Belokan Pipa 90° Sudut Arah Tangensial Dengan Pendekatan Eksperimental,” *ILTEK J. Teknol.*, vol. 20, no. 01, pp. 75–81, 2025, doi: 10.47398/iltek.v20i01.221.