

Perancangan dan Pembuatan Simulator Kompresor Torak Kapasitas 3 Bar Sekala Laboratorium

Muhammad Haris Ali Murfi, Sulis Yulianto, Andre Rizky Perdana, Gunawan Hidayat

Universitas Muhammadiyah Jakarta

muhammadharisalimurfi19@gmail.com, sulis.yulianto@ftumj.ac.id,

andrerizky31@gmail.com, gunawan.hidayat@ftumj.ac.id

ABSTRACT

This research aims to design and build a laboratory-scale 3-bar reciprocating compressor simulator as a learning tool to understand the working principles of a single-cylinder reciprocating compressor. The design process includes material selection, frame construction, component installation, and piping system, as well as structural analysis using SolidWorks. Tests were conducted to measure mass flow rate, flow velocity, and pressure distribution. The results showed that increasing valve opening and motor speed increased the flow rate and mass flow rate, with the highest value being 0.0000338 kg/s at 1480 rpm. The piping system was capable of delivering pressurized air up to 3 bar, with even heat distribution and a peak temperature of 32°C. The structural analysis results showed agreement between theoretical calculations and simulations with a deviation below 15%. The strength of the welded joints had a safety factor of 182.8, indicating the frame could safely withstand operational loads. This simulator is considered effective as an interactive learning tool to support theoretical and practical understanding in mechanical engineering.

Keywords: *Reciprocating Compressor, Simulator, Learning Tool, SolidWorks*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun simulator kompresor torak kapasitas 3 bar skala laboratorium sebagai media pembelajaran untuk memahami prinsip kerja kompresor torak satu silinder. Proses perancangan meliputi pemilihan material, pembuatan rangka, pemasangan komponen, dan sistem pemipaan, serta analisis struktural menggunakan SolidWorks. Pengujian dilakukan untuk mengukur laju aliran massa, kecepatan aliran, dan distribusi tekanan, di mana hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan bukaan katup dan putaran motor meningkatkan debit dan laju aliran massa, dengan nilai tertinggi 0,0000338 kg/s pada putaran 1480 rpm. Sistem pemipaan mampu menyalurkan udara bertekanan hingga 3 bar, distribusi panas merata dengan suhu puncak 32°C, dan hasil analisis struktur menunjukkan kesesuaian antara perhitungan teoritis dan simulasi dengan deviasi di bawah 15%. Kekuatan sambungan las memiliki faktor keamanan 182,8, menandakan rangka aman menahan beban operasional. Simulator ini dinilai efektif sebagai sarana pembelajaran interaktif untuk mendukung pemahaman teori dan praktik di bidang teknik mesin.

Kata kunci: Kompresor Torak, Simulator, Media Pembelajaran, SolidWorks

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi industri telah mendorong perlunya inovasi dalam mendukung keberlanjutan dan efisiensi dalam proses manufaktur. Salah satu aspek yang sangat vital dalam industri adalah penggunaan kompresor torak, yang berfungsi untuk mengompres gas atau udara guna mencapai tekanan yang diinginkan. Dalam upaya meningkatkan kinerja dan efisiensi kompresor torak, perancangan dan pembuatan simulator menjadi langkah krusial untuk menguji prototipe sebelum diterapkan pada skala produksi.

Penelitian ini difokuskan pada perencanaan dan pembuatan simulator kompresor torak. Simulasi ini akan memberikan pemahaman mendalam tentang perancangan dan pembuatan dari kompresor torak dalam kondisi operasional yang dikendalikan. Penggunaan skala laboratorium memungkinkan pengujian yang lebih terkendali dan akurat, memfasilitasi analisis yang komprehensif terhadap parameter desain dan kinerja. Kajian ini mencakup tahap perencanaan yang melibatkan pemilihan material, desain struktural, dan pemilihan komponen. Tujuan utama adalah menciptakan simulator yang mampu mencerminkan kondisi operasional sebenarnya dari kompresor torak dengan kapasitas 3 bar, sehingga hasil uji coba dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan teknologi kompresor.

Maka dari itu perancangan yang akan dibuat terfokus membuat alat simulator kompresor torak yaitu "Perencanaan dan Pembuatan Simulator Kompresor Torak Kapasitas 3 Bar Skala Laboratorium" Berikut di atas merupakan salah satu contoh dalam pandangan perkembangan teknologi maka itu penulis Melihat perkembangan praktikum di dalam Kampus Universitas Muhammadiyah Jakarta, maka dari itu penulis ingin bertujuan membuat alat yang ada di lab mesin itu sendiri sebagai bahan pembelajaran untuk mahasiswa mesin fakultas Teknik Muhammadiyah Jakarta.

TINJAUAN LITERATUR

Pengertian Kompresor

Kompresor merupakan peralatan atau alat yang menerima energi atau kerja dari luar, berupa daya poros, dengan tujuan untuk meningkatkan tekanan fluida, baik itu udara atau gas. *Inlet pressure* pada kompresor dapat bervariasi dari tekanan vakum hingga tekanan positif tinggi. Sementara tekanan *discharge*, yaitu tekanan hasil pemampatan fluida, dapat berkisar mulai dari tekanan atmosfer hingga ribuan psi di atas atmosfer.

Penggerak Kompresor

Penggerak kompresor memiliki fungsi utama untuk menggerakkan kompresor sehingga dapat bekerja secara optimal. Beberapa jenis penggerak kompresor yang umum digunakan meliputi motor listrik dan motor bakar. Pada kompresor berdaya rendah, sering kali digunakan motor listrik dua fase atau motor

bensin. Sedangkan untuk kompresor berdaya besar, diperlukan motor listrik tiga fase atau mesin diesel. Pemilihan antara motor listrik dan motor bakar tergantung pada kebutuhan dan kondisi spesifik. Mesin bensin atau diesel sering digunakan ketika lokasi sekitarnya tidak memiliki pasokan listrik atau berada dalam kondisi non-stasioner. Sebaliknya, di pabrik-pabrik atau instalasi yang cenderung stasioner dan memiliki pasokan listrik yang memadai, kompresor lebih sering digerakkan oleh motor listrik. Pemilihan jenis penggerak ini dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti ketersediaan pasokan listrik, mobilitas peralatan, dan kapasitas daya kompresor. Oleh karena itu, pemilihan penggerak kompresor menjadi pertimbangan penting dalam mendesain sistem kompresor yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi spesifik penggunaan.

Klasifikasi Kompresor

Klasifikasi kompresor menjadi dua bagian utama, yaitu *Positive Displacement* (displacement positif) dan *Dynamic* (dinamis). *Positive Displacement* terdiri dari *Reciprocating* (bergerak bolak-balik) dan *Rotary* (berputar), sementara *Dynamic* terdiri dari *Centrifugal* (sentrifugal), *axial* (aksial), dan *ejector*. Setiap jenis memiliki karakteristik dan aplikasi khusus tergantung pada kebutuhan dan kondisi penggunaan.

Penelitian Widodo et al., (2020) menganalisis kinerja kompresor torak satu silinder dan dua silinder yang dipasang paralel melalui pengujian tekanan dan suhu udara pada saluran masuk dan keluar, dengan variasi putaran poros engkol 475–1557 rpm serta kondisi instalasi tertutup dan terbuka. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan putaran meningkatkan tekanan keluaran (Pd) pada kedua jenis kompresor. Pada kecepatan maksimum, kompresor satu silinder menghasilkan tekanan tertinggi 4,2 kg/cm² (tertutup) dan 0,73 kg/cm² (terbuka), sedangkan kompresor dua silinder paralel menghasilkan 3,4 kg/cm² (tertutup) dan 0,72 kg/cm² (terbuka). Penelitian merekomendasikan penggunaan kompresor satu silinder jika dibutuhkan tekanan lebih tinggi.

Penelitian Sake et al., (2021) membahas penggunaan media pembelajaran berupa kompresor torak tunggal dan ganda untuk mendemonstrasikan prinsip kerja, membandingkan tekanan udara masuk–keluar reservoir, serta menguji tiga variasi ukuran pulley penggerak. Proses penelitian meliputi perencanaan, perhitungan, pembuatan rangka, perakitan, dan pengujian. Hasil menunjukkan bahwa waktu pengisian tabung pada kompresor torak tunggal adalah 324 detik (pulley 1), 258 detik (pulley 2), dan 192 detik (pulley 3), sedangkan pada kompresor torak ganda adalah 309 detik, 198 detik, dan 160 detik. Semakin besar diameter pulley, semakin cepat proses pengisian udara.

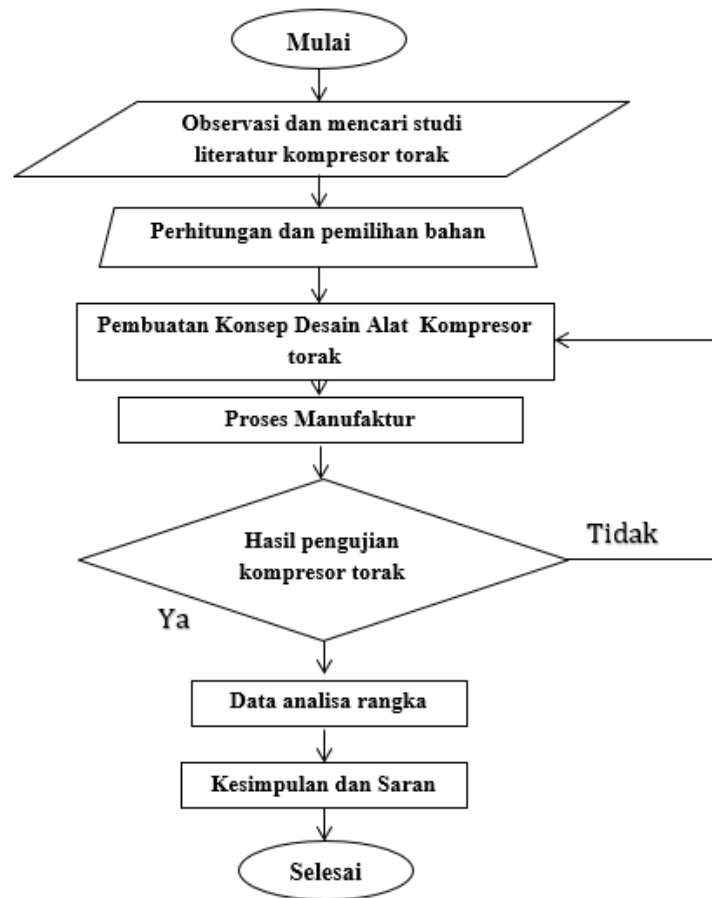
Penelitian Syamsuri & Herdiana, (2023) bertujuan merancang dan membangun simulator kompresor torak sebagai media pembelajaran untuk membantu mahasiswa memahami teori dan praktik pengoperasian kompresor *reciprocating* satu tahap dan dua tahap. Media ini memanfaatkan prinsip kerja

kompresor yang digambarkan dalam diagram PV untuk memperlihatkan perubahan tekanan dan volume pada piston. Metode penelitian diawali dengan perancangan alat simulasi visual, persiapan komponen, perakitan bahan pembelajaran, hingga pengujian alat. Hasilnya, diperoleh bingkai simulator berukuran 1100 mm × 600 mm × 800 mm yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam menjelaskan prinsip kerja dan pengoperasian kompresor secara lebih efektif. Dengan adanya simulator ini, proses pembelajaran diharapkan menjadi lebih interaktif dan memudahkan pemahaman mahasiswa terhadap materi yang bersifat teoritis maupun praktis.

Penelitian Amrullah & Amirudin, (2018) merancang alat uji coba kompresor torak sebagai media pembelajaran untuk mempermudah pemahaman teori dan praktik pengoperasian kompresor *reciprocating* satu tahap dan dua tahap. Proses penelitian meliputi perancangan visual dengan SolidWorks, persiapan komponen, perakitan, dan pengujian. Alat yang dihasilkan memiliki bingkai berukuran 1100 mm × 600 mm × 800 mm, menggunakan V-belt 41 inci (satu tahap) dan 53 inci (dua tahap) dengan diameter puli yang memengaruhi kecepatan putaran poros. Tangki berkapasitas 38 liter diuji selama 8 menit, menghasilkan tekanan 7,2 bar pada kompresor satu tahap dan 7,4 bar pada dua tahap. Nilai perpindahan piston (Q_{th}) masing-masing adalah $7,188 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{menit}$ dan $8,115 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{menit}$, menunjukkan bahwa kompresor dua tahap memiliki tekanan dan kapasitas perpindahan udara lebih tinggi.

METODE PENELITIAN

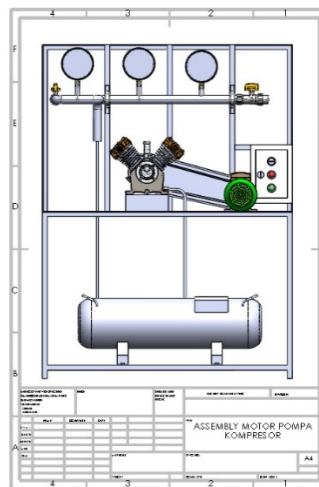
Dalam penelitian ini dilakukan langkah- langkah seperti pada Gambar 1 Diagram Perancangan dan Pembuatan Simulator Kompresor torak Kapasitas 3 Bar Sekala Laboratorium.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Design Mesin Kompresor Torak



Gambar 2. Desain Mesin Simulator Kompresor torak Berkapasitas 3 Bar

Pada Gambar 2 dapat dilihat desain mesin simulator kompresor torak berkapasitas 3 bar dengan menggunakan *software* desain solidwork. Desain di atas analisa simulator menyesuaikan kebutuhan untuk lab pengujian mesin dan kapasitas yang dianalisa tidak terlalu besar karena agar tetap aman jika terjadi kebocoran pada *pressure gauge* ataupun kebocoran di valve pipa yang digunakan pada alat yang dibuat. Dengan menggunakan motor berdaya 0.18 kW atau HP, dengan langkah kerja sebesar 46 (1.6) L/min dan kecepatan pengisian 35 (1.23) L/min. Memiliki tekanan udara sebesar 6 kg/cm dan RPM 590 rpm.

Perhitungan Dimensi Tabung Kompresor Angin

Menentukan luas tabung kompresor. Diketahui tabung kompresor yang digunakan memiliki ukuran dengan diameter 8 inchi x 550 mm, Untuk menghitung luas tabung kompresor dengan diameter 8” atau 203,2 mm, dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1) :

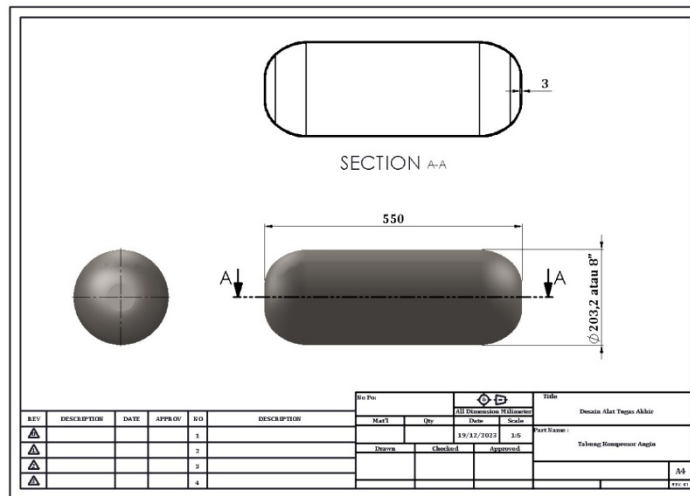
$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \pi \cdot r^2 && (2.1) \\ &= 2 \times 3.14 \times 197,2^2 \text{ mm} \\ &= 244.215,2 \text{ mm}^2 \\ &= 2.442,15 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Menentukan Volume Tabung Kompresor Untuk menghitung volume tabung kompresor, dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 :

$$\begin{aligned} V &= \pi \cdot r^2 \cdot t && (2.2) \\ &= 3,14 \times 197,2^2 \text{ cm} \times 550 \text{ cm} \\ &= 67.159.229,7 \text{ cm}^3 \\ &= 67,1 \text{ Liter} \end{aligned}$$

Menentukan Keliling Alas Tabung Kompresor. Untuk menghitung keliling alas tabung kompresor, dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3 :

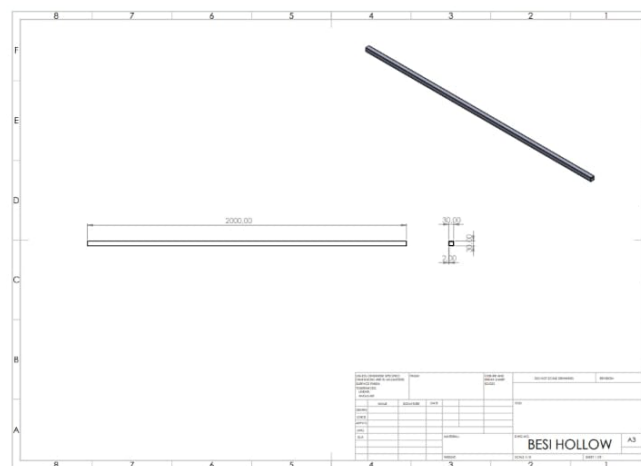
$$\begin{aligned} K_a &= 2 \cdot \pi \cdot r && (2.3) \\ &= 2 \times 3,14 \times 197,2 \text{ mm} \\ &= 1.238,4 \text{ mm} \\ &= 123,8 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 3. Diameter Tabung Kompresor Angin

Pembuatan Konstruksi Rangka

Langkah awal pembuatan rangka adalah memotong besi hollow 30 × 30 mm dengan tebal 3 mm untuk kerangka utama dan penopang motor sesuai desain menggunakan mesin gerinda potong. Sebanyak 10 potongan (total massa 20 kg) kemudian dilas dengan metode SMAW untuk membentuk rangka penopang tabung kompresor, motor torak, dan *head* kompresor.



Gambar 4. Desain Ukuran Besi Hollow 30x30

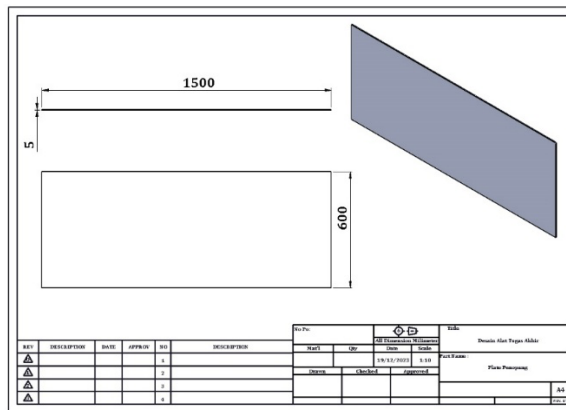
Pembuatan *Plate* Alas Dudukan Motor dan *Head* Kompresor

Langkah yang dilakukan dalam menentukan panjang dan lebar *plate* menyesuaikan dengan desain rangka yang telah dibuat. Selanjutnya menentukan tebal *plate* yang cukup untuk dapat menopang motor torak dan *head* kompresor yang diletakan di atas *plate*. Dengan menggunakan *plate* A36 dan tebal 5 mm dengan ukuran 60 cm x 150 cm . dengan perhitungan luas menggunakan rumus panjang x lebar sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ &= 150 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \\ &= 9.000 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dan perhitungan rumus volume sebagai berikut, dengan menggunakan rumus Panjang x lebar x tinggi :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ &= 150 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \\ &= 4.500 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



Gambar 5. Plate Penopang

Analisa Berat Mesin

Berdasarkan hasil asumsi berat mesin, maka perlu dilakukan pengecekan kekuatan desain rangka untuk mengetahui seberapa besar beban yang dapat ditahan oleh rangka. Oleh karena itu, data yang diperoleh mendekati data aslinya, sebagai berikut :

Tabel 1. Beban Rangka

NO	Nama Komponen	Qty (pcs)	Massa (Kg)
1	Rangka Simulator Kompresor torak	1	20 kg
2	Plat Penopang	1	3.5 kg
Total Massa Mesin Simulator Kompresor torak			23,5 kg

Dari tabel di atas diperoleh berat rangka komponen sebesar 23,5 kg dengan hasil data tersebut dapat dilakukan perbandingan antara rangka alat simulator kompresor torak angin dengan beban yang ditumpu sebagai berikut :

Bila diketahui :

Beban total komponen : 23,5 kg

Beban rangka utama : 20 kg

Jadi beban rangka utama : beban terhadap rangka

$$20 : 23,5 = 1 : 1,175$$

Jadi kesimpulan dapat diambil bahwa rangka mampu mengangkat 1,175 kali lipat dari rangka itu sendiri.

Perhitungan Kompresor Torak

Perhitungan Daya Kompresor

Diketahui:

Debit efektif (Q) : 35 L/min = 0,035 m³/min = 0,00058 m³/s

Tekanan akhir : 6 bar = 600 kPa

Tekanan absolut : P₂ = 7 bar, P₁ = 1 bar

T = 300 K, R = 287, k = 1,4

Daya motor : 0,18 kW

RPM kompresor : 590 rpm

Hitung daya teoritis

Perhitungan daya kompresor torak dilakukan untuk mengetahui kebutuhan daya aktual yang dibutuhkan untuk menghisap dan memampatkan udara dari tekanan atmosfer (1 bar) menjadi tekanan kerja sebesar 6 bar. Dalam proses kompresi, diasumsikan udara mengalami kompresi isentropik, sehingga daya teoritis dapat dihitung dengan rumus:

$$W_s = \frac{k}{k-1} \cdot R \cdot T \cdot \left\{ \left(\frac{P_2}{P_1} \right) - 1 \right\}$$
$$W_s = 3,5 \times 287 \times 300 \times [(7)^{0,2857} - 1]$$
$$= 3,5 \times 287 \times 300 \times (2,030 - 1)$$
$$= 301,350 \times 1,03$$
$$= 310,390 \text{ J/kg}$$

Setelah itu, massa udara yang dikompresi per detik dihitung menggunakan persamaan:

Rumus massa udara per detik :

$$\dot{m} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

Dimana:

P = 100.000 Pa (tekanan atmosfer),

V = 0,00058 m³/s (debit udara efektif 35 L/menit),

R = 287 J/kg·K,

T = 300 K.

$$\dot{m} = \frac{100000 \cdot 0,00058}{287 \cdot 300} = \frac{58}{86100} = 0,00067 \text{ kg/s}$$

Maka daya teoritis kompresor menjadi:

$$\dot{W} = m \times W_s$$

$$\dot{W} = 0,00067 \times 310.390 = 0.208 \text{ kW}$$

Sehingga daya yang dibutuhkan oleh kompresor torak secara teoritis adalah 0,21 kW.

Perhitungan Pulley & V-belt

Untuk menurunkan kecepatan putaran motor (1450 rpm) menjadi kecepatan kompresor (590 rpm), diperlukan sistem transmisi pulley dan sabuk V-belt. Rasio pulley dihitung dengan rumus :

$$\text{RPM motor} = 1450 \text{ rpm}$$

$$\text{RPM kompresor} = 590 \text{ rpm}$$

Rasio Pulley :

$$\text{Rasio} = \frac{N \text{ motor}}{N \text{ kompresor}}$$

$$\text{Rasio} = \frac{1450}{590} = 2.46$$

Dengan rasio ini, maka ukuran pulley kompresor harus 2,46 kali lebih besar dibandingkan pulley motor.

Pilih ukuran pulley :

Untuk mendapatkan perbandingan tersebut, ditetapkan diameter pulley motor sebesar 80 mm. Maka diameter pulley kompresor dihitung sebagai berikut:

$$\text{Pulley motor} = 80 \text{ mm}$$

$$\text{Pulley kompresor} = 80 \times 2,46 = 197 \text{ mm}$$

Pilihan standar : 200 mm

Karena ukuran pulley standar yang tersedia di pasaran adalah kelipatan 5 atau 10 mm, maka dipilih pulley kompresor dengan diameter 200 mm. Rasio aktual yang diperoleh menjadi:

$$\text{Rasio Aktual} = \frac{200}{80} = 2,5$$

Dengan demikian, kecepatan putaran kompresor menjadi:

$$\text{RPM}_{\text{Kompresor}} = \frac{1450}{2,5} = 580 \text{ rpm}$$

Walaupun sedikit lebih rendah dari target 590 rpm, perbedaan ini masih dalam batas toleransi untuk aplikasi praktis.

Panjang V-Belt

Panjang sabuk V-belt dihitung berdasarkan jarak antar poros (C) sebesar 300 mm, dengan diameter pulley motor (D1) 80 mm dan diameter pulley kompresor (D2) 200 mm. Rumus panjang sabuk adalah:

$$\text{Jarak antar poros } C = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Pulley Kecil } D_m = 80 \text{ mm}$$

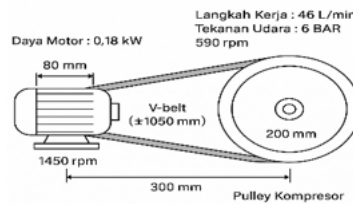
Pulley Besar $D_k = 200 \text{ mm}$

Rumus Panjang sabuk :

$$L = 2c + \frac{\pi}{2} (D_k + D_m) + \frac{(D_k - D_m)^2}{4c}$$

$$L = 600 + 439.6 + \frac{(120)^2}{1200} = 600 + 439.6 + 12 = 1051,6 \text{ mm}$$

Dengan hasil tersebut, dipilih sabuk V-belt standar dengan panjang 1050 mm (kode A42).



Gambar 6. Skematik pulley & sabuk

Analisa Pembebanan

Untuk mengetahui kekuatan desain suatu sasis, diperlukan data pengujian rangka agar dapat dianalisis kembali untuk melihat apakah rangka tersebut cukup kuat dalam menahan beban. Sebelum menganalisa hasil rancangan kerangka mesin, perlu diketahui data – data berat komponen yang akan ditumpu oleh rangka, pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Berat Beban yang Ditempu

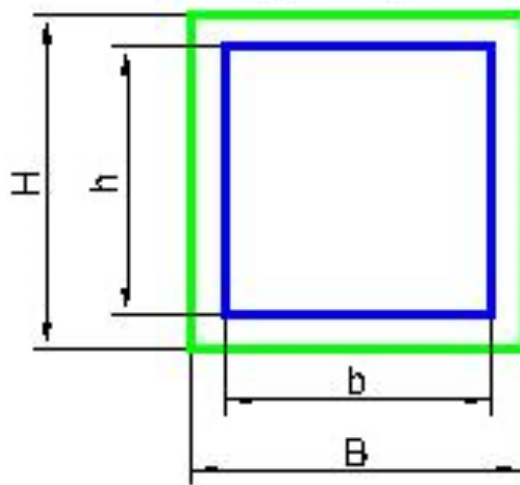
NO	Nama Komponen	Qty (pcs)	Total Massa (Kg)
1	Rangka Simulator Kompresor torak	1	20 kg
2	Plat Penopang	1	3,5 kg
3	Tabung Kompresor	1	8,3 kg
4	Motor ac	1	12 kg
7	Pulley	2	1 kg
8	V-Beltt Pulley	1	0.1 kg
9	Head Kompresor	1	8 kg
10	Pressure Gauge	3	2,1 kg
11	Valve pipe	2	0,4 kg
12	Pipa 2,5 m	3	1,2 kg
13	Panel Listrik	1	2 kg
Total Massa Mesin Simulator Kompresor torak			58,6 kg

Dari tabel di atas diperoleh berat keseluruhan komponen sebesar 58,6 kg. Dengan itu berat yang diterima rangka 1 titik yaitu : Pembebanan pada titik tengah pusat (F1).

Perhitungan Beban Secara Teoritis

Perhitungan Tegangan Maksimal Rangka

Untuk menghitung tegangan maksimum yang dialami rangka 2, carilah terlebih dahulu momen inersia besi hollow ukuran 30 mm x 30 mm tebal 3 mm dengan menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 6. Diagram inersia

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3) && (2.21) \\ &= \frac{1}{12} ((0,03^3) - (0,024^3)) \\ &= \frac{1}{12} (13,17 \times 10^{-6}) \\ &= 10,98 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Titik Berat

$$\begin{aligned} y &= \frac{30 \text{ mm}}{2} \\ &= 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas Penampang Besi Hollow

$$\begin{aligned} A &= A1 - A2 \\ &= (S1)^2 - (S2)^2 \\ &= (30 \times 30) - (24 \times 24) \\ &= 324 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan nilai momen maksimumnya adalah $M_{\max} = 430,71 \text{ N.mm}$, dengan persamaan 2.24 sebagai berikut :

$$\sigma_{max} = \frac{iM \max x y}{I} \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= \frac{430,71 \text{ N.mm} \times 15 \text{ mm}}{10,98 \times 10^{-7}} \\ &= 22,2 \times 10^{10} \text{ Nm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Tegangan Ijin

Bahan rangka menggunakan profil hollow St 37, dengan persamaan jika diketahui :

$$\begin{aligned} \sigma_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \text{ (Bahan dari DINi St 37i)} \\ \eta &= 4 \\ \sigma_{ijin} &= \frac{\sigma_y}{\eta} \quad (2.23) \\ &= \frac{235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{4} \\ &= 58,75 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan demikian karena σ_{ijin} , pilihan rangka beban besi berongga St 37 berukuran 30 mm x 30 mm x 3 mm akan memungkinkan beban ditopang dengan cara yang sepenuhnya aman.

Perhitungan Getaran

Sebelum mencari nilai getaran (ω_n) perlu mencari nilai k terlebih dahulu, dengan persamaan 2.29 sebagai berikut :

Perhitungan Getaran Rangka Utama Mesin Simulator Kompresor torak

Massa (M)	= 58,6 kg	
Modules elastis (E)	= 210000 N/mm ²	= 2,1 x 10 ¹¹ N/m ²
Panjang (b)	= 1.500 mm	= 1,5 m
Lebar (a)	= 30 mmii	= i0,03 mi
Tebali (t)	= 3 mmi	= i0,003 mi

$$k = \frac{3EI}{b^3} = \frac{Eat^3}{4b^3} \quad (2.28)$$

$$\begin{aligned} k &= \frac{(2,1 \times 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}) \times 0,03 \text{ m} \times (0,003 \text{ m})^3}{4 (1,5 \text{ m})^3} \\ &= 12,6 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Hubungkan parameter frekuensi alami ini dalam radian/detik dan frekuensi ini ke persamaan 2.29 berikut:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.29)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{12,6}{58,6}}$$

$$\omega_n = 0,06 \text{ rad/det}$$

Jadi frekuensi natural yang dihitung dalam satuan menurut ahli terhormat adalah Hz, dengan persamaan 2.30 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_n &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} & (2.30) \\ &= \frac{1}{2\pi} \times 0,06 \\ &= 0,009 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Perhitungan Regangan

Untuk menghitung deformasi yang dibutuhkan suatu rangka Anda dapat menggunakan rumus dengan persamaan 2.31 berikut :

$$\varepsilon = \sigma / E \quad (2.31)$$

Bilai diketahui :

$$\sigma_{\text{maxi}} = 22,2 \times 10^{10} \text{ Nmm}^2$$

Ei : 2100009 N/mm² (Nodulus Elastis dari bahan St 37 Steel) Maka :

$$\varepsilon = \sigma_i / E_i$$

$$\sigma_{\text{max}} = 22,2 \times 10^{10} \text{ Nmm}^2$$

$$E_i = 210000 \text{ N/mm}^2 \text{ (bahan st 37)}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \varepsilon_i &= \frac{22,2 \times 10^{10} \text{ Nmm}^2}{210000} \\ &= 10,5 \times 10^{-5} \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka nilai regangan dari perhitungan di atas yaitu sebesar $10,5 \times 10^{-5}$ Nmm

Perhitungan Defleksi

Dalam mencari defleksi perlu mengetahui luas penampang, pada besi hollow ukuran 30 mm x 30 mm x 2 mm. Dengan beban terberat pada F1 sebesar 574,28 N, Sehingga dapat dihitung dengan rumus dengan persamaan sebagai berikut :

A. Defleksi Rangka Utama Mesin Simulator Kompresor torak

$$\delta = \frac{P.L}{A.E} \quad (2.32)$$

Diketahui

$$\text{Beban yang di terapkan (P)} = 574,28 \text{ N}$$

$$\text{Panjang struktur (L)} = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Modulus elastisitas bagan (E)} = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Momen inersia (A)} = 324 \text{ mm}^2$$

Maka dapat di cari defleksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{574,28 \text{ N} \times 1500 \text{ mm}}{324 \text{ mm}^2 \times \left(210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)} \\ &= 27,4 \times 10^{-5} \text{ mmi} \end{aligned}$$

Jadi nilai defleksi yang didapat adalah $27,4 \times 10^{-5}$ mm. Sedangkan menurut SNI, standar deviasi yang diperbolehkan menurut persamaan 2.33 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\delta &= l/240 && (2.33) \\ &= \frac{1500 \text{ mm}}{240} \\ &= 625 \text{ mm} \\ \text{Aman Karena } \delta &< \delta \text{ ijin}\end{aligned}$$

Perhitungan Kekuatan Sambungan Rangka (Pengelasan)

Pengelasan pada rangka mesin simulator kompresor torak menggunakan metode SMAW (Shielded Metal Arc Welding), dengan elektroda E6013. Untuk memastikan kekuatan struktur rangka secara menyeluruh, perlu dilakukan perhitungan kekuatan sambungan las terhadap beban yang bekerja.

Data yang digunakan:

- Jenis pengelasan: SMAW
- Elektroda: E6013
- Kekuatan luluh elektroda (σ_{las}): ± 350 MPa
- Panjang total las efektif: 100 mm
- Tebal las (fillet weld): 3 mm
- Gaya maksimum (F): 574,28 N (beban maksimum dari hasil perhitungan sebelumnya)

1. Luas Efektif Sambungan Las:

$$\begin{aligned}A &= L \times t \\ A &= 100 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} = 300 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

2. Kekuatan Sambungan Las:

$$\begin{aligned}F_{\text{maks}} &= A \times \sigma_{\text{las}} \\ F_{\text{maks}} &= 300 \text{ mm}^2 \times 350 \text{ N/mm}^2 = 105.000 \text{ N}\end{aligned}$$

3. Faktor Keamanan Sambungan Las (FoS):

$$\begin{aligned}\text{FoS} &= F_{\text{maks}} / F_{\text{kerja}} \\ \text{FoS} &= 105.000 / 574,28 \approx 182,8\end{aligned}$$

Kesimpulan:

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sambungan las memiliki kekuatan jauh lebih besar dari beban kerja maksimum yang diterima, dengan faktor keamanan sebesar 182,8. Hal ini menunjukkan bahwa sambungan las yang digunakan pada rangka sangat aman terhadap beban operasional.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis, mesin simulator kompresor torak skala laboratorium berhasil dibuat menggunakan sistem pemipaan sederhana dan komponen mekanik dasar, mampu menyimulasikan prinsip kerja kompresor torak satu silinder dengan motor listrik berkecepatan variabel. Pengujian menunjukkan bahwa semakin besar bukaan katup dan putaran motor, semakin tinggi kecepatan fluida, debit, dan laju aliran massa, dengan nilai tertinggi 0,0000338 kg/s dan kecepatan 0,0175 m/s pada putaran 1480 rpm. Sistem pemipaan mampu mendistribusikan udara bertekanan hingga 3 bar sesuai desain, sementara simulasi distribusi panas SolidWorks menunjukkan pemanasan merata pada silinder dengan suhu puncak 32°C, sesuai prinsip termodinamika. Simulasi struktur menghasilkan tegangan maksimum $2,79 \times 10^7$ N/m² dengan deviasi *error* di bawah 15% dibanding perhitungan teoritis ($22,2 \times 10^{10}$ N/mm²), menunjukkan kesesuaian model. Selain itu, perhitungan kekuatan sambungan las metode SMAW menghasilkan faktor keamanan 182,8 terhadap beban maksimum 574,28 N, membuktikan bahwa rangka aman dan mampu menahan beban kerja secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, & Amirudin. (2018). Rancang Bangun Alat Uji Kompresor Torak sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal Teknologi Terpadu*, Vol 6(No.2), 168–174. <https://doi.org/10.32487/jtt.v6i2.521>
- Sake, R. R., Hermawan, H., Parawangsa, A. N., & Ridhani, U. (2021). MEDIA PEMBELAJARAN KOMPRESOR TORAK TUNGGAL DAN KOMPRESOR TORAK GANDA. *Jurnal Tematis (Teknologi, Manufaktur Dan Industri)*, 3(1), 11–23.
- Syamsuri, H., & Herdiana, A. (2023). PERANCANGAN SIMULATOR KOMPRESOR TORAK UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN. *Jurnal Mesin Galuh*, 1(1). <https://doi.org/10.31949/stima.v7i0.930>
- Widodo, I. G. P. S. H. P. D. P. M., Ampala, K., Supandi, S., Pramono, A., & Gutomo, G. (2020). Analisa Hasil Pengujian Unjuk Kerja Kompresor Torak Satu Silder Dan Dua Silinder Dengan Instalasi Paralel. *In Prosiding Seminar Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 3(1).