

RANCANG BANGUN RANGKAIAN PNEUMATIK PADA *HYDROPNEUMATIC BRAKE SYSTEM*

Nur Rahmat Febrian¹, Ardianto Darmanto², Fajar Apit³

Jurusan Teknik Otomotif Kendaraan Tempur, Poltekad Kodiklat Angkatan Darat

Poltekad Kodiklatad Ksatrian Pusdik Arhanud PO BOX 52 Malang

Email : nurrahmatfebrian22@gmail.com

ABSTRAK

Kendaraan Taktis Komodo terdapat beberapa sistem yang sangat berpengaruh terhadap keselamatan dan kenyamanan berkendara. Salah satu sistem tersebut adalah sistem pengereman. Pada rem hidrolik, tuas pada pedal rem terhubung langsung dengan piston didalam master silinder. Karena fluida rem tidak memiliki sifat kompresi. Jika pedal rem sudah tidak dalam keadaan ditekan fluida tersebut belum kembali ke titik normal. Apabila tekanan pedal rem ditambah maka fluida akan mengalir dan mendorong piston, sehingga roda menjadi terkunci dan mobil sulit dikendalikan. *Hydropneumatic brake system* merupakan penggabungan dari sistem rem hidrolik dan rem pneumatik, dimana kampas tetap ditekan dengan minyak rem. Aplikasi pengereman ini diperlukan untuk mempercepat pengereman dan melepaskannya. Sehingga terjadinya penguncian roda dapat dihindari dan kendaraan lebih stabil atau dapat dikendalikan. Oleh karena itu perlu adanya perencanaan dan perhitungan sistem pneumatik agar dapat beroperasi dengan baik. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui prinsip-prinsip perancangan kerja dan tekanan angin dari rangkaian pneumatik *hydropneumatic brake system*. Metode penelitian ini dilaksanakan dengan cara menghitung gaya pneumatik yang diperlukan untuk mendorong gaya hidrolik. Gaya hidrolik yang diperoleh sebesar 827288,2, N/m². Hasil dari penelitian dan pengolahan data yaitu untuk mendorong F pada gaya pneumatik yaitu 9351,67N. Diperlukan diameter silinder sebesar 0,12 m² dan daya kompresor 1,23575 kW. Sehingga F dari sistem pneumatik 9351,67 N lebih besar dari F hidrolik yaitu 827288,2 N/m².

Kata Kunci : Gaya pneumatik, *Hydropneumatic*.

ABSTRACT

The Komodo tactical vehicle contains several systems that having affecting the driving safety and comfort aspects. One of the systems is the braking system. In the hydraulic brakes, the lever on the brake pedal is connected to the piston on the master cylinder directly. Because the brake fluid has no compression characteristics. If the brake pedal is not pressed position, the fluid is not returned in a normal point. If the brake pedal is re-press, the fluid will flow and push the piston, so the locked wheels and the car is difficult to be controlled. The hydropneumatic brake system is a combination of hydraulic and pneumatic brake systems, which is the brake linings still use the brake oil. This braking application is needed to acceleration the braking process and release it immediately. So, the locked wheel can be avoided and the vehicle can be controlled well. Hence, there are planning and calculating the system is needed in order it can be operated properly. The purpose of this research is to understand the working design principles and the wind pressure of the hydropneumatic brake system. The research method is made by calculating the pneumatic force. It is required to drive the hydraulic force. The hydraulic force is 827288.2 N/m². The research results and the data processing are to drive F on the pneumatic force of 9351.67 N. A cylinder diameter of 0.12 m² is needed and the compressor power of 1.23575 kW. So the F of the pneumatic system of 9351.67 N is bigger than the hydraulic F of 827288, 2 N/m².

Keywords: *Pneumatic force, Hydropneumatic*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem rem pada kendaraan berfungsi sebagai alat atau media untuk menahan laju kendaraan, berhenti atau memarkir kendaraan pada jalan yang mendaki atau tanjakan. *Hydropneumatic brake system* merupakan penggabungan dari sistem rem hidrolik dan rem pneumatik, dimana kampas tetap ditekan dengan minyak rem. Disatuan jajaran TNI-AD, *Hydropneumatic brake system* telah digunakan pada kendaraan taktis Komodo yang diproduksi oleh PT. Pindad. Untuk mendukung hal tersebut setiap Bintara siswa Otoranpur Poltekad Kodiklat TNI AD harus memahami cara kerja, perawatan dan perbaikan *Hydropneumatic Brake system* tersebut. Namun dalam pelaksanaan praktek sistem pengereman ini terdapat kendala, dimana masih terbatas pengetahuannya tentang *Hydropneumatic Brake system* karena belum adanya *trainer* sistem pengereman tersebut yang mempermudah cara pembelajaran dan pemahamannya.

Berdasarkan permasalahan diatas maka penulis bermaksud untuk membuat RANCANG BANGUN RANGKAIAN PNEUMATIK PADA *HYDROPNEUMATIC BRAKE SYSTEM*, sehingga diharapkan dapat membantu melengkapi alat peraga sistem pengereman dengan *Hydropneumatic brake system*, sehingga kegiatan belajar mengajar yang diadakan di Politeknik Angkatan Darat lebih optimal.

1.2 Maksud Dan Tujuan

1.2.1 Maksud. Dalam penulisan ini membuat alat peraga atau *trainer* dan mempelajari tentang cara kerja *hydropneumatic brake system* sehingga dapat dengan mudah mempelajari salah satu jenis sistem rem pada kendaraan taktis komodo.

1.2.2 Tujuan yang ingin didapatkan adalah untuk mengetahui prinsip-prinsip perancangan kerja dari *hydropneumatic brake system* rangkaian pneumatik serta untuk mengetahui tekanan angin pada rangkaian hidrolik *hydropneumatic brake system*.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup Karena luasnya permasalahan, maka ruang lingkup pembahasan Tugas Akhir ini meliputi :

1. Rumusan masalah. Adapun perumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah bagaimana merencanakan cara kerja *Hydropneumatic Brake system*?

2 Batasan Masalah. Adapun batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

- Menghitung gaya pneumatik untuk menekan hidrolik.
- Memilih pipa penyalur.
- Menghitung daya kompresor.
- Menghitung daya motor penggerak kompresor.
- Merencanakan puli dan sabuk penggerak.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Agar penulis dapat mengaplikasikan materi kuliah yang didapat selama kuliah tentang sistem pneumatik.

1.4.2 Agar mempermudah mempelajari salah satu jenis rem pada kendaraan TNI AD.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Ktesibios merupakan orang pertama yang dikenal sebagai pengguna alat pneumatik atau pemanfaatan udara kempaian sebagai medianya. Istilah pneumatik tersebut berasal dari bahasa Yunani kuno yaitu "*pneuma*" yang berarti nafas/tiupan. Sedangkan pneumatik adalah ilmu yang mempelajari gerakan atau perpindahan udara/fenomena udara. Udara kempaian juga dikenal sebagai udara bertekanan, tentu saja tekanan yang dimaksud memenuhi batas-batas tertentu.

2.1 Air Brake Booster

Komponen ini bekerja oleh udara tekan dari kompresor, yang berfungsi untuk mengubah gaya tekanan fluida udara menjadi tekanan fluida cair oleh piston pada master silinder. Sehingga dapat

diperoleh pengereman yang kuat dan ringan.



Gambar 1. Air Brake Booster

Berdasarkan prinsip perpindahan tekanan, menyatakan akan berbanding terbalik dengan luas permukaan, dengan rumus sebagai berikut:

$$F_{ms} = P \cdot A_{ms} \text{ (N)}$$

Dimana :

F_{ms} = Gaya pneumatik menekan master silinder (N)

P = Tekanan minyak rem (N/m²)

A_{ms} = Luas penampang master silinder (m²)

Dalam menghitung luas penampang diafragma pada *air brake booster*, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_{ms} = \frac{\pi}{4} (D_b)^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

Dimana:

D_b = Diameter diafragma pada air brake booster (cm)

(Sumber : Prof.Emiritus, Sears Zemansky, 1997, Fisika Universitas 1, Bina Cipta, Jakarta, Cetakan 7, Hal 95)

2.2 Pipa Penyalur

Pipa penyalur pada sistem pneumatik berfungsi untuk mengalirkan fluida didalam sistem. Pada perencanaan ini pipa penyalur yang digunakan adalah jenis pipa fleksibel.



Gambar 2. Pipa penyalur fleksibel

2.3 Foot brake Valve

Katup rem brake valve terpasang dibawah pedal rem. Berfungsi untuk membuka dan menutup katup rem dan mengatur aliran udara bertekanan yang keluar dari tangki udara.



Gambar 3. Foot Brake Valve

Maka didapatkan persamaan untuk mencari moment (Nm) yaitu:

$$\sum M = 0$$

$$F_a = (L_1 + L_2) - (F_b \cdot L_2)$$

$$F_b = \frac{F_a \cdot (L_1 + L_2)}{L_2}$$

Dimana :

M = Moment (Nm)

F_a = Gaya pada pedal rem (N)

Bila disubstitusikan pada persamaan diatas maka :

$$M = F_a \cdot (L_1 + L_2)$$

$$F_a = \frac{M}{L_1}$$

(Sumber : Prof.Emiritus, Sears Zemansky, 1997, Fisika Universitas 1, Bina Cipta, Jakarta, Cetakan 7, Hal 49)

2.4 Kompresor

Merupakan alat yang dapat menghisap udara dari lingkungan kemudian ditampung didalam reservoir/tangki. Kompresor sendiri mempunyai fungsi untuk menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap udara dari luar kemudian ditampung didalam tangki, karena sifat udara yang kompresibel sehingga udara yang terus masuk ke dalam tangki menjadi udara bertekanan yang

kemudian disalurkan atau dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan



Gambar 4. Kompresor torak.

2.4.1 Perbandingan kompresi pada sistem pneumatic.

Dihitung sebagai berikut :

$$P_{\text{kompresi}} = \frac{101,3 + P_o}{101,3} \text{ kPa}$$

(Sugihartono, 1985, hal 101)

Dimana:

P_{kompresi} = Perbandingan kompresi

P_o = Tekanan udara operasi (kPa)

2.4.2 Jumlah pemakaian udara pada silinder penggerak ganda dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \{(h \cdot 0,785 \cdot D^2) + h \cdot 0,785 (D^2 - d^2)\} \cdot n \cdot P_{\text{komp}} \text{ (m}^3\text{/menit)}$$

(Sugihartono, 1985, hal 101)

Dimana :

Q = Debit udara (m³/menit)

D_s = Diameter silinder (m)

h = Panjang langkah (m)

n = Banyaknya langkah per menit

P_{komp} = Perbandingan kompresi

Perhitungan Kompresor. Perhitungan kompresor dalam sistem pneumatik sebagai penyuplai udara bertekanan.

2.4.3 Aliran massa

$$Q_g = \rho \cdot 6 \cdot Q_{\text{tot}} \text{ (kg/h)}$$

(Thomas Krist, 1993, hal 117)

Dimana :

ρ = Densitas udara (kg/m³)

Q_g = Aliran *massa* udara (kg/jam)

Q_{tot} = Debit aliran udara total (m³/menit)

2.4.4 Dari persamaan $P_1 \cdot V_1 = R$

$$\cdot T_1, \text{ maka dapat disimpulkan : } V_1 = \frac{R_1 \cdot T}{P_1}$$

(m³/kg)

(Thomas Krist, 1993, hal 117)

Dimana :

P_1 = Tekanan udara isap (N/m²)

V_1 = Volume jenis (m³/kg)

T = Suhu udara isap (°K)

R_1 = Ketetapan gas spesifik (287 j/kgK)

2.4.5 Energi pemampatan.

$$W_p = P_1 \cdot V_1 \left\{ \left(\frac{x}{x-1} \right) \cdot \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(x-1)/x} - 1 \right\}$$

(J/kg)

(Thomas Krist, 1993, hal 117)

Dimana :

W_p = Energi pemampatan (J/kg)

P_1 = Tekanan udara isap (N/m²)

P_2 = Tekanan pemampatan (N/m²)

x = Pemampatan adiabatik (1,4)

2.4.6 Daya kompresor.

$$P_{\text{kom}} = \frac{W_p \cdot Q_g}{3600} \text{ (kW)}$$

(Thomas Krist, 1993, hal 118)

Dimana :

P_{kom} = Daya kompresor (kW)

W_p = Energi pemampatan (J/kg)

Q_g = Aliran *massa* (kg/jam)

Daya motor dapat dihitung dengan rumus dibawah.

$$N_m = \frac{P_{\text{kom}}}{\eta} \text{ (kW)}$$

(Thomas krist, 1993, hal 119)

Dimana :

N_m = Daya motor (kW)

P_{kom} = Daya kompresor (kW)

η = Efisiensi motor penggerak

2.5 Air Tank

Berfungsi menyimpan udara bertekanan tinggi sebelum udara disalurkan untuk melayani sistem pneumatik. Udara yang keluar dari *air tank* diatur oleh *foot brake valve*.



Gambar 5. Air Tank

2.6 Puli

Pada trainer ini puli digunakan untuk menghubungkan poros pada motor dengan poros pada penggerak roda dan pada poros kompresor. Berikut adalah pertimbangan yang digunakan terhadap puli.

Perbandingan puli dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

(R.S Khurmy, 1980, hal 686)

Dimana :

D_1 = Diameter puli besar (mm)

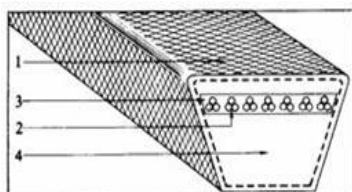
D_2 = Diameter puli kecil (mm)

N_1 = Putaran motor (rpm)

N_2 = Putaran poros (rpm)

2.7 Sabuk/Belt

Sabuk merupakan salah satu elemen mesin biasanya digunakan untuk roda gigi, poros dan bantalan atau alat pemindah daya sejenisnya



Gambar 6. Kontruksi sabuk-V
(Sumber. Sularso, 2004, hal 164)

Keterangan:

1. Terpal
2. Bagian penarik
3. Karet pembungkus
4. Bantalan karet

Panjang sabuk dirumuskan sebagai berikut:

$$L_p = \pi (r_1 + r_2) + 2.k + \frac{(r_1 - r_2)^2}{k}$$

(R.S Khurmy, 1980, hal 663)

Keterangan:

L_p = Panjang sabuk total (mm)

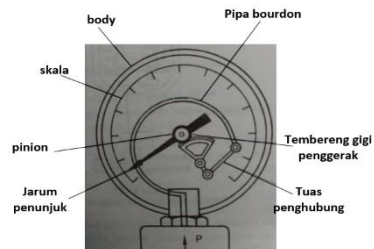
r_1 = Jari-jari puli besar (mm)

r_2 = Jari-jari puli kecil (mm)

k = Jarak antara kedua sumbu puli (mm)

2.8 Pengukur Tekanan

Pengukur tekanan merupakan alat yang berguna untuk mengukur aliran fluida pada sistem pneumatik, alat ini dilengkapi dengan sebuah penduga/pengukur tekanan untuk menunjukkan besarnya udara kempaian yang mengalir melalui pengatur tekanan/tekanan sekunder.



Gambar 7. Bagian-Bagian Pengukur Tekanan

(Sumber. Sugihartono, hal 70)

Cara kerja pengukur tekanan:

Udara masuk ke pengatur tekanan melalui lubang saluran P, tekanan didalam pipa *Bourdon* menyebabkan pipa memanjang. Tekanan yang lebih besar mengakibatkan belokan radius lebih besar. Gerakan perpanjangan pipa diubah ke jarum penunjuk melalui tuas penghubung, tembereng gigi penggerak dan roda gigi

yang digerakan *pinion*. Hasil tekanan pada saluran masuk dapat dibaca pada skala.

3. METODE PERENCANAAN

3.1 Tempat dan waktu perencanaan

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di bengkel Otomotif Poltekad Kodiklat TNI AD.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Maret 2017 sampai dengan bulan Juli 2017.

3.2 Variabel yang direncanakan

Variabel yang digunakan pada perencanaan ini ada dua yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

3.2.3 Variabel bebas adalah variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Adapun variabel bebas yang digunakan dalam perencanaan ini adalah:

3.2.3.1 Type pedal rem/*foot brake valve*.

3.2.3.2 Tekanan dari hidrolik.

3.2.4 Variabel terikat Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Dalam analisa ini variabel terikatnya adalah

3.2.4.1 Gaya yang dihasilkan pneumatik.

3.2.4.2 Diameter pipa penyalur.

3.2.4.3 Daya kompresor.

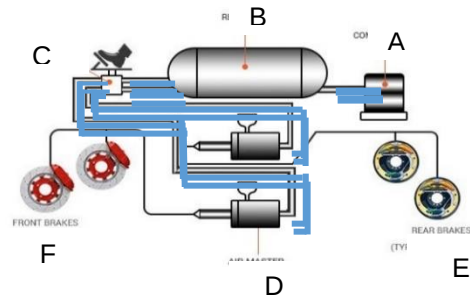
3.2.4.4 Daya motor penggerak kompresor.

3.2.4.5 Merencanakan puli dan sabuk penggerak.

3.3 Rangkaian Pneumatik Pada *Hydropneumatic Brake System*

Pada gambar dibawah ini merupakan rangkaian pneumatik yang

dipasang pada *Hydropneumatic Brake System*.



Gambar 8. Rangkaian pneumatik pada *Hydropneumatic Brake System*

Keterangan :

a. *Compressor*.

b. *Reservoir*.

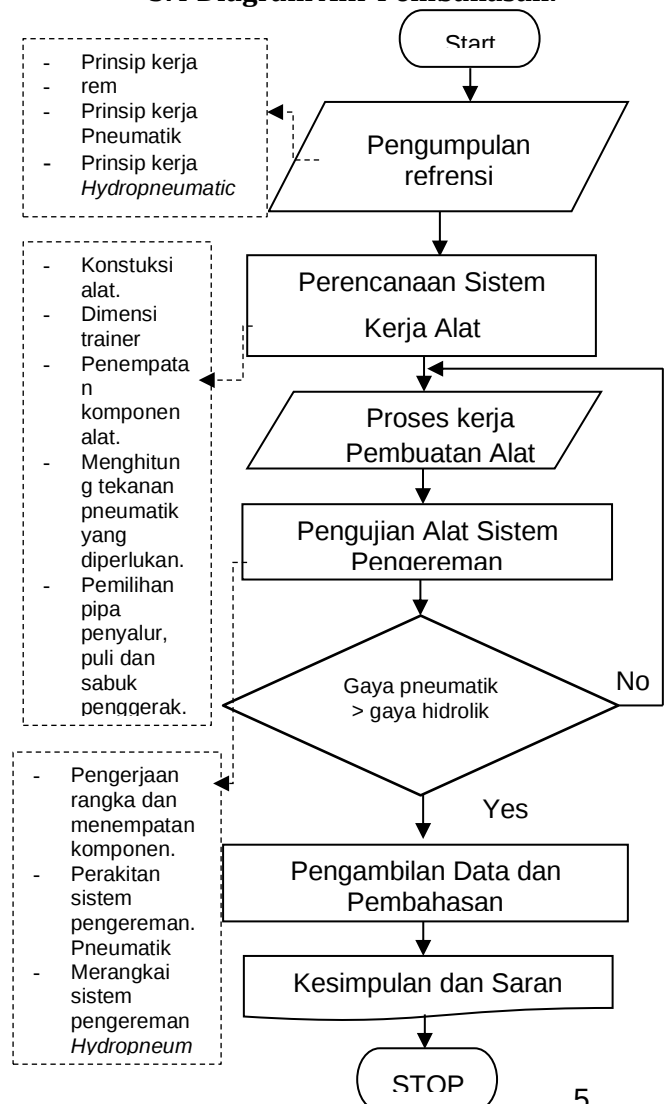
c. *Foot Brake Valve*.

d. *Air Brake Booster*.

e. *Drum Brake*.

f. *Disc Brake*.

3.4 Diagram Alir Pembahasan.



4. PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan gaya tekanan pneumatik

Dari data yang ada yaitu dengan hasil perhitungan, didapatkan hasil gaya hidrolik yang diperoleh sebesar 827288,2 N/m². Dengan demikian besarnya gaya yang diteruskan silinder pneumatik harus lebih besar dari tekanan yang diperlukan pada hidrolik dengan tekanan yang dipakai sebesar 800000 N/m².

4.2 Luas penampang master silinder

$$A_{ms} = \frac{\pi}{4} d^2$$

Dimana d = diameter master silinder :

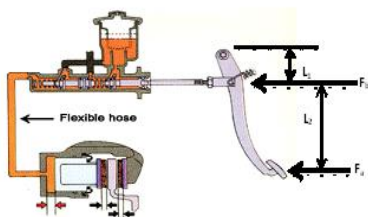
$$= \frac{3,14}{4} \cdot (0,12)^2$$

$$A_{ms} = 0,011304 \text{ m}^2$$

Gaya *out put* pneumatik (tekanan udara). jika tekanan yang dibutuhkan untuk menekan hidrolik sebesar 827288,2 N/m², maka:

$$\begin{aligned} F_{ms} &= P \cdot A_{ms} \\ &= 827288,2 \text{ N/m}^2 \cdot 0,011304 \text{ m}^2 \\ &= 9351,67 \text{ N} \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Moment



Gaya injakan kaki manusia pada pedal rem diasumsikan sebesar 8- 12 kg.

$$\begin{aligned} M &= F_a \cdot (L_1 + L_2) \\ &= 117,6 \text{ N} \cdot (0,15 \text{ m} + 0,25 \text{ m}) \\ &= 47,04 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Gaya yang terjadi pada batang pendorong F(N).

$$\begin{aligned} F_a &= \frac{M}{L_1} \\ &= \frac{47,04 \text{ N.m}}{0,15 \text{ m}} \\ &= 313,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_b &= \frac{F_a \cdot (L_1 + L_2)}{L_2} \\ &= \frac{313,6 \text{ N} \cdot (0,15 \text{ m} + 0,25 \text{ m})}{0,25 \text{ m}} \\ &= 501,76 \text{ N} \end{aligned}$$

4.4 Pemakaian udara

$$\begin{aligned} P_{\text{kompresi}} &= \frac{101,3 + P_0}{101,3} \\ &= \frac{101,3 \text{ (kPa)} + 800 \text{ (kPa)}}{101,3 \text{ (kPa)}} \\ &= 8,89 \end{aligned}$$

Jadi perbandingan kompresi sebesar 8,89

4.5 Debit aliran fluida yang dapat dialirkan oleh kompresor pada silinder pneumatik langkah kerja 1

$$\begin{aligned} Q &= \{ (h \cdot 0,785 \cdot D^2) + h \cdot 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \} \cdot n \cdot P_k \\ &= \{ (0,12 \text{ m} \cdot 0,785 \cdot 0,112^2 \text{ m}) + 0,12 \text{ m} \cdot 0,785 \cdot (0,112^2 \text{ m} - 0,02^2 \text{ m}) \} \cdot 4 \cdot 8,89 \\ &= (0,00118164 \text{ m}^3 + 0,001143965 \text{ m}^3) \cdot 35,56 \\ &= 0,00232561 \text{ m}^3 \cdot 35,56 \\ &= 0,082699 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

Jadi debit aliran fluida yang dialirkan kompresor yaitu 0,082699 m³/menit.

4.6 Debit aliran fluida yang dapat dialirkan oleh kompresor pada silinder pneumatik langkah kerja 2

$$\begin{aligned} Q &= \frac{(h \cdot 0,785 \cdot D^2) + h \cdot 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot n \cdot P_k}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \{ (0,12 \text{ m} \cdot 0,785 \cdot 0,112^2 \text{ m}) + 0,12 \text{ m} \\
& = \frac{0,785 \cdot (0,112^2 \text{ m} - 0,02^2 \text{ m}) \cdot 4 \cdot 8,89}{2} \\
& = \frac{(0,00118164 \text{ m}^3 + 0,001143965 \text{ m}^3) \cdot 35,56}{2} \\
& = 0,041349 \text{ m}^3/\text{menit}
\end{aligned}$$

Jadi debit aliran fluida yang dialirkan kompresor yaitu 0,041349 m³/menit.

4.7 Perhitungan kompresor

Dalam hal ini dilakukan perhitungan daya yang dibutuhkan kompresor sebagai berikut.

Dimana :

Tekanan pemampatan(P_2) = 800000 N/m²

Suhu udara isap (T) = 27 + 273 = 300°K

Ketetapan gas spesifik (R_1) = 287 J/kgK

Tekanan udara isap (P_1) = 100000 N/m²

Pemampatan adiabatik (χ) = 1,4

4.8 Debit aliran udara

$$\begin{aligned}
Q_{\text{total}} &= Q_{\text{langkah kerja 1}} + Q_{\text{langkah kerja 2}} \\
&= 0,082699 \text{ m}^3/\text{menit} + 0,041349 \text{ m}^3/\text{menit} \\
&= 0,124048 \text{ m}^3/\text{menit}
\end{aligned}$$

4.9 Aliran massa (Q_g)

$$\begin{aligned}
Q_g &= \rho \cdot 60 \cdot Q_{\text{tot}} \text{ (kg/h)} \\
&= 1,3 \text{ kg/m}^3 \cdot 60 \cdot 0,124048 \text{ m}^3/\text{menit} \\
&= 9,675744 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

Dari persamaan : $P_1 \cdot V_1 = R_1 \cdot T$ maka dapat disimpulkan

$$\begin{aligned}
V_1 &= \frac{R_1 \cdot T}{P} = \frac{287 \cdot 300}{10^5} \\
&= 0,681 \text{ m}^3/\text{kg}
\end{aligned}$$

4.10 Energi pemampatan

$$\begin{aligned}
W_p &= P_1 \cdot V_1 \left\{ \left(\frac{x}{x-1} \right) \cdot \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(x-1)/x} - 1 \right\} \\
&= 10^5 \cdot 0,681 \cdot \left\{ \left(\frac{1,4}{1,4-1} \right) \cdot \left(\frac{800000 \text{ N/m}^2}{100000 \text{ N/m}^2} \right)^{(1,4-1)/1,4} - 1 \right\} \\
&= 86100 \cdot 5,340066 \\
&= 459779,6 \text{ J/kg} \\
&= 459,779 \text{ kJ/kg}
\end{aligned}$$

4.11 Daya kompresor

$$\begin{aligned}
P_{\text{kom}} &= \frac{W_p \cdot Q_g}{3600} \\
&= \frac{459,779 \text{ kJ/kg} \cdot 9,675744 \text{ kg/h}}{3600} \\
&= 1,23575 \text{ kW}
\end{aligned}$$

Jadi daya kompresor yang di perlukan sistem pneumatik sebesar 1,23575 kW

4.12 Motor Penggerak

$$\begin{aligned}
N_m &= \frac{P_{\text{kom}}}{\eta} \\
&= \frac{1,23575 \text{ kW}}{0,95} \\
&= 1,300789 \text{ kW}
\end{aligned}$$

4.13 Perhitungan Puli

Diameter puli pada poros penggerak roda.

Data perencanaan :

D_1 = 0,0762 m

N_1 = 1400 rpm

N_2 = 700 rpm

$$\begin{aligned}
D_2 &= \frac{N_1 \cdot D_1}{N_2} \\
&= \frac{1400 \cdot 0,0762 \text{ m}}{700} \\
D_2 &= 0,1524 \text{ m}
\end{aligned}$$

Diameter puli pada poros penggerak yang dipakai adalah 6 inch.

Diameter puli pada kompresor.

Data perencanaan :

$$D_1 = 0,0762 \text{ m}$$

$$N_1 = 1400 \text{ rpm}$$

$$N_3 = 700 \text{ rpm}$$

$$D_3 = \frac{N_1 \cdot D_1}{N_3}$$

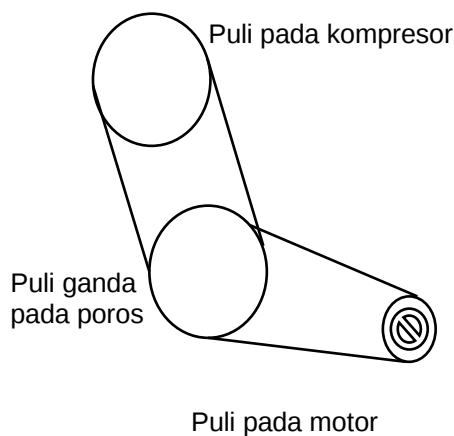
$$D_3 = \frac{1400 \cdot 0,0762 \text{ m}}{700}$$

$$D_3 = 0,1524 \text{ m}$$

Diameter puli pada kompresor yang dipakai adalah 6 inch.

Jadi, puli yang digunakan 6 inch (2 buah) dan 3 inch (1 buah).

4.14 Perhitungan Panjang Sabuk V



Data perencanaan :

$$D_1 = 0,0762 \text{ m (puli pada motor listrik)}$$

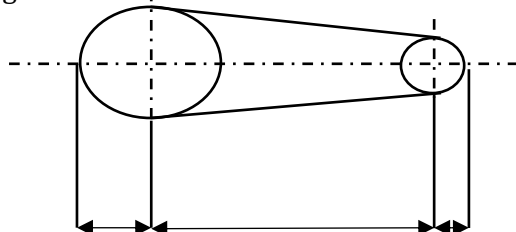
$$D_2 = 0,1524 \text{ m (puli pada poros penggerak)}$$

$$D_3 = 0,1524 \text{ m (puli pada kompresor)}$$

Jarak antara puli motor dengan puli poros penggerak = 450 mm (k_1)

Jarak antara puli motor dengan puli kompresor = 220 mm (k_2)

Panjang sabuk 1 antara poros penggerak dengan motor.



87 mm

450 mm

37 mm

$$Lp = \pi(r_1 + r_2) + 2.k_2 + \left(\frac{r_1 - r_2}{k_2}\right)$$

$$= 3,14(87 + 37) + 2.450 + \left(\frac{87 - 37}{450}\right)$$

$$= 389,36 + 900 + 5,55$$

$$= 1294,92 \text{ mm}$$

Panjang sabuk 2 antara poros penggerak dengan kompresor

$$Lp = \pi(r_1 + r_2) + 2.k_2 + \left(\frac{r_1 - r_2}{k_2}\right)$$

$$= 3,14(87 + 87) + 2.220 + \left(\frac{87 - 87}{220}\right)$$

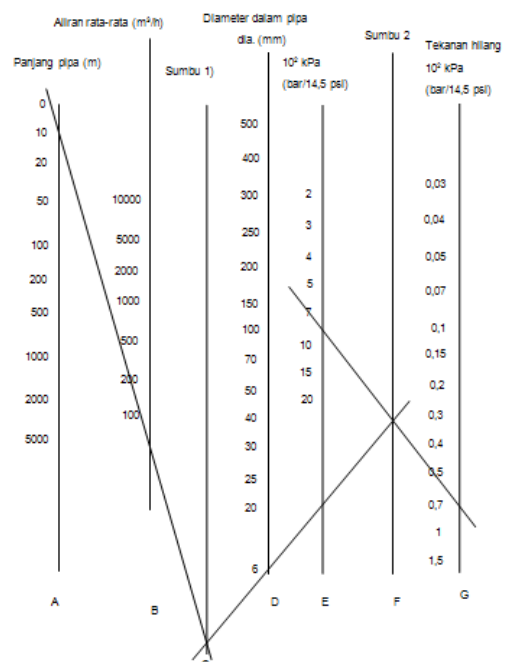
$$= 546,36 + 440$$

$$= 986,36 \text{ mm}$$

Dari data perhitungan diatas, untuk sabuk 1 menggunakan sabuk dengan panjang 1294,92 mm dan sabuk 2 dengan panjang 986,36 mm.

4.15 Dimensi pipa penyalur

Untuk pemakaian pipa penyalur sesuai dari data hasil perhitungan silinder, diameter pipa yang dipakai sebesar 6 mm diketahui dari grafik nomogram.



Gambar 9. Grafik nomogram diameter pipa silinder

5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan rancang bangun pneumatik pada *hydropneumatic brake system*, serta komponen yang digunakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

5.1 Gaya tekan pneumatik Menjadi tekanan hidrolik oleh piston pada master silinder hidrolik sebesar 9351,67 N Dimana tekanan gaya hidrolik sebesar 827288,2 N/m².

5.2 Gaya yang terjadi pada batang pendorong pedal rem sebesar 501,76 N. Dengan diasumsikan gaya injakan kaki manusia pada pedal rem sebesar 8- 12 kg.

5.3 Pipa penyalur Dalam rangkaian sistem pneumatik ini pipa yang digunakan adalah pipa fleksibel dengan diameter pipa sebesar 6 mm.

5.4 Perencanaan diameter puli penggerak sebagai berikut:

5.4.1 Diameter puli motor listrik (m)
= 3 inch

5.4.2 Diameter puli poros penggerak (m) = 6 inch

1) Diameter puli kompresor (m)
= 6 inch

5.6 Kompresor pada rangkaian sistem pneumatik ini kompresor yang digunakan adalah jenis kompresor torak dengan hasil perhitungan daya yang di butuhkan sebesar 1,23575 kW

5.7 Motor Penggerak pada rangkaian sistem pneumatik ini motor penggerak yang digunakan adalah jenis motor listrik dengan hasil perhitungan daya yang di butuhkan sebesar 1,300789 kW

5.8 Perencanaan panjang sabuk penggerak sebagai berikut :

1) Panjang sabuk antara motor listrik dan poros penggerak = 1294,92 mm

2) Panjang sabuk penggerak antara poros penggerak dan kompresor = 986,36 mm.

6. Saran

Dari hasil rancang bangun rangkaian pneumatik pada *hydropneumatic brake system* ini agar dapat berfungsi dengan baik, maka disarankan untuk :

6.1 Menambahkan *air dryer* yang berfungsi untuk menyaring kelembapan udara sebelum udara masuk ke tangki, pada *air dryer* ini antara air dan kotoran di saring terlebih dahulu agar udara yang masuk ke tangki udara benar-benar bersih.

6.2 Menambahkan roda secara keseluruhan untuk mengetahui beban pengereman yang dimiliki *trainer* dan mengetahui kekuatan pengereman pada *trainer Hydropneumatic Brake system*.

7. DAFTAR PUSTAKA

- DRS. Sugihartono, 1996, **Dasar-dasar Kontrol Pneumatik**, Tatsito, Bandung
- DRS. Wirawan, **Pneumatik-Hidrolik**
- Ir. Sularso, MS ME. 1987, **Pompa dan Kompresor**, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Ir. Syamsir A. Muin, 1990, **Pesawat-pesawat Pengangkat**, Rajawali, Jakarta.
- Prof. Emiritus, Sears Zemansky, 1997, Fisika Universitas 1, Bina Cipta, Jakarta, Cetakan 7.
- R.S Khurmi, 1980, **Machine Design**, Eurasia Publishing House, New-Delhi.
- Thomas Krist, 1993, **Dasar-dasar pneumatik**, Erlangga.
- Toyota New Step 1 **Sistem Rem**.