

PERHITUNGAN KAPASITAS DAN TEKANAN KERJA KOMPRESOR UDARA PADA SHEET METAL SHOP DI SMK PENERBANGAN DIRGHANTARA

Ego Widoro, ST., S.SiT

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang

Abstrak : Pekerjaan – pekerjaan praktikum di *Sheet Metal Shop* sebagian menggunakan peralatan yang menggunakan udara bertekanan sebagai tenaga penggerakannya, sehingga dibutuhkan kapasitas dan tekanan kerja kompresor yang cukup agar peralatan tersebut dapat beroperasi dengan baik. Kapasitas kompresor udara yang dibutuhkan dihitung dengan cara menjumlahkan jumlah udara yang dikeluarkan oleh kompresor untuk menggerakkan peralatan udara tekan dengan jumlah udara keluar dari sistem udara tekan karena kebocoran yang diijinkan. Kapasitas kompresor untuk *Sheet Metal Shop* dengan kapasitas 15 orang pada SMK Penerbangan Dirghantara direkomendasikan minimal sebesar $0,03201\text{m}^3/\text{dtk}$ (atau setara dengan 68 CFM; 1921 liter/menit; $116\text{ m}^3/\text{hour}$). Tekanan kerja kompresor udara dihitung dengan cara menjumlahkan tekanan kerja alat udara tekan dengan kerugian tekanan yang terjadi pada jaringan pipa. Ada dua jaringan pipa yang ditawarkan kepada pihak SMK Penerbangan yang dapat menjadi pilihan sesuai dengan luas ruangan yaitu jaringan pipa 1 dan jaringan pipa 2. Tekanan kerja kompresor untuk *Sheet Metal Shop* dengan tekanan kerja alat udara tekan sebesar 6,2 Bar pada SMK Penerbangan Dirghantara direkomendasikan minimal sebesar 7,6 Bar (atau setara dengan 111 psi) untuk jaringan pipa 1 dan 7,8 Bar (setara dengan 114 psi) untuk jaringan pipa 2.

Kata Kunci : sheet metal shop, tekanan kerja, kapasitas kompresor

Abstract : Several practical jobs of sheet metal shop use air pressure powered tools. The tools needs adequate compressor pressure and capacity to operate properly. Capacity of compressor need is calculated by sum amount of compressor air outlet to power air pressure powered tools with amount of allowed compressor air leakage from compressor. Capacity of compressor for sheet metal shop with 15 person capacity at SMK Penerbangan Dirghantara is recommended at least $0,03201\text{m}^3/\text{s}$ (equal to 68 CFM; 1921 liter/minute; $116\text{ m}^3/\text{hour}$). Working pressure of compressor is calculated by sum working pressure of air pressure powered tools with pressure losses in pipe network. There are two pipe network that it is proposed to SMK Penerbangan Dirghantara. Each pipe network is offered in accordance with room size. Working pressure of compressor for first pipe network is 7,6 Bar (equal to 111 psi) and 7,8 Bar (equal to 114 psi) for second pipe network.

Key Words : sheet metal shop, working pressure, capacity of compressor

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

UU No. 20 tentang SISDIKNAS 2003 tepatnya pasal 1 menjelaskan bahwa salah satu perangkat penyelenggaraan pendidikan untuk mencapai tujuan pendidikan nasional adalah adanya kurikulum yang merupakan rencana dan pengaturan mengenai tujuan, isi dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu. Selanjutnya mengenai pengembangan kurikulum agar lebih efektif untuk mencapai tujuan harus disesuaikan dengan tuntutan dunia kerja dijelaskan pada UU SISDIKNAS 2003 pasal 36, karena dengan demikian kualifikasi dan kompetensi lulusan sebagai calon tenaga kerja yang terampil akan diterima di dunia kerja. Perangkat penyelenggaraan pendidikan yang lain yang harus disediakan oleh satuan pendidikan adalah sarana dan prasarana pendidikan yang memenuhi keperluan pendidikan sesuai dengan pertumbuhan dan perkembangan potensi fisik, kecerdasan intelektual, sosial, emosional dan kejiwaan peserta didik sebagaimana dijelaskan pada pasal 45 UU SISDIKNAS 2003.

Untuk menghasilkan lulusan sebagai calon tenaga kerja yang terampil dan dapat diterima di dunia kerja pada bidang perawatan pesawat terbang khususnya teknisi perawatan pesawat terbang di Indonesia penyelenggaraan pendidikan dan pelatihannya telah diatur dalam *Civil Aviation Safety Regulation (CASR)* atau Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil (PKPS) part 147 tentang *Aircraft Maintenance Training Organization* atau Organisasi Pelatihan Perawatan Pesawat Terbang yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Perhubungan Udara, Departemen Perhubungan. Salah satu sarana atau fasilitas yang harus disediakan oleh satuan pendidikan untuk memenuhi kurikulum sesuai dengan *CASR part 147* adalah *Sheet Metal Shop* atau Bengkel Logam Pelat yaitu; bengkel praktik

untuk membentuk ketrampilan dasar perawatan rangka pesawat terbang. Pekerjaan-pekerjaan praktik di *Sheet Metal Shop* banyak menggunakan peralatan yang sebagian menggunakan udara bertekanan (*air pressure*) sebagai tenaga penggerakannya, sehingga dibutuhkan kapasitas dan tekanan kerja kompresor yang cukup. Untuk memenuhi sarana pendidikan berupa *Sheet Metal Shop* sesuai dengan *CASR part 147* tersebut, SMK Penerbangan Dirghantara yang beralamat di Komplek STPI kecamatan Legok, kabupaten Tangerang sebagai salah satu penyelenggara pendidikan yang memiliki kompetensi inti dalam bidang penerbangan khususnya rangka dan listrik-avionik pesawat terbang saat ini belum memiliki sarana penyuplai udara bertekanan untuk melakukan Pekerjaan-pekerjaan praktik di *Sheet Metal Shop* yang menggunakan peralatan dengan udara bertekanan (*air pressure*) sebagai tenaga penggerakannya. Sebagaimana telah disampaikan sebelumnya bahwa Pekerjaan-pekerjaan praktik di *Sheet Metal Shop* banyak menggunakan peralatan yang sebagian menggunakan udara bertekanan (*air pressure*) sebagai tenaga penggerakannya, sehingga dibutuhkan penghitungan kapasitas dan tekanan kerja kompresor sesuai dengan kapasitas *Sheet Metal Shop* yang telah direncanakan.

B. Perumusan Masalah

Berkaitan dengan kebutuhan udara bertekanan yang disuplai oleh kompresor sebagai sarana penyuplai udara bertekanan untuk melakukan Pekerjaan-pekerjaan praktik di *Sheet Metal Shop* yang menggunakan peralatan dengan udara bertekanan (*air pressure*) sebagai tenaga penggerakannya berikut rumusan masalah sesuai dengan uraian di atas.

1. Bagaimana menghitung konsumsi udara untuk mengoperasikan peralatan?
2. Bagaimana menghitung kerugian-kerugian yang terjadi pada saluran pipa udara bertekanan?

3. Bagaimana menghitung kapasitas dan tekanan kerja kompresor yang dibutuhkan?

Dengan asumsi kapasitas *Sheet Metal Shop* untuk 15 orang.

C. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan ini adalah:

1. Mengetahui besar kapasitas kompresor yang dibutuhkan pada sebuah *Sheet Metal Shop* untuk kapasitas *shop* 15 orang.
2. Mengetahui besar tekanan kompresor yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan praktikum pada sebuah *Sheet Metal Shop* untuk kapasitas *shop* 15 orang.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sheet Metal Shop

Pengerjaan khusus dalam perawatan dan perbaikan konstruksi rangka pesawat tersebut di atas dilakukan dalam sebuah bengkel (*shop*) yang disebut dengan *Sheet Metal Shop*. Agar dapat menunjang pelaksanaan perawatan dan perbaikan komponen – komponen konstruksi rangka pesawat terbang, *Sheet Metal Shop* harus dilengkapi dengan peralatan yang memadai. Peralatan pada *Sheet Metal Shop* di dalam Nick Bonacci (1987:7) dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu peralatan tangan dan peralatan lantai.

1. Peralatan Tangan

Peralatan tangan *Sheet Metal Shop* adalah peralatan yang dipakai untuk pengerjaan perawatan dan perbaikan konstruksi rangka pesawat terbang yang dioperasikan menggunakan tangan dan dapat dipindahkan dengan mudah.

2. Peralatan Lantai

Peralatan lantai *Sheet Metal Shop* adalah peralatan yang dipakai untuk pengerjaan perawatan dan perbaikan konstruksi rangka pesawat terbang yang diikat pada lantai

atau meja dan tidak dapat dipindahkan dengan mudah.

B. Konsumsi Udara

Pada sebuah fluida yang mengalir terdapat energi bersih yang dilakukan oleh elemen fluida terhadap lingkungannya selagi fluida tersebut mengalir (Victor L. Streeter and E. Benjamin Wylie, 1999:101) Kerja aliran inilah yang memutar rotor pada mesin bor pneumatika dan mengerjakan peralatan – peralatan pneumatika *Sheet Metal Shop* lainnya.

C. Debit Aliran

Pada aliran fluida memiliki kecepatan dan melalui sebuah penampang, hal ini dinamakan dengan debit aliran, demikian halnya dengan konsumsi udara yang merupakan aliran fluida yang memiliki kecepatan dan melalui sebuah penampang yang kemudian aliran tersebut dibuang ke udara bebas maka konsumsi udara adalah debit aliran pada sebuah nosel. Debit aliran dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut (Victor L. Streeter and E. Benjamin Wylie, 1999:103)

$$Q = A \times V$$

Jika aliran fluida melalui 2 titik penampang maka berlaku persamaan kontinuitas :

$$Q = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

D. Kapasitas Kompresor

Menurut *United Nations Environment Programme* (2006:8) Kapasitas kompresor adalah debit penuh aliran gas yang ditekan dan dialirkan pada kondisi suhu total, tekanan total, dan diatur pada saluran masuk kompresor. Debit aliran yang sebenarnya, bukan merupakan nilai volume aliran yang tercantum pada data alat, yang disebut juga pengiriman udara bebas/ *free air delivery* (FAD) yaitu udara pada kondisi atmosfer di lokasi tertentu. FAD tidak sama untuk setiap

lokasi sebab ketinggian, barometer, dan suhu dapat berbeda untuk lokasi dan waktu yang berbeda

E. Kerugian – Kerugian yang terjadi pada aliran udara

Aliran udara pada saluran pipa rentan terhadap kerugian – kerugian yang dapat menyebabkan turunnya debit aliran dan tekanan. Setidaknya ada dua jenis kerugian pada aliran udara yaitu; kerugian karena faktor gesekan antara aliran udara dengan dinding pipa dan kerugian karena adanya penyempitan dan perluasan penampang dan sambungan – sambungan lain dalam jaringan pipa.

1. Kerugian Aliran Karena gesekan

Kerugian aliran karena gesekan dalam panjang pipa yang mempunyai garis tengah dan kecepatan rata – rata dinyatakan dengan persamaan Darcy-Weisbach (Victor L. Streeter and E. Benjamin Wylie, 1999:202)

$$hf = f \frac{L \times V^2}{D \times 2g}$$

2. Kerugian – Kerugian Kecil Lainnya.

Kerugian yang terjadi dalam jalur pipa karena belokan, siku, sambungan, katup dan lainnya disebut dengan kerugian kecil (*minor losses*). Kerugian tinggi tekan sebanding dengan kuadrat kecepatan Hal ini pada pokoknya benar untuk kerugian dalam aliran turbulen. Suatu cara yang mudah untuk menyatakan kerugian kecil (L_e) dalam aliran ialah dengan sarana koefisien K , yang biasanya ditentukan dengan experiment (Victor L. Streeter and E. Benjamin Wylie, 1999:210).

$$L_e = K \frac{V^2}{2g}$$

F. Pipa Seri

Jika dua atau lebih pipa di hubungkan seri memiliki debit aliran yang sama pada setiap pipa. Total kerugian adalah jumlah seluruh kerugian yang terjadi pada tiap – tiap pipa dan fitting (Jain A.K, 1976:565). Hal itu dapat ditulis:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$hL_{total} = hL_1 + hL_2 + hL_3$$

G. Tinggi Tekan (Head)

Head atau tinggi tekan digunakan untuk menyatakan tinggi suatu kolom fluida homogen yang akan menghasilkan suatu kekuatan tekanan tertentu (Ranald Giles V.B.S., M.S., in CE., 1993:5)

$$H = \frac{P}{\rho \times g}$$

H. Total Tinggi Tekan sebuah Kompresor

Tinggi tekan yang dibutuhkan sebuah kompresor untuk menggerakkan sesuatu alat tidak hanya sebesar kebutuhan tinggi tekan alat tersebut, tetapi juga dibutuhkan untuk melawan kerugian – kerugian yang terjadi pada pipa distribusi antara kompresor dan alat tersebut(Jain A.K, 1976:560).

$$h_{total} = H_{alat} + hL_{total}$$

METODOLOGI PENGHITUNGAN

Sesuai dengan perumusan masalah di atas bahwa penghitungan akan terfokus pada tiga hal sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung konsumsi udara untuk mengoperasikan peralatan?

2. Bagaimana menghitung kerugian-kerugian yang terjadi pada saluran pipa udara bertekanan?
3. Bagaimana menghitung kapasitas dan tekanan kerja kompresor yang dibutuhkan?

Hal tersebut dilakukan untuk menghasilkan apa yang menjadi tujuan dari penghitungan yaitu: menghitung kapasitas dan tekanan kerja kompresor yang dibutuhkan.

A. Penghitungan Konsumsi Udara

Penghitungan konsumsi udara yang dimaksud adalah penghitungan udara puncak dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan konsumsi udara alat.
2. Menentukan jumlah alat yang dipakai secara bersamaan.
3. Menghitung konsumsi udara puncak.

B. Penghitungan Kerugian – Kerugian Jaringan Pipa

Penghitungan kerugian – kerugian jaringan pipa memiliki tahapan sebagai berikut:

1. Membuat rencana jaringan pipa.
2. Menghitung kerugian jaringan pipa.
3. Menghitung kerugian – kerugian kecil yang terjadi.

C. Penghitungan Kapasitas dan Tekanan kerja Kompresor

Penghitungan kapasitas kompresor merupakan penjumlahan dari :

1. Konsumsi udara puncak
 2. Kebocoran yang diijinkan
- sedangkan penghitungan tekanan kerja kompresor merupakan penjumlahan dari:

1. Tekanan kerja alat pneumatika,
2. Kerugian – kerugian yang terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan rumusan masalah, maka dalam pembahasan akan membahas hanya untuk kapasitas 15 orang.

A. Konsumsi Udara Puncak

Kapasitas kompresor adalah debit penuh aliran gas yang ditekan dan dialirkan pada kondisi suhu total, tekanan total, dan diatur pada saluran masuk kompresor. Karena debit aliran sama dengan konsumsi udara maka kebutuhan kapasitas kompresor adalah kebutuhan konsumsi udara puncak; yaitu konsumsi udara dimana seluruh mesin bor pneumatika atau mesin pemasang paku keling pneumatika beroperasi, sehingga berapapun jumlah mesin pneumatika beroperasi kapasitas kompresor masih menyukupi untuk mendistribusikan udara bertekanan ke seluruh mesin pneumatika yang beroperasi. Diketahui mesin pneumatika yang membutuhkan konsumsi udara terbesar adalah mesin pemasang paku keling yaitu sebesar 0.00194 m³/dtk, hal ini dibutuhkan untuk mendapatkan konsumsi udara puncak. Kapasitas kompresor sesuai dengan konsumsi udara puncak adalah sebesar :

$$konsumsi_{udarapuncak} = jumlah\ mesin \times$$

$$konsumsi_{udara}$$

$$konsumsi_{udarapuncak} = 15 \times 0.00194 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$konsumsi_{udarapuncak} = 0.0291 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Kapasitas_{kompresor} = konsumsi_{udarapuncak}$$

$$Kapasitas_{kompresor} = 0.0291 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

B. Kapasitas Kompresor

Jika persentase kehilangan kebocoran pada sistem udara tekan harus kurang dari 10 % dalam sistim yang terawat dengan baik.

Sheet Metal Shop merupakan sistem udara bertekanan sehingga persentase kehilangan pada *Sheet Metal Shop* tidak boleh lebih dari 10 %.

Besarnya kapasitas kompresor hasil perhitungan diatas belum termasuk di dalamnya kehilangan energi yang disebabkan oleh kebocoran sistem udara bertekanan pada *Sheet Metal Shop*. Karena kehilangan tersebut tidak boleh lebih dari 10 % maka,

$$Kapasitas_{kompresor\ total} > konsumsi_{udara\ punch} + (10\% \times konsumsi_{udara\ punch})$$

$$Kapasitas_{kompresor\ total} > 0.0291 + (10\% \times 0.0291)$$

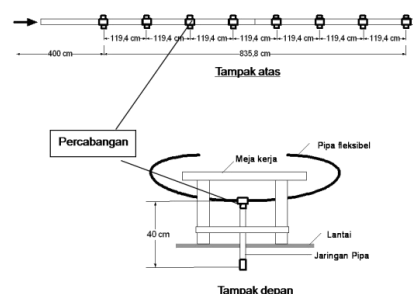
$$Kapasitas_{kompresor\ total} > 0.0291 + (0.00291)$$

$$Kapasitas_{kompresor\ total} > 0.03201 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

C. Tekanan Kerja Kompresor

Sistem udara bertekanan seperti pada *Sheet Metal Shop* akan mendistribusikan udara bertekanan pada mesin pneumatika sebagai sumber energi penggerakannya, sehingga dibutuhkan jaringan pipa untuk mendistribuskannya. Aliran fluida dalam hal ini adalah udara dalam jaringan pipa dari sumber udara bertekanan yaitu kompresor ke mesin – mesin pneumatika memiliki kelemahan yaitu kerugian – kerugian tinggi tekan sehingga tekanan aliran udara pada mesin pneumatika akan lebih rendah dibandingkan tekanan aliran udara, sedangkan setiap mesin pneumatika memiliki tekanan kerja yang telah ditentukan oleh pabrik pembuat sehingga mesin dapat bekerja dengan baik jika tekanan kerjanya terpenuhi. Kerugian –kerugian yang terjadi ini tidak dapat dihilangkan sehingga dibutuhkan perhitungan untuk mendapatkan harga tekanan kompresor yang tepat agar tekanan kerja mesin pneumatika dapat terpenuhi walaupun kerugian tinggi tekan tetap terjadi pada aliran fluida dalam jaringan pipa.

Dalam menghitung tekanan kerja kompresor terlebih dahulu dihitung kerugian – kerugian yang terjadi pada jaringan pipa dan karena belum ada rencana bentuk jaringan pipa maka pada gambar 1 dan 2 adalah alternatif jaringan pipa pada *Sheet Metal Shop* yang berkapasitas 15 orang.



Gambar 1. Ukuran Rencana Jaringan Pipa 1

Pada gambar 1 tampak atas, pendistribusian udara bertekanan disesuaikan dengan area permukaan kerja dan ditambah dengan panjang pipa menuju kompresor yang merupakan panjang asumsi penulis karena lokasi kompresor belum diketahui (d disesuaikan dengan ruangan). Panjang

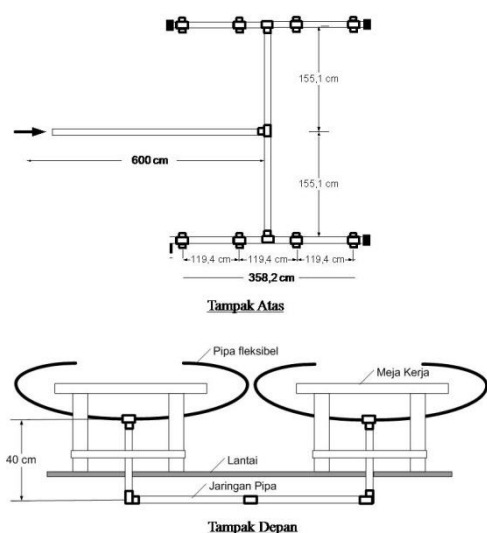
$$PanjangPipa_{distribusi} = Jarak_{peserta\ Pr\ aktikum} +$$

$$Panjang_{kekompresor} (asumsi)$$

$$PanjangPipa_{distribusi} = (7 \times 119,4) + 400$$

$$PanjangPipa_{distribusi} = (835,8) + 400$$

$$PanjangPipa_{distribusi} = 1235,8 \text{ cm}$$



Gambar 2. Ukuran Rencana Jaringan Pipa 2

Pada gambar 2 tampak atas, pendistribusian udara bertekanan disesuaikan dengan area permukaan kerja, sedangkan jarak antara dua pipa yang sejajar merupakan penjumlahan dari setengah lebar meja kerja, area permukaan kerja depan dan jarak dua orang yang sedang bersimpangan dari dua arah. Panjang pipa menuju kompresor merupakan panjang asumsi penulis karena lokasi kompresor belum diketahui (d disesuaikan dengan ruangan).

$$\begin{aligned} \text{PanjangPipa}_{\text{paralel}} = & \\ & (2 \times \text{AreaPermukaanKerja}) + \text{Persimpangan} + \\ & (2 \times \frac{1}{2} \text{MejaKerja}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PanjangPipa}_{\text{pararel}} = & (2 \times 50,8) + 107 + \\ & (2 \times 50,8) \end{aligned}$$

$$\text{PanjangPipa}_{\text{pararel}} = 310,2 \text{ cm}$$

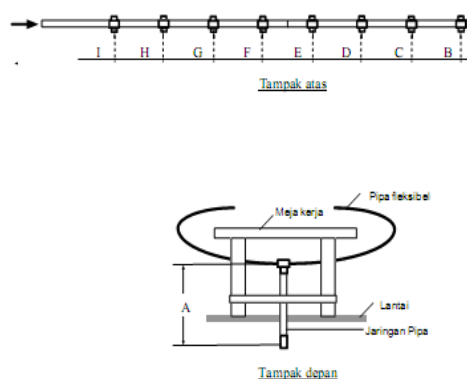
$$\begin{aligned} \text{PanjangPipa}_{\text{total}} = & (6 \times \text{AreaPermukaanKerja}) + \\ & \text{PanjangPipa}_{\text{pararel}} + \text{PanjangPipa}_{\text{kekompresor}} \text{ (asumsi)} \end{aligned}$$

$$\text{PanjangPipa}_{\text{total}} = (2 \times 119,4) + 310,2 + 600$$

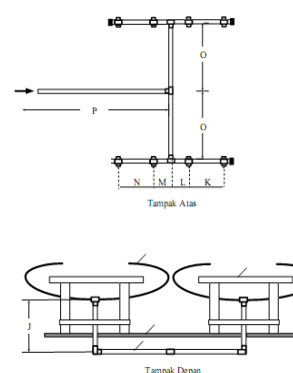
$$\text{PanjangPipa}_{\text{total}} = 1626,6 \text{ cm}$$

1. Kerugian Jaringan Pipa

Kondisi aliran udara yang terjadi pada tiap – tiap bagian jaringan pipa akan berbeda – beda tergantung pada debit bagian tersebut, untuk memudahkan dalam menghitung kerugian jaringan pipa karena gesekan maka tiap bagian pada jaringan pipa diberi kode seperti gambar 3 dan 4 di bawah ini



Gambar 3. Jaringan Pipa 1



Gambar 4. Jaringan Pipa 2

Langkah pertama adalah menghitung distribusi debit pada tiap – tiap bagian jaringan

pipa dengan asumsi semua mesin pneumatika dioperasikan oleh setiap peserta praktik.

Langkah kedua adalah menghitung Distribusi Kecepatan pada tiap – tiap bagian jaringan pipa dengan asumsi semua mesin pneumatika dioperasikan oleh setiap peserta praktikum adalah sebagai berikut:

Langkah ketiga menghitung distribusi kerugian karena gesekan pada tiap – tiap bagian jaringan pipa dengan asumsi semua mesin pneumatika dioperasikan oleh setiap peserta praktik adalah sebagai berikut:

a. Distribusi Kerugian karena Gesekan Jaringan Pipa 1

Distribusi Kerugian karena gesekan pada jaringan pipa 2 dengan asumsi semua mesin pneumatika dioperasikan oleh setiap peserta praktik adalah sebagai berikut:

Kerugian karena gesekan (hf) pada pipa fleksibel:

$$hf_{Pipafleksibel} = 0,0543 \times \frac{45 \times 39,192^2}{3,14 \times 0,00794 \times 2 \times 9,81}$$

$$hf_{Pipafleksibel} = 7673 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian A:

$$hf_A = 0,0458 \times \frac{3,2 \times 15,276^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81} = 31 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian B:

$$hf_B = 0,0458 \times \frac{1,194 \times 15,276^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81} = 12 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian C:

$$hf_C = 0,0443 \times \frac{1,194 \times 30,551^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81} = 45 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian D:

$$hf_D = 0,0437 \times \frac{1,194 \times 45,827^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81} = 99 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian E:

$$hf_E = 0,0435 \times \frac{1,194 \times 61,102^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 175 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian F:

$$hf_F = 0,0433 \times \frac{1,194 \times 76,378^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 272 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian G:

$$hf_G = 0,0432 \times \frac{1,194 \times 91,653^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 391 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian H:

$$hf_H = 0,0431 \times \frac{1,194 \times 106^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 521 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian I:

$$hf_I = 0,0430 \times \frac{4 \times 114,567^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 2036 \text{ m}$$

Sehingga kerugian karena gesekan (hf) aliran udara jaringan pipa 1 adalah:

$$hf_{total} = hf_{Pipa\ fleksibel} + hf_A + hf_B + hf_C + hf_D + hf_E + hf_F + hf_G + hf_H + hf_I$$

$$hf_{total} = 7673 + 31 + 12 + 45 + 99 + 175 + 272 + 391 + 521 + 2036$$

$$hf_{total} = 11255 \text{ m}$$

b. Distribusi Kerugian karena Gesekan Jaringan Pipa 2

Distribusi Kerugian karena gesekan pada jaringan pipa 2 dengan asumsi semua mesin pneumatika dioperasikan oleh setiap peserta praktik adalah sebagai berikut:

Kerugian karena gesekan (hf) pada pipa fleksibel:

$$hf_{Pipa\ fleksibel} = 0,0543 \times \frac{45 \times 39,192^2}{3,14 \times 0,00794 \times 2 \times 9,81}$$

$$hf_{Pipa\ fleksibel} = 7673 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian J

$$hf_J = hf_A = 0,0458 \times \frac{3,2 \times 15,276^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 31 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian K dan N:

$$hf_K = f_N = hf_B = 0,0458 \times \frac{1,194 \times 15,276^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81} = 12 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian L dan M:

$$hf_L = hf_M = 0,0443 \times \frac{0,597 \times 30,551^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 22 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian O:

$$hf_O = 0,0435 \times \frac{1,551 \times 61,102^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 227 \text{ m}$$

Kerugian karena gesekan (hf) pada bagian P:

$$hf_P = 0,0430 \times \frac{6 \times 114,567^2}{3,14 \times 0,018 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 3054 \text{ m}$$

Sehingga kerugian karena gesekan (hf) aliran udara jaringan pipa 2 adalah:

$$hf_{total} = hf_{Pipa\ fleksibel} + 2 \times (hf_K + hf_L + hf_M + hf_N + hf_O) + hf_P$$

$$hf_{total} = 7673 + 2 \times (31 + 22 + 12 + 12 + 22 + 227) + 3054$$

$$hf_{total} = 11376 \text{ m}$$

c. Distribusi Kerugian – Kerugian Kecil Jaringan Pipa I

Distribusi kerugian – kerugian kecil pada jaringan pipa 1 dengan asumsi semua mesin pneumatika dioperasikan oleh setiap peserta praktik adalah sebagai berikut:

Kerugian pada katup gerbang yang dipasang pada ujung pipa fleksibel.

$$L_e \text{Katup}_{gerbang} = 15 \times 0,19 \frac{39,192^2}{2 \times 9,81} = 223 \text{ m}$$

Kerugian pada adaptor pipa antara pipa besi berdiameter 18 mm dengan pipa fleksibel berdiameter 7,9 mm

$$L_e \text{Penyempi tan} = 15 \times (0,41 \times \frac{39,192^2}{2 \times 9,81})$$

$$= 481 \text{ m}$$

Kerugian kecil pada sambungan T (A – pipa fleksibel)

$$L_e \text{Sambungan} T_{A-fleksibel} = 8 \times (2 \times \frac{15,276^2}{2 \times 9,81})$$

$$= 48 \text{ m}$$

Kerugian kecil pada sambungan T (A – B)

$$L_e \text{Sambungan} T_{A-B} = 8 \times (2 \times \frac{15,276^2}{2 \times 9,81})$$

$$= 48 \text{ m}$$

Sehingga kerugian – kerugian kecil (L_e) aliran udara jaringan pipa 1 adalah:

$$L_e \text{Total} = L_e \text{Katup}_{gerbang} + L_e \text{Penyempi tan} + L_e T_{A-fleksibel} + L_e T_{A-B}$$

$$L_e \text{Total} = 223 + 481 + 48 + 48 = 800 \text{ m}$$

d. Distribusi Kerugian – Kerugian Kecil Jaringan Pipa 2

Distribusi kerugian – kerugian kecil pada jaringan pipa 2 dengan asumsi semua mesin pneumatika dioperasikan oleh setiap peserta praktik adalah sebagai berikut:

Kerugian pada katup gerbang yang dipasang pada ujung pipa fleksibel.

$$L_e \text{Katup}_{gerbang} = 15 \times 0,19 \frac{39,192^2}{2 \times 9,81} = 223 \text{ m}$$

Kerugian pada adaptor pipa antara pipa besi berdiameter 18 mm dengan pipa fleksibel berdiameter 7,9 mm

$$L_e \text{Penyempi tan} = 15 \times (0,41 \times \frac{39,192^2}{2 \times 9,81})$$

$$= 481 \text{ m}$$

Kerugian kecil pada sambungan T (J – pipa fleksibel)

$$L_e \text{Sambungan} T_{J-fleksibel} = 8 \times (2 \times \frac{15,276^2}{2 \times 9,81})$$

$$= 48 \text{ m}$$

Kerugian kecil pada sambungan T (J – K)

$$L_e \text{Sambungan} T_{J-K} = 8 \times (2 \times \frac{15,276^2}{2 \times 9,81})$$

$$= 48 \text{ m}$$

Kerugian kecil pada sambungan T (O – LM)

$$L_e \text{Sambungan } T_{O-LM} = 2 \times \left(2 \times \frac{30,511^2}{2 \times 9,81} \right) \\ = 190 \text{ m}$$

Kerugian kecil pada sambungan T (O – P)

$$L_e \text{Sambungan } T_{O-LM} = 2 \times \left(2 \times \frac{61,120^2}{2 \times 9,81} \right) \\ = 761 \text{ m}$$

Sehingga kerugian – kerugian kecil (L_e) aliran udara jaringan pipa 2 adalah:

$$L_e \text{Total} = L_e \text{Katup}_{gerbang} + L_e \text{Penyempit} \tan + \\ L_e T_{J-fleksibel} + L_e T_{J-K} + L_e T_{O-LM} + L_e T_{O-P}$$

$$L_e \text{Total} = 223 + 481 + 48 + 48 + 190 + 761 \\ = 1703 \text{ m}$$

e. Kerugian Total Jaringan Pipa

Kerugian total pada jaringan pipa 1 adalah:

$$hL_{total} = hf_{Total} + L_e \text{Total}$$

$$hL_{total} = 11255 + 800 = 12055 \text{ m}$$

Kerugian total pada jaringan pipa 2 adalah:

$$hL_{total} = hf_{Total} + L_e \text{Total}$$

$$hL_{total} = 11376 + 1703 = 13079 \text{ m}$$

2. Head mesin pneumatika

Head mesin pneumatika untuk menghitung tekanan kerja kompresor yang penulis pakai adalah tekanan kerja minimum mesin pneumatika yaitu 6,2 Bar atau 620.000 pa,

tekanan atmosfer bumi adalah 101300 pa dengan temperatur ruangan 27°C

$$H = \frac{P}{\rho \times g}$$

$$\rho_{udara}(27^0) = 1,176$$

$$H = \frac{620000}{1,176 \times 9,81} = 53742 \text{ m}$$

3. Tekanan Kerja Kompresor

Tekanan kompresor yang tepat adalah tekanan kerja mesin pneumatika dapat terpenuhi walaupun kerugian tinggi tekan tetap terjadi pada aliran fluida dalam jaringan pipa. Sehingga tekanan kerja kompresor adalah penjumlahan antara tekanan kerja mesin pneumatika dan kerugian – kerugian yang terjadi.

$$h_{total} = H + hL_{total}$$

Tekanan kerja kompresor jaringan pipa 1

$$h_{Total} = 53742 + 12055 = 65797 \text{ m}$$

$$P_{kompresor} = 65797 \times (1,176 \times 9,81) = 759071$$

$$\text{Pa} \approx 7,6 \text{ Bar}$$

(setara dengan 111 psi)

Tekanan kerja kompresor jaringan pipa 2

$$h_{Total} = 53742 + 13079 = 66821 \text{ m}$$

$$P_{kompresor} = 66821 \times (1,176 \times 9,81) = 77088$$

$$\text{Pa} \approx 7,8 \text{ Bar}$$

(setara dengan 114 psi)

KESIMPULAN

Dari hasil Perhitungan pada hasil dan pembahasan dapat menyimpulkan bahwa:

1. Untuk *Sheet Metal Shop* dengan kapasitas daya tampung 15 orang peserta praktik maka kapasitas kompresor minimum yang dibutuhkan adalah sebesar $0,03201 \text{ m}^3/\text{dk}$ atau setara dengan 68 CFM; 1921 liter/menit; $116 \text{ m}^3/\text{jam}$ (dengan asumsi seluruh peserta praktik mengoperasikan mesin pneumatika).
2. Untuk *Sheet Metal Shop* dengan untuk *Sheet Metal Shop* dengan tekanan kerja alat udara tekan sebesar 6,2 Bar, tekanan kerja kompresor udara yang dibutuhkan (dengan asumsi seluruh peserta praktik mengoperasikan mesin pneumatika) minimal sebesar 7,6 Bar (setara dengan 111 psi) untuk jaringan pipa 1 dan 7,8 Bar (setara dengan 114 psi) untuk jaringan pipa.

DAFTAR PUSTAKA

Airframe Handbook. 1972. Oklahoma: Flight Standard National Field Office, Federal Aviation Administration.

Bonacci Nick, *Aircraft Sheet*. 1987. Casper: A Publication of IAP, Inc

Giles Ranald V. B.S., M.S., in CE. dialihbahasakan oleh Herman Widodo Soemitro *Mekanika Fluida dan Hidraulika*. 1993. Jakarta; Erlangga

Jain A. K. *Fluid Mechanic*. 1976. Delhi; Khana Publishers

Streeter Victor L. dan Wylie E. Benjamin dialihbahasakan oleh Arko Prijono. *Mekanika Fluida*. 1999. Jakarta; Erlangga

Undang – Undang Republik Indonesia no. 20 tentang Sistem Pendidikan Nasional. 2003. Jakarta: Dewan Perwakilan Rakyat dan Presiden Republik Indonesia

United Nations Environment Programme. 2006. India: National Productivity Council