

FENOMENA KERUGIAN TEKANAN DALAM SALURAN UDARA BERTEKANAN DIATAS SATU ATMOSFER

Ambo Intang*, Muhaimin*, Riki Darmawan*

*Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tamansiswa Palembang
email: ambo.intang@gmail.com

ABSTRAK

Praktikum Fenomena Dasar Mesin merupakan praktikum yang dilakukan untuk membuktikan teori-teori pada mata kuliah dasar keteknik-mesinan dalam hal ini salah satunya adalah teori tentang fenomena kerugian tekanan pada aliran mampu mampat pada suatu saluran dengan kecepatan aliran tetap pada sisi masuk dan keluar saluran yang bertekanan diatas satu atmosfer. Hal ini dianalisis dengan menggunakan hukum kontinuitas dan kekekalan massa dalam mekanika fluida. Pada penelitian ini alat percobaan yang dirancang berhasil membuktikan bahwa berdasarkan hukum kekekalan massa dan kekontinuitasan dimana luas penampang masuk dan keluar aliran udara serta berat jenis udara tidak berubah maka kecepatan aliran fluida masuk dan keluarpun tetap sama sehingga seharusnya tekanan aliran tidak menurun dengan bertambahnya jarak antara sisi masuk aliran udara terhadap sisi luarnya, akan tetapi terjadi penurunan tekanan karena adanya faktor gesekan dalam saluran yang tidak bisa diabaikan. Fenomena lain yang ditunjukkan pada penelitian ini adalah ketika kecepatan aliran diturunkan maka besar tekanan pada setiap titik tekan juga menurun. Hal ini terjadi karena dengan diturunkannya kecepatan alir maka energi kinetik aliran juga menurun sehingga tekanan alirannya pun menjadi lebih kecil. Tetapi penelitian ini belum berhasil membuktikan fenomena klasik dari hubungan kecepatan aliran fluida dan perubahan tekanan aliran bahwa untuk mendapatkan tekanan yang lebih besar maka kecepatan aliran harus lebih kecil.

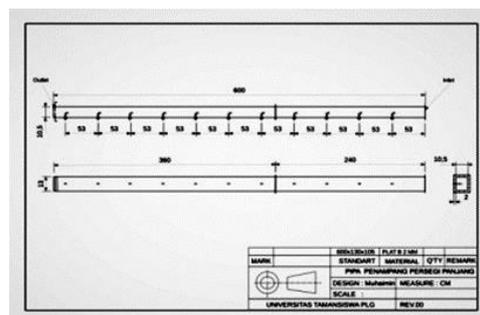
Kata kunci : *fenomena dasar mesin, mekanika fluida, tekanan dan kecepatan alir*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu proses pembelajaran penting dalam program studi S1 teknik mesin adalah praktikum fenomena dasar mesin. Standar minimal laboratorium yang dikeluarkan Ditjen Dikti menyebutkan percobaan kerugian tekanan aliran udara sebagai salah satu praktikum fenomena dasar mesin yang wajib dilakukan oleh mahasiswa teknik mesin S1 di Indonesia. Masalahnya, peralatan praktikum tersebut tidak dapat ditemukan dan dibeli, atau jika tersedia harganya sangat mahal (Tabah Priangkoso, Kusdi & Darmanto. 2015).

Penyediaan peralatan untuk melaksanakan praktikum ini dibuat secara bertahap di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tamansiswa Palembang. Pada tahap saat ini, peralatan berupa pipa panjang 6,00 m dengan ukuran penampang 0,105 x 0,13 m untuk mewakili saluran udara dan dilengkapi dengan blower radial *krishbow* untuk menghisap dan mendorong udara masuk saluran (Gambar 1).



Gambar 1. Skema Penampang Saluran Aliran Udara

1.2. Tujuan Penelitian

Praktikum Fenomena Dasar Mesin merupakan praktikum yang dilakukan untuk membuktikan teori-teori pada mata kuliah dasar keteknik-mesinan dalam hal ini salah satunya adalah teori tentang fenomena kerugian tekanan pada aliran mampu mampat (aliran udara) pada suatu saluran dengan kecepatan aliran tetap pada sisi masuk dan keluar saluran yang bertekanan diatas satu atmosfer.

2. TINJAUAN PUSTAKA

fenomena kerugian tekanan pada aliran mampu mampat (aliran udara) pada suatu saluran dengan kecepatan aliran tetap pada sisi masuk dan keluar saluran yang bertekanan diatas satu atmosfer dianalisis dengan menggunakan hukum kekelan massa dan persamaan kontinuitas dalam mekanika fluida. Laju aliran massa udara masuk akan sama dengan yang keluar. Laju aliran massa yang mengalir dapat diketahui dengan persamaan dibawah ini (Munson, BR., Young, DF. & Okiishi, TH.2002):

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\rho_1 \cdot V_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot A_1 \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{V_1 \cdot A_1}{v_1} = \frac{V_2 \cdot A_2}{v_2}$$

Dimana :

- \dot{m} = laju aliran massa (kg/s)
- V = kecepatan aliran fluida (m/s)
- A = luas penampang saluran m^2
- ρ = rapat massa (kg/m^3)
- v = volume jenis (m^3/kg)

Laju aliran (Q) adalah volume fluida yang dikeluarkan tiap detiknya. Laju aliran dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2)$$

Laju aliran melalui penampang luasan masuk A_1 dan penampang luasan keluaran A_2 harus sama, dengan demikian:

$$\rho_1 \cdot V_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot A_1 \dots\dots\dots(3)$$

disebut persamaan kontinuitas. Jika $\rho_1 = \rho_2$, maka persamaan kontinuitas menjadi:

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_1 \dots\dots\dots(4)$$

Karena luas penampang sama sepanjang lintasan, berdasarkan persamaan kontnuitas maka kecepatan aliran masuk dan keluar saluran tetap sama.

Kerugian tekanan aliran udara dalam saluran disebabkan oleh gesekan antara udara dengan permukaan dalam pipa yang kemudian muncul dalam persamaan Bernoulli;

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gh_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gh_2 + \Delta P \dots\dots\dots(5)$$

Dari persamaan ini, dapat diketahui bahwa yang berpengaruh pada terjadinya kerugian tekanan adalah disebabkan adanya perbedaan tekanan antar bagian titik tekan pada saluran karena seluruh variabel yang lain dalam persamaan tersebut sama pada sisi masuk dan sisi keluaran.

$$\Delta P = P_{n+1} - P_n \quad \text{dimana : } n = 1,2,3\dots10 \dots\dots\dots(6)$$

3. METODELOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, penurunan tekanan (ΔP) sebanyak 10 bagian terbagi merata pada penampang sisi samping pipa dimulai dari jarak 53,0 cm dari pangkal masuk udara sampai dengan jarak 530 cm diujung keluaran pipa. Alat ukur tekanan aliran diukur dengan menggunakan HT-1890 Digital Manometer yang inletnya dihubungkan ke nepple yang berdiameter 7 mm dan tersedia di awal dan akhir bagian titik tekan untuk mengukur perubahan tekanan yang terjadi di sepanjang bagian. Nepple Manometer dipasang pada bagian tengah sisi samping pipa untuk meminimalkan efek gravitasi yang dapat mempengaruhi pengukuran tekanan (Gambar 2).

Pengukuran tekanan dilakukan untuk laju aliran udara 2,6 m/s, 4,5 m/s, 7,2 m/s, 10,1 m/s, 13,4 m/s, 14,4m/s (Tabel 1.) yang didapat dengan menmgatur posisi katup isap blower dari bukaan 40⁰; 50⁰; 60⁰; 70⁰; 80⁰ dan 90⁰ sebagai bukaan penuh pada busur petunjuk yang dipasang dibawah tuas katup isap untuk mengetahui konsistensi penurunan tekanan sebagai representasi kerugian tekanan. Laju aliran udara ditentukan dengan menggunakan anemometer yang diletakkan di ujung keluaran aliran udara ketika dilakukan pengukuran per bukaan katup isap, sedangkan tekanan perbagian titik tekan diukur dengan manometer digital dalam unit ukur inH₂O, sedangkan Tekanan disajikan dalam Pa (tekanan absolut).



Gambar 2. Penampang saluran udara dengan penampang persegi panjang & HT-1890 Digital Manometer pengukuran tekanan pada tiap bagian titik tekan

Tabel 1. Data Kecepatan Aliran Udara sisi luaran

Orifice Bukaan Penuh	Kecepatan Aliran Udara (m/s)					
	Bukaan Katup Hisap					
	90°	80°	70°	60°	50°	40°
Sisi luaran	14,4	13,4	10,1	7,2	4,5	2,6

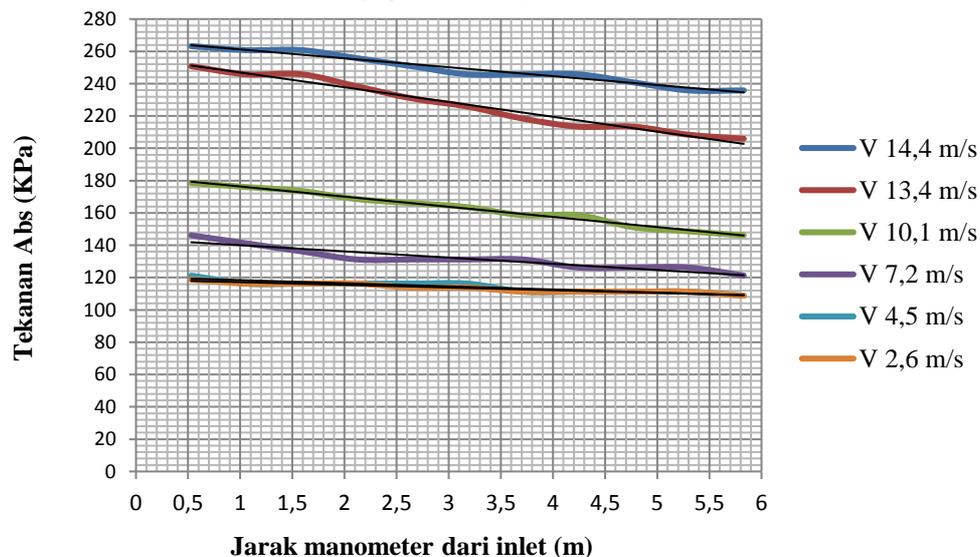
Pada setiap bagian untuk masing-masing laju aliran, pengukuran tekanan dilakukan sebanyak lima kali, dan hasilnya ditabelkan sebagai rata-rata tekanan yang diukur pada tiap bagian dari tekanan terukur dalam InH₂O dikonversi kedalam satuan Pascal dan disajikan dalam tekanan absolutnya (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil pengukuran tekanan yang telah dikonversi dari tekanan ukur inH₂O ke tekanan Absolut (Pa) pada lokasi pengukuran manometer diukur dari inlet pipa

Titik Tekan	Aliran Massa Udara (m/s) sisi luaran					
	Tekanan Absolut Udara (Pa)					
	14,4	13,4	10,1	7,2	4,5	2,6
0,53	263.233	250.778	178.542	146.161	121.252	118.761
1,06	260.742	245.797	176.051	141.179	116.270	116.270
1,59	260.742	245.797	173.561	136.197	116.270	116.270
2,12	255.760	238.324	168.579	131.216	116.270	116.270
2,65	250.778	230.851	166.088	131.216	116.270	113.779
3,18	245.797	225.869	163.597	131.216	116.270	113.779
3,71	245.797	218.397	158.615	131.216	111.288	111.288
4,24	245.797	213.415	158.615	126.234	111.288	111.288
4,77	240.814	213.415	151.143	126.234	111.288	111.288
5,30	235.833	208.433	148.652	126.234	111.288	111.288
5,83	235.833	205.942	146.161	121.252	108.798	108.798

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan antara Tekanan absolut hasil pengukuran pada masing –masing bagian titik tekan aliran aliran udara dituangkan dalam bentuk grafik (Gambar 3) yang bersumber dari data Tabel 2. Terlihat bahwa tekanan udara di dalam pipa berada di atas tekanan atmosfer, terjadi karena blower menghisap udara dan momentum aliran udara ditingkatkan melalui tarikan sudu blower dan dorongan dari sudu blower sehingga aliran udara yang bertekanan masuk dalam saluran inlet pipa uji. Disamping itu juga didapatkan adanya penurunan tekanan pada tiap bagian titik tekan aliran udara, dimana semakin dekat dengan inlet pipa uji, maka semakin tinggi tekanan yang dideteksi manometer. demikian juga sebaliknya.



Gambar 3. Hubungan antara hasil pengukuran tekanan dengan jarak manometer pada variasi laju aliran udara

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada laju aliran udara yang meningkat, tekanan di dalam pipa juga semakin tinggi pada semua lokasi manometer. Tekanan tertinggi sebesar 263.233 Pa dihasilkan oleh aliran udara dengan laju 14,4 m/s dan terendah pada aliran 4,5 dan 2,6 m/s dengan tekanan 108.798 Pa, Gambar 3 juga menunjukkan bahwa kecepatan aliran minimum yang dapat diaplikasikan pada alat untuk menunjukkan terjadinya penurunan tekanan adalah 4,5 m/s karena walaupun diturunkan sampai ke 2,6 m/s hasilnya berimpit atau tetap sama. Alat praktikum berhasil menyajikan fenomena penurunan tekanan sebagai bentuk kerugian tekanan aliran udara karena pada semua laju aliran, terjadi penurunan tekanan di sepanjang pipa, semakin jauh lokasi manometer dari inlet pipa, tekanan yang terukur semakin rendah.

Pemeriksaan terhadap kerugian tekanan digunakan untuk sebagai pedoman bagi pembimbing atau asisten praktikum dalam menjalankan tugasnya (Priangkoso, Tabah. Kurniawan, Nasir & Darmanto. 2017). Kerugian tekanan pada tiap bagian titik tekan dapat dilihat pada Tabel 3.

Kerugian tekanan yang timbul pada tiap bagian titik tekan sudah mendekati standar ASHRAE (Wessel, Claridge, Kohloss, Rock, Underwood, & Woodford, 2001). Hal ini disebabkan pembuatan pipa dilakukan dengan hati-hati. Permukaan dalam pipa sudah diusakan untuk dihaluskan terlebih dahulu sehingga sesuai dengan kondisi duct yang sebenarnya.

Tabel 3 Kerugian tekanan pada tiap bagian titik tekan pipa (Pa/m)

Bagian Titik Tekan	Aliran Massa Udara (M/S) Sisi Luaran						Rerata
	Kerugian Tekanan (Pa/M)						
	14,4	13,4	10,1	7,2	4,5	2,6	
1	4.700	4.981	2.491	4.982	4.982	2.491	4.105
2	0	0	2.490	4.982	0	0	3.320
3	4.982	7.473	4.982	4.981	0	0	3.736
4	4.982	7.473	2.491	0	0	2.491	2.906
5	4.981	4.982	2.491	0	0	0	2.076
6	0	7.472	4.982	0	4.982	2.491	3.321
7	0	4.982	0	4.982	0	0	1.661
8	4.983	0	7.472	0	0	0	2.076
9	4.981	4.982	2.491	0	0	0	2.076
10	0	2.491	2.491	4.982	2.490	2.490	2.491
Rerata	2,961	4.484	3.238	2.491	1.245	0,996	

Pengamatan pada bagian dalam pipa memperlihatkan bahwa aliran udara tidak mengalami hambatan yang besar karena penampangnya yang lumayan besar yakni 10,5 cm x 13 cm. Tapi aliran udara mengalami hambatan oleh tube nipple manometer yang tegak lurus dengan arah aliran sampai dengan garis tengah pipa dan tangkapan aliran udaranya sejajar dengan aksisnya karena tube tersebut dibuat menyiku tetapi hambatan tersebut tidak terlalu signifikan terbukti dengan banyaknya titik tekan yang penurunan tekanannya konstan.

Kelebihan lain dari penelitian ini adalah digunakannya manometer digital HT-1890 yang tingkat akurasinya tinggi, hal tersebut dapat dilihat dari penurunan tekanan yang terjadi lebih besar pada laju aliran lebih tinggi dibanding kerugian tekanan pada laju yang lebih rendah.

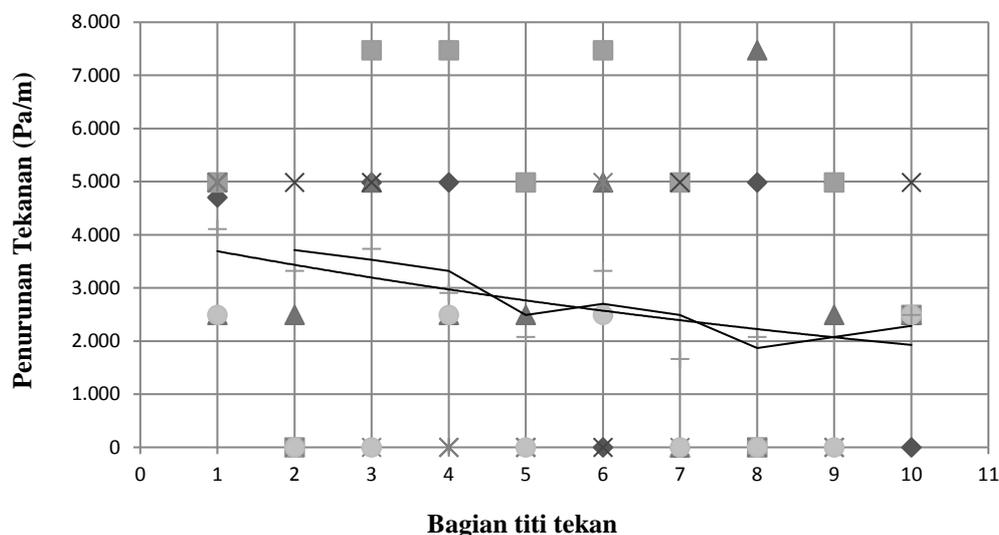
Pada Tabel 3 misalnya, dapat dilihat jika hanya pada bagian titik tekan 1, penurunan tekanan pada laju 14,4 m/s sebesar 4700 Pa/m lebih rendah dibanding dengan laju aliran dibawahnya tapi hal ini tidak terjadi di sembilan bagian titik tekan selanjutnya, sehingga bisa dilihat bahwa selain bagian titik tekan 1 terlihat bahwa penurunan tekanan menurun dengan menurunnya kecepatan aliran.

Pengukuran pada bagian titik tekan dengan bagian titik tekan yang paling banyak tidak adanya penurunan tekanan (0 Pa/m) terjadi pada bagian titik tekan 7, 5, 8 dan 9 sebesar rata-rata 1.661 Pa/m dan 2.076 Pa/m. Ini menunjukkan bahwa permukaan dalam pipa pada bagian titik tekan 7, 5, 8 dan 9 lebih halus dibanding bagian titik tekan lainnya. Dan, khususnya pada bagian

titik tekan 5 dan 7 menunjukkan pengukuran sudah akurat, karena penurunan tekanan lebih rendah pada laju aliran yang lebih rendah. Ketidak konsistenan penurunan tekanan terjadi secara kasat mata terlihat pada bagian titik tekan 6 melampaui penurunan tekanan yang lain, sehingga tidak termasuk dengan kategori empat lainnya, hal ini disebabkan turbulensi aliran sesaat sebelum memasuki bagian titik tekan 5 karena sebelum aliran udara masuk ke bagian titik tekan 5 terdapat sambungan pipa dan aliran normal kembali di bagian titik tekan 7.

Pada alat praktikum ini, fenomena penurunan tekanan sebagai representasi dari kerugian tekanan aliran udara dalam pipa sudah tersajikan dengan baik, bisa dilihat dari umumnya terjadinya penurunan tekanan yang semakin besar pada laju yang lebih besar. Hal ini terjadi akibat dari ketepatan pengukuran tekanan dalam menggunakan manometer digital.

Adapun, pemasangan pipa manometer pada sisi dalam pipa, menonjol dari sisi dalam pipa dan membentuk letrel L Hal ini diperlukan untuk mengkondisikan kecepatan aliran agar membesar pada daerah yang mendekati sumbu pipa, sehingga hasil pengukuran manometer menjadi lebih tepat.



Gambar 4. Penurunan tekanan pada tiap bagian titik tekan untuk laju aliran udara 14, 4m/s, 13,4 m/s, 10,1 m/s, 7,2 m/s, 4,5 m/s, 2,6 m/s

Penurunan tekanan yang teratur dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan bahwa penurunan tekanan pada tiap-tiap bagian titik tekan sudah mendekati rata-rata sama dan pada laju aliran yang lebih tinggi maka penurunannya lebih tinggi.

Menggunakan persamaan (5), seharusnya penurunan tekanan merupakan kuadrat dari laju aliran, tetapi tidak terjadi karena kecepatan aliran sisi masuk dan sisi keluar sama sehingga pengaruhnya pada sistem aliran diabaikan maka Gambar 4 akhirnya cenderung membentuk kurva linear dan telah menggambarkan fenomena yang sebenarnya.

Sebagai alat praktikum, alat ini dapat digunakan secara lebih luas yang bukan saja untuk menunjukkan adanya penurunan tekanan aliran sebagai kerugian tekanan aliran udara dalam pipa, tetapi juga dapat digunakan untuk menyajikan fenomena penurunan tekanan sebagai fungsi linear laju aliran dengan berdasarkan pada persamaan kontinuitas dan kekekalan massa dalam analisis mekanika fluida.

Pengembangan lebih lanjut diperlukan agar alat praktikum ini mampu menunjukkan secara signifikan fenomena yang dikehendaki yaitu penurunan tekanan sebagai fungsi kuadrat laju aliran. Pengembangan utama yang diperlukan adalah perubahan posisi blower dari sisi masuk pipa uji menjadi sisi keluaran pipa uji.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- 1 Fenomena kerugian tekanan dalam saluran udara bertekanan diatas satu atmosfer menunjukkan bahwa penurunan tekanan sebagai representasi dari kerugian tekanan aliran udara dalam pipa terjadinya penurunan tekanan yang semakin besar pada laju aliran yang lebih besar
- 2 Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kerugian tekanan pada aliran udara dalam pipa ini juga dapat digunakan untuk membuktikan bahwa fenomena penurunan tekanan sebagai fungsi linear laju aliran pada aliran udara dalam pipa.
- 3 Penurunan tekanan yang teratur menunjukkan bahwa penurunan tekanan pada tiap-tiap bagian titik tekan sudah mendekati rata-rata sama dan pada laju aliran yang lebih tinggi maka penurunan tekanannya lebih tinggi, hal ini terjadi karena kehalusan permukaan, penampang saluran yang besar dan pengukuran tekan tingkat akurasi yang tinggi.

5.2. Saran

- 1 Perbaikan perlu dilakukan pada bagian pipa manometer, yaitu dengan membuat radius tertentu pada pipa siku manometer dalam pipa saluran uji.
- 2 Perbaikan lainnya adalah meratakan atau memperhalus sambungan pada pipa yang terletak antara segmen 4 dan segmen 5 sehingga kecendrungan aliran udara untuk membentuk turbulensi tidak terjadi lagi bagian titik tekan 7.
- 3 Pengembangan utama yang diperlukan adalah perubahan posisi blower dari sisi masuk pipa uji menjadi sisi keluaran pipa uji, agar alat praktikum ini mampu menunjukkan secara signifikan fenomena yang dikehendaki yang lain yaitu penurunan tekanan sebagai fungsi kuadrat laju aliran.

DAFTAR PUSTAKA

- Munson, BR., Young, DF. & Okiishi, TH. 2002. Mekanika Fluida .Edisi 4. Jilid 1. Diterjemahkan : Harinaldi & Budiarto. 2004. UI. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Priangkoso, Tabah. Kusdi & Darmanto. 2015. *Perancangan Alat Praktikum Pengujian Kerugian Tekanan Aliran Udara Dalam Pipa*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Universitas Wahid Hasyim Semarang. Tersedia Di https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=PERANCANGAN+ALAT+PRAKTIKUM+PENGUJIAN+KERUGIAN+TEKANAN+ALIRAN+UDARA+DALAM+PIPA&btnG=
- Priangkoso, Tabah. **Kurniawan, Nasir** & Darmanto. 2017. *Analisis Pengaruh Laju Aliran Udara terhadap Kerugian Tekanan pada Saluran Udara*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Universitas Wahid Hasyim Semarang. Tersedia Di https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=PERANCANGAN+ALAT+PRAKTIKUM+PENGUJIAN+KERUGIAN+TEKANAN+ALIRAN+UDARA+DALAM+PIPA&btnG=
<https://www.sensorone.com/pressure-converter/>
- Wessel, Dennis J., et al. 2001. *ASHRAE Fundamentals Handbook (SI)*. s.l. :ASHRAE, 2001.