

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aliran Fluida dalam Pipa

Mekanika fluida berhubungan dengan perilaku fluida pada keadaan diam dan bergerak. Pada logikanya, fluida merupakan substansi yang terdeformasi secara berkelanjutan yang diakibatkan oleh adanya tegangan geser walaupun seberapa kecilnya nilai dari tegangan geser tersebut. Fluida terdiri dari fasa cair, gas dan padat. Perbedaan antara fluida cair dengan fluida padat sangat jelas yakni jika dibandingkan reaksi fisik dari keduanya. Fluida padat memiliki keterbatasan reaksi deformasi ketika menerima gaya geser, yakni deformasi tidak akan berkelanjutan seiring perubahan terhadap waktu. (Senja & Supriyatna, 2024)

Mekanika fluida merupakan ilmu yang mempelajari keseimbangan dan gerakan zat cair maupun gas, serta gaya tarik dengan benda-benda disekitarnya atau yang dilalui saat mengalir.

Fluida adalah zat yang dapat bergerak ketika dikenai gaya. Fluida dapat berubah bentuk dan bersifat tidak permanen. Fluida membentuk berbagai jenis benda padat sesuai dengan bentuk benda yang dilewatinya. Karakteristik aliran fluida meliputi tekanan statis, tekanan dinamis, total tekanan, kecepatan fluida dan tegangan geser. (Jalaludin, Akmal, Za, & Ishak, 2019)

a. Jenis-jenis aliran dibedakan menjadi 3 antara lain yaitu:

1. Laminer

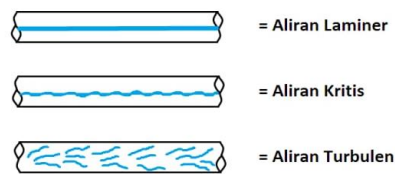
Aliran laminer didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminer ini mempunyai nilai bilangan Reynoldsnnya kurang dari 2000.

2. Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminer ke aliran turbulen. aliran turbulen mempunyai nilai bilangan Reynoldsnnya antara 2000 sampai dengan 4000.

3. Turbulen

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami



percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar di mana nilai bilangan Reynoldsnnya lebih

Gambar 1. Jenis Aliran

besar dari 4000.

b. Hukum kontinuitas

Apabila zat cair tak kompresibel mengalir secara kontinyu melalui pipa atau saluran, dengan tampang aliran konstan ataupun tidak konstan, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua tampang. Keadaan ini disebut dengan hukum kontinuitas. (Suprianto & Herry, 2008)

2.2. Kerugian Tekanan dalam Pipa

Setiap fluida yang mengalir melalui pipa akan menghasilkan gesekan yang dapat mengakibatkan suatu kerugian berupa kerugian penurunan tekanan. Untuk menangani masalah ini diperlukan penanganan khusus untuk mencegah atau mengurangi kerugian-kerugian yang diakibatkan oleh gesekan antara fluida dengan dinding pipa sehingga diketahui bagaimana pengaruh kekasaran permukaan terhadap debit dan tekanan pada aliran viskos pada pipa. Aliran fluida (air) dalam saluran tertutup (pipa silinder 1/2 inchi) dapat mengalami kondisi laminar dan turbulen. Kondisi tersebut dapat ditentukan dengan

melihat bilangan Reynoldsdengan melihat kondisi kekasaran dinding pada permukaan pipa. Dalam penelitian ini akan dianalisa pengaruh dari kekasaran permukaan terhadap debit dan tekanan pada aliran viskos pada pipa silinder 1/2 inchi. Sehingga didapat bahwa kekasaran permukaan sangat berpengaruh terhadap rugi head yang terjadi pada aliran fluida, yang mana semakin kasar permukaan dalam pipa maka nilai kapasitas aliran semakinmenurun dan nilai tekananakan semakin meningkat dan besar. (Junita & Intang, 2023)

a. Kerugian Tekanan Akibat Gesekan (Major Losses)

Kerugian head, h_f , adalah parameter fisik yang sangat penting untuk analisis eksperimental dan teoritis dari fenomena fluida yang juga dipengaruhi oleh koefisien gesek yang merupakan faktor kunci untuk menentukan kecepatan aliran dalam aliran saluran, yang juga penting untuk memastikan desain hidrolis yang optimal. Head losses sangat merugikan dalam aliran fluida di dalam sistem perpipaan, karena head losses dapat menurunkan tingkat efesiensi aliran fluida. Head losses terjadi diakibatkan dua komponen yaitu mayor losses dan minor losses. Mayor losses adalah kerugian tekanan yang diakibatkan oleh adanya gesekan di sepanjang aliran pipa, dimana pada kasus panjang pipa 6,3 meter mayor losses sebesar 0,106 m. sedangkan minor losses yang diakibatkan oleh adanya sambungan belokan 90o sebesar 0,0061 m. Kerugian head untuk aliran fluida berbanding lurus dengan panjang pipa, kuadrat kecepatan fluida, dan gesekan fluida disebut faktor gesekan dan berbanding terbalik dengan diameter pipa. Dalam hubungan dengan ukuran pipa, head losse semakin kecil untuk ukuran diameter pipa yang semakin besar. (Rumaherang, Watimena, Rawulun, & Noya, 2023)

b. Kerugian Tekanan Akibat Komponen Tambahan (Minor Losses)

Minor losses adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya sambungan pipa. (Priyati, Abdullah, & Khairun, 2019)

c. Persamaan Darcy-Weisbach

Hukum Darcy adalah persamaan yang mendefinisikan kemampuan suatu fluida mengalir melalui media berpori seperti batu. Hal ini bergantung pada prinsip bahwa jumlah aliran antara dua titik adalah berbanding lurus dengan perbedaan tekanan antara titik-titik dan kemampuan media melalui yang mengalir

untuk menghambat arus. Berikut tekanan mengacu pada kelebihan tekanan lokal atas tekanan hidro statik cairan normal yang, karena gravitasi, meningkat dengan mendalam seperti dikolom berdiri air. Ini faktor impedansi aliran ini disebut sebagai permeabilitas. Dengan kata lain, Hukum Darcy adalah hubungan proporsional sederhana antara tingkat debit sesaat melalui media berpori dan penurunan tekanan lebih dari jarak tertentu.

2.3. Pengaruh Dimensi dan Konfigurasi Pipa terhadap Aliran Udara

Pengaruh dimensi dan konfigurasi pipa terhadap aliran udara dapat dijelaskan melalui beberapa prinsip mekanika fluida, terutama hukum Bernoulli dan persamaan aliran kompresibel atau inkompresibel. Faktor-faktor seperti diameter pipa, panjang pipa, kelancaran permukaan dalam pipa, serta sudut belokan pipa dapat mempengaruhi distribusi kecepatan aliran, tekanan, dan gesekan.

a. Pengaruh Variasi Diameter terhadap Aliran Udara

Pipa dengan diameter lebih besar cenderung menurunkan kecepatan aliran udara dan mengurangi kehilangan tekanan akibat gesekan (dengan asumsi debit aliran tetap). Namun, aliran udara dalam pipa besar akan lebih efisien karena pengaruh gesekan lebih kecil. Sebaliknya, pipa kecil meningkatkan kecepatan aliran, tetapi juga menyebabkan kehilangan tekanan yang lebih tinggi karena gaya gesekan dengan dinding pipa lebih besar.

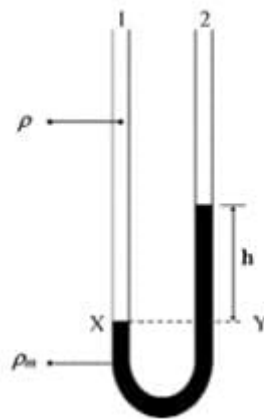
b. Pengaruh Segmentasi dan Jarak Antar-Segmen

Semakin panjang pipa, semakin besar juga gesekan dan kehilangan tekanan pada aliran udara. Menurut persamaan Darcy-Weisbach, kehilangan tekanan dalam pipa sebanding dengan panjang pipa dan kebalikan dari kuadrat diameter pipa, yang berarti pipa panjang dengan diameter kecil menyebabkan penurunan tekanan yang signifikan. Pipa dengan belokan atau sudut tajam dapat menyebabkan turbulensi dan penurunan tekanan yang lebih tinggi karena adanya perubahan arah aliran. Semakin tajam belokan, semakin besar gesekan yang terjadi dan semakin banyak energi yang hilang.

2.4. Metode Pengukuran Tekanan

Pressure gauge adalah instrumen untuk mengukur intensitas cairan, gas, air, atau uap dalam mesin bertenaga tekanan untuk memastikan tidak ada kebocoran atau perubahan tekanan yang akan mempengaruhi kinerja sistem.

Penggunaan Manometer U dengan Fluida Air



Gambar 2. Manometer U Sederhana

$$P_1 - P_2 = (\rho_m - \rho)gh$$

Ilustrasi pengukuran selisih tekanan antara dua titik yang berbeda menggunakan manometer U sederhana ditampilkan pada Gambar. Pada penelitian ini P_1 dan P_2 masing-masing adalah tekanan pada sisi masuk dan tekanan pada sisi keluar. Selisih tekanan P_1 dan P_2 ditentukan dengan menggunakan persamaan, Dimana ρ_m adalah massa jenis air raksa ρ adalah massa jenis air yang mengalir pada pipa lurus dan h adalah selisih tinggi permukaan air raksa pada tabung manometer U. (Sudirman & Harves, 2022)

2.5. Mekanika Fluida sebagai Dasar Teori

Mekanika fluida adalah cabang mekanika yang mempelajari mengenai pergerakan dari fluida. Pergerakan ini diamati dalam bentuk cairan maupun gas. Dalam mekanika fluida juga dipelajari fluida yang tidak dalam keadaan bergerak atau diam. Sebagian besar bahasan dalam mekanika fluida berkaitan dengan mekanika kontinum. Secara garis besar, mekanika fluida terbagi menjadi statika fluida yang mempelajari fluida dalam keadaan diam, dan dinamika fluida yang mempelajari fluida dalam keadaan bergerak.

a. Persamaan Bernoulli

Hukum Bernoulli menyatakan bahwa tekanan dari fluida yang bergerak seperti udara berkurang ketika fluida tersebut bergerak lebih cepat. Hukum Bernoulli ditemukan oleh Daniel Bernoulli memiliki hubungan antara tekanan, kecepatan fluida, dan elevasi dalam sistem aliran.

Secara umum hukum Bernoulli menyatakan bahwa tekanan suatu fluida di tempat yang kecepatannya tinggi lebih kecil dibandingkan dengan fluida yang kecepatannya rendah. Jadi semakin besar kecepatan fluida dalam suatu pipa maka tekanan yang dihasilkan akan semakin kecil, dan sebaliknya semakin kecil kecepatan fluida dalam suatu pipa maka tekanan yang dihasilkan akan semakin besar. (Cahya & Adi, 2017)

b. Teori Angka Reynolds dalam Menentukan Jenis Aliran

Bilangan Reynolds digunakan untuk menentukan sifat pokok aliran, apakah aliran tersebut laminar, transisi atau turbulen serta letaknya pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen berbanding dengan laminar ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$N_{re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

Pada fluida air, suatu aliran diklasifikasikan laminar apabila aliran tersebut mempunyai bilangan Reynold (Re) kurang dari 2300. Untuk aliran transisi berada pada bilangan $2300 < Re < 4000$, disebut juga sebagai bilangan Reynold kritis. Sedangkan untuk aliran turbulen mempunyai bilangan Reynolds lebih dari 4000. (Jalaludin, Akmal, Za, & Ishak, 2019)

c. Konsep Energi dalam Aliran Fluida

Konsep energi dalam aliran fluida berkaitan dengan energi yang dimiliki fluida saat mengalir. Dalam dinamika fluida, terdapat beberapa jenis energi yang dijelaskan dalam persamaan Bernoulli.

1. Energi kinetik energi ini berasal dari Gerakan fluida.
2. Energi potensial energi ini terkait dengan posisi fluida dalam medan gravitasi.
3. Energi tekanan energi ini berkaitan dengan tekanan fluida yang bekerja pada dinding atau lingkungan sekitarnya.