

Analisis Rugi Rugi (Head Losses) Pada Filling Botol Otomatis Dengan Menggunakan Pipa PVC

Arif Bima Ibisana, Junaidi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan

Email: arifbima769@gmail.com

ABSTRAK

Pompa air merupakan komponen krusial dalam sistem filling botol otomatis, yang berfungsi untuk memastikan aliran air yang konsisten dan akurat ke dalam botol. Efisiensi dan kualitas proses pengisian dipengaruhi secara signifikan oleh desain impeller pompa, khususnya sudut kemiringan impeller. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak kemiringan sudut impeller pompa air terhadap performa pengisian pada mesin filling botol otomatis. Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan sudut kemiringan impeller mempengaruhi kinerja pompa secara signifikan. Sudut kemiringan yang lebih besar cenderung meningkatkan kapasitas aliran dan mengurangi waktu pengisian, namun dengan risiko peningkatan tekanan yang berlebihan. Sebaliknya, sudut kemiringan yang lebih kecil memberikan aliran yang lebih stabil dan tekanan yang lebih terkendali, tetapi dengan penurunan kapasitas aliran. Temuan ini memberikan wawasan penting dalam pengoptimalan desain impeller pompa untuk aplikasi filling botol otomatis, dengan rekomendasi untuk sudut kemiringan optimal yang menyeimbangkan antara kapasitas aliran dan stabilitas sistem.

Kata kunci: Impeller, pompa air, filling botol otomatis

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi berkemangan di berbagai bidang menuntut kita untuk lebih bisa dalam penguasaan maupun pemahaman mengenai teknologi tersebut. Sistem dalam aliran fluida pada pipa banyak digunakan di berbagai industri, yaitu seperti pengolahan air minum dan pembangunan pada gedung-gedung bertingkat. Sistem pada perpipaan meliputi pipa-pipa serta komponen-komponen yang berupa aliran tunggal, jaringan serta sirkuit. Karakteristik pada sistem perpipaan dibutuhkan rencana dengan sistem yang optimal. (Yusuf & Hariadi, 2021). Rugi-rugi aliran atau (head lesson) adalah berkurangnya massa, volume dan kecepatan suatu fluida yang melewati suatu aliran. Pada ilmu mekanika fluida kita kenal ada dua jenis kerugian head losses yaitu kerugian mayor (major head losses) dan kerugian minor (minor head losses). Rugi mayor (major losses) dan rugi minor (minor losses), rugi mayor (major losses) terjadi ketika fluida mengalami gesekan dengan dinding pipa lurus yang memiliki luas penampang tetap, sedangkan rugi minor (minor losses) terjadi ketika fluida mengalami kehilangan aliran di dalam pipa karena berbagai faktor seperti luas penampang aliran, bagian masuk pipa, perlengkapan dan lain sebagainya. (Suharno, Widodo, & Christian, 2019) melakukan penelitian tentang Analisis Rugi Gesekan Pembesaran dan Pengecilan pipa Galvanis pad. Diameter pipa ukuran 1 inch, ½ inch, ¼ inch. Pada penelitian ini memiliki pip Galvanis Pada Diameter pia ukuran 1 inchi ke ½ inch, ½ inch, ¼ inci ke ½ inc ½ inci ke ½ inch, ¼ inci ke 1 inch dengan variasi sudut stopkan 35°, 40° d 45° (Topayung & Pairunan 2024).

(Afifudin, Basuki, & Irfa'i, 2020) melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan diameter pipa mendadak 1 inchi ke ¾ inch dan 1 ¼ inchi terhadap Pressure Drop dengan variasi bukaan katup. Penelitian ini bersifat kuantitatif yang bertujuan untuk meneliti tentang penurunan pada perubahan penampang mendadak pada pipa PVC yang memiliki diameter 1 inchi ke ½ inch dan 1 inchi ke 14 inch ini dengan variasi bukaan katup 100%, 75% dan 50%. (Ardian & Fitri 2023).

(Nasaruddin Salam, 2021) mengemukakan bahwa pipa miter adalah suatu bentuk potongan-potongan pipa yang disambung-sambung sehingga membentuk lengkungan. Umumnya pipa miter ini digunakan pada temperatur dan tekanan yang tidak begitu tinggi. Contoh penggunaannya adalah pada instalasi perpipaan pendingin udara dan air bersih bangunan hotel dan gedung. (Febriana Sulistya Pratiwj. 2022). Perkantoran serta industri, banyak menggunakan model pipa miter 90°. Pada saat aliran fluida melalui belokan 90°. Hal inilah keunggulan pipa miter. namun yang menjadi pertanyaan, seberapa besar penurunan kerugian head aliran fluida pada setiap penambahan jumlah potongan pipa (Eko, J. 2022).

Suatu fluida dapat diartikan sebagai zat yang bisa berubah bentuk sesuai dengan bidang atau bentuk yang dialirinya. Apabila fluida mengalir suatu media, fluida akan mengalami kerugian aliran sesuai dengan media yang dilaluinya. Hal ini mengakibatkan aliran fluida kurang maksimal. Salah satu contoh kerugian energi yang terjadi pada aliran fluida adalah penampang yang menyebabkan reaksi berkelanjutan di dalam pipa. Kerugian ini dapat mengakibatkan gesekan fluida dengan permukaan dalam dinding pipa dan juga komponen yang terdapat pada sistem perpipaan tersebut. Kerugian aliran yang terjadi pada pipa biasa disebut dengan head losses. Rugi-rugi aliran merupakan kehilangan energi mekanik persatuan massa fluida. Pada umumnya, rugi aliran yang terbesar terjadi pada fluida cair, hal ini dikarenakan sifat molekul dari air yang padat dibandingkan gas dan memiliki gesekan lebih besar terhadap media yang dilaluinya. Semakin besar rugi aliran semakin besar pula energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan fluida. Misalnya, suatu sistem perpipaan memiliki banyak percabangan, maka rugi-rugi aliran yang dimiliki akan semakin besar, sehingga penggunaan listrik pada mesin penggerak fluida (pompa) akan semakin besar. Selain itu, salah satu penyebab dari rugi aliran adalah jenis pipa yang digunakan yang memiliki kekasaran permukaan yang berbeda-beda sesuai dengan jenis pipanya.

Parameter yang dibutuhkan adalah diameter pipa (D), debit aliran (Q), beda ketinggian tekanan pada manometer (Ah), sudut elbow pipa (θ) dengan 2 buah material yang berbeda. Sehingga nantinya bisa mendapatkan nilai koefisien kerugian (K). Pada penelitian ini dilakukan kajian eksperimental untuk mengetahui head loss dari beberapa bentuk sudut patah dengan material elbow yang berbeda dan diameter dalam pipa yaitu dengan membuat grafik perbandingan koefisien minor akibat bentuk sudut patah terhadap laju aliran tersebut dan perbandingan radius sudut patahnya sendiri. Penelitian ini menggunakan pipa pvc dan mencari tentang head losses atau rugi-rugi aliran pada filling botol otomatis ini untuk membedakan penelitian sebelumnya. Jadi untuk penelitian ini bertujuan analisa rugi rugi head loss, serta mengetahui uji komponen komponen alat rugi rugi aliran. Berdasarkan kejadian diatas maka penulis tertarik mengadakan penelitian dan membahas masalah tersebut dan menuangkan dalam bentuk sebuah skripsi tentang berjudul: ANALISA RUGI-RUGI (HEAD LOS) PADA FILLING BOTOL OTOMATIS DENGAN MENGGUNAKAN PIPA PVC.

1. Tinjauan Pustaka

Head loss merupakan suatu fenomena rugi-rugi aliran di dalam system pemipaan. Rugi-rugi aliran selalu terjadi pada sistem pemipaan dengan menggunakan berbagai macam fluida, seperti fluida cair dan gas. Pada umumnya, rugi aliran yang terbesar terjadi pada fluida cair, hal ini dikarenakan sifat molekulnya yang padat dibandingkan gas dan

memiliki gesekan lebih besar terhadap media yang dilalui itu lebih besar, maka gesekan yang terjadi pun akan semakin besar. Head loss sangat merugikan dalam aliran fluida di dalam sistem pemipaan, karena head loss dapat menurunkan tingkat efisiensi aliran fluida. Sebagai contoh, dalam suatu sistem perpipaan yang memiliki banyak percabangan, rugi-rugi aliran yang dihasilkan akan semakin besar (Eka Putra et al., 2017). Headloss dibagi menjadi 2 jenis yaitu, mayor losses serta minor losses.

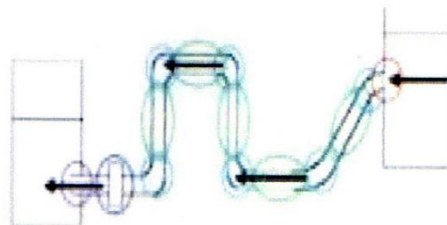
$$H = H_f + H_m. \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

H = head losses (m)

H_f = mayor losses (m)

H_m = minor losses (m)



Gambar 1. Arah aliran fluida di dalam pipa.

Pada aliran laminar nilai koefisien gesek hanya sebagai fungsi bilangan Reynold saja, karena aliran laminar tidak dipengaruhi oleh faktor kekasaran permukaan pipa. Namun dengan semakin tingginya bilangan Reynold, maka koefisien gesekan (f) hanya sebagai fungsi dari kekasaran relatif permukaan pipa. Pada kondisi ini, rejim aliran dikatakan mencapai kekasaran penuh sehingga alirannya adalah turbulen. Penurunan tekanan (P) pada aliran turbulen merupakan fungsi dari bilangan Reynold (Re), perbandingan panjang dan diameter pipa (L/D) (Triatmodjo, 2014).

Head loss mayor dapat terjadi karena adanya gesekan antara aliran fluida yang mengalir dengan suatu dinding permukaan dalam pipa. Pada umumnya head loss ini dipengaruhi oleh panjang pipa. Untuk dapat menghitung head loss mayor, perlu diketahui lebih jelas awal jenis aliran fluida yang mengalir. Head loss mayor adalah kehilangan tekanan pada aliran air di dalam pipa yang disebabkan oleh gesekan antara air dengan dinding dalam pipa, pada diameter pipa yang sama.

$$H_1 = f \frac{LV^2}{F2g} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

h_l = kerugian head karena gesekan (m)

f = faktor gesekan

D = diameter dalam pipa (m) L = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran rata-rata fluida dalam pipa (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Kehilangan tekanan minor adalah kehilangan tekanan yang terjadi karena adanya gesekan antara fluida dengan sambungan pipa seperti belokan pipa (elbow), katub (valve), percabangan (tee) dan perubahan penampang. (Ermadi. Dwi dan Darmanto. 2018). Rugi minor (minor losses) terjadi ketika fluida mengalami kehilangan aliran di dalam pipa karena berbagai faktor seperti luas penampang aliran, bagian masuk pipa, perlengkapan, dan lain sebagainya.

$$h_{1\text{minor}} = k \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

K : koefisien resisten

V : kecepatan aliran (m/s)

D : diameter pipa (meter g: percepatan gravitasi (m/s²))

Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir. Istilah fluida mencakup zat cair dan gas karena zat cair seperti air atau zat gas seperti udara dapat mengalir [9]. Secara khusus, fluida merupakan zat yang berformasi terus-menerus selama dipengaruhi suatu tegangan yang bergeser. Massa jenis sebuah fluida, dilambangkan dengan huruf Yunani ρ (rho), didefinisikan sebagai massa fluida per satuan volume. Massa jenis biasanya digunakan untuk mengkararakteristikkan massa sebuah sistem fluida.

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

ρ = massa jenis, kg/m³

m = massa, kg

v = volume, m³

2. METODOLOGI PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

1. Metode Perencanaan

Metode perencanaan dilakukan agar mendapatkan suatu gambaran umum alat penelitian yang dibuat. Metode ini memberikan suatu ide dalam sebuah gambaran yang nantinya akan menjadi rancangan alat tersebut.

2. Metode perakitan

Metode perakitan di lakukan setelah selesainya rancangan yang telah dibuat.

Perakitan alat akan mengacu pada gambaran rancangan yang telah dibuat

3. Metode Pengujian

Metode pengujian dilakukans setelah perakitan selesai, dalam metode didapatkannya hasil pengujian dari penelitian ini.

2. Teknik Pengumpulan Data

1. Studi Literatur

Studi literatur dilkaukan dengan mengumpulkan dan mengkaji referensi seperti buku maupun jurnal yang berkaitan dengan penelitian head losses dan debit aliran suatu pipa. Sehingga akan mendapatkan data sekunder yang digunakan sebagai acuan penelitian.

2. Studi Laboratorium

Pengumpulan data dengan melakukan uji pada alat yang sudah di rancang. Mengolah data dari hasil uji alat yang telah dilakukan untuk selanjutnya dapat diperoleh hasil akhir. Pada pengujian alat, untuk dapat mengetahui nilai tekan, head losses maka dilakukannya perhitungan pada tiap kontraksi.

3. Teknik Analisis

Data metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisa data deskriptif. Dimana data yang diperoleh dari pengujian eksperimen di tampilkan dalam bentuk tabel serta grafik yang hasilnya akan dibandingkan antara head loss serta mayor losses.

3. *Alat Pengumpulan Data*

1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:



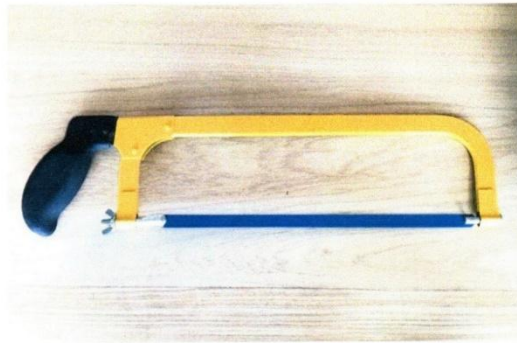
Gambar 2. Pompa Air Sanju.

Tabel 1. Spesifikasi Pompa

No	Uraian	Ukuran
1	Model SJ-60	
2	Ukuran Pipa (Keluar dan Masuk)	1 Inchi
3	Tegangan	2020 V/50 Hz
4	Arus	2.9A
5	Daya Hisap (Tinggi)	9 m
6	Daya Dorong	38 m
7	Kapasitas (max)	42 L/menit

1) Gergaji

Gergaji adalah alat pemotong yang digunakan untuk memotong berbagai material, seperti kayu, logam, plastik, atau bahan lainnya. Gergaji bekerja dengan cara memanfaatkan mata gergaji yang bergerigi untuk memotong material dengan gerakan maju-mundur atau berputar. Ada berbagai jenis gergaji, masing-masing dirancang untuk aplikasi dan material tertentu.



Gambar 3. Gergaji.

(Sumber dari Laboraturium Teknik Mesin)

2) Meteran

Meteran adalah alat pengukur panjang atau jarak yang digunakan untuk mengukur dimensi objek atau ruang. Terdapat jenis meteran yang dirancang untuk berbagai aplikasi sehari-hari.



Gambar 4. Meteran.

(Sumber Dari Google)

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Tangki Penampung

Tangki air digunakan sebagai tempat penyimpanan air yang nantinya akan digunakan untuk berbagai keperluan.



Gambar 5. Tangki Penampung Air.

(Sumber dari Laboraturium Teknik Mesin)

2) Pipa PVC Pipa

Pipa PVC merupakan komponen utama dalam penelitian dengan berbagai ukuran seperti ukuran 1 inch 1/2 inch dan 1/2 inch.

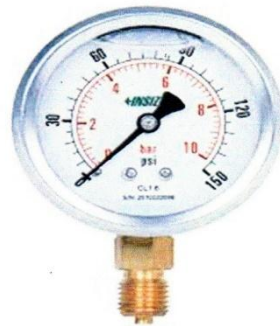


Gambar 6. Pipa PVC.

(Sumber dari Laboraturium Teknik Mesin)

3) Pressure gauge

Pressure gauge digunakan untuk mengukur tekanan aliran fluida yang melintasi pipa



Gambar 7. Pressure Gauge

(Sumber Dari Google)

4) Verlub

Verlub digunakan untuk meruntuk mengetahui ujian komponen-komponen alat rugi-rugi aliranbah dimensi pipa yang digunakan. Verlub juga merupakan alat yang akan menyebabkan kontraksi pada aliran pipa



Gambar 8. Verlub

(Sumber Dari Google)

5) Elbow

Elbow pipa Elbow berfungsi sebagai komponen yang digunakan untuk mengalihkan arah aliran air.



Gambar 9. Ellbow.

(Sumber dari Laboraturium Teknik Mesin)

6) Selotip

Selotip digunakan untuk merekatkan sambungan antar pipa agar sambungan pada pipa tidak mengalami kebocoran.

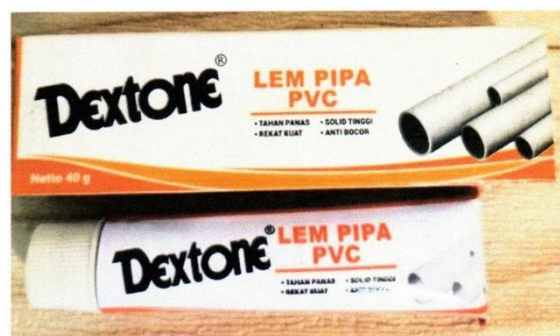


Gambar 10. Selotip.

(Sumber Dari Google)

7) Lem Pipa

Dengan menggunakan lem pipa, pemanfaatan pipa akan lebih optimal. Selain karena daya rekatnya yang sangat kuat, lem pipa juga memberikan efisiensi yang tinggi dan aya tahan yang lama.



Gambar 11. Lem Pipa.

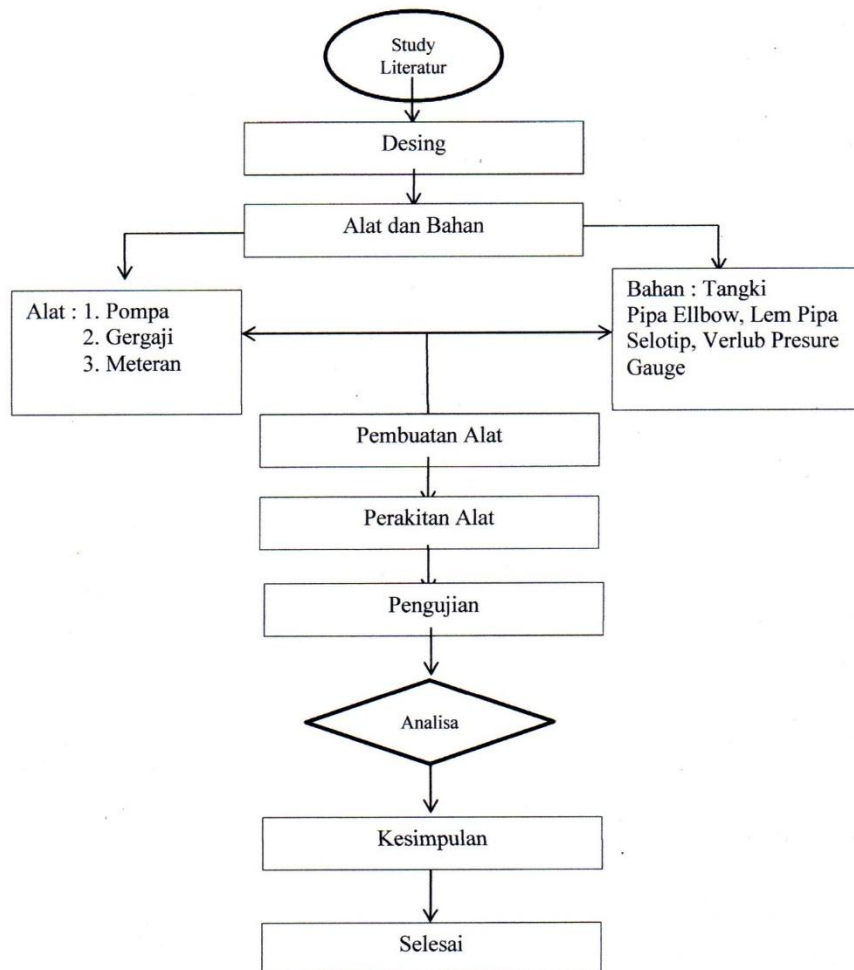
(Sumber Dari Google)

4. Teknik Analisa Data

Teknik analisa data dilakukan melalui algoritma sistem. Algoritma sistem adalah urutan atau tingkat proses sistem dan menjalankan tugas atau fungsi. Algoritma ini dibuat untuk menemukan. Berikut merupakan algoritma sistem pada perancangan pembuatan material komposit. Tahapan-tahapan algoritma system pada rancangan akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Membaca beberapa refrensi dari jurnal ataupun buku ilmiah.
2. Proses Pendesainan Mesin
3. Proses pemilihan alat dan bahan
4. Proses pembuatan alat
5. Proses pengujian alat
6. Menganalisa Hasil pengujian.

5. Diagram Alur Penelitian



Gambar 12. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembuatan alat peraga pipa uji rugi-rugi aliran ini dibuat skala laboratorium dengan pengairannya disimulasikan menggunakan pompa air dan dialiri air d Hasil dari pengujian ini untuk mengetahui salah satu gangguan atau hambatan yang sering terjadi

dan tidak dapat diabaikan pada aliran yang menggunakan pipa adalah hilangnya suatu energi yang disebabkan oleh gangguan lokal seperti pada perubahan penampang, adanya katup, belokan dan sebagainya disebut rugi minor (minor losses) dan dapat juga terjadi akibat gesekan aliran fluida dengan dinding pipa yang disebut rugi mayor (mayor losses). Untuk itu diperlukan sebuah simulasi yang mendekati kondisi aktual aliran fluida di dalam instalasi penyimpanan tersebut agar kita dapat menguji dan menganalisisnya. Yaitu dengan menggunakan alat uji rugi-rugi aliran.

1. Perhitungan mayor losses (rugi rugi mayor)

Diketahui:

Diameter Pipa 3/4 Inchi = 0,01905 m

Panjang Pipa (L) = 6m

Kecepatan Aliran Fluida (v) = 15, 87 m / s

Faktor Gesekan (f) = 64

$$H_f = \frac{fLv^2}{D2g}$$

$$\frac{L}{D} = \frac{6}{0,01905} = 314,960$$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{2^2}{15.87 \times 9.81} = 1,236$$

4.2.1 Perhitungan rugi rugi gesekan

hf = 64 x 314,96 x 1,236 = 24,914 m

2. Perhitungan Minor Losses (Rugi rugi minor)

Minor losses disebabkan oleh fitting, belokan, dan katup. Mari kita hitung rugi-rugi lokal pada satu elbow 90°, dan kemudian kita dapat menjumlahkan rugi-rugi Persamaan Minor losses.

Data-data alat uji Rugi Minor

Jumlah elbow : 5

Jumlah tee :-

Panjang pipa: 6m

$$h_{local} = \frac{v^2}{K2g}$$

Koefisian k =5.0

Kecepatan Aliran (v) = 15,87 m/s

Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s

Hitung rugi rugi Lokal:

$$h_{local} = 5.0 \times \frac{2^2}{15.87 \times 9.81} = 1,236$$

h_{local}, Total = 15.82 x 1,236 = 19,55 M

Total Rugi Rugi

H total = hf + h_{local}, total

h total = 2,4 914 + 19,55 = 44,464

Adapun Hasil Dari analisa rugi rugi mayor losses dan minor losses adalah:

Mayor Losses : 24,914 m

Minor Losses : 1,236

Total rugi rugi : 44,464 m

3. Perhitungan Bilangan Reynold

Diketahui

Diameter pipa 1/4 inchi = 0.01905 m

Panjang pipa (L) = 6m

Kecepatan aliran (v) = 15.87m / s

Viskositasnya = 0,1 / pa .s

Maka:

$$Re = \rho v \frac{D}{\mu}$$

$$Re = \frac{15,87 \times 0,01905}{0,001}$$

$$= 302,3235$$

4. Menghitung Rugi rugi pada elbow 90

Diketahui:

$$Hf, \text{ elbow} = K \times \frac{v^2}{2g}$$

- hf,elbow = rugi-rugi head pada elbow (m)
- K = faktor rugi-rugi (1.0)
- v = kecepatan fluida (3m / s)
- g = percepatan gravitasi (9.81m/s²)

Maka:

$$hf, \text{ elbow} = 1.0 \frac{3^2}{2 \times 9,81} = 1.0 \times \frac{9}{19,62} = 0,459m$$

Menghitung untuk 5 elbow

$$hf, \text{ total, elbow} = 5 \times hf \text{ elbow}$$

$$hf, \text{ total elbow} = 5 \times 0,459 = 2,295 \text{ m}$$

pada hasil dan perhitungan diatas Maka rugi rugi pada setiap belokan 90 derajat yaitu,2,295 m

5. Menghitung rugi rugi pada T

$$Hf, \text{ tee} = K \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

$$hf, \text{ tee} = \text{rugi rugi pada tee}$$

K = faktor rugi-rugi (misalnya, 1.2)

v = kecepatan fluida (3m / s)

g = percepatan gravitasi (9.81m /s²)

$$hf, \text{ tee} = 1.2 \times \frac{3^2}{2 \times 9,81} = 1.2 \times \frac{9}{19,62} = 0,550m$$

Untuk menghitung pada 6 Tee

$$hf, \text{ total, tee} = 6x hf, \text{ tee}$$

$$hf, \text{ total, tee} = 6 x 0,550 = 3.3 \text{ m}$$

6. Menghitung Kapasitas Pompa

Untuk menghitung kapasitas pompa digunakan rumus:

$$Q \times 3600$$

$$\text{Dimana } Q = 0,00146 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Maka:

$$\text{Kapasitas pompa} = Q \times 3600$$

$$= 0,00146 \times 3600$$

$$= 5,256 \text{ m}^3 / \text{s}$$

4. KESIMPULAN

Analisis rugi-rugi aliran pada pipa PVC menunjukkan bahwa baik rugi-rugi friksional maupun bentuk berkontribusi secara signifikan terhadap head loss dalam sistem. Rugi-rugi friksional, yang dipengaruhi oleh panjang pipa dan kecepatan aliran, serta rugi-rugi bentuk dari fitting seperti elbow dan tee, menunjukkan dampak yang besar pada efisiensi sistem. Total rugi-rugi head dapat mempengaruhi tekanan dan performa aliran secara keseluruhan.

Untuk meningkatkan efisiensi sistem, disarankan untuk mengurangi jumlah fitting dan belokan, mempertimbangkan penggunaan pipa dengan diameter yang lebih besar, serta melakukan pemeliharaan rutin untuk mengatasi kebocoran dan penumpukan kotoran. Evaluasi material pipa dan penggunaan perangkat monitoring juga dapat memberikan manfaat tambahan dalam mengelola dan mengurangi rugi-rugi aliran.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, berkat karunia-Nya kami dapat menyelesaikan penelitian ini. Kami ucapkan terima kasih kepada dosen yang telah membimbing kami sehingga terciptanya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sebagai, D., Satu, S., Untuk, S., Gelar, M., Teknik, S., & Barat, M. S. (2024). *Skripsi rancang bangun alat peraga pipa uji rugi-rugi aliran dengan mesin pompa air otomatis*.
2. Dahlan, M., Duma, G. A., Azis, N., Pradana, I., Sulfiana, E., Nurul, M., & Amaluddin, H. (2024). *Analisis Perbandingan Kerugian Aliran Pada Pipa Jenis PVC dan Galvanis Dengan Menggunakan Elbow 90 Derajat Politeknik ATI Makassar; Makassar Universitas Hasanuddin, Makassar Pendahuluan Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak pernah terpisahkan dengan si. 6, 149-158.*
3. Topayung, D. O., Rumagit, P., & Pairunan, T. T. (2023). Kaji Eksperimental Kerugian Aliran Fluida Pada Beberapa sudut Belokan. *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi*, 2(1), 88-96.
4. Ardian, R. D., Wermasaubun, H., & Fitri, M. (2022). *Tinjauan Penelitian Tentang Rancang Bangun Alat Uji Rugi-Rugi Aliran Pada Instalasi Pipa Jurnal Teknik Mesin: Vol. 11. No. 3, Oktober 2022 ISSN 2549-2888. 11(3), 223-229.*

5. Febriana Sulistya Pratiwi. (2022) No Title עינים לנגד שבאמת מה את לראות קשה הכי הארץ. 8.5.2017, 2003-2005. <https://dataindonesia.id/sector-riil/detail/angka-konsumsi-ikan-ri-naik-jadi-5648-kgkapita-pada-2022>
6. Eko, J. (2022). *Jurnal Dinamis Laboratorium*. 10(2), 7-19.
7. Widodo, S., Suharno, K., & Salahudin, X. (2016). Analisis Aliran Air dalam Pipa Bercabang (Junction). *Wahana Ilmuan*, 1, 77-84.
jurnal.untidar.ac.id/index.php/wahana/article/view/252/205
8. Yusuf, N., & Hariadi, H. (2021). Analisis Hasil Percobaan Alat Praktikum Rugi-Rugi Aliran Dalam Pipa. *Rang Teknik Journal*, 4(1), 180-187.
<https://doi.org/10.31869/rtj.v4i1.2315>
9. Alkindi, H., Santosa, H., & Sutoyo, E. (2023). Analisis Head Losses Pada Circulating Fluida Air Dalam Dua Jenis Pipa. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin AME*, 9(1), 51-56
10. Krisdwiyanto, D., & Akim, A. M. (2017). Pegujian alat rugi-rugi aliran dalam pipa galvanis, pipa PVC, pipa stainless steel dan pipa acrylic. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 8(2), 1-12.
<http://ejournal.univbatam.ac.id/index.php/Mesin/article/view/145>
11. Sudirman, S., & Harves, H. (2022). Analisa Headloss Aliran Fluida Pada Pipa Lurus Dengan Variasi Debit Aliran Dan Variasi Diameter Pipa. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 8(2), 165.
<https://doi.org/10.35308/jmkn.v8i2.5674>