

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemakaian pipa banyak ditemui pada berbagai aktivitas, semacam instalasi sistem plambing gedung, system penyedia air minum, pengaliran air untuk perindustrian, saluran air pembuangan serta banyak pemakaian yang lain. Saat mengalirkannya, air di saluran yang tertutup tentu mempunyai banyak masalah. Satu diantaranya ialah hilangnya energi yang cukup membuat rugi pada aliran fluida. Hilangnya energi di sistem perpipaan pada kondisi faktanya banyak diakibatkan oleh penggunaan sambungan, berubahnya diameter, bercabangnya aliran serta berubahnya arah aliran di pipa. Kondisi-kondisi itu cukup sering dijumpai umumnya di sistem distribusi air, hingga hal itu bisa jadi sebab kekurangan tekanan air hingga air tidak bisa dialirkan ke tujuan yang dikehendaki.

Fluid Friction Apparatus adalah alat yang dipakai untuk melakukan uji fenomena aliran yang ada pada saluran yang tertutup masuk di dalamnya ialah hilangnya energi. Peralatan ini terbagi atas berbagai jalur pipa yang dibuat menggunakan fitting serta pengukurannya memakai manometer manual, air raksa ataupun digital. Lewat alat ini, bisa dilakukan identifikasi hal yang ada di aliran fluida semuanya. Selain dari diciptakan pabrikan, peralatan ini juga bisa dibuat bandung memakai model fisik skala laboratorium.

Ada berbagai metode yang umum dipakai untuk menuntaskan sistem persamaan aliran air di saluran pipa untuk tipe saluran paralel ataupun saluran

yang bercabang. Kedua metode yang umum dipakai adalah metode Hardy Cross serta *Simultaneous Loop Equations*. Sebab metode *Hardy Cross* menuntaskan semua persamaan loop dengan sendiri serta terpisah dari sistem jaringan dengan semuanya, maka metode ini terlihat simpel. Beda dengan metode yang dipakai pada penelitian ini yakni metode *Simultaneous Loop Equations*. Metode ini menuntaskan suatu persamaan loop dengan simultan dan memberikan keterlibatan dampak loop-loop lainnya yang ada pada sebuah sistem jaringan. Meskipun sedikit rumit, tapi metode ini cukup efektif sebab nilai yang maksimal akan segera dicapai dengan literasi yang cukup lebih sedikit jika dibanding metode *Hardy Cross* (Ronald V Giles, 1986).

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dalam penelitian “**Analisis Kehilangan Energi pada Perpipaan**” perlu dilakukan pengujian . Dengan alasan penulis mengambil judul tersebut yaitu untuk mengawasi proyek pembangunan perpipaan untuk air bersih.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang sebelumnya, maka rumusan masalah yang bisa di ambil yakni:

1. Bagaimana kecepatan yang terjadi pada saluran pipa dari setiap jenis pipa yang diteliti ?
2. Bagaimana kehilangan energi pada saluran pipa dari setiap pipa yang diteliti ?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang penulis dapatkan untuk tugas akhir ini yaitu:

1. Untuk mengetahui kecepatan yang terjadi pada saluran pipa dari setiap jenis pipa yang diteliti.
2. Untuk mengetahui kehilangan energi pada saluran pipa dari setiap pipa yang diteliti.

D. Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan batasan permasalahan :

1. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Pengujian alat yang dilakukan meliputi kehilangan energi primer dan kehilangan energi sekunder

E. Manfaat Penelitian

Kegunaan dari kajian yang dilaksanakan peneliti pada tugas akhir ini yaitu:

1. Untuk Mahasiswa, mempermudah mengetahui penyebab adanya kehilangan pada pipa dan cara mengatasi kehilangan energi pada pipa tersebut.
2. Untuk Pekerja/Masyarakat , mempermudah menghitung kehilangan energi pada saluran perpipaan , dan mempermudah memilih pipa yang baik.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan diatur dalam pedoman penulisan skripsi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdapat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Dalam bab ini membahas tentang dasar teori mengenai rumus-rumus pada penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini terdapat gambaran umum alur penelitian, mulai waktu dan lokasi penelitian, serta diagram alir penelitian tersebut.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas secara keseluruhan tentang hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran keseluruhan penulis berdasarkan dari hasil analisa

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Perpipaan

Pipa dipakai menjadi saluran yang mengalirkan gas, air, minyak serta cairan yang lain. Pipa yang dimaksudkan pada hal ini terbagi dari pipa serta masuk didalamnya fitting, katup serta elemen lain yang ini adalah sistem perpipaan. Komponen pipa ialah: Pipa, katup (*valves*), flens (*flanges*), alat penyambung (*fittings*), serta yang lainnya..

Sistem pada perpipaan adalah sebuah sistem yang dipakai untuk melaksanakan transportasi fluida kerja antar alat (*equipment*) Pada sebuah pabrik (*plant*) atau dari sebuah lokasi ke lokasi lain hingga rangkaian pembuatan berlangsung. Sistem pada perpipaan (*piping system*) Dilengkapi elemen elemen semacam flens, belokan, katup (*ellbow*), percabangan, tumpuan, *nozzle*, *reducer*, isolasi serta lainnya. Di dunia perindustrian, umumnya diketahui dengan berbagai istilah tentang sistem.

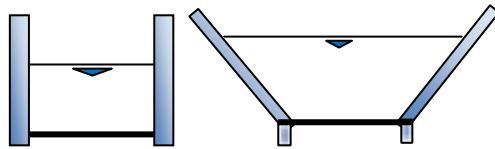
Perpipaan semacam *piping* serta *pipeline*. *Piping* adalah sebuah sistem perpipaan di sebuah *plant*, menjadi sarana untuk mengantar fluida (*cair* maupun *gas*) antara sebuah alat ke alat lain untuk melalui rangkaian tertentu. *Piping* ini tidak keluar dari sebuah tempat *plant*. Sedang *pipeline* adalah sistem perpipaan untuk menghantarkan fluida antar satu *plant* ke *plant* lain yang umumnya melalui berbagai wilayah. Ukuran pipa umumnya mempunyai panjang diatas dari 1km bergantung pada jarak tiap *plant*.

Sistem pada perpipaan bisa dijumpai hampir di seluruh tipe perindustrian, dari sistem tunggal yang sangat sederhana hingga ke sistem perpipaan yang bercabang yang cukup kompleks. Misalnya sistem perpipaan adalah sistem pendistribusian air bersih di kota ataupun gedung, sistem angkutan minyak dari sumber sumur ke sebuah tandon ataupun tangki untuk menyimpan, sistem pendistribusian udara pendingin di sebuah gedung, sistem pendistribusian uap di rangkaian pengering serta yang lainnya. Sistem perpipaan mencakup keseluruhan elemen dari tempat semula hingga ke tempat yang dituju yakni saringan (strainer), sambungan, katup, nozzle serta lainnya. Untuk sistem perpipaan yang memakai fluida yang cair secara umum dari tempat semula fluida ketika dipasangkan saringan agar melakukan penyaringan kotoran supaya tidak ada penyumbatan aliran fluida. Saringan (strainer) diberi kelengkapan dengan katup yang searah (foot valve) Yang berguna melakukan pencegahan aliran balik ke tempat semula atau tandon. Sedang sambungan bisa berbentuk sambungan penampungan tetap, berubah, belokan (elbow) atau berupa T (tee) serta masih ada elemen elemen yang dipakai pada sistem perpipaan.

Dari sekian tipe pembuatan pipa, mulai bahan sampai manfaatnya secara umum bisa dibagi jadi 2 bagian, yakni:

1. Tipe pipa yang tanpa memakai penyambung, adalah pembuatan pipa tanpa sambungan las.
2. Tipe pipa memakai sambungan, ialah penciptaan pipa memakai mekanisme sambungan yang dilaksanakan memakai mekanisme las.

Umumnya saluran dikelompokkan menjadi 2, saluran yang terbuka serta tertutup (Gambar 1). Saluran yang tertutup atau pipa adalah saluran yang dipakai untuk mengalir air dari sebuah lokasi ke lokasi lain (contohnya jaringan pada pipa air minum). Hal ini dilaksanakan supaya terhindar dari pencemaran yang mungkin terjadi (bila memakai saluran yang terbuka pencemaran mungkin bisa terjadi).



a. Saluran yang Terbuka

b. Saluran yang Tertutup

Gambar 2. 1. Bentuk Saluran (Salomo Simanjuntak,2010)

a. Saluran Tertutup

Berlandaskan bentukan saluran, saluran bisa dikelompokkan jadi 2 yakni terbuka serta tertutup. Saluran pipa masuk ke saluran yang tertutup. Jika dilihat dari bentuk salurannya, saluran yang tertutup tidak berdampak pada tekanan atmosfer atau nilainya tidak serupa dengan tekanan pada atmosfer. Tapi berlandaskan prinsip Bernoulli sebelumnya maka saluran yang tertutup bisa bertindak serupa dengan yang terbuka jika nilai pada tekanan pipa tidak di atas dari 1 atmosfer.

b. Kehilangan Tenaga (Headloss)

Sebuah aspek yang mendominasi untuk kita lihat di aliran pada pipa ialah tinggi hilang pada tekanan. Umumnya, tinggi diatas bisa dibagi jadi kehilangan

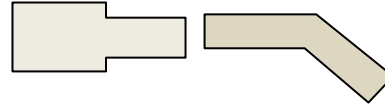
tekanan yang utama atau major loss sebab ada gesekan dengan dinding pada pipa serta kehilangan tekanan minor loss sebab belokan, sambungan, valve serta accessories yang lain (Kodoatie, 2002). Kehilangan tekanan sebab gesekan yang terjadi ini sebab gesekan air dan dinding pada pipa. Besarannya bisa ditetapkan memakai rumus Chezy, Hazen-William serta Darcy Weisbach. Pada semua komponen pipa dari sistem jaringan, ada keterkaitan antara kehilangan tenaga serta debit (Joko, 2010). Persamaan Hazen william ialah yang paling pertama digunakan, persamaan ini sangat sesuai untuk melakukan perhitungan tekanan pipa berdiameter besar yakni diatas dari 100 mm.

Aliran di saluran yang tertutup ialah aliran dengan tekanan (aliran ada sebab beda tekanan atau energi di titik mula serta akhir), kehilangan tekanan atau energi (kerugian) diberikan pengaruh oleh berbagai aspek yakni: kekasaran pipa (tipe pipa), ukuran pada pipa, nilai kekentalan, kecepatan aliran, serta percepatan gravitasinya. Koefisien kekasaran pada permukaan pipa serta tipe pipa ialah aspek yang utama menjadi sebab hilangnya energi.

Kehilangan energi di saluran yang tertutup/pipa (Gambar2) disebabkan adanya gesekan air dan dinding pada pipa yang lurus (kehilangan energi primer) serta disebabkan berubahnya aliran yang disebabkan belokan serta berubahnya penampang pipa (kehilangan energi sekunder). Di jaringan pipa (Pipa air minum) kehilangan energi yang primer besar dibanding dengan kehilangan pada energi sekunder. ($\pm 10\%$ dari kehilangan primer).



a. Kehilangan energi primer



b. Kehilangan energi sekunder

Gambar 2. 2 Kehilangan energi pada sistem perpipaan (Salomo Simanjuntak,2010)

Kehilangan energi adalah aspek yang mempengaruhi kapasitas dari pipa yang menjadi fasilitas penghantar aliran baik air maupun minyak. Kehilangan energi mengakibatkan adanya pengurangan pada debit aliran. Kehilangan energi disebabkan berbagai aspek satu diantaranya ialah kekasaran pada dinding yang ada pada pipa.

Kehilangan energi yang ada di perpipaan diakibatkan ialah:

- 1) Sebab adanya gesekan pada pipa dengan fluida atau air (kehilangan energi primer)
- 2) Sebab ada perubahan pada penampang pipa, belokan serta berubahnya arah aliran pipa (kehilangan energi sekunder)

Makin besar debitnya maka kehilangan energi (*head loss*) juga smakin naik, Kebalikannya juga begitu bila debit air turun maka kehilangan energi (*head loss*) juga turun.

1. Kehilangan energi primer (*Mayor Losses*)

Kehilangan energi primer, yang diakibatkan gesekan di keliling pipa serta panjang pipa. Secara teori kehilangan energi primer bisa didapatkan dengan

memakai persamaan White (1986), ialah persamaan yang dikatakan dengan Persamaan Darcy-Weisbach (persamaan 1.) yakni :

$$h_f = f \frac{LV}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

h_f = kehilangan energi (m)

f = aspek gesekan, yang bergantung pada angka Reynolds (dalam diagram Moody), diameter, serta kekasaran pipa

L = panjang dari pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida pada pipa (m/s)

d = diameter pada pipa (m)

g = gaya gravitasi

Bisa dilihat bahwasanya kehilangan energi berbanding lurus bersama kecepatan aliran ($h_f : v^2$), serta kehilangan energi berbanding terbalik dengan diameter pada pipa ($h_f : 1/d$). Semakin besar kecepatan pada aliran di pipa, semakin besar pula kehilangan energi. Maknanya, dengan debit aliran yang serupa, dan diameter pipanya yang makin kecil, kehilangan energi jadi besar.

Untuk menetapkan koefisien gesekan (f), Blasius memberi persamaan koefisien gesek yang diperuntukkan pipa halus di batasan bilangan Reynolds tertentu. Prandtl memberikan usulan sebuah rumus semi empiris yang bisa dipakai dengan keseluruhan (bermacam angka Reynolds). Koefisien gesek diberikan pengaruh oleh tipe aliran, diperuntukkan aliran laminar (bilangan Reynolds kecil).

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots(2)$$

Berlandaskan kajian yang dilaksanakan Blasius, menyatakan koefisien gesekan f untuk pipa halus pada wujud,

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \dots\dots\dots(3)$$

Rumus ini berguna untuk $4.000 < Re < 10^5$

Untuk pipa kasar nilai f tidak hanya tergantung pada angka Reynolds, tetapi juga pada dinding pipa yaitu kekasaran relative

Untuk pipa yang kasar nilai f tidak sekadar bergantung di angka Reynolds tapi juga di bagian dinding pada pipa yakni kekasaran relatif k/D, ataupun :

$$f = \varphi(Re, k / D) \dots\dots\dots(4)$$

Nikuradse melaksanakan percobaan mengenai dampak kekasaran pada pipa. Percobaan itu mencakup wilayah aliran turbulen serta laminar hingga di angka Reynolds $Re = 106$, serta untuk nilai k/D yang beragam antar 0.0333 hingga 0.0009. hasil dari percobaan adalah keterkaitan antara f, Re serta k/D.

Dalam menetapkan nilai koefisien gesek (f) untuk aliran lewat pipa hidrolik licin (persamaan 5.) serta untuk aliran pipa yang kasar (persamaan 6.).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{Re \sqrt{f}}{2.51} \dots\dots\dots(5.)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{3.7D}{k} \dots\dots\dots(6.)$$

Pada aliran di wilayah transisi, Colebrook memberikan usulan persamaan 7., yang ini adalah gabungan persamaan 5 serta 6,

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{R_c \sqrt{f}} \dots\dots\dots(7.)$$

Yang mana nilai k, semacam di tabel 1.

Tabel 2. 1 Nilai k untuk banyak jenis pipa

Jenis-jenis pipa (baru)	Nilai k (mm)
Kaca	0.0015
Besi dilapisi aspal	0.06 - 0.24
Besi tuang	0.18 - 0.90
Plesteran semen	0.27 - 1.20
Beton	0.30 - 3.00
Baja	0.03 - 0.09
Baja dikeling	0.90 - 9.00
Pasangan batu	6.00

Persamaannya Hazen – Williams (persamaan delapan.) juga bisa dipakai menentukan kehilangan energi primer :

$$h_f = \frac{10,666 \times Q^{1.85} \times L}{Q^{1.85} \times D^{1.85}} (m) \dots\dots\dots(8.)$$

Yang mana : L = panjang pada pipa (m)

C = koefisien Hazen-Williams

D = diameter pada pipa (m)

Q = debit aliran (m³/dtk)

Kecepatan aliran dilakukan perhitungan dengan memakai rumus:

$$V = 0,849 . C . R^{0,63} . S^{0,54}$$

Yang mana:

v = kecepatan aliran, dalam m/detik

C = koevisien Hazen William pipa

R = jari jari pipa, dalam m

S = slope / kemiringan hidrolis, dalam m/m

Debit aliran dihitung dengan rumus :

$$Q = 0,27853 . D^{2,63} . S^{0,54}$$

Yang mana:

Q = debit air pada pipa, dalam m³ /detik

C = koevisien Hazen William bagi pipa

D = diameter pipa, dalam m

S = slope / tingkat kemiringan pada hidrolis, dalam m/m

2. Kehilangan energi sekunder (*Minor Losses*)

Minor losses ialah kerugian di sistem perpipaan sebab ada sambungan pada pipa. Aliran fluida yang mengalir lewat belokkan pada pipa mengakibatkan adanya separasi. Berbentuk turunnya tekanan (pressure drop) sebab ada mayor losse yang ada sebab gesekan di sepanjang pipa yang lurus, kemudian minor losses diakibatkan berubahnya wujud lokal dari saluran yang berbentuk belokan, katup ataupun sambungan pada pipa.

Kehilangan energi sekunder adalah energi yang diakibatkan sebab sambungan, katup, belokan, pembesaran atau pengecilan pada penampang, bisa didapatkan dengan memakai persamaan (9.) :

$$h_1 = h_0 + h_{bb} + h_{cc} \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots(9.)$$

a. Kerugian pada bagian pemasukan

Dalam melakukan perhitungan kehilangan energi di bagian pemasukan dipakai persamaan (10.) :

$$h_0 = k_0 \frac{v^2}{2g} \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots(10.)$$

Yang mana kk_0 = Koevisien gesek di mulut pemasukan.

b. Kerugian karena sambungan

Dalam melakukan perhitungan kerugian Head sebab belokkan dipakai rumus dari Fuller dituliskan pada wujud persamaan (11.), yaitu :

$$h_b = f \frac{V^2}{2g} (m) \dots\dots\dots(11.)$$

dimana f = koefisien kehilangan pada sambungan, semacam di persamaan (12.) :

$$f = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\phi}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots(12.)$$

R = jari-jari lengkungan sumbu sambungan.

c. Kerugian karena perubahan penampang

Dalam melakukan perhitungan kerugian energi sebab berubahnya penampang dipakai persamaan (13.) :

$$h_c = k_c \frac{V^2}{2g} (m) \dots\dots\dots(13.)$$

Dimana k_{cc} = koefisien perubahan pada penampang.

d. Kerugian pada belokan

Ada 2 jenis belokan pada pipa, yakni lengkungan serta patah (*mitter atau multipiece bend*). Pada belokan lengkung sering digunakan rumus Fuller (persamaan 14.), dituliskan:

$$k_{kb} = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\phi}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots(14.)$$

Yang mana :

k_{kb} = Koefcsien kerugian belokan

R = Jari-jari belokan pada pipa (m)

D = Diameter pada pipa (m)

θ = Sudut belokan (derajat)

Serta untuk belokan lengkung, yang mana koefisien kerugian semacam di persamaan 15:

$$k_{kb-th} = 0,0175 \times \lambda \frac{R}{D} \phi \dots\dots\dots (15.)$$

dimana:

$$\lambda = \frac{5}{Re^{0,45}} \left(\frac{D}{2R} \right)$$

dan

$$1400 < Re \sqrt{\frac{D}{2R}} < 5000$$

3. Kehilangan Energi pada Pompa

Dalam melakukan perhitungan kehilangan dari total pompa dipakai rumus (Sularso, Harou.T, 1996;26):

$$h = h_a + \Delta h_p + h_1 + \frac{v_d^2}{2g} \dots\dots\dots (16)$$

Dimana:

h = kehilangan energi total pada pompa (m)

h_a = kehilangan energi statis total (m)

$$h_a = h_s + h_d$$

Δh_p = perbedaan tekanan di kedua permukaan air (m)

h_1 = Beragam kehilangan yang terjadi akibat gesekan, hambatan pada katup, dan perubahan arah aliran (m)

V_d = kecepatan aliran (m/dtk)

g = percepatan pada gravitasi (9,81 m/dtk²)

Daya Pompa

Dalam melakukan perhitungan daya pompa dilaksanakan agar memahami spesifikasi pompa yang hendak dipakai hingga diperoleh efisiensi pemakaian daya, desain serta harga dari instalasi pompa dan penggerakannya yang ekonomis. Berbagai tahapan yang wajib di hadapi dalam melakukan perhitungan daya pompa adalah diantaranya, dengan melakukan perhitungan kehilangan energi itu diperoleh kehilangan energi di pompa yang ini adalah potensi pompa dalam melakukan transfer air. Daya yang dibutuhkan pompa dalam menaikkan zat cair (Triatmodjo,B, 2003;73) :

$$D = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{75 \eta} \dots\dots\dots (17)$$

Dimana:

D = daya (hp)

Q = debit aliran (m³ /det)

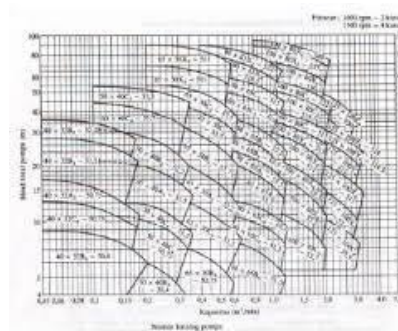
H = tinggi tekanan efektif (m)

γ = berat jenis zat cair (kgf/m³)

η = efisiensi pompa

Dalam memilih pompa dipakai diagram seperti yang ada dibawah (Gambar 1). Memakai mekanisme yang menarik garis lurus dari debit yang ada pada satuan

m³/menit) serta head keseluruhan pompa atau kehilangan energi total pompa. Di pertemuan dua garis itu maka bisa dipahami spesifikasi pompa yang hendak dipakai.



Gambar 2. 3 Diagram Pemilihan Pompa Umum (Saiful Akmal, 2019)

4. Gradien Hidrolika

Dengan melakukan perhitungan energi tekanan air di sebuah aliran air di pipa kita bisa tahu energi tekanan air di titik itu. Secara demikian jika kita hendak melakukan penghitungan energi tekanan air di sepanjang pipa, bisa kita bayangkan berapa kali wajib melakukan penghitungan energi tekanan air itu.

Hal ini bisa dimudahkan jika kita mengerti gradien hidrolika. Kemudian gradien hidrolika ini bisa juga dipakai agar lebih mudah melakukan identifikasi permasalahan tekanan yang mungkin saja ada pada sistem pips. Di pelajaran ini akan dikaji tentang gradien hidrolika aliran air pada pipa.

Garis Gradien Hidrolika

Sebagaimana yang kita pahami air yang mengalir pada pipa memiliki 3 wujud energi, yakni Energi:

- a. Tekanan
- b. Ketinggian

c. Kecepatan

Garis tekanan adalah garis yang menjelaskan besaran tekanan air di titik itu. Garis tekanan ini secara umum dikatakan garis gradien hidrolika atau kemiringan hidrolika. Jarak vertikal antara pipa dan garis gradien hidrolika memperlihatkan tekanan air di pipa. Energi kecepatan ini cukup kecil sekali, hingga untuk menghitung hidrolika di pipa yang panjang 10 m, energi kecepatan cukup sering tidak dipedulikan. Secara demikian garis gradien hidrolika sering disebut memperlihatkan energi air total.

Dalam menghitung hidrolika pada aliran air di pipa diketahui dengan istilah tinggi tekanan (*pressure head*), yakni tekanan air dikelompokkan jadi berat jenis air

$$H = \frac{P}{W} = \frac{\text{Tekanan air}}{\text{berat jenis air}} \dots\dots\dots(18)$$

B. Kajian Terdahulu

1. Ronald.A, Siswanto, Manyuk.F, 2017. “Analisis Kehilangan Energi Pada Pipa Transmisi SPAM Kecamatan Mempura”. Penelitian ini bertujuan untuk membahas tentang Air bersih yang diperoleh masyarakat Kecamatan Mempura masih sangat rendah. Ini tentunya diakibatkan banyaknya aspek seperti reservoir dan aliran dalam pipa. Air Supply System (WSS) Kecamatan Mempura menggunakan software EPANET 2.0 dengan 3 (tiga) pipa transmisi alternatif masing-masing diameter 6 inch, 8 inch dan 10

inch. Proyeksi dari jumlah penduduk Kabupaten Mempura dengan metode Geometri sampai tahun 2035 sebanyak 27.262 jiwa dan kebutuhan air bersih sebesar 37 liter/detik. Dari 3 (alternatif), pipa 10 inci saluran transmisi yang digunakan dengan laju aliran 0,79 m/s, head pada node A1 sebesar 16,13 meter, nilai tekanan 4,25 m dan headloss 2,31/1000 m.

2. Ir. Salomo Simanjuntak, MT, 2010. “Kehilangan Energi Pada Pipa Baja Dan Pipa PVC”. Penelitian ini bertujuan untuk membahas tentang Kehilangan energi ialah aspek yang mempengaruhi kapasitas pada pipa yang merupakan fasilitas penghantar aliran seperti air atau minyak. Kehilangan energi mengakibatkan adanya kekurangan pada debit aliran. Kehilangan energi diakibatkan berbagai aspek salah satunya kekasaran yang terjadi di dinding pipa. Kekasaran pada dinding pipa berhubungan dengan bahan pipa yang umumnya terbagi dari PVC, baja atau besi, kayu, kaca serta lainnya. Memilih bahan ini diberikan pengaruh oleh keadaan lapangan pada makna, bila penggunaan pipa di wilayah tanah akan memakai pipa yang dari besi atau baja, dan bila pipa di bawah tanah dipakai PVC hal ini berhubungan dengan aspek keamanan. Sebab itulah butuh seberapa besar kehilangan energi yang ada di banyak bahan pipa yang dimaksudkan.
3. Andi Chairil Tasbih, 2023. “Studi Kehilangan Energi Minor Pada Sistem Perpipaan Di Laboratorium”. Penelitian ini bertujuan untuk membahas Agar memahami kecepatan sebab berubahnya penampang, percabangan serta belokan di pipa serta untuk memahami seberapa besar kehilangan

perubahan pada tekanan di sistem perpipaan pada laboratorium. Berdasarkan hasil kajian ini bisa diambil kesimpulan bahwasanya perubahan pada kecepatan di aliran yang normal 0,0576 m/dt, sebab belokkan di pipa 0,0569 m/dt. Di percabangan 0,0562 m/dt, pada berubahnya penampang besar 0,0082 m/dt serta di perubahan pada penampang kecil 0,1266 m/dt. Keseluruhan dari kehilangan serta perubahan pada penampang besar serta kecil ialah 0,3055.

4. Aida.N, Terunajaya. “Evaluasi Perhitungan Debit dan Kehilangan Tekanan (Head Loss) pada Jaringan Pipa di Wilayah Pelayanan PDAM Tirtanadi Cabang Sunggal. Pada Penelitian ini bertujuan untuk membahas tentang Penggunaan jaringan pipa di sektor teknik sipil satu diantaranya ada di sistem jaringan pendistribusian air minum. Pendistribusian keperluan air minum untuk keperluan hidup keseharian cukup krusial. Begitupun analisa jaringan pipa sangat kompleks serta membutuhkan penghitungan yang cukup besar. Pada sistem jaringan pendistribusian air minum memakai pipa, aspek kehilangan tinggi tekanan butu dilihat. Jika debit serta kehilangan tinggi tekanan sangat besar bisa menyebabkan ada tersalurkannya air secara benar. Langkah langkah untuk menuntaskan tugas akhir ini yakni lebih dulu menghimpun data yang diperlukan baik primer maupun sekunder dari PDAM Tirtandi Cabang Sunggal. Langkah selanjutnya ialah melakukan perhitungan debit serta kehilangan tinggi tekanan yang dilaksanakan memakai Hardy-Cross dengan memakai persamaan Darcy Weisbach.

5. Nefli.Y, Hariadi, 2021. “Analisa Hasil Percobaan Alat Praktikum Rugi-Rugi Aliran Dalam Pipa”. Penelitian ini bertujuan untuk membahas Peristiwa aliran di pipa ialah sebuah percobaan yang dilaksanakan di praktikum fenomena mesin di program studi teknik mesin. Di makalah ini hendak disampaikan sebuah hasil percobaan dari peralatan yang untuk pertama diciptakan di program studi ini. Pompa yang digunakan sangat besar 1,0 HP hendaknya akan ada tekanan yang sangat tinggi serta menyebabkan aliran menjadi turbulen. Peralatan untuk mengukur yang dipasangkan ialah Pressure Gauge, Meteran air, Stopwatch. Air dipompakan dari sumbernya (reservoir) berbentuk bak ke jaringan pipa dengan diameter $\frac{3}{4}$ ”, $\frac{1}{2}$ ” serta $\frac{5}{8}$ ” dengan melakukan pemasangan sensor tekanan di tempat keluar pompa serta semua pipa. Meteran air berfungsi untuk melaksanakan mengukur laju pada kecepatan air, sekarang ini, yakni dengan melakukan pengukuran pada kapasitas keluaran 5ml yang berikutnya di ukur waktu yang dibutuhkan memakai stopwatch. Varian laju aliran air diciptakan dengan membuat pembeda bukaan pada katup yakni $\frac{4}{4}$ bukaan totalnya lalu $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{4}$. Hasil dari percobaan menunjukkan bahwasanya makin kecil bukaanya pada katup menyebabkan laju aliran makin kecil dan menyebabkan rugi-rugi aliran makin besar. Di kecepatan aliran yang makin besar hingga menyebabkan bilangan Reynold yang besar sedang rugi gesekan aliran tidak berdampak besar sebab aliran di keadaan turbulen. Perencanaan alat percobaan ini telah selaras berdasarkan teori gesekan aliran fluida pada

pipa aliran tertutup , untuk langkah selanjutnya butuh dikembangkan alat dengan memasukan aspek atau parameter panjang per diameternya pipa sirkulasi, secara lanjutan agar aliran yang mana sensitifitas bilangan reynold lebih berdampak pada rugi rugi gesekan oleh karena itu butuh alat ukur yang lebih presisi.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini memakai penelitian dengan metode pengumpulan data, yaitu penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kampus Universitas Hasanuddin Makassar yang bertujuan untuk mengetahui berapa kehilangan energi pada perpipaan. Rangkaian penelitian ini dilaksanakan dengan serangkaian uji pada karakteristik material yang dipakai dengan syarat yang ditetapkan.

B. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Hasanuddin Makassar selama 1 bulan .

C. Bahan dan Alat

Alat dan Bahan :

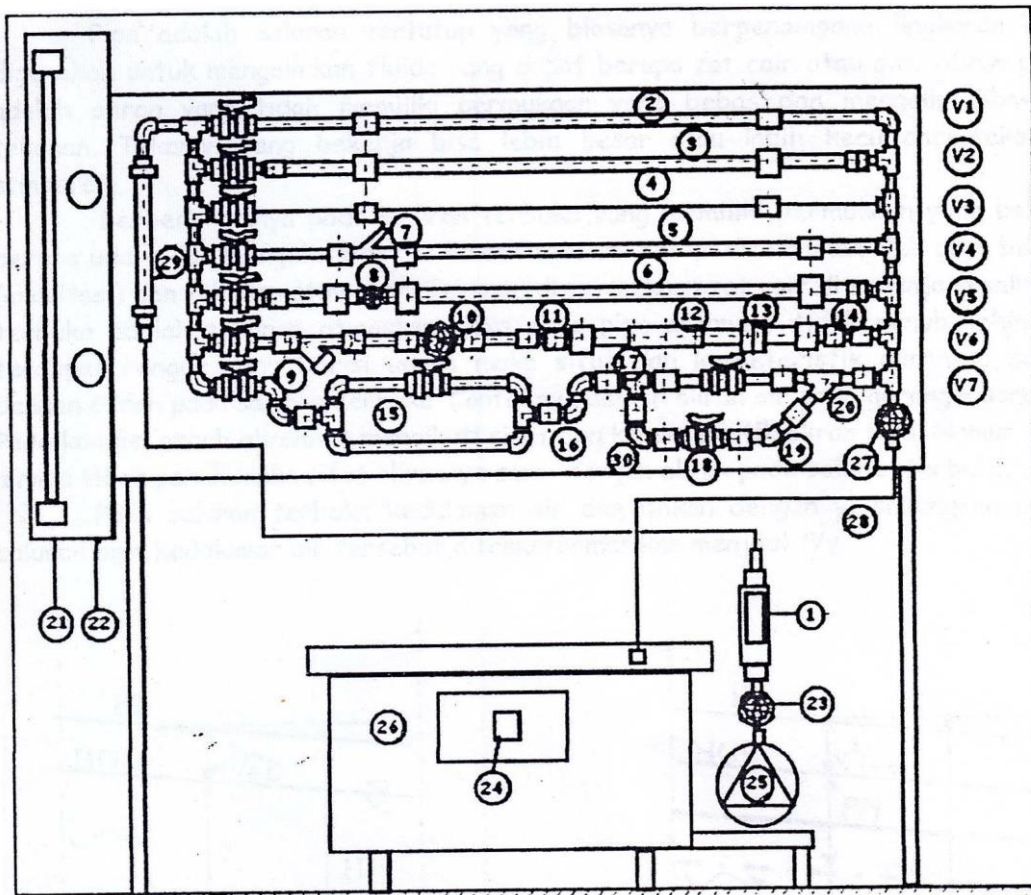
1. Satu Unit Peralatan untuk Mengukur Gesekan Aliran dalam Pipa dengan Sistem Hidrolik Dasar.
2. Stopwatch
3. Gelas Ukur
4. Ember
5. Termometer
6. Meteran

D. Prosedur Penelitian

Prosedur pengujian yang hendak dilaksanakan ialah dengan melaksanakan tahapan dibawah ini:

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Melakukan pembersihan bak penampung air dari kotoran supaya nanti tidak mengganggu aliran air saat pompa dihidupkan.
3. Melakukan pengisian bak untuk menampung air dengan air bersih hingga bak terisi kurang dari $\frac{2}{3}$ dari volume bak.
4. Lakukan penyambungan peralatan gesekan aliran dalam pipa memakai Sistem Dasar Hidrolika dengan flow meter yang bersambung secara langsung bersama pompa air.
5. Melakukan penutupan semula klep atau katup di jaringan pipa
6. Melakukan penyambungan peralatan manometer di pipa yang hendak dikaji. Pada tekanan yang rendah (*Low Pressure*) Digunakan manometer air, lalu LP1 dipasangkan di awal pipa serta LP2 dipasangkan di penghujung pipa. Kemudian pada tekanan tinggi (*High Pressure*) digunakan manometer udara, lalu HP1 dipasangkan di awal pipa serta HP2 dipasangkan di akhiran pipa.
7. Menghidupkan mesin pompa dengan memencet tombol on atau off di bak penampungan.
8. Melakukan pengaturan debit yang datang ke jaringan pipa yang memutar klep pengatir di flowmeter

9. Buka klep pada pipa yang hendak di observasi serta klep yang mengatur debit keluar dengan penuh. Klep lainnya tetap tutup, pasti masuk ke pipa, diamkan beberapa waktu ketika sampai aliran airnya menjadi stabil.
10. Sesudah aliran air stabil amati penunjuk nilai tekanan LP1 Serta LP2 di tabung manometer air. Bila tekanan nya tinggi maka manometer tidak bisa melihat tekanan pada pipa secara benar. Sebab itulah dipakai manometer udara untuk membaca tekanan tinggi. Buat catatan bacaan manometer sesudah stabil yakni HP1 serta HP2.
11. Tampung air keluar dari outlet saluran itu pada tempat seperti ember sekitar tiga kali memakai ember serta variasi waktu tertentu lalu ukur volumenya menggunakan gelas ukuran. Tulis hasil pengukuran serta waktu tampungnya agar memperoleh debit keluar
12. Lakukan pengukuran temperatur air di bak penampung memakai termometer serta ukur panjangnya pipa memakai meteran dan tulis hasilnya.
13. Lakukan pengulangan percobaan diatas dengan debit yang berbeda.
14. Dibawah ini ialah gambar dari Gesekan Aliran pada Pipa memakai Sistem Dasar Hidrolik dan bagiannya.



Gambar 3. 1 Alat Gesekan Aliran pada pipa memakai sistem dasar hidrolik

Keterangan:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Flow Meter | 16. Belokan siku 90° |
| 2. Pipa plastik kasar D = 17 mm | 17. Belokan T 90° |
| 3. Pipa plastik kasar D = 23 mm | 18. Klep bola |
| 4. Pipa kaca yang halus D = 6.5 mm | 19. Belokan 45° |
| 5. Pipa plastik PVC halus D = 16.5 mm | 20. Simpangan T 45° |
| 6. Pipa plastik PVC halus D = 26.5 mm | 21. Manometer air |
| 7. Klep | 22. Manometer udara |
| 8. Pintu Air | 23. Klep yang mengatur debit masuk |
| 9. Saringan | 24. Tombol menyalakan pompa |
| 10. Slaput Klep | 25. Pompa air |
| 11. Perbesaran pipa kasar | 26. Bak penampung air |
| 12. Venturimeter | 27. Klep yang mengatur debit keluar |
| 13. Sekat rongga | 28. Selang air keluar menuju bak |
| 14. Pengecilan pipa kasar | 29. Tabung fleksibel |
| 15. Saluran paralel | 30. Belokan siku 90° |

E. Teknik Pengumpulan Data

Pada teknik pengumpulan data yang dipakai di kajian ini memakai pengumpulan data sekunder serta primer.

1. Pengumpulan data sekunder

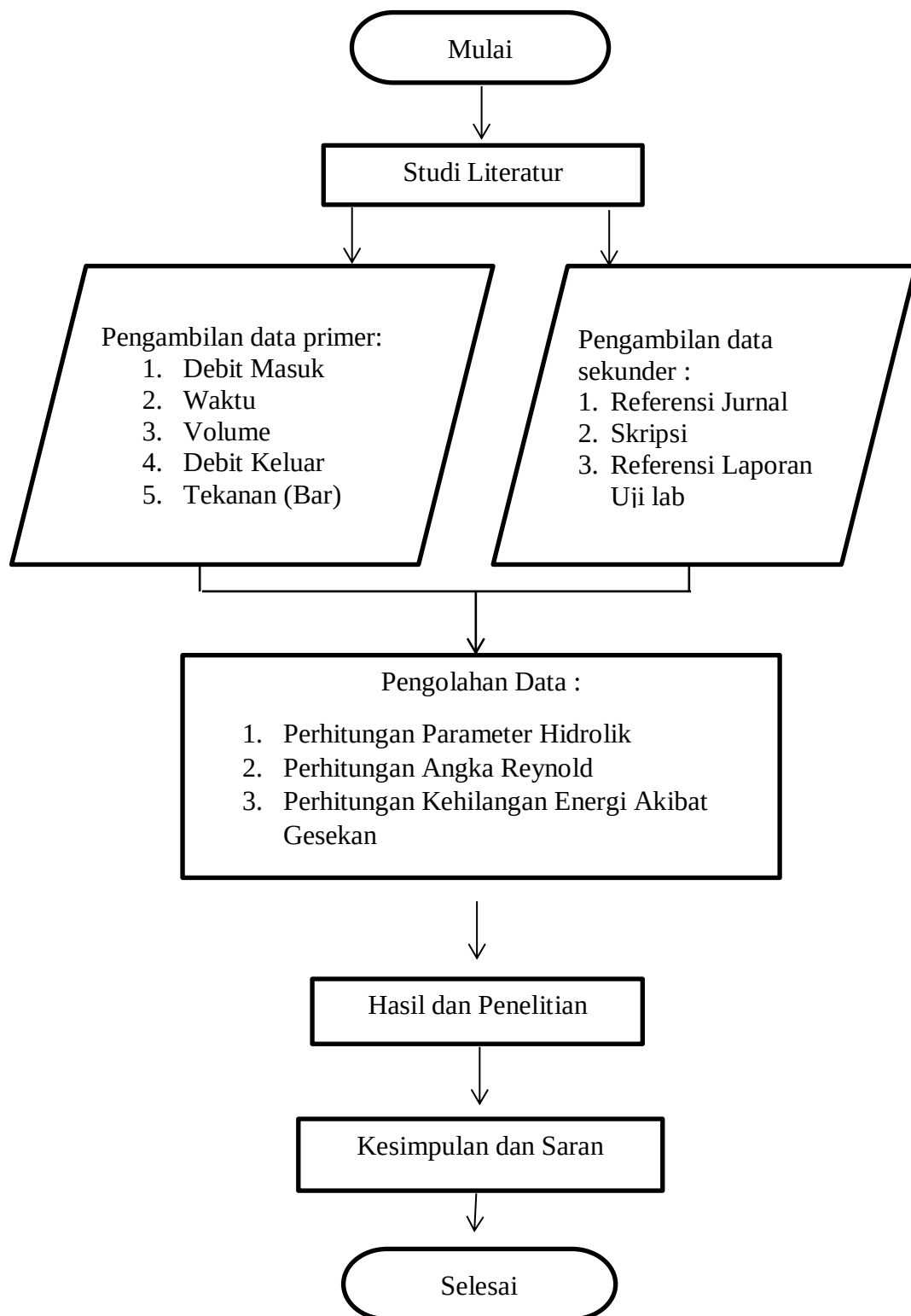
Di langkah yang ini dilaksanakan ialah menghimpun data standar sesuai spesifikasi, dan melakukan pencarian rujukan atau literatur yang berkaitan dengan kajian yang hendak dijalankan.

2. Pengumpulan data Primer

Di langkah ini menghimpun data primer serta hasil uji di Laboratorium Universitas Hasanuddin dengan cara menguji alat lalu mengambil data sesuai yang diinginkan.

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada kajian ini ialah memakai metode Hardy Cross dan Hardy Cross untuk menyelesaikan permasalahan jaringan pipa ialah dituntaskan lewat metode penghitungan Literasi serta bisa dituntaskan dengan baik memakai penghitungan manual ataupun dilaksanakan memakai program komputer.

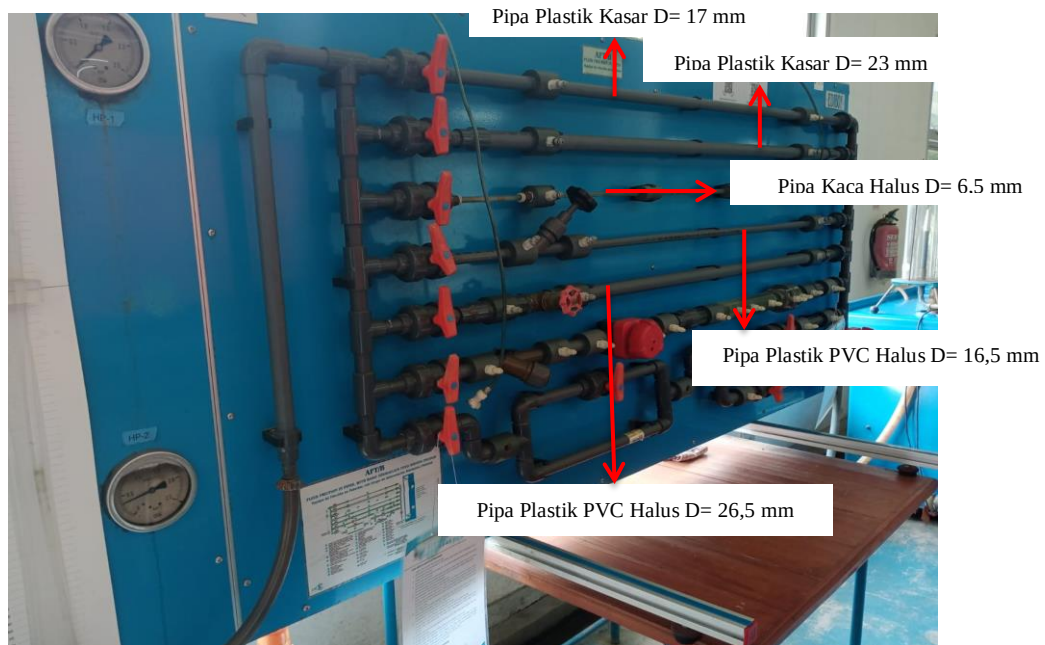


Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian



Gambar 4. 1 Alat Gesekan Aliran pada pipa memakai sistem dasar hidrolik (Laboratorium UNHAS)

Pecobaan dilakukan sebanyak 5 kali percobaan, dengan menggunakan jenis pipa sebagai berikut :

1. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 17 mm
2. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 23 mm
3. Pipa Kaca Halus Ø Diameter 6,5 mm
4. Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 16,5 mm
5. Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 26,5 mm

Adapun pipa sambungan yang digunakan adalah jenis sambungan yang menggunakan ulir dengan jenis yang tidak menggunakan pembesaran diameter didalamnya. Berikut ini adalah hasil penelitian sebagai berikut :

1. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 17 mm

Panjang (cm) = 100

Suhu (°C) = 30

Tabel 4. 1 Data Parameter Pipa Plastik Kasar Diameter 17 mm (Laboratorium UNHAS)

Debit Masuk (Q in)	Waktu (t)	Volume (v)	Debit Keluar (Q out)	Q rata-rata (Q out)	Q rata-rata (Q out)	Tekanan (Bar)	
Liter/Jam	Detik	Liter	Liter/Detik	Liter/Jam	m ³ /detik	HP1/ LP1	HP2/ LP2
2000	3,27	1,750	0,5162	1858,374401	0,000516215	0,48	0,24
	3,23	1,740					
	3,37	1,600					
2200	3,35	1,860	0,5707	2054,580506	0,000570717	0,5	0,28
	3,37	1,840					
	3,11	1,900					
2400	3,10	1,940	0,6351	2286,264265	0,000635073	0,78	0,54
	3,15	2,030					
	3,26	2,070					

2. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 23 mm

Panjang (cm) = 100

Suhu (°C) = 30

Tabel 4. 2 Data Parameter Pipa Plastik Kasar Diameter 23 mm (Laboratorium UNHAS)

Debit Masuk (Q in)	Waktu (t)	Volume (v)	Debit Keluar (Q out)	Q rata-rata (Q out)	Q rata-rata (Q out)	Tekanan (Bar)	
Liter/Jam	Detik	Liter	Liter/Detik	Liter/Jam	m ³ /detik	HP1/ LP1	HP2/ LP2
2000	3,19	1,730	0,5529	1990,589524	0,000552942	0,48	0,3
	3,09	1,800					
	3,09	1,650					
2200	3,29	1,910	0,5955	2143,736839	0,000595482	0,62	0,441
	3,50	2,160					
	3,38	1,990					
2400	3,67	2,220	0,624	2248,488298	0,00062458	0,78	0,6
	3,76	2,350					
	3,65	2,350					

3. Pipa Kaca Halus Ø Diameter 6,5 mm

Panjang (cm) = 100

Suhu (°C) = 30

Tabel 4. 3 Data Parameter Pipa Kaca Halus Diameter 6,5 mm (Laboratorium UNHAS)

Debit Masuk (Q in)	Waktu (t)	Volume (v)	Debit Keluar (Q out)	Q rata-rata (Q out)	Q rata-rata (Q out)	Tekanan (Bar)	
Liter/Jam	Detik	Liter	Liter/Detik	Liter/Jam	m ³ /detik	HP1/ LP1	HP2/ LP2
600	3,74	0,580	0,1600	575,9574098	0,000159988	0,36	0,26
	3,79	0,610					
	3,66	0,600					
700	3,68	0,700	0,1904	685,4134581	0,000190393	0,54	0,44
	3,68	0,690					
	3,67	0,710					
800	3,50	0,680	0,1949	701,592055	0,000194887	0,8	0,7
	3,74	0,730					
	3,74	0,730					

4. Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 16,5 mm

Panjang (cm) = 100

Suhu (°C) = 30

Tabel 4. 4 Data Parameter Pipa Plastik PVC Halus Diameter 16,5 mm
(Laboratorium UNHAS)

Debit Masuk (Q in)	Waktu (t)	Volume (v)	Debit Keluar (Q out)	Q rata-rata (Q out)	Q rata-rata (Q out)	Tekanan (Bar)	
Liter/Jam	Detik	Liter	Liter/Detik	Liter/Jam	m ³ /detik	HP1/ LP1	HP2/ LP2
2000	3,61	1,960	0,5525	1988,969277	0,000552491	0,46	0,18
	3,53	1,950					
	3,38	1,900					
2200	3,08	1,900	0,6084	2190,315101	0,000608421	0,52	0,26
	3,37	2,010					
	3,35	2,050					
2400	3,35	2,200	0,6604	2377,608104	0,000660447	0,7	0,38
	3,29	2,220					
	3,37	2,190					

5. Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 26,5 mm

Panjang (cm) = 100

Suhu (°C) = 30

Tabel 4. 5 Data Parameter Pipa Plastik PVC Halus Diameter 26,5 mm
(Laboratorium UNHAS)

Debit Masuk (Q in)	Waktu (t)	Volume (v)	Debit Keluar (Q out)	Q rata-rata (Q out)	Q rata-rata (Q out)	Tekanan (Bar)	
Liter/Jam	Detik	Liter	Liter/Detik	Liter/Jam	m ³ /detik	HP1/ LP1	HP2/ LP2
2000	3,34	1,800	0,5553	1998,909859	0,000555253	0,32	0,2
	3,38	1,900					
	3,40	1,920					
2200	3,31	2,000	0,6090	2192,333852	0,000608982	0,5	0,3
	3,27	1,980					
	3,37	2,080					
2400	3,19	2,090	0,6028	2170,166724	0,000602824	0,42	0,4
	3,40	2,130					
	4,10	2,160					

Dari kelima jenis pipa yang dicari kecepatan aliran air dapat dilihat atau dapat rangkum pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Kecepatan Aliran Air Hasil Perhitungan pada setiap Jenis Pipa yang diteliti

Pengujian	Kecepatan Aliran Air (m/d)
Pipa Plastik Kasar Diameter 17 mm	2,17391
Pipa Plastik Kasar Diameter 23 mm	1,21951
Pipa Kaca Halus Diameter 6,5 mm	3,33333
Pipa Plastik PVC Halus Diameter 16,5 mm	2,38095
Pipa Plastik PVC Halus Diameter 26,5 mm	0,90909

Dari kelima jenis pipa di atas terlihat bahwa kecepatan aliran air yang paling kecil ada di pipa plastik PVC yang diameter 26,5 mm yaitu 0,90909 dan kecepatan aliran air yang terbesar terdapat pada pipa kaca halus dengan diameter 6,5 mm yaitu 3,33333.

Dan dari kelima jenis pipa yang dicari kehilangan energi dapat dilihat atau dapat rangkum pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Kehilangan Energi Hasil Perhitungan pada setiap Jenis Pipa yang diteliti

Pengujian	h_f (Kehilangan Energi) (Meter)
Pipa Plastik Kasar Diameter 17 mm	0,3333
Pipa Plastik Kasar Diameter 23 mm	0,03694

Pipa Kaca Halus Diameter 6,5 mm	2,3893
Pipa Plastik PVC Halus Diameter 16,5 mm	0,3788
Pipa Plastik PVC Halus Diameter 26,5 mm	0,0383

Dari kelima jenis pipa di atas terlihat bahwa kehilangan energi yang paling kecil terdapat pada pipa plastik PVC yang diameter 26,5 mm yaitu 0,0383 dan kehilangan energi yang terbesar terdapat pada pipa kaca halus dengan diameter 6,5 mm yaitu 2,3893.

B. Analisis dan Pembahasan

1. Parameter Hidrolika

Luas dari penampang (A) Serta Keliling (P) pada saluran pipa di keadaan pengaliran yang penuh bisa dilakukan penghitungan memakai persamaan:

Rumus Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A}$$

a. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 17 mm ; Qin = 2000 liter/detik

1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,017)^2}{4} = 0,00023 \text{ m}^2$$

2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,017 = 0,05338 \text{ m}$$

- 3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00023}{0,05338} = 0,00425 \text{ m}$$

- 4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0005}{0,00023} = 2,17391 \text{ m/detik}$$

b. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 17 mm ; Qin = 2200 liter/detik

- 1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,017)^2}{4} = 0,00023 \text{ m}^2$$

- 2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,017 = 0,05338 \text{ m}$$

- 3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00023}{0,05338} = 0,00425 \text{ m}$$

- 4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0005}{0,00023} = 2,17391 \text{ m/detik}$$

c. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 17 mm ; Qin = 2400 liter/detik

- 1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,017)^2}{4} = 0,00023 \text{ m}^2$$

- 2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,017 = 0,05338 \text{ m}$$

3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00023}{0,05338} = 0,00425 \text{ m}$$

4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0006}{0,00023} = 2,60869 \text{ m/detik}$$

d. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 23 mm ; Qin = 2000 liter/detik

1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,023)^2}{4} = 0,00041 \text{ m}^2$$

2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,023 = 0,07222 \text{ m}$$

3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00041}{0,07222} = 0,00567 \text{ m}$$

4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0005}{0,00041} = 1,21951 \text{ m/ detik}$$

e. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 23 mm ; Qin = 2200 liter/detik

1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,023)^2}{4} = 0,00041 \text{ m}^2$$

2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,023 = 0,07222 \text{ m}$$

3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00041}{0,07222} = 0,00567 \text{ m}$$

4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0005}{0,00041} = 1,21951 \text{ m/ detik}$$

f. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 23 mm ; Qin = 2400 liter/detik

1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,023)^2}{4} = 0,00041 \text{ m}^2$$

2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,023 = 0,07222 \text{ m}$$

3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00041}{0,07222} = 0,00567 \text{ m}$$

4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0006}{0,00041} = 1,46341 \text{ m/ detik}$$

g. Pipa Kaca Halus Ø Diameter 6,5 mm ; Qin = 600 liter/detik

1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,0065)^2}{4} = 0,00003 \text{ m}^2$$

2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,0065 = 0,02041 \text{ m}$$

3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00003}{0,02041} = 0,00146 \text{ m}$$

4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0001}{0,00003} = 3,33333 \text{ m/ detik}$$

h. Pipa Kaca Halus Ø Diameter 6,5 mm ; Qin = 700 liter/detik

- 1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,0065)^2}{4} = 0,00003 \text{ m}^2$$

- 2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,0065 = 0,02041 \text{ m}$$

- 3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00003}{0,02041} = 0,00146 \text{ m}$$

- 4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0001}{0,00003} = 3,33333 \text{ m/ detik}$$

i. Pipa Kaca Halus Ø Diameter 6,5 mm ; Qin = 800 liter/detik

- 1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,0065)^2}{4} = 0,00003 \text{ m}^2$$

- 2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,0065 = 0,02041 \text{ m}$$

- 3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00003}{0,02041} = 0,00146 \text{ m}$$

- 4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0001}{0,00003} = 3,33333 \text{ m/ detik}$$

j. Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 16,5 mm ; Qin = 2000 liter/detik

- 1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,0165)^2}{4} = 0,00021 \text{ m}^2$$

- 2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,0165 = 0,05181 \text{ m}$$

- 3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00021}{0,05181} = 0,00405 \text{ m}$$

- 4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0005}{0,00021} = 2,38095 \text{ m/ detik}$$

k. Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 16,5 mm ; Qin = 2200 liter/detik

- 1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,0165)^2}{4} = 0,00021 \text{ m}^2$$

- 2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,0165 = 0,05181 \text{ m}$$

- 3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00021}{0,05181} = 0,00405 \text{ m}$$

- 4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0006}{0,00021} = 2,85714 \text{ m/detik}$$

l. Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 16,5 mm ; Qin = 2400 liter/detik

1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,0165)^2}{4} = 0,00021 \text{ m}^2$$

2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,0165 = 0,05181 \text{ m}$$

3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00021}{0,05181} = 0,00405 \text{ m}$$

4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0006}{0,00021} = 2,85714 \text{ m/ detik}$$

m. Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 26,5 mm ; Qin = 2000 liter/detik

1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,0265)^2}{4} = 0,00055 \text{ m}^2$$

2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,0265 = 0,08321 \text{ m}$$

3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00055}{0,08321} = 0,00660 \text{ m}$$

4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0005}{0,00055} = 0,90909 \text{ m/ detik}$$

n. Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 26,5 mm ; Qin = 2200 liter/detik

- 1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,0265)^2}{4} = 0,00055 \text{ m}^2$$

- 2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,0265 = 0,08321 \text{ m}$$

- 3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00055}{0,08321} = 0,00660 \text{ m}$$

- 4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0006}{0,00055} = 1,09090 \text{ m/ detik}$$

o. Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 26,5 mm ; Qin = 2400 liter/detik

- 1) Perhitungan Luas Penampang Basah

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,0265)^2}{4} = 0,00055 \text{ m}^2$$

- 2) Perhitungan Keliling Basah

$$P = \pi \times d = 3,14 \times 0,0265 = 0,08321 \text{ m}$$

- 3) Perhitungan Jari-Jari Hidrolika

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,00055}{0,08321} = 0,00660 \text{ m}$$

- 4) Perhitungan Kecepatan Aliran

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0006}{0,00055} = 1,09090 \text{ m/ detik}$$

2. Perhitungan Kehilangan Energi Akibat Gesekan

Untuk mencari Kehilangan Energi, terlebih dahulu dapat dihitung sebagai berikut :

$$Re = \frac{V \cdot 4R}{\nu}$$

$$h_f = f \frac{L}{4R} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Keterangan :

Re = Bilangan Reynolds

f = Koefisien Gesek

h_f = Kehilangan Energi Akibat Gesekan (m)

a. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 17 mm ; Qin = 2000 liter/detik

$$Re = \frac{2,17391 \cdot 4,0,00425}{0,000000802} = 46080,3865$$

$$f = \frac{1}{(2 \log 3,7 \frac{0,017}{1,5 \times 10^6})^2} = 0,01170$$

$$h_f = 0,01170 \frac{1}{4,0,00425} \cdot \frac{2,17391^2}{2,9,81} = 0,333354 \text{ m}$$

b. Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 17 mm ; Qin = 2200 liter/detik

$$Re = \frac{2,17391 \cdot 4,0,00425}{0,000000802} = 46080,3865$$

$$f = \frac{1}{(2 \log 3,7 \frac{0,017}{1,5 \times 10^6})^2} = 0,01170$$

$$h_f = 0,01170 \frac{1}{4,0,00425} \cdot \frac{2,17391^2}{2,9,81} = 0,333354 \text{ m}$$

- c. **Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 17 mm ; Qin = 2400 liter/detik**

$$Re = \frac{2,60869 \cdot 4,0,00425}{0,000000802} = 55296,42144$$

$$f = \frac{1}{(2 \log 3,7 \frac{0,017}{1,5 \times 10^6})^2} = 0,01170$$

$$h_f = 0,01170 \cdot \frac{1}{4,0,00425} \cdot \frac{2,60869^2}{2,9,81} = 0,23871 \text{ m}$$

- d. **Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 23 mm ; Qin = 2000 liter/detik**

$$Re = \frac{1,21951 \cdot 4,0,00567}{0,000000802} = 34973,478803$$

$$f = \frac{1}{(2 \log 3,7 \frac{0,023}{1,5 \times 10^6})^2} = 0,01106$$

$$h_f = 0,01106 \cdot \frac{1}{4,0,00567} \cdot \frac{1,21951^2}{2,9,81} = 0,03694 \text{ m}$$

- e. **Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 23 mm ; Qin = 2200 liter/detik**

$$Re = \frac{1,21951 \cdot 4,0,00567}{0,000000802} = 34973,478803$$

$$f = \frac{1}{(2 \log 3,7 \frac{0,023}{1,5 \times 10^6})^2} = 0,01106$$

$$h_f = 0,01106 \cdot \frac{1}{4,0,00567} \cdot \frac{1,21951^2}{2,9,81} = 0,03694 \text{ m}$$

- f. **Pipa Plastik Kasar Ø Diameter 23 mm ; Qin = 2400 liter/detik**

$$Re = \frac{1,46341 \cdot 4,0,00567}{0,000000802} = 41968,117207$$

$$f = \frac{1}{(2 \log 3,7 \frac{0,023}{1,5 \times 10^6})^2} = 0,01106$$

$$h_f = 0,01106 \cdot \frac{1}{4,0,00567} \cdot \frac{1,21951^2}{2,9,81} = 0,03694 \text{ m}$$

g. **Pipa Kaca Halus Ø Diameter 6,5 mm ; Qin = 600 liter/detik**

$$Re = \frac{3,33333 \cdot 4,0,00146}{0,000000802} = 27015,766833$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{27015^{0,25}} = 0,02464$$

$$h_f = 0,02464 \frac{1}{4,0,00146} \cdot \frac{3,33333^2}{2,9,81} = 2,38933 \text{ m}$$

h. **Pipa Kaca Halus Ø Diameter 6,5 mm ; Qin = 700 liter/detik**

$$Re = \frac{3,33333 \cdot 4,0,00146}{0,000000802} = 27015,766833$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{27015^{0,25}} = 0,02464$$

$$h_f = 0,02464 \frac{1}{4,0,00146} \cdot \frac{3,33333^2}{2,9,81} = 2,38933 \text{ m}$$

i. **Pipa Kaca Halus Ø Diameter 6,5 mm ; Qin = 800 liter/detik**

$$Re = \frac{3,33333 \cdot 4,0,00146}{0,000000802} = 27015,766833$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{27015^{0,25}} = 0,02464$$

$$h_f = 0,02464 \frac{1}{4,0,00146} \cdot \frac{3,33333^2}{2,9,81} = 2,38933 \text{ m}$$

j. **Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 16,5 mm ; Qin = 2000 liter/detik**

$$Re = \frac{2,38095 \cdot 4,0,00405}{0,000000802} = 48984,63217$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{48984^{0,25}} = 0,02124$$

$$h_f = 0,02124 \frac{1}{4,0,00405} \cdot \frac{2,38095^2}{2,9,81} = 0,37880 \text{ m}$$

k. **Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 16,5 mm ; Qin = 2200 liter/detik**

$$Re = \frac{2,85714 \cdot 4,0,00405}{0,000000802} = 58781,558603$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{58781^{0,25}} = 0,02029$$

$$h_f = 0,02029 \cdot \frac{1}{4,0,00405} \cdot \frac{2,17391^2}{2,9,81} = 0,52111 \text{ m}$$

l. **Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 16,5 mm ; Qin = 2400 liter/detik**

$$Re = \frac{2,85714 \cdot 4,0,00405}{0,000000802} = 58781,558603$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{58781^{0,25}} = 0,02029$$

$$h_f = 0,02029 \cdot \frac{1}{4,0,00405} \cdot \frac{2,17391^2}{2,9,81} = 0,52111 \text{ m}$$

m. **Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 26,5 mm ; Qin = 2000 liter/detik**

$$Re = \frac{2,90909 \cdot 4,0,00660}{0,000000802} = 30038,509975$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{30038^{0,25}} = 0,02400$$

$$h_f = 0,02400 \cdot \frac{1}{4,0,00660} \cdot \frac{0,90909^2}{2,9,81} = 0,03828 \text{ m}$$

n. **Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 26,5 mm ; Qin = 2200 liter/detik**

$$Re = \frac{1,09090 \cdot 4,0,00660}{0,000000802} = 36045,947631$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{36045^{0,25}} = 0,024293$$

$$h_f = 0,02400 \cdot \frac{1}{4,0,00660} \cdot \frac{1,09090^2}{2,9,81} = 0,05513 \text{ m}$$

o. **Pipa Plastik PVC Halus Ø Diameter 26,5 mm ; Q_{in} = 2400 liter/detik**

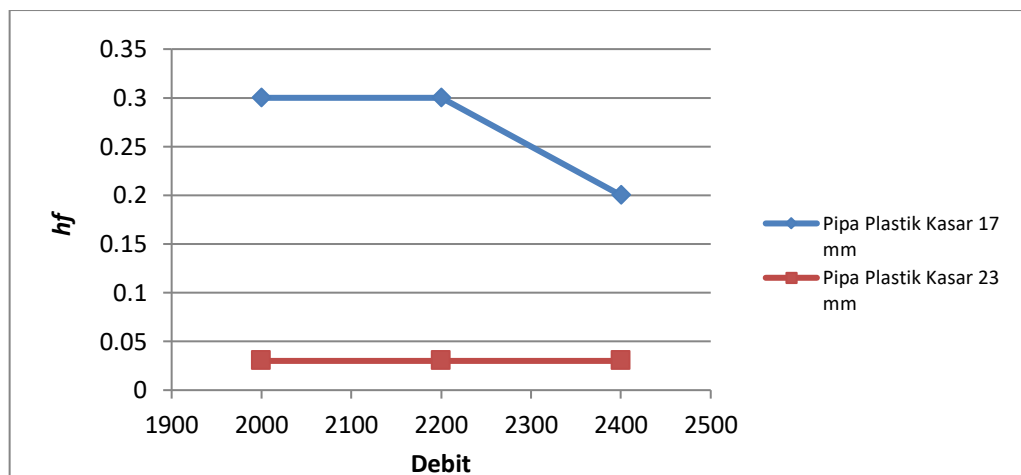
$$Re = \frac{1,09090 \cdot 4,00660}{0,000000802} = 36045,947631$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{36045^{0,25}} = 0,024293$$

$$h_f = 0,02400 \cdot \frac{1}{4,00660} \cdot \frac{1,09090^2}{2,9,81} = 0,05513 \text{ m}$$

3. Grafik

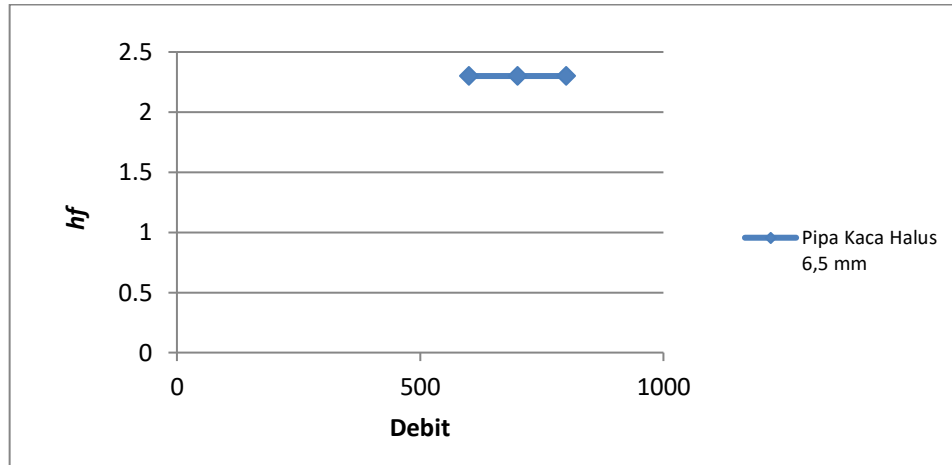
a. Pipa Plastik Kasar



Gambar 4.1 Grafik Pipa Kasar (Sumber: Hasil Analisis Data)

Pada grafik di atas terlihat bahwa pada pipa kasar perbandingan antara debit dan energi yang hilang, debit dari 2000 $m^3/detik$ sampai 2200 $m^3/detik$ kehilangan energi yang terjadi adalah konstan yaitu 0,3 m. Pada debit 2200 $m^3/detik$ sampai 2400 $m^3/detik$ menurun dari 0,3 menjadi 0,2 m, hal tersebut disebabkan adanya kenaikan debit mengakibatkan bertambahnya kecepatan pada ruas penampang yang sama sehingga terjadinya penurunan energi yang hilang .

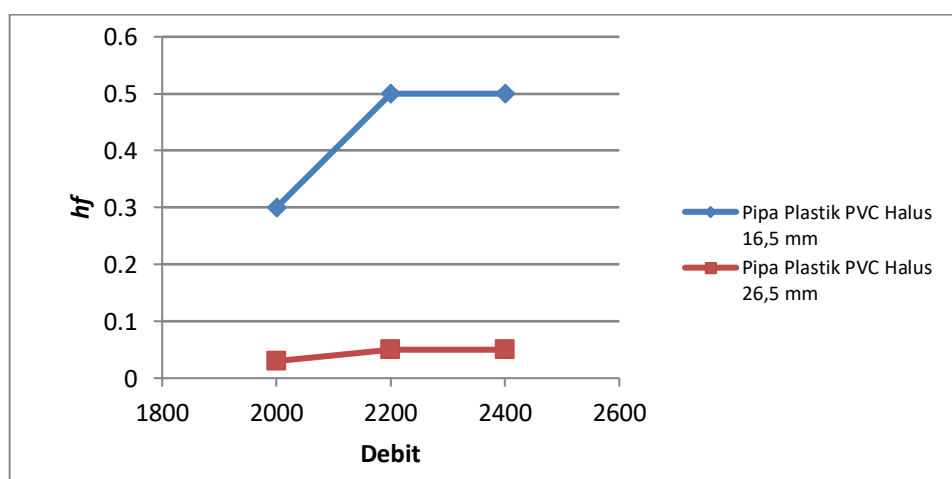
b. Pipa Kaca Halus



Gambar 4.2 Grafik Pipa Kaca Halus (Sumber: Hasil Analisis Data)

Pada grafik di atas terlihat bahwa pada pipa kaca halus perbandingan antara debit dan energi yang hilang, debit dari 600 $m^3/detik$ sampai 800 $m^3/detik$ kehilangan energi yang terjadi adalah konstan yaitu 2,3 m.

c. Pipa Plastik PVC Halus



Gambar 4.3 Grafik Pipa Plastik PVC Halus (Sumber: Hasil Analisis Data)

Pada grafik di atas terlihat bahwa pada pipa plastik PVC perbandingan antara debit dan energi yang hilang, debit dari 2000 m^3 /detik sampai 2200 m^3 /detik kehilangan energi yang terjadi adalah naik dari 0,3 m sampai dengan 0,5 m. Pada debit 2200 m^3 /detik sampai 2400 m^3 /detik kehilangan energi yang terjadi adalah konstan yaitu 0,5 m, hal tersebut disebabkan adanya kenaikan debit mengakibatkan berkurangnya kecepatan pada ruas penampang yang sama sehingga terjadinya kenaikan energi yang hilang .

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

- Kecepatan aliran pada penggunaan jenis pipa plastik kasar dengan diameter 17 mm pada penggunaan air 2000 liter/detik yaitu 2,17391 m/d, penggunaan debit air 2200 liter/detik adalah 2,17391 m/d, dan penggunaan debit air 2400 liter/detik adalah 2,60869 m/d.
- Kecepatan aliran pada penggunaan jenis pipa plastik kasar dengan diameter 23 mm pada penggunaan air 2000 liter/detik yaitu 1,21951 m/d, dan penggunaan debit 2200 liter/detik adalah 1,21951 m/d, dan penggunaan 2400 liter/detik adalah 1,46341 m/d.
- Kecepatan aliran pada penggunaan jenis pipa kaca halus dengan diameter 6,5 mm pada penggunaan air 600 liter/detik yaitu 3,33333 m/d, dan penggunaan debit 700 liter/detik adalah 3,33333 m/d, dan penggunaan 800 liter/detik adalah 3,33333 m/d.
- Kecepatan aliran pada penggunaan jenis pipa plastik PVC halus dengan diameter 16,5 mm pada penggunaan air 2000 liter/detik yaitu 2,38095 m/d, dan penggunaan debit 2200 liter/detik adalah 2,85714 m/d, dan penggunaan 2400 liter/detik adalah 2,85714 m/d.
- Kecepatan aliran pada penggunaan jenis pipa plastik PVC halus dengan diameter 26,5 mm pada penggunaan air 2000 liter/detik yaitu 0,90909 m/d, dan

penggunaan debit 2200 liter/detik adalah 1,09090 m/d, dan penggunaan 2400 liter/detik adalah 1,09090 m/d.

- Kehilangan energi pada penggunaan jenis pipa plastik kasar dengan diameter 17 mm pada penggunaan air 2000 liter/detik yaitu 0,333354 m, penggunaan debit air 2200 liter/detik adalah 0,333354 m, dan penggunaan debit air 2400 liter/detik adalah 0,23871 m.
- Kehilangan energi pada penggunaan jenis pipa plastik kasar dengan diameter 23 mm pada penggunaan air 2000 liter/detik yaitu 0,03694 m, penggunaan debit air 2200 liter/detik adalah 0,03694 m, dan penggunaan debit air 2400 liter/detik adalah 0,03694 m.
- Kehilangan energi pada penggunaan jenis pipa kaca halus dengan diameter 6,5 mm pada penggunaan air 600 liter/detik yaitu 2,38933 m, dan penggunaan debit 700 liter/detik adalah 2,38933 m, dan penggunaan 800 liter/detik adalah 2,38933 m.
- Kehilangan energi pada penggunaan jenis pipa plastik PVC halus dengan diameter 16,5 mm pada penggunaan air 2000 liter/detik yaitu 0,37880 m, penggunaan debit air 2200 liter/detik adalah 0,52111 m, dan penggunaan debit air 2400 liter/detik adalah 0,52111 m.
- Kehilangan energi pada penggunaan jenis pipa plastik PVC halus dengan diameter 26,5 mm pada penggunaan air 2000 liter/detik yaitu 0,03828 m, penggunaan debit air 2200 liter/detik adalah 0,05513 m, dan penggunaan debit air 2400 liter/detik adalah 0,05513 m.

B. Saran

Masih perlu lebih banyak lagi untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengambilan data yang lebih teliti lagi agar persentase kesalahan kehilangan energi semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Almadya R, Siswanto, Fauzi M. Analisis Kehilangan Energi Pada Pipa Transmisi SPAM Kecamatan Mempura. Jurnal. Universitas Riau Kampus Bina Widya.
- Bunganaen W, Denik S.K, Fenny L.L. Analisis Atas Jaringan Perpipa-an Keluarahan Kolhua Kota Kupang. Jurnal Teknik Sipil, Vol. VII, No. 2. FST Undana.
- <http://eprints.umm.ac.id/41120/3/BAB%20II.pdf>
- <https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/f195e> 6. Kehilangan Tekanan dalam Pipa.docx.pdf
- Hudiasto. P, Siswanto, Trimajion. (2017). Analisa Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Kecamatan Kerinci Kanan. Jom FTEKNIK Volume 4 No.2 Oktober 2017. Universitas Riau.
- Nurfadilah.A, Terunajaya. Analisa Perhitungan Debit Dan Kehilangan Tinggi Tekanan (Head Loss) Pada Sistem Jaringan Pipa Daerah Layanan PDAM Tirtanadi Cabang Sunggal.Jurnal Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- Simanjuntak Salomo Ir. (2010). Kehilangan Energi Pada Pipa Baja Dan Pipa Pvc. Laporan Penelitian : Universitas HKBP Nommonsan Medan.
- Tasbih C.A. (2023). Analisis Kehilangan Energi Minor Pada Sistem Perpipa-an Di LaboratoriumI. Skripsi Teknik. Universitas Bosowa Makassar.

Tatas., Pramuda Alif F., Putri Ayunita S., S. Kamilia A., Pudiastuti., Ary M.S.

Alat Simulasi Kehilangan Energi Pada Saluran Tertutup (Pipa). Jurnal :

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Yusuf. N, Hariadi. (2021). *Analisis Hasil Percobaan Alat Praktikum Rugi-Rugi*

Aliran Dalam Pipa. Jurnal, Vol. 4 No.1 Januari 2021. Universitas

Muhammadiyah Sumatera Barat.