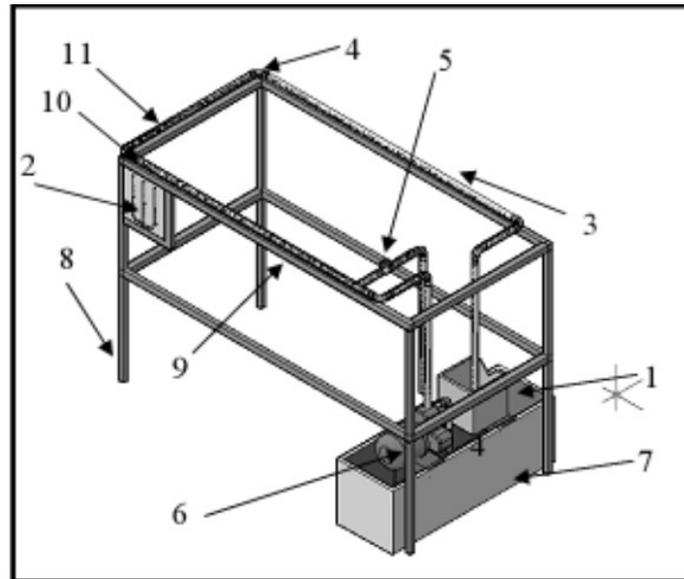


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

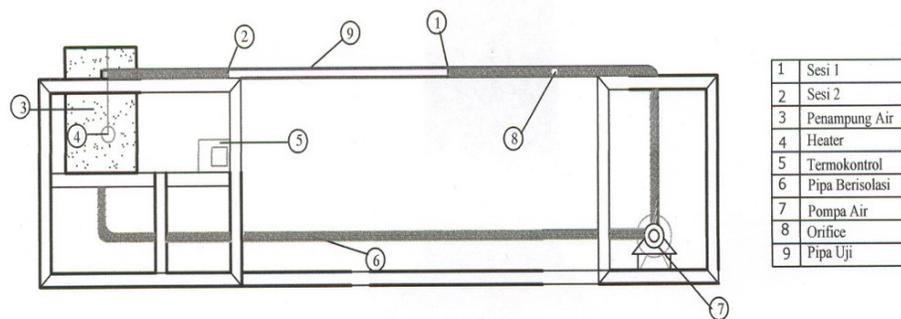
2.1 Tinjauan Pustaka

Helmizar (2010), penelitian tentang pengukuran *head loss mayor* dan *head loss minor* pada pipa PVC $\frac{3}{4}$ " , menunjukkan bahwa hasil eksperimen dari kekasaran relatif pipa PVC $\frac{3}{4}$ " untuk *head loss mayor* mengalami kenaikan, semakin besar nilai Re maka semakin besar koefisien gesek pipa PVC $\frac{3}{4}$ ". Ini terjadi karena penelitian dilakukan pada aliran turbulen. Nilai angka *Reynolds* minimal yang digunakan pada penelitian (Helmizar, 2010) adalah 24576.3436 dan nilai maksimal angka *Reynolds* adalah 336605.5824, dan percobaan hanya dilakukan sebanyak lima kali. Koefisien kerugian (K) dengan fluida yang dialirkan ke *knee* 90° berdiameter $\frac{3}{4}$ " adalah sebesar 0,000562, sedangkan nilai koefisien kerugian (K) *knee* 90° secara teoritis adalah sebesar 0.297920611. Nilai tersebut didapatkan dengan menggunakan persamaan *head loss minor*, maka eksperimen yang dilakukan oleh Helmizar (2010) terdapat perbedaan deviasi sebesar 99,8%. Hasil ini tidak bagus karena semakin besar nilai deviasi yang terjadi maka semakin besar penyimpangan nilai eksperimen, dengan begitu eksperimen yang dilakukan oleh Helmizar (2010) tidak akurat. Skema perancangan dapat dilihat ada gambar 2.1.



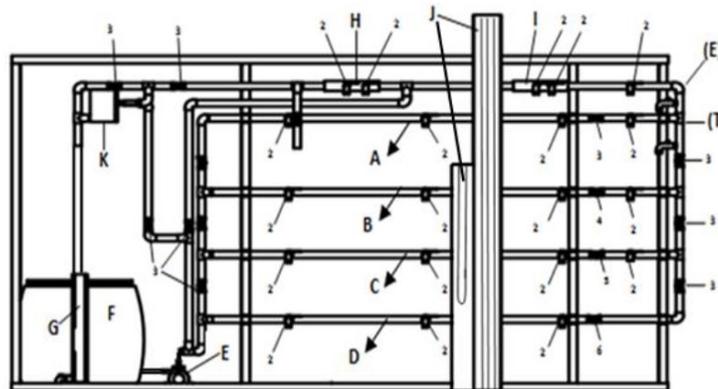
Gambar 2.1 Skema alat uji pengukuran head loss Helmizar (2010)

Sutrisno (2014) yang meneliti tentang koefisien gesek pipa *galvanish* dengan operasi fluida panas itu berbeda beda tergantung dari besar diameter pipa, debit aliran, panjang pipa dan temperatur aliran fluida yang mempengaruhi kondisi propertis fluida. Diameter pipa *gavanish* yang digunakan pada alat uji adalah $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " , dan 1". Hasil dari perhitungan koefisien gesek pipa *galvanish* diameter 1" dengan panjang pipa uji 150 cm adalah 0.027 sedangkan hasil dari perhitungan teori adalah 0.034. adanya sedikit selisih yang terjadi dari hasil koefisien gesek teori dan eksperimen ini menurut Sutrisno (2014) adalah adanya kesalahan pada waktu proses pengerjaan akibat terjadinya benturan. Skema alat uji dapat dilihat pada gambar 2.2.



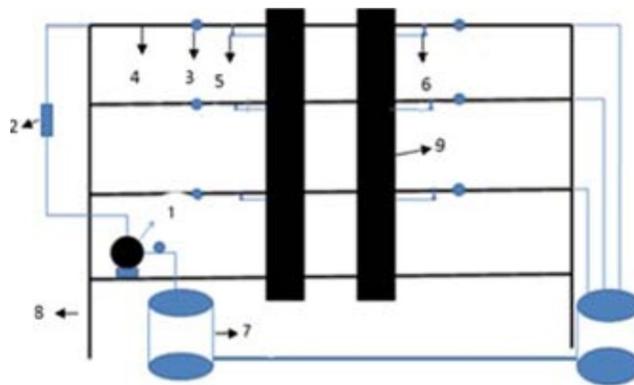
Gambar 2.2 Rangkaian skema alat uji Sutrisno (2014)

Yosi dkk, (2014) penelitian tentang pengembangan media pembelajaran pengukuran rugi-rugi tekanan aliran fluida cair pada pipa *venturi* menunjukkan bahwa hasil penilaian dari pakar 2 pakar ahli mekanika fluida memperoleh nilai rerata 87,72%. Dengan hasil nilai 87,72% alat pengukuran rugi aliran fluida cair untuk media pembelajaran mahasiswa dikategorikan sangat baik karena standar-standar untuk media pembelajaran terpenuhi. Variasi yang digunakan yang dilakukan oleh Yosi dkk, (2014) adalah dengan perbedaan debit karena penutupan *gate valve*, dengan hasil semakin banyak penutupan putaran *gate valve* maka semakin kecil debit aliran yang terjadi menjadikan *head loss* yang terjadi semakin kecil.



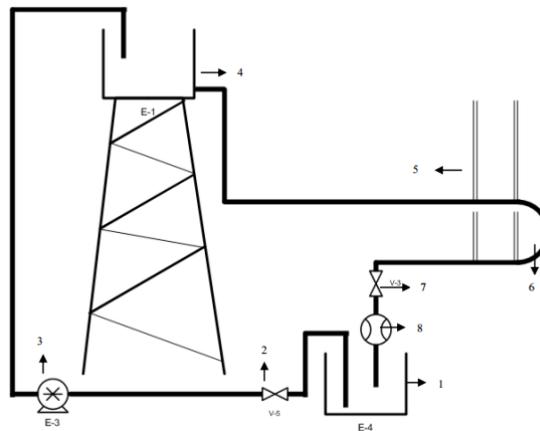
Gambar 2.3 Desain media pembelajaran pengukuran rugi aliran fluida cair Yosi dkk, (2014)

Siregar dkk, (2013) merancang alat uji koefisien gesek dengan pipa *galvanish* dan PVC 1", dengan hasil data yang diperoleh dari alat uji yaitu data debit aliran dan perbedaan ketinggian pada manometer tabung-U. Aliran yang diteliti adalah hanya aliran turbulen, karena besar nilai angka *Reynolds* minimal yang dihitung adalah 10000 dan maksimal adalah 21531. Hasil yang didapat dari hasil eksperimen perbandingan antara bilangan *Reynolds* dan koefisien gesek adalah semakin besar nilai angka *Reynolds* maka semakin kecil koefisien gesek yang terjadi. Skema alat uji dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Skema alat uji dari perancangan Siregar dkk, (2013)

Priyo (2013) menganalisa penurunan *head loss* pada pipa dengan diameter 1.5" dan 2" akibat belokan pipa 180° dengan variasi perbedaan *tube bundle* 0.25" dan 0.5" . Priyo (2013) mendapatkan hasil bahwa penurunan kecepatan terjadi akibat adanya *tube bundle* yang dipasang sebelum maupun setelah belokan 180°. Eksperimen menunjukkan bahwa semakin kecil debit atau kecepatan yang terjadi maka semakin kecil besar nilai *head loss* .



Gambar 2.5 Skema alat uji Priyo (2013)

Chen dan Ackland (2016) telah melakukan penelitian mengenai hubungan koefisien gesek pada fluida pada aliran laminar, transisi, dan turbulen. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah konsep aliran fluida pada pipa lurus dengan mengalirkan fluida pada pipa berdiameter $\frac{1}{4}$ " dan $\frac{1}{2}$ ". Hasil yang didapat menunjukkan bahwa koefisien gesek yang terjadi pada aliran laminar, transisi, dan turbulen semakin besar angka *Reynolds* maka semakin menurun besar nilai koefisien gesek. Koefisien gesek yang terjadi pada daerah kritis sebelum memasuki daerah turbulen mengalami sedikit kenaikan.

Chilton dan Stainsby (1998), meneliti tentang rugi tekanan untuk pipa pada aliran laminar dan turbulen pada kondisi fluida non-newtonian. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi kadungan cairan *bingham* yang termasuk dari cairan non-newtonian. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah pada aliran laminar besar nilai koefisien gesek menurun secara drastis seiring dengan membesarnya angka *Reynolds*, dan pada aliran turbulen menunjukkan bahwa semakin besar angka *Reynolds* maka nilai koefisien gesek yang terjadi akan semakin kecil, tetapi penurunan nilai koefisien geseknya tidak sebesar pada aliran laminar.

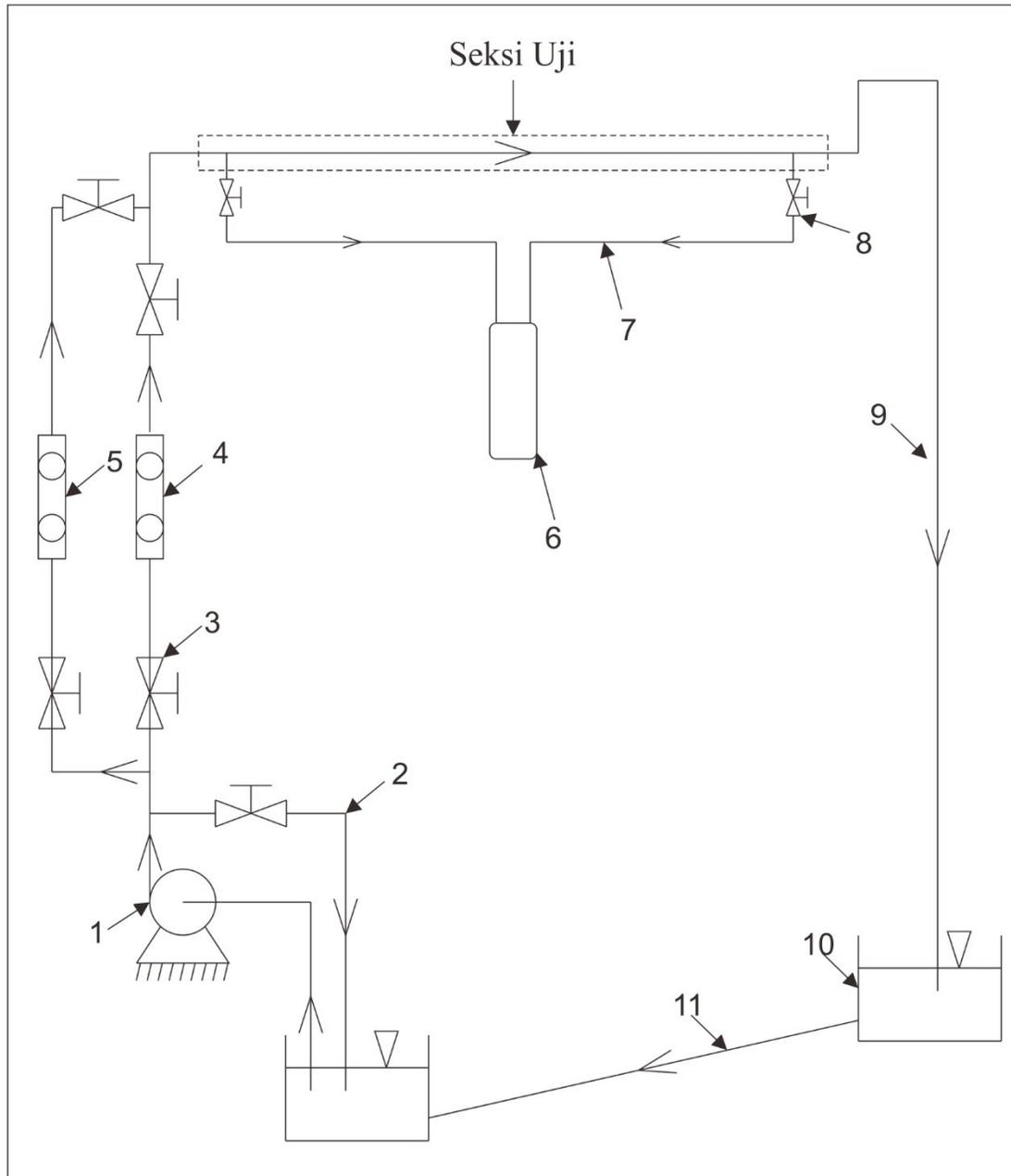
Ermandi dkk (2014), merancang alat praktikum pengujian *head loss* aliran fluida tak termampatkan menyatakan bahwa rancangan seperti pada gambar 2.7 desain dengan menggunakan konsep aliran fluida di dalam pipa lurus dan adanya beberapa *fitting* akan mengalami *head loss*. Desain alat dengan menggunakan pipa PVC 1", dan 2" yang ergonomis memudahkan untuk dioperasikan, pengukuran tekanan yang digunakan pada alat uji adalah *pressure gauge* dan untuk pengukuran debit adalah rotameter. Perancangan Ermandi, dan Darmanto (2014) mendapatkan hasil bahwa akurasi alat mencapai 99.7% pada uji *head loss mayor* pada pipa lurus dengan debit 36 LPM.



Gambar 2.6 Alat uji *head loss mayor* Ermandi dkk, (2014)

Merujuk pada jurnal-jurnal penelitian dan perancangan tentang alat ukur *head loss mayor* sebelumnya yang mendapatkan hasil berbeda-beda karena parameter, alat uji, dan variasi berbeda-beda, seperti Helmizar (2010) tentang pengukuran *head loss* pada pipa PVC $\frac{3}{4}$ ", Sutrisno (2014) yang meneliti tentang koefisien gesek pipa *galvanish* dengan diameter $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", dan 1", Jhon dan Jorfri (2013) merancang alat uji koefisien gesek pada $Re > 10000$ dan tinjauan pustaka

yang lain menyatakan bahwa semakin besar nilai angka *Reynolds* akan semakin kecil koefisien gesek pipa yang terjadi. Tetapi kebanyakan hanya untuk rejim aliran turbulen, diameter pipa besar, dan alat uji terlalu besar, maka dengan adanya perancangan alat ukur *head loss* untuk berbagai rejim aliran pada pipa PVC ½” ini adalah berbeda untuk media pembelajaran karena lebih simpel dan komponen alat yang digunakan mudah didapatkan. Skema alat uji yang dirancang dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.7 Skema alat uji pengukuran *head loss mayor* berbagai rejim aliran fluida

Keterangan gambar :

1. Pompa
2. *Bypass*
3. Katup
4. Rotameter untuk aliran turbulen
5. Rotameter untuk aliran laminar dan transisi
6. Manometer atau *differential pressure meter*
7. Selang menuju manometer atau *differential pressure meter*
8. Katup pengatur aliran ke manometer atau *differential pressure meter*
9. Sistem perpipaan
10. Bak penampung air
11. Pipa penghubung tangki

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Definisi Fluida

Fluida adalah suatu zat yang akan berubah bentuk karena tidak mampu menahan tekanan geser. Berbeda dengan zat padat yang akan menunjukkan reaksi deformasi yang terbatas ketika menerima atau mengalami suatu gaya geser. Aliran pada fluida berbeda dengan zat padat, hal tersebut dikarenakan kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah untuk mengalir karena ikatan molekul pada fluida lebih kecil dibandingkan dengan ikatan molekul pada zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Beberapa jenis aliran sangat terpengaruh oleh bilangan *Reynolds*. Bilangan *Reynolds* adalah bilangan tidak berdimensi yang penting digunakan untuk penelitian aliran fluida pada pipa. Adapun bilangan *Reynolds* untuk aliran di dalam pipa dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

- Re = Angka *Reynolds*
- v = Kecepatan Fluida (m/s)
- D = Diameter Dalam Pipa (m)
- ρ = Massa Jenis Fluida (kg/m³)
- μ = Viskositas Dinamik Fluida (N.s/m²)

Berdasarkan pola alirannya, aliran fluida dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

a.) Aliran Laminar

Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan–lapisan atau lamina–lamina dengan satu lapisan meluncur secaralancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan *Reynolds*nya kurang dari 2300 ($Re < 2300$). Profil aliran laminar dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Aliran Laminar (Helmizar., 2010)

b.) Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran yang pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dimana nilai bilangan Reynoldnya lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$). Profil aliran turbulen dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Aliran Turbulen (Helmizar., 2010)

c.) Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen, nilai bilangan Reynoldnya antara 2300 sampai dengan 4000 ($2300 < Re < 4000$). Profil aliran transisi dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Aliran Transisi (Helmizar., 2010)

2.2.2 *Head losses*

Head losses merupakan suatu fenomena rugi-rugi aliran di dalam sistem 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 dilaluinya, terutama jika koefisien gesek media yang dilalui itu lebih besar, maka gesekan yang terjadi pun akan semakin besar.

Head losses sangat merugikan dalam aliran fluida di dalam sistem pemipaan, karena *head losses* dapat menurunkan tingkat efisiensi aliran fluida. Salah satu penyebab *head losses* adalah konstruksi desain dari sistem pemipaan tersebut. Jika konstruksi memiliki percabangan yang lebih banyak maka akan memperbesar rugi alirannya, selain itu aliran yang semula dalam keadaan laminar pada saat melalui pipa lurus yang koefisien geseknya besar akan berubah menjadi aliran turbulen. Kondisi aliran turbulen inilah yang dapat merugikan dalam sistem pemipaan tersebut, seperti akan menimbulkan getaran dan juga pengelupasan dinding pipa. Selain itu akibat yang paling mendasar dengan adanya rugi-rugi aliran (*head losses*) ialah dapat menyebabkan besarnya energy yang dibutuhkan untuk menggerakkan aliran fluida yang berdampak meningkatnya penggunaan listrik pada mesin penggerak fluida seperti pompa.

Head losses (rugi aliran) sering terjadi pada sistem pemipaan untuk seluruh perusahaan, industri rumah tangga, dan tempat lainnya yang menggunakan pipa sebagai distribusi aliran fluida. Namun perlu diingat bahwa arti fisik dari *head losses* adalah kehilangan energi mekanik persatuan massa fluida. Sehingga satuan *head losses* adalah satuan panjang yang setara dengan satu satuan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan massa fluida setinggi satu satuan panjang yang bersesuaian. *Head losses* atau rugi-rugi aliran terbagi menjadi dua bagian, yaitu :

- a) *Head losses* mayor (rugi mayor) adalah besar nilai kehilangan energi yang diakibatkan oleh gesekan antara fluida dengan dinding pipa lurus yang mempunyai luas penampang yang tetap, dengan persamaan 2.2.

$$h_{l,mayor} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- h_l = *head loss mayor* (m)
- f = koefisien gesek
- L = panjang pipa (m)
- D = diameter pipa (m)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- v = kecepatan aliran fluida (m/s)

- b) *Head losses* minor (rugi minor) adalah besar nilai kehilangan energi aliran fluida di dalam pipa yang disebabkan oleh perubahan luas penampang jalan aliran, *entrance*, *fitting*, dan lain sebagainya. *Head loss minor* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3.

$$h_{l,min} = n \cdot K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(2.3)$$

Koefisien tahanan pada rotameter dapat dapat gihitung dengan persamaan 2.4.

$$K = \frac{2 \cdot \Delta P}{\rho \cdot v^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- $h_{l,min}$ = *head loss minor* (m)
- K = koefisien tahanan
- v = kecepatan aliran fluida (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- n = banyaknya *fitting*
- P = tekanan (N/m^2)

Persamaan *head loss* juga dapat dicari dengan persamaan berikut apabila terdapat perbedaan tekanan antara dua titik yang terjadi pada aliran fluida dalam

pipa yang diukur dengan alat ukur rotameter manometer atau *differential pressure*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5, 2.6, dan 2.7.

$$\Delta P = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta z \dots\dots\dots(2.6)$$

$$h_l = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

- h_l = head loss (m)
- ΔP = selisih tekanan antara dua titik (N/m^2)
- ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)
- Δz = selisih tinggi permukaan manometer (m)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)

2.2.3 Koefisien Gesek (f)

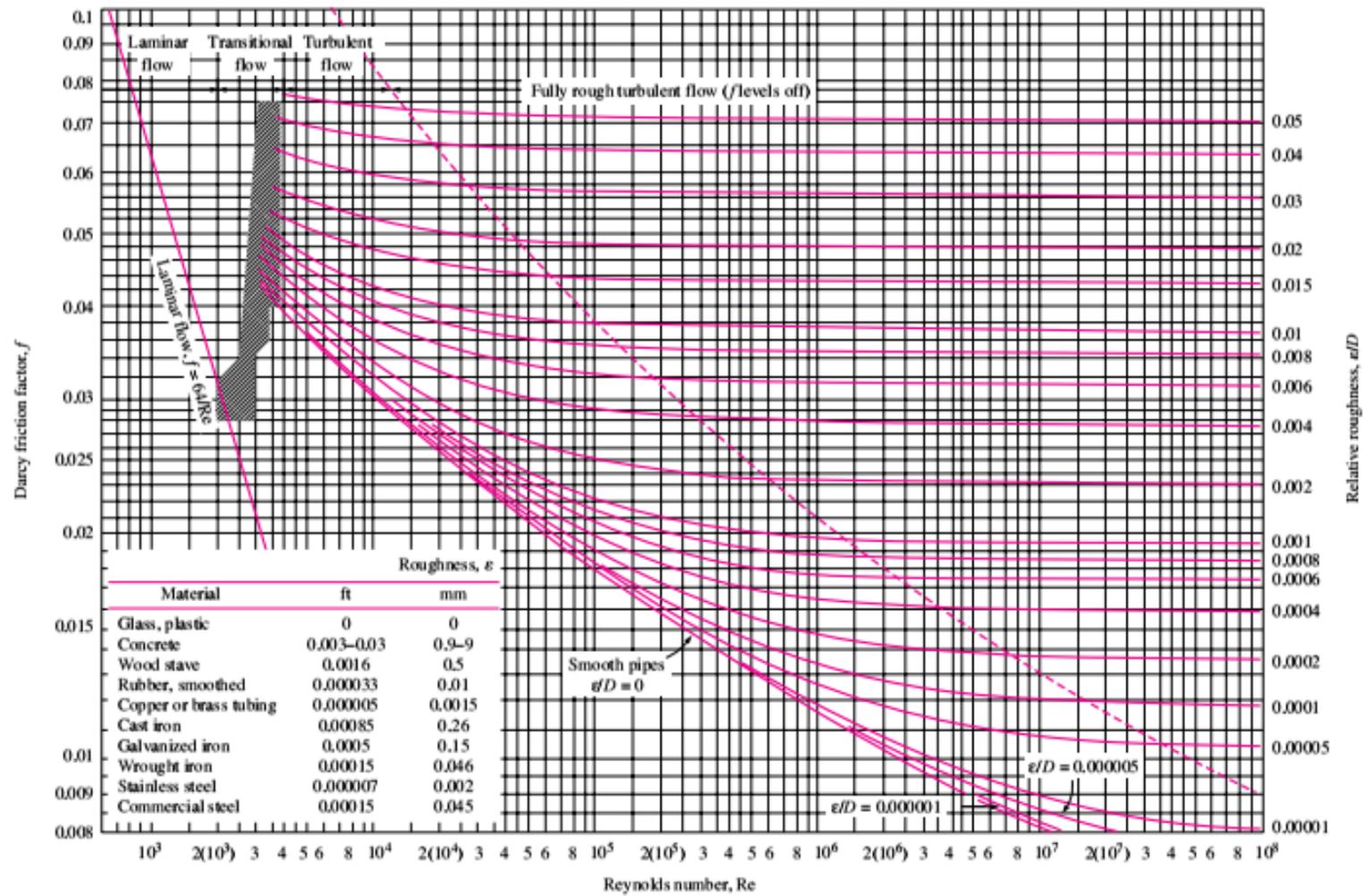
Parameter kekasaran pipa sering dipresentasikan sebagai faktor gesekan (*friction factor*). Koefisien gesek dipengaruhi oleh kecepatan, karena didistribusi kecepatan pada aliran laminar dan aliran turbulen berbeda. Untuk rumus koefisien geseknya ditinjau dengan persamaan 2.8.

$$f = \frac{h_{l,mayor} \cdot D \cdot 2g}{L \cdot v^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

- f = koefisien gesek
- ΔP = beda tekanan pada aliran masuk dan keluar (Pa)
- D = diameter pipa (m)
- h_l = head loss (m)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- L = panjang (m)
- v = kecepatan aliran fluida (m/s)

Koefisien gesek untuk aliran laminar, transisi dan turbulen dapat dilihat pada diagram *Moody* pada gambar 2.11 dengan terlebih dahulu mengetahui kekasaran pipa, diameter, dan angka *Reynolds*.



Gambar 2.11 Diagram Moody

Diagram *Moody* digunakan untuk menunjukkan ketergantungan fungsional faktor gesekan (f) pada bilangan *Reynolds* (Re) dan kekasaran relative (ε/D). Perlu diperhatikan bahwa nilai ε/D tidak perlu selalu bersesuaian dengan nilai aktual yang diperoleh melalui suatu penentuan mikroskopik dari ketinggian rata-rata kekasaran permukaan. Diagram *Moody* adalah acuan dalam pembuatan alat ukur *head loss mayor* maupun *head loss minor*. Selain dari diagram *Moody* koefisien gesek pipa pada setiap rejim aliran juga dapat dihitung dan persamaannya dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Persamaan koefisien kekasaran pipa

Tipe aliran	Persamaan koefisien gesek	Kisaran Re
Laminar	$f = \frac{64}{Re}$	$Re < 2300$
Transisi	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log \left(\frac{\varepsilon}{D} + \frac{9.35}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$	$2300 < Re < 4000$
Pipa halus	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log (Re \cdot \sqrt{f}) - 0.8$	$Re > 4000$ dengan $\frac{e}{D}$ mendekati 0
Pipa kasar	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log \left(\frac{\varepsilon}{D} \right)$	$Re > 4000$

Keterangan:

1. Untuk aliran laminar, persamaan koefisien gesek menurut persamaan Hagen.
2. Untuk aliran transisi, persamaan koefisien gesek menurut persamaan Colebrook dan White.
3. Untuk aliran turbulen (pipa halus), persamaan koefisien gesek menurut persamaan Nikuradse.

Angka kekasaran pipa adalah angka yang menyatakan besar kekasaran pipa dengan material tertentu. Besar angka kekasaran pipa dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai kekasaran bahan (ϵ) ditampilkan pada

No	Material	Angka kekasaran (ϵ)	
		(ft)	(mm)
1	Copper, brass	$1 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-3}$	$3,05 \times 10^{-2} - 0,9$
2	Wrought iron, steel	$1,5 \times 10^{-4} - 8 \times 10^{-3}$	$4,6 \times 10^{-2} - 2,4$
3	Asphalt-lined cast iron	$4 \times 10^{-4} - 7 \times 10^{-3}$	0,1 – 2,1
4	Galvanized iron	$3,3 \times 10^{-4} - 1,5 \times 10^{-2}$	0,102 – 4,6
5	Cast iron	$8 \times 10^{-4} - 1,8 \times 10^{-2}$	0,2 – 5,5
6	Concrete	$10^{-3} - 10^{-2}$	0,3 – 3,0
7	Uncoated cast iron	$7,4 \times 10^{-4}$	0,226
8	Coated cast iron	$3,3 \times 10^{-4}$	0,102
9	Coated spun iron	$1,8 \times 10^{-4}$	$5,6 \times 10^{-2}$
10	Cement	$1,3 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-3}$	0,4 – 1,25
11	Wrought iron	$1,7 \times 10^{-4}$	5×10^{-2}
12	Uncoated steel	$9,2 \times 10^{-5}$	$2,8 \times 10^{-2}$
13	Coated steel	$1,8 \times 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$
14	Wood stave	$6 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-3}$	0,2 – 0,9
15	PVC	5×10^{-6}	$1,5 \times 10^{-3}$

2.2.4. Head total pompa

Head total pompa adalah ketersediaan kemampuan pompa untuk mengalirkan kapasitas air seperti yang direncanakan. *Head* total pompa dipengaruhi oleh instalasi sistem pipa yang dialayani oleh pompa. *Head* total pompa dapat dihitung dengan persamaan 2.9.

$$H_p = h_s + \Delta h_p + h_l \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

H_p = *Head* total pompa

h_s = *Head* statis total

Δh_p = Perbedaan *head* tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

h_l = Berbagai kerugian *head* pada instalasi sistem pipa (m)

2.2.5. Debit Aliran

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per satuan waktu. Debit aliran dapat dihitung dengan persamaan 2.10 apabila yang dihitung adalah debit aliran dalam pipa.

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot v \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} Q &= \text{Debit aliran } (m^3/s) \\ D &= \text{Diameter pipa } (m) \\ v &= \text{Diameter pipa } (m/s) \end{aligned}$$

Setiap koefisien tahanan komponen *fitting* itu berbeda-beda untuk menghitung *head loss* minor. Maka untuk menghitung *head loss* minor digunakan tabel 2.3 sebagai acuan nilai koefisien tahanan komponen *fitting* dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 2.3 Nilai koefisien tahanan *head loss minor* (Crane, 1969)

Type of fitting or valve	Additional friction loss, equivalent no. of velocity heads, K
45° ell, standard ^{b,c,d,e,f}	0.35
45° ell, long radius ^e	0.2
90° ell, standard ^{b,c,e,f,g,h}	0.75
Long radius ^{b,c,d,e}	0.45
Square or miter ^h	1.3
180° bend, close return ^{b,c,e}	1.5
Tee, standard, along run, branch blanked off ^e	0.4
Used as ell, entering run ^{e,i}	1.0
Used as ell, entering branch ^{e,g,i}	1.0
Branching flow ^{i,j,k}	1 ⁱ
Coupling ^{c,e}	0.04
Union ^e	0.04
Gate valve, ^{b,e,m} open	0.17
$\frac{1}{2}$ open ⁿ	0.9
$\frac{1}{4}$ open ⁿ	4.5
$\frac{1}{8}$ open ⁿ	24.0
Diaphragm valve, ^e open	2.3
$\frac{1}{2}$ open ⁿ	2.6
$\frac{1}{4}$ open ⁿ	4.3
$\frac{1}{8}$ open ⁿ	21.0
Globe valve, ^{e,m} bevel seat, open	6.0
$\frac{1}{2}$ open ⁿ	9.5
Composition seat, open	6.0
$\frac{1}{2}$ open ⁿ	8.5
Plug disk, open	9.0
$\frac{1}{2}$ open ⁿ	13.0
$\frac{1}{4}$ open ⁿ	36.0
$\frac{1}{8}$ open ⁿ	112.0
Angle valve, ^{b,e} open	2.0
Y or blowoff valve, ^{b,m} open	3.0
Plug cock ^p (Fig. 5-42) $\theta = 5^\circ$	0.05
10°	0.29
20°	1.56
40°	17.3
60°	206.0
Butterfly valve ^p (Fig. 5-43) $\theta = 5^\circ$	0.24
10°	0.52
20°	1.54
40°	10.8
60°	118.0
Check valve, ^{b,e,m} swing	2.0 ^q
Disk	10.0 ^q
Ball	70.0 ^q
Foot valve ^e	15.0
Water meter, ^h disk	7.0 ^r
Piston	15.0 ^r
Rotary (star-shaped disk)	10.0 ^r
Turbine-wheel	6.0 ^r