

BAB III

PEMBUATAN ALAT UJI DAN METODE PENGAMBILAN DATA

Untuk mendapatkan koefisien gesek dari saluran pipa berpenampang persegi, nilai penurunan tekanan (*pressure loss*), kekasaran pipa dan beberapa variabel lainnya dapat ditentukan dengan membuat alat uji dengan skala laboratorium.

3.1 PEMBUATAN ALAT UJI

Pengujian akan dilakukan dengan melakukan percobaan pada pipa akrilik yang dilalui oleh aliran yang berasal dari sebuah tangki dengan ketinggian sekitar empat meter dari muka tanah. Laju aliran diatur dengan alat ukur flowmeter untuk mendapatkan bilangan Reynolds yang berbeda. Untuk menghubungkan antara Pipa akrilik yang berpenampang persegi dengan selang yang berpenampang silinder, maka digunakan sebuah *fitting* yang terbuat dari akrilik pada sisi masuknya.

Komponen-komponen yang digunakan untuk pembuatan alat uji penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebuah tangki penampungan (reservoir) yang terbuat dari plastik yang dapat menampung kurang lebih 100 liter air.
2. Besi siku sebagai kerangka dari alat uji
3. Dua buah pompa air dengan spesifikasi :
 - Kapasitas maksimum : 42 liter/menit
 - Head hisap (*suction head*): 9 meter
 - Head keluaran : (*discharge head*) : 24 meter
 - Total head : 33 meter
 - Ukuran : 1 inch x 1 inch
 - Output : 125 Watt

4. Sebuah drum untuk menampung fluida yang keluar dari pipa akrilik dan akan dihisap oleh pompa menuju tangki penampungan
5. Sebuah katup untuk membuka dan menghentikan aliran air
6. Sebuah *fitting pipe contra connection* untuk menghubungkan dua permukaan yang berbeda, yaitu pipa akrilik yang berbentuk kotak dan selang yang berbentuk bulat.
7. Saluran kontrol (*overflow*) yang terletak pada tangki penampungan. Tujuannya untuk membuang air yang berlebih supaya ketinggian air pada tangki tetap terjaga konstan.
8. Fluida kerja yang digunakan adalah air.
9. Selang dengan 2 diameter, yaitu 0,5 inch dan 1 inch untuk mengalirkan fluida



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 3.1 Komponen alat uji : (a) Reservoir (b) Pompa air (c) Drum (d) *Fitting* (e) Flowmeter (f) Saluran kontrol

3.1.1 Uji Eksperimental untuk Mencari Faktor Gesekan

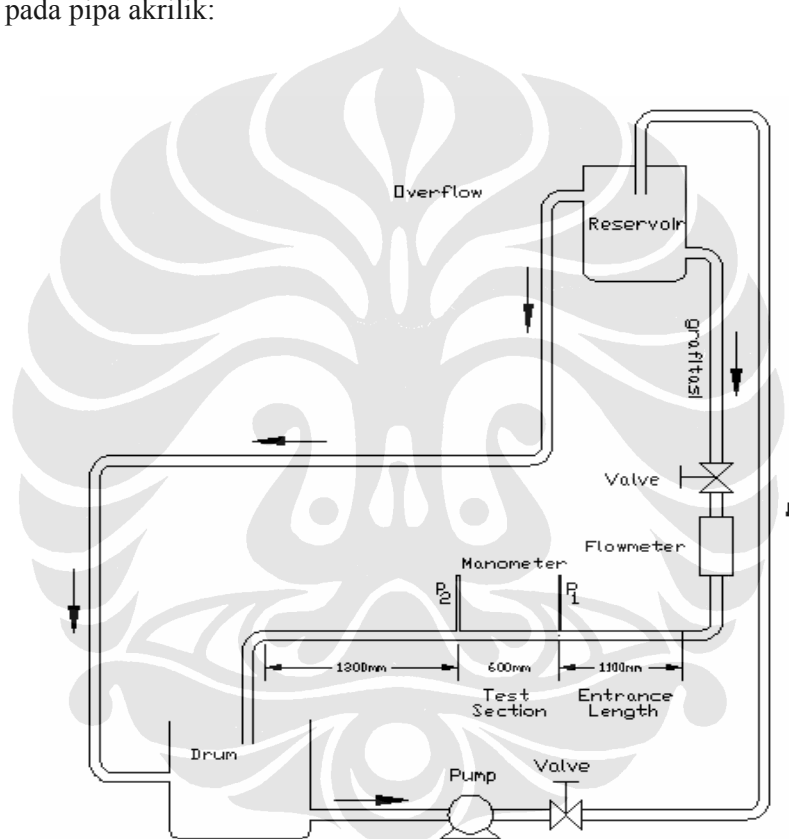
Pada percobaan ini, data yang hendak dicari adalah perbedaan tekanan yang dapat diperoleh dengan menggunakan *pressure gauge (manometer)*. *Pressure tap* harus diletakan secara tegak lurus dari benda yang akan diuji. Pada penelitian kali ini bilangan Reynolds yang digunakan antara 4.0×10^3 sampai dengan 2.5×10^4 dan untuk memastikan bahwa aliran yang terdapat pada ujung pertama dari *pressure tap* sudah berkembang sempurna, maka kita harus mencari panjang aliran daerah masuk, l_e . Berdasarkan persamaan : $\frac{l_e}{D} = 4,4 Re^{1/6}$ (Munson, 2005), dimana diameter hidrolis dari pipa akrilik adalah 20 mm, maka didapatkan nilai panjang minimum dimana aliran sudah berkembang sempurna sebesar 500 mm. Untuk meyakinkan bahwa aliran yang terdapat pada *pressure tap* adalah benar-benar telah berkembang sempurna, maka jarak yang diambil dari ujung pipa ke ujung *pressure tap* adalah 1100 mm. Jarak antara *pressure tap* *pressure transducer* yang akan diambil perbedaannya adalah 600 mm.

Pengukuran dengan menggunakan *pressure gauge (manometer)* tidak akan valid hasilnya jika permukaan dari pipa yang diuji tidak basah seluruhnya. Untuk menjamin bahwa seluruh permukaan bagian dalam pipa akrilik basah seluruhnya maka sisi keluaran dari pipa yang diuji dibuat lebih tinggi seperti pada **gambar (3.2)**.



Gambar 3.2 Selang aliran *output*

Berikut ini adalah skema alat uji untuk mengetahui karakteristik koefisien gesek pada pipa akrilik:



Gambar 3.3 Skema alat uji

3.2 PERALATAN PENDUKUNG

Dalam penelitian ini, diperlukan beberapa peralatan pendukung selain komponen utama yang telah disebutkan di atas. Peralatan pendukung tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Flowmeter*, alat ini digunakan untuk mengetahui besarnya debit aliran pada pipa.

2. Milimeter blok, digunakan untuk mengukur nilai tekanan pada pressure tap

3.3 UJI KEKASARAN PERMUKAAN PIPA AKRILIK

Untuk membandingkan nilai kekasaran relatif yang didapatkan dari percobaan dengan yang didapatkan dari pengukuran maka dilakukan pengukuran kekasaran permukaan dari pipa akrilik. Dalam melakukan pengukuran kekasaran relatif, alat yang digunakan adalah *Surfcom* 120A yang terdapat pada Laboratorium Metrologi Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia.

Prosedur dalam melakukan pengukuran kekasaran relatif adalah sebagai berikut :

1. Tempelkan sampel akrilik pada dudukan yang rata (dalam pengukuran kali ini digunakan aluminium)
2. Atur ketinggian *stylus* supaya parameter datum yang terdapat pada *amplifier indicator* berada pada tengah yang artinya letak *stylus* tidak terlalu menekan objek dan juga tidak terlalu menjauhi objek uji.
3. Tekan tombol *measure* untuk mengetahui nilai kekasaran dari objek yang diuji, jika grafiknya belum valid akibat permukaan dari dudukan objek uji yang tidak datar maka harus dilakukan pengukuran ulang sampai hasil yang didapatkan valid
4. Setelah data yang didapatkan valid, barulah kita print hasilnya



(a)



(b)



(c)



(d)

```

-- surfcot120A Ver2.1 --
NO.          = 13
COMMENT     =
DATE        = 10:30:48
TIME        = 30:49:48
ROUGHNESS   =
CUTOFF     = 0.80mm
FILTER      = FLAT-00
LENGTH     = 4.00mm
MEAS-MAG   = 2000
POLARITY   = POSITIVE
Ra          = 2.20μm
Rmax       = 15.32μm
Rz          = 11.74μm
ROUGHNESS CURVE
H-MAG      = 20
V-MAG      = 2000
H-DIV      = 50μm/10mm
V-DIV      = 5μm/10mm

-- surfcot120A Ver2.1 --
NO.          = 15
COMMENT     =
DATE        = 10:30:50
TIME        = 30:51:40
ROUGHNESS   =
CUTOFF     = 0.80mm
FILTER      = FLAT-00
LENGTH     = 4.00mm
MEAS-MAG   = 2000
POLARITY   = POSITIVE
Ra          = 2.18μm
Rmax       = 15.85μm
Rz          = 12.26μm
ROUGHNESS CURVE
H-MAG      = 20
V-MAG      = 2000
H-DIV      = 50μm/10mm
V-DIV      = 5μm/10mm

-- surfcot120A Ver2.1 --
NO.          = 4
COMMENT     =
DATE        = 10:30:06
TIME        = 30:40:06
ROUGHNESS   =
CUTOFF     = 0.80mm
FILTER      = FLAT-00
LENGTH     = 4.00mm
MEAS-MAG   = 2000
POLARITY   = POSITIVE
Ra          = 2.12μm
Rmax       = 14.70μm
Rz          = 11.38μm
ROUGHNESS CURVE
H-MAG      = 20
V-MAG      = 2000
H-DIV      = 50μm/10mm
V-DIV      = 5μm/10mm

```

(e)

Gambar 3.4 Pengukuran kekasaran permukaan : (a) contoh peletakan objek pada dudukan; (b) posisi pengukuran; (c) contoh parameter terlalu jauh dari *stylus* sehingga nilainya negatif; (d) contoh parameter yang siap diukur; (e) contoh hasil pengukuran

Setelah melakukan pengukuran dengan panjang sampel 4 mm, *cut-of-length* 0,8 mm dan pengambilan sampel sebanyak 10 kali, maka didapatkan 10 nilai Ra seperti yang ada pada tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Nilai kekasaran permukaan pipa akrilik

No	Ra (μm)
1	0,46
2	0,46
3	0,54
4	0,48
5	0,6
6	0,26
7	0,38
8	0,52
9	0,6
10	0,5
Rata-rata = 0,48 μm	

3.4 METODE PENGUJIAN DAN PENGAMBILAN DATA

Percobaan ini dilakukan pada ruang terbuka dan selama dalam proses pengujian, volume reservoir dijaga konstan karena dengan adanya perubahan tersebut mempengaruhi debit, sehingga tekanan yang terukur menjadi tidak stabil saat pengambilan data.

3.5 UJI EKSPERIMENTAL UNTUK Mencari Faktor Gesekan

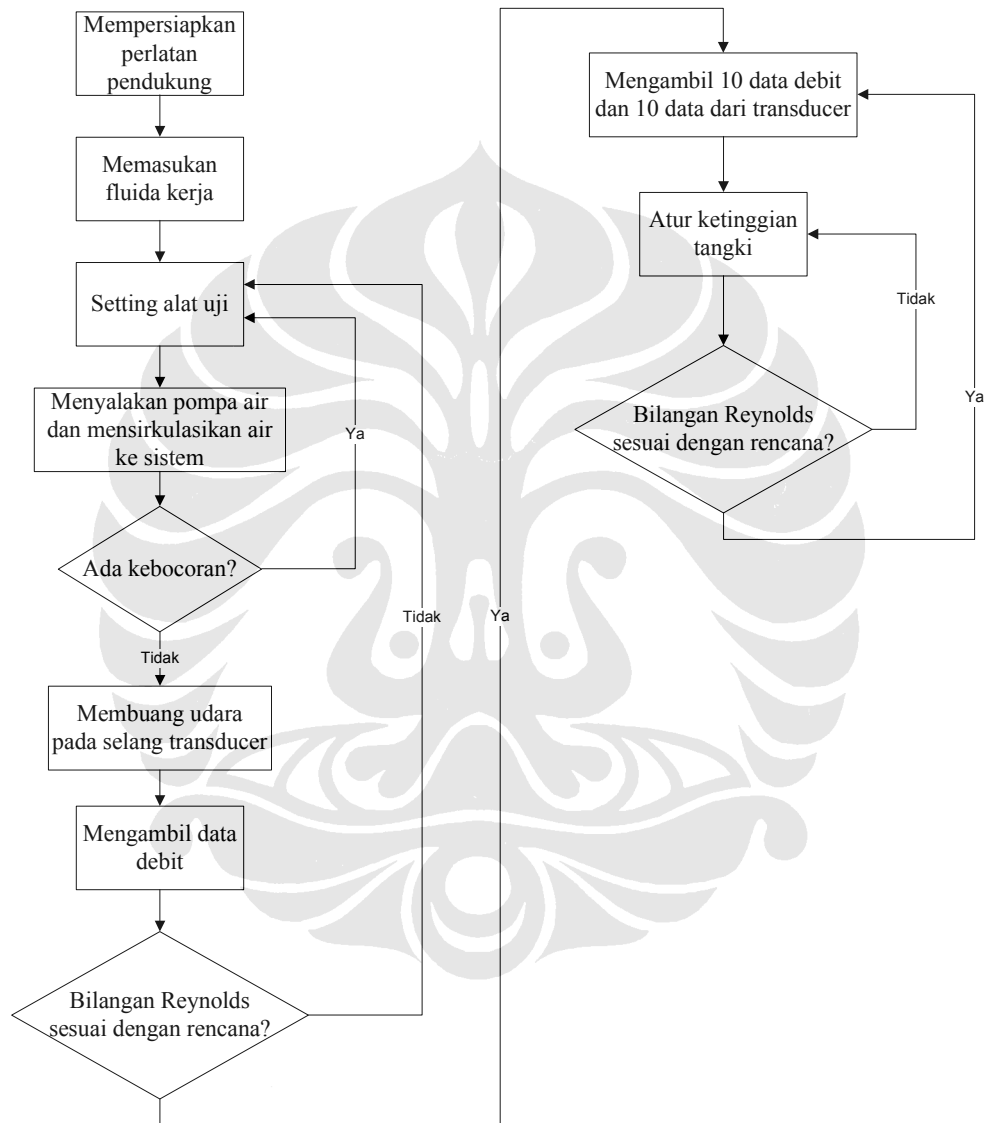
Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan karakteristik koefisien gesek aliran air pada pipa akrilik. Karakteristik yang dicari adalah penurunan tekanan yang terjadi pada jarak yang telah ditentukan. Bilangan Reynolds yang digunakan pada percobaan ini berkisar antara $4 \times 10^3 < Re < 2,5 \times 10^4$. Pengambilan data tekanan yang didapatkan dari pressure gauge (manometer) akan dilakukan secara terus menerus untuk 10 bilangan Reynolds yang berbeda untuk setiap percobaannya.

Prosedur untuk pengambilan data pada tiap-tiap bilangan Reynolds adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peralatan yang dibutuhkan : drum penampung air, *flowmeter*, pipa akrilik berpenampang persegi dan pompa.

2. Memasukan fluida kerja ke dalam drum penampungan.
3. Meletakkan tangki penampungan (reservoir) pada posisi tertinggi untuk mendapatkan bilangan Reynolds maksimum.
4. Menyalakan pompa air dan mensirkulasikan air ke sistem
5. Mengecek apakah ada kebocoran pada sistem, terutama pada sambungan fitting
6. Membuang udara tersumbat yang ada pada selang pressure transducer
7. Menyesuaikan ketinggian tangki untuk mendapatkan bilangan Reynolds yang diinginkan
8. Mengambil data debit air sebanyak 10 kali untuk mengetahui bilangan Reynolds dan kecepatan aliran fluida
9. Setelah pengambilan data selesai, kembali ke langkah 6 tanpa mematikan pompa, karena jika pompa dimatikan akan menimbulkan gelembung udara pada selang transducer Pengambilan data dilakukan terus menerus tanpa berhenti sampai bilangan Reynolds 4×10^3 .
10. Setelah pengambilan data selesai, pompa dan pressure transducer dimatikan, kemudian peralatan pendukung dirapihkan kembali.

Berikut ini adalah flow chart percobaan :



BAB IV

PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 PENGAMBILAN DATA

Dalam melakukan uji eksperimental ini diperoleh data berupa nilai debit (liter/jam), diameter hidrolik dari pipa, beda tekanan untuk mencari nilai faktor gesekan. Data ini diperoleh dengan cara mencatat debit air fluida yang mengalir dengan mengamati flowmeter dan nilai tekanan yang dihasilkan oleh *pressure gauge (manometer)* pada masing-masing *pressure tap*, dengan interval pengambilan data 10 detik sebanyak 10 kali. Pengambilan data tekanan diambil untuk bilangan Reynolds yang bervariasi antara 4×10^3 sampai dengan $2,5 \times 10^4$ dengan jarak antara *pressure tap* sebesar 60 cm. Tabel dibawah ini menunjukkan hasil pengambilan data untuk bilangan Reynolds 24900. Sedangkan data percobaan untuk bilangan Reynolds yang lain terdapat pada lampiran.

4.2 PENGOLAHAN DATA

Sebelum melakukan pengolahan data tekanan yang didapat dari percobaan, kita harus menentukan beberapa karakteristik fluida dan geometri objek uji yang nantinya akan berguna untuk perhitungan pengolahan data. Karakteristik fluida yang digunakan pada percobaan ini adalah :

- nama fluida : air
- massa jenis (ρ) : 996 kg/m^3
- viskositas dinamik (μ) : $1 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$

sedangkan geometri pipa akrilik yang diukur adalah :

- panjang : $2 \times 10^{-2} \text{ m}$
- lebar : $2 \times 10^{-2} \text{ m}$
- keliling : $8 \times 10^{-2} \text{ m}$
- luas penampang : $4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Untuk membandingkan nilai bilangan Reynolds dan faktor gesekan yang diperoleh dari percobaan dengan yang ada pada *moody diagram*, maka kita perlu mencari diameter hidrolik dengan menggunakan persamaan :

$$D_h = \frac{4A}{P}$$

$$D_h = \frac{4 (4 \times 10^{-4})}{8 \times 10^{-2}}$$

$$D_h = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Data debit diperoleh dengan menggunakan *flow meter*. Nilai yang hendak didapatkan dari data ini adalah bilangan Reynolds. Untuk mendapatkan nilai kecepatan fluidanya maka nilai debit dibagi dengan luas penampang pipa, sebagai berikut :

$$Q = A u$$

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

$$u = \frac{1800 \times \frac{10^{-3}}{3600} \text{ m}^3/\text{s}}{4 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$u = 1,2500 \text{ m/s}$$

Dari nilai-nilai yang sudah didapatkan diatas, maka kita dapat mencari bilangan Reynolds dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Re = \frac{\rho u D_h}{\mu}$$

$$Re = \frac{(996) \text{ kg/m}^3 \cdot 1,25 \text{ m/s} \cdot 2 \times 10^{-2} \text{ m}_h}{1 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2}$$

$$Re = 24900$$

Data penurunan tekanan (Δp) untuk bilangan Reynolds 24900 adalah 63,20 mmH₂O (619.78028 Pa).

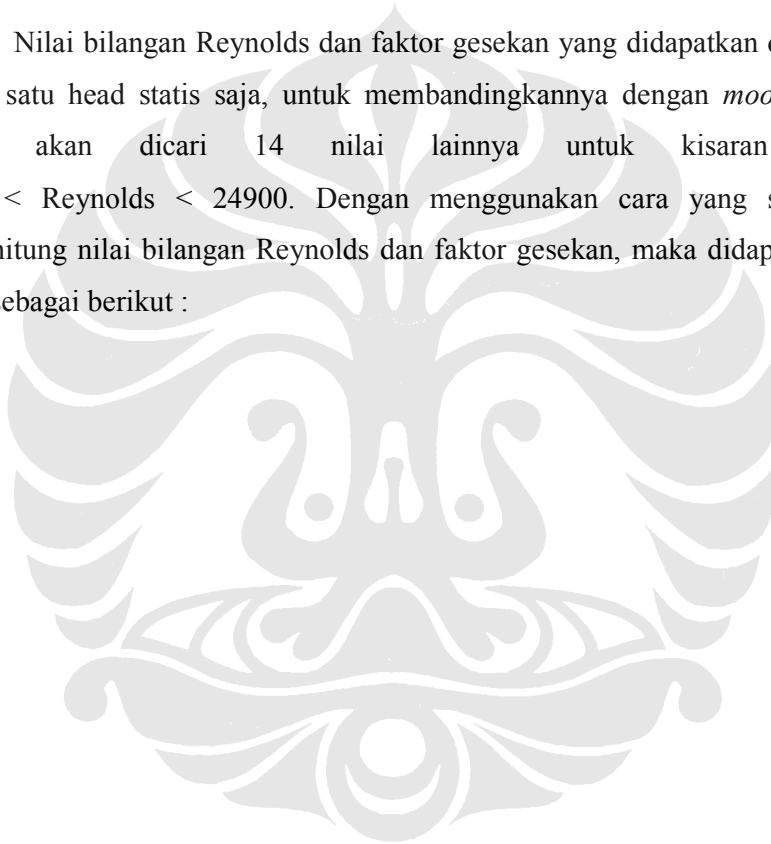
Berikutnya untuk mencari nilai faktor gesekan, maka digunakan persamaan

$$f = \frac{\Delta p(D_h/L)}{\rho u^2/2}$$

$$f = \frac{619,78028 \text{ N/m}^2 \left(\frac{2 \times 10^{-2} \text{ m}}{0,6 \text{ m}} \right)}{\left(\frac{996 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,25^2 \text{ m}^2/\text{s}^4}{2} \right)}$$

$$f = 0.02655016$$

Nilai bilangan Reynolds dan faktor gesekan yang didapatkan diatas hanya untuk satu head statis saja, untuk membandingkannya dengan *moody diagram* maka akan dicari 14 nilai lainnya untuk kisaran bilangan $4150 < \text{Reynolds} < 24900$. Dengan menggunakan cara yang sama untuk menghitung nilai bilangan Reynolds dan faktor gesekan, maka didapatkan tabel-tabel sebagai berikut :



Luas Penampang A 0.0004
 Diameter hidrolirik D_h 0.02
 Kekasaran permukaan ϵ 4.80E-07
 Massa Jenis Fluida ρ 996
 Viskositas dinamik μ 0.001

Tabel 4.1 Data pengujian faktor gesekan untuk $4150 < Re < 24900$

Pengolahan Data Eksperimen							
L	Q	ΔP	ΔP	R_h	V	f	
m	m^3/s	mmH ₂ O	Pa	$\rho l/D_h/\mu$	Q/A	$\Delta p(D_h/L)/(\rho V^2/2)$	
0.6	1800	63.2	619.78028	24900.000	1.2500	0.02655016	
	1650	54.0	529.55910	22825.000	1.1458	0.02699734	
	1500	44.0	431.49260	20750.000	1.0417	0.026661737	
	1350	36.9	361.86539	18675.000	0.9375	0.02755839	
	1200	31.0	304.00615	16600.000	0.8333	0.02930180	
	1000	22.0	215.74630	13833.333	0.6944	0.02994455	
	800	14.0	137.29310	11066.667	0.5556	0.02977441	
	700	11.0	107.87315	9683.333	0.4861	0.03055566	
	600	8.1	79.43387	8300.000	0.4167	0.03062510	
	550	7.1	69.62722	7608.333	0.3819	0.03194685	
	500	5.7	55.89791	6916.667	0.3472	0.03103344	
	450	4.8	47.07192	6225.000	0.3125	0.03226348	
400	3.9	38.24594	5533.333	0.2778	0.03317720		
350	3.0	29.41995	4841.667	0.2431	0.03333345		
300	2.1	20.59397	4150.000	0.2083	0.03175937		