

**KAJI EKSPERIMEN PENGARUH LAPISAN KEKASARAN PERMUKAAN
PIPA TERHADAP HEAD LOSS PADA PIPA PVC BERDIAMETER Ø 22 mm
PANJANG 80 cm**

***Rama Candra, **Siti Zahara N, **Ratih Diah Andayani, **Rita Djunaidi**

**Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA*

***Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA*

e-mail: Chandra01.rc@gmail.com

ABSTRAK

Aliran fluida pada permukaan didalam pipa yang mempunyai lapisan kekasaran yang berbeda dapat mengalami aliran laminar dan turbulen, yang dapat dilihat dari bilangan Reynold. Kecepatan aliran fluida dapat diketahui dengan mengatur bukaan katub. Setiap pipa diuji dengan air murni pada temperatur 30°C. Pengujian ini dilakukan dengan alat percobaan yang dipakai adalah pipa PVC silinder yang berdiameter Ø22 mm dengan fluida air menggunakan tujuh jenis kekasaran dalam pipa yang berbeda yaitu, pipa tanpa lapisan tambahan, pipa dilapisi pasir halus, pipa dilapisi pasir kasar, pipa dibintik lubang, pipa dilapisi daun talas, pipa dilapisi pecahan batu bata, dan pipa dilapisi serat kayu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kekasaran permukaan dalam pipa terhadap perubahan *Head Loss*. Hasil Pada percobaan bahwa kekasaran permukaan pipa mempengaruhi nilai Bilangan Reynold dan *Head Loss*, semakin kasar permukaan pipa, Bilangan Reynold dan *head loss* cenderung meningkat. Dari ketujuh kekasaran tersebut maka pipa yang dilapisi pecahan batu bata yang memiliki nilai *head loss* yang paling tinggi yakni 0,995m dibanding dengan ke enam kekasaran lainnya dikarenakan nilai kekasaran pecahan batu bata paling besar yakni $\square/D = 0,1$, dan nilai *Head loss* yang paling rendah didapat pada pipa yang dilapisi dengan daun talas yakni $\Delta h = 0,196m$ pada Bilangan Reynold 35622,7.

Kata kunci: Aliran turbulen, kekasaran permukaan, bilangan Reynold, *Head loss*

1. PENDAHULUAN

Pipa banyak digunakan di industri - industri, gedung komersil ataupun perumahan untuk pendistribusian fluida cair. Untuk dapat mencapai efisiensi produksi tinggi dan biaya produksi yang rendah, maka dibutuhkan optimalisasi penggunaan energi yang terpakai. Setiap fluida yang mengalir melalui suatu conduit tertentu akan menghasilkan gesekan yang dapat mengakibatkan suatu kerugian berupa rugi tekanan. Kerugian tekanan ini terjadi karena adanya gesekan dengan dinding, perubahan luas penampang, sambungan, katub, belokan, percabangan dan kekasaran permukaan pipa.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui penurunan *Head Loss* pada kekasaran permukaan pipa yang berbeda. Pipa yang digunakan adalah pipa PVC lurus berdiameter 22 mm, panjang 80 cm. kekasaran permukaan dalam pipa divariasikan dengan lapisan tambahan, dilapisi pasir halus, dilapisi pasir kasar, dibintik lubang, dilapisi daun talas, dilapisi pecahan batu bata, dan dilapisi serat kayu

2. TINJAUAN PUSTAKA

Fluida adalah zat yang bisa mengalami perubahan bentuk secara kontinu apabila terkena tekanan atau gaya geser walaupun relatif kecil. Viskositas fluida sebagai ukuran untuk menyatakan besarnya hambatan oleh fluida tersebut. Hukum viskositas Newton menyatakan bahwa laju untuk perubahan bentuk sudut fluida yang tertentu, maka tegangan geser berbanding lurus dengan viskositas. Kekasaran permukaan pipa menjadi salah satu penyebab terjadinya

penurunan *Head Loss*. Penurunan Head loss ini terjadi akibat turbulensi aliran yang akan menimbulkan gesekan besar pada dinding pipa. head losses dapat dibagi menjadi 2 yaitu, mayor losses dan minor losses. Mayor losses adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya gesekan fluida dengan dinding pipa. Minor losses adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya sambungan pipa. Pompa yang dipakai adalah pompa sentrifugal

Aliran fluida dibedakan menjadi aliran laminar, transisi dan turbulen, ketiga aliran tersebut bergantung dari besarnya bilangan *Reynold* yang dirumuskan:

$$Re = \frac{v D}{\nu} \dots\dots\dots \text{pers. 1}$$

dimana:

- Re = Bilangan *Reynold*.
 v = Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s).
 D = Diameter dalam pipa (m).
 ν = Viskositas kinematik zat cair (m²/s).

Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminar.

Pada $Re > 4000$, aliran bersifat turbulen.

Pada $Re = 2300 - 4000$ terdapat daerah transisi, dimana aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

Head minor

Kerugian *head* minor adalah kerugian yang dialami oleh fluida selama fluida tersebut mengalir melalui pipa yang penampangnya berubah, terjadi belokan, percabangan dan lain sebagainya. Kerugian *head* minor dapat dihitung dengan menggunakan rumu:

$$h_{f(\text{minor})} = f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{pers. 2}$$

dimana:

- h_f = Kerugian *head* (m).
 f = Koefisien rugi gesekan.
 v = Kecepatan rata-rata didalam pipa (m/s).
 g = Percepatan gravitasi (m/s²).

Diagram Moody

Diagram Moody digunakan untuk menunjukkan hubungan antara faktor gesekan pipa (f), bilangan *Reynold* (Re) dan kekasaran relatif pipa (ϵ/D). Bila pipa semakin kasar, maka kemungkinan nilai Re akan semakin besar, kekasaran relatif didefinisikan sebagai berikut:

$$\frac{\epsilon}{D} \dots\dots\dots \text{pers. 3}$$

dimana :

- ϵ = Kekasaran
 D = Diameter Pipa

Kapasitas dari suatu pompa dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots \text{pers. 4}$$

Untuk menghitung kecepatannya menjadi:

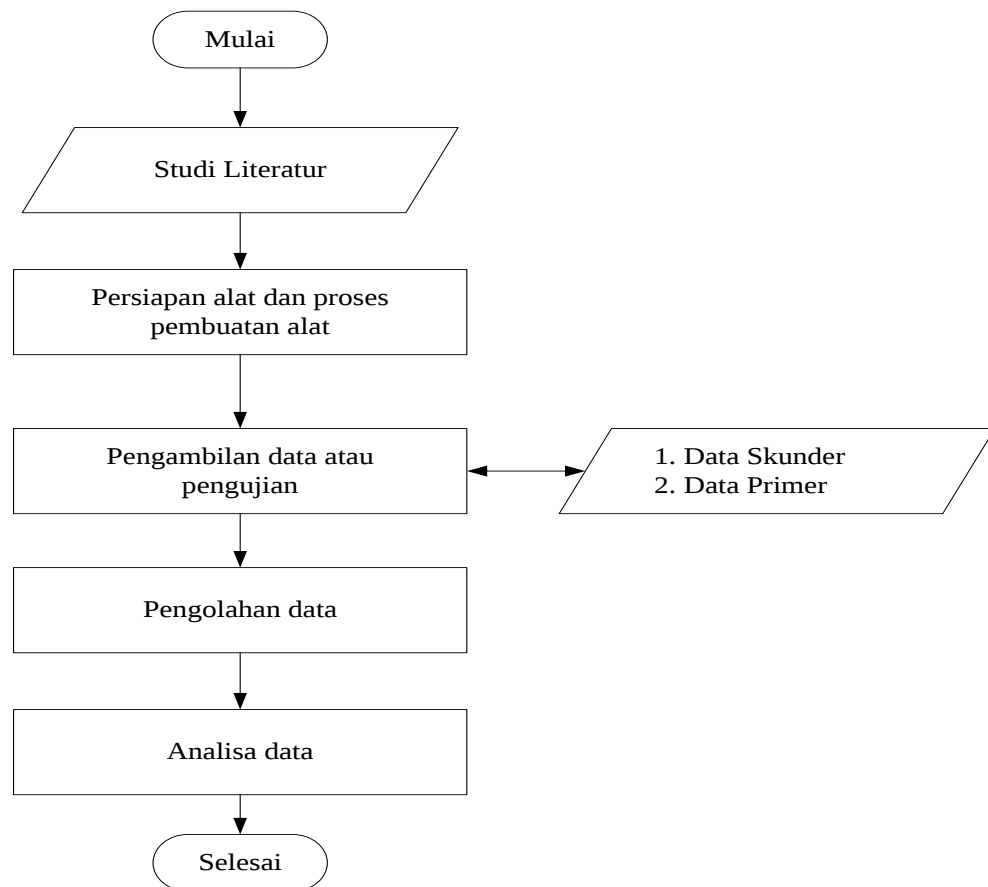
$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} d^2} \dots\dots\dots \text{pers. 5}$$

dimana:

Q = Kapasitas pompa (m^3/s).
 v = Kecepatan aliran (m/s).
 A = Luas penampang pipa (m^2).
 d_d = Diameter dalam pipa (m).

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah metode eksperimen yakni pengujian ktingkat kekasaran permukaan pipa yang berbeda-beda. Tahapan penelitian disajikan pada Gamba2 2



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.1. Alat Dan Bahan Yang Digunakan Dalam Pengujian

A. Bahan :

1. Pipa PVC

Pipa yang digunakan didalam pungujian ini adalah pipa PVC $\frac{3}{4}$ " berdiameter $\varnothing$ 22 mm. Panjang 80 cm. Kekasaran pipa divariasikan sebanyak 7 jenis kekasaran sebagai berikut :

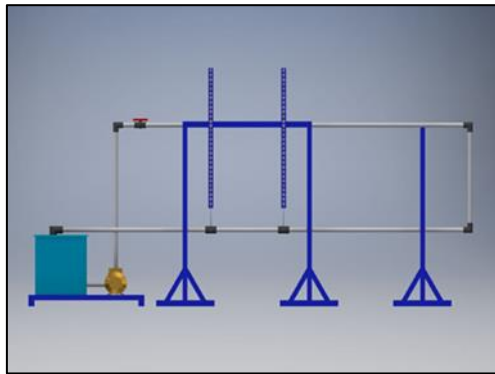
- Permukaan dalam pipa tanpa perlakuan (polos)
- Permukaan dalam pipa yang dilapisi dengan pasir halus
- Permukaan dalam pipa yang dilapisi dengan pasir kasar

- d. Permukaan dalam pipa yang dibintiki lubang
- e. Permukaan dalam pipa yang dilapisi dengan daun talas
- f. Permukaan dalam pipa yang dilapisi dengan serpihan batu bata
- g. Permukaan dalam pipa yang dilapisi dengan serat kayu

- 2. Bak Penampung
- 3. Gelas Ukur
- 4. *Stop Watch*

B. Alat :

- 1. Seperangkat alat pengujian seperti terlihat pada Gambar 2
- 2. Bak penampung
- 3. Pompa
- 4. Katub *bypass*
- 5. Manometer Air h_1 dan h_2
- 6. Pipa uji $L = 80\text{cm}$



Gambar 2. Instalasi Perangkat Uji

3.2. Persiapan Pengujian

- 1. Membuat rangkaian alat pengujian
- 2. Menyiapkan Kekasaran Pipa pengujian terdiri dari 7 jenis yaitu:



a. Permukaan dalam pipa tanpa dilapisi (polos)

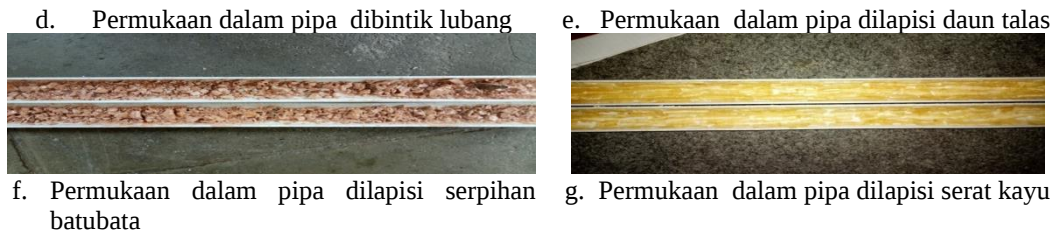


b. Permukaan dalam pipa dilapisi pasir kasar



c. Permukaan dalam pipa dilapisi pasir halus





Gambar 3. Kekasaran Pipa Pengujian

3.3. Pengolahan Data

Data fluida air pada saat pengujian diasumsikan memiliki temperatur air 30°C, sehingga dari tabel referensi didapat dengan cara interpolasi pada suhu diatas yaitu, massa jenis air (ρ_{air}): 995.2 (kg/m^3), viskositas dinamik (μ) : $803 \times 10^{-4} (\text{kg/m.s})$.

Contoh perhitungan hasil pengujian pipa tanpa lapisan tambahan (polos) dengan data sebagai berikut :

- Pipa uji berdiameter (D) : 22 mm = 0,022 m, panjang 80 cm
- Volume air yang tertampung pada gelas ukur (V) : 2086 ml
- Waktu yang tercatat pada saat pengujian (t) : 4,42 s
- Selisih head yang terukur pada manometer air (h_f) : $h_1 - h_2 = 0,071 \text{ mHg}$
- Gravitasi (g) : $9,81 \text{ m/s}^2$

Perhitungan Kecepatan Aliran (V)

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = \frac{\text{Volume (l)}}{\text{waktu (s)}} = \frac{2,086 \text{ l}}{4,42 \text{ s}} = 0,471 \text{ l/s} \times \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ l}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ dm}^3} = 0,0004719 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \pi \frac{D^2}{4} = \pi \frac{0,022^2}{4} = 3,79 \cdot 10^{-4} \cdot \text{m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0004719 \text{ m}^3/\text{s}}{3,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,245 \text{ m/s}$$

Perhitungan Bilangan Reynold (Re)

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{995,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,245 \text{ m/s} \cdot 0,022 \text{ m}}{8,03 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}} = 33948,5$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil perhitungan

Tabel 1. Hasil penelitian pipa dengan permukaan dalam pipa tanpa dilapisi

Bukaan Keran	t (s)	V (L)	Δh (m)	Q (m^3/s)	u (m/s)	Re
1	4,42	2,086	0,071	0,0004719	1,245	33948,5
2	3,76	2,126	0,096	0,0005654	1,491	40675,0
3	3,39	2,034	0,105	0,0006000	1,583	43164,4
4	3,15	1,978	0,111	0,0006279	1,656	45171,1
5	3,08	2,038	0,115	0,0006616	1,745	47595,0
6	3,06	2,056	0,116	0,0006718	1,772	48314,9

Tabel 2. Hasil penelitian pada pipa dengan permukaan dalam di lapisi pasir halus ($\square/D=0,00909$)

Bukaan Keran	t (s)	V (L)	Δh (m)	Q (m^3/s)	u (m/s)	Re
1	4,11	1,994	0,234	0,0004851	1,279	34897,4
2	3,47	2,110	0,367	0,000608	1,604	43739,7
3	3,25	2,006	0,369	0,0006172	1,628	44399,5
4	3,12	2,122	0,445	0,0006801	1,794	48925,6
5	3,95	1,984	0,420	0,0006725	1,774	48380,3
6	3,02	2,024	0,416	0,0006701	1,768	48205,8

Tabel 3. Hasil pengolahan data pada pipa dengan permukaan dalam di lapisi pasir Kasar ($\square/D=0,1$)

Bukaan Keran	t(s)	V(L)	Δh (m)	Q(m^3/s)	V (m/s)	Re
1	3,84	1,950	0,479	0,0005078	1,339	36530,6
2	3,33	2,012	0,667	0,0006042	1,594	43464,3
3	3,11	1,980	0,730	0,0006366	1,679	45795,5
4	3,04	1,996	0,764	0,0006565	1,732	47227,0
5	3,09	2,050	0,775	0,0006634	1,750	47715,0
6	3,05	2,050	0,781	0,0006721	1,773	48342,1

Tabel 4. Hasil pengolahan data pada pipa dengan permukaan dalam di bintang lubang ($\square/D=0,0909$)

Bukaan Keran	t(s)	V(L)	Δh (m)	Q(m^3/s)	v(m/s)	Re
1	3,77	2,026	0,293	0,0005374	1,414	38564,6
2	3,37	2,060	0,378	0,0006112	1,608	43859,6
3	3,20	2,086	0,425	0,0006518	1,715	46774,4
4	3,17	2,084	0,415	0,0006574	1,714	46743,3
5	3,15	2,090	0,429	0,0006634	1,750	47723,2
6	2,79	2,070	0,520	0,0007419	1,952	53239,1

Tabel 5. Hasil pengolahan data pada pipa dengan permukaan dalam di lapisi daun talas ($\square/D=0,00454$)

Bukaan Keran	t(s)	V(L)	Δh (m)	Q(m^3/s)	v(m/s)	Re
1	4,27	2,120	0,196	0,0004964	1,306	35622,7
2	3,53	2,086	0,265	0,0005909	1,555	42403,6
3	3,32	2,151	0,315	0,000647	1,702	46430,8
4	3,24	2,060	0,300	0,000635	1,671	45569,2
5	3,16	2,100	0,321	0,0006646	1,748	47685,0
6	2,82	2,068	0,381	0,0007333	1,930	52622,9

Tabel 6. Hasil penelitian pada pipa dengan permukaan dalam dilapisi Batu bata ($\square/D=0,1$)

Bukaan Keran	t(s)	V(L)	Δh (m)	Q(m^3/s)	v(m/s)	Re
1	3,94	2,060	0,586	0,0005228	1,376	37520,4
2	3,21	2,050	0,872	0,0006386	1,680	45826,2
3	3,21	2,066	0,880	0,0006436	1,693	46174,5
4	3,18	2,018	0,850	0,0006345	1,670	45539,2
5	3,07	1,992	0,861	0,0006488	1,707	46561,7
6	2,98	2,057	0,995	0,0006902	1,821	49650,9

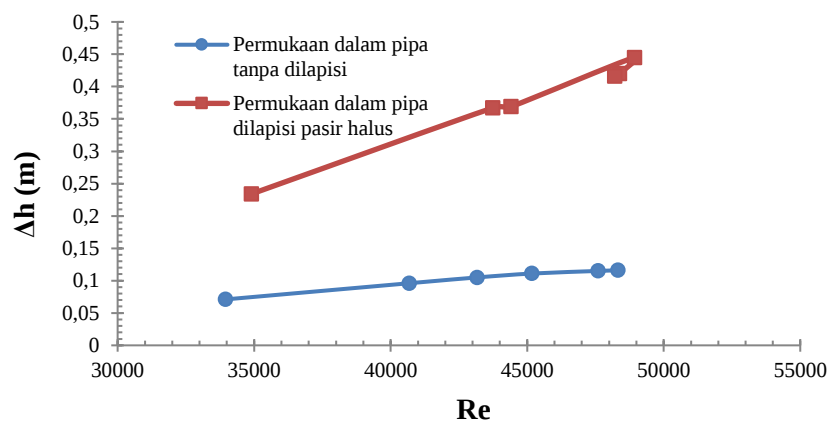
Tabel 7. Hasil penelitian pada pipa dengan permukaan dalam di lapisi serat kayu ($\epsilon/D=0,0227$).

Bukaan Keran	t(s)	V(L)	$\Delta h(\text{mHg})$	$Q(\text{m}^3/\text{s})$	v(m/s)	Re
1	3,83	2,040	0,614	0,0005326	1,401	38221,1
2	3,61	2,056	0,605	0,0005695	1,498	40868,6
3	3,30	2,038	0,702	0,0006175	1,625	44312,3
4	3,21	2,030	0,732	0,0006323	1,664	45375,6
5	3,17	2,040	0,750	0,0006435	1,693	46177,2
6	2,97	1,986	0,795	0,0006686	1,756	47881,3

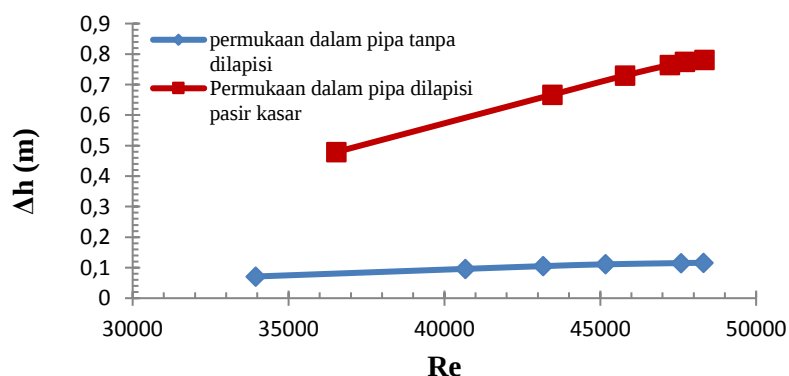
4.2. Pembahasan

A. Pengaruh Bilangan Reynold (Re) terhadap Head Loss (Δh)

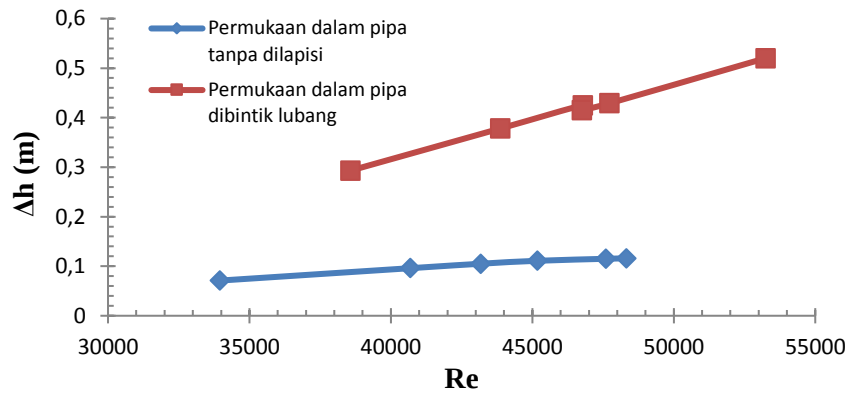
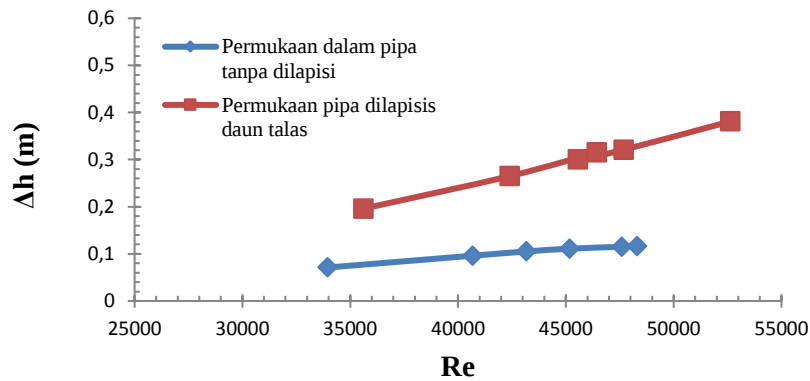
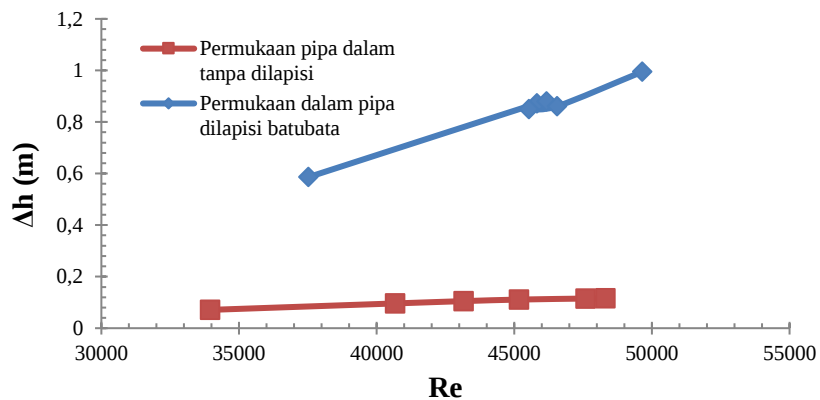
Berdasarkan dari table 1 sampai dengan Tabel 7 kemudian digambarkan pada Gambar 4 sampai Gambar 9 masing-masing untuk permukaan pipa dengan tambahan lapisan yang dibandingkan dengan pipa tanpa lapisan, dilapisi dengan pasir halus, permukaan pipa dilapisi dengan pasir kasar, permukaan pipa dibintik lubang, permukaan pipa dilapisi daun alas, permukaan pipa dilapisi pecahan batubata dan permukaan pipa dilapisi serat kayu.

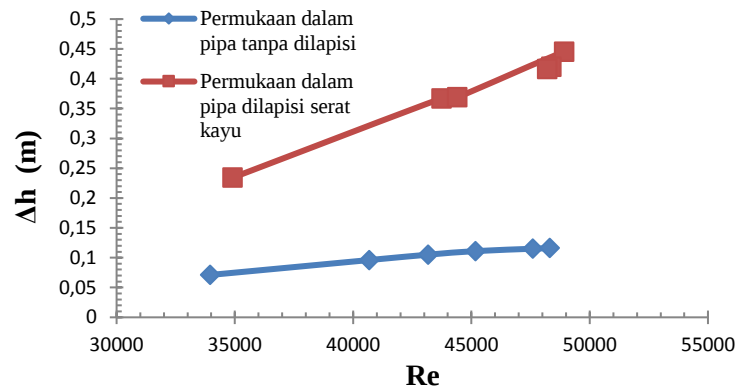


Gambar 4. Kurva Re- Δh untuk Permukaan dalam pipa dilapisi Pasir Halus $\epsilon/D = 0,00909$



Gambar 5. Kurva Re- Δh untuk Permukaan dalam pipa dilapisi Pasir Kasar $\epsilon/D = 0,0454$

Gambar 6. Kurva Re- Δh untuk Permukaan dalam pipa dibintik lubang $\square/D = 0,0909$ Gambar 7. Kurva Re- Δh untuk Permukaan dalam pipa dilapisi daun talas $\square/D = 0,00454$ Gambar 8. Kurva Re- Δh untuk Permukaan dalam pipa dilapisi batubata $\square/D = 0,1$



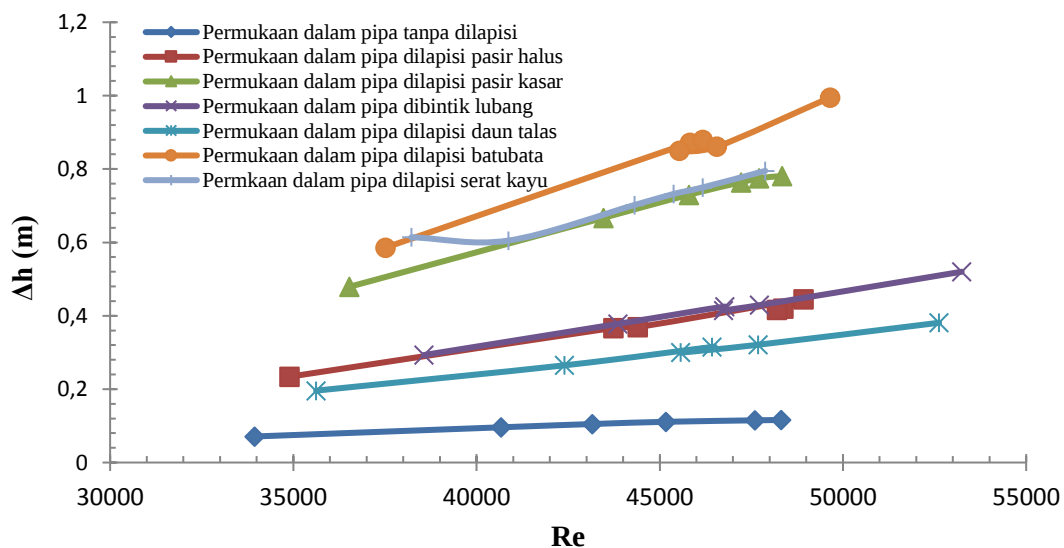
Gambar 9. Kurva Re- Δh untuk Permukaan dalam pipa dilapisi serat kayu $\epsilon/D = 0,0227$

Jika dilihat dari Gambar 4 sampai Gambar 9 masing-masing untuk jenis kekasaran permukaan pipa yang berbeda, hasil penelitian menunjukkan bahwa bilangan Reynold (Re) dan Head loss (Δh) berbanding lurus, artinya dengan semakin besar nilai Bilangan Reynold, untuk seluruh jenis kekasaran permukaan dalam pipa pengujian menunjukkan kecenderungan *head loss* semakin besar, jika dibandingkan dengan pipa tanpa dilapisi, pipa dengan tambahan bahan lapisan menunjukkan nilai yang lebih tinggi baik nilai bilangan Reynold maupun *head loss* hal ini dikarenakan dengan adanya lapisan pada permukaan pipa menyebabkan bertambah tinggi nilai bilangan Reynold berarti semakin besar kecepatan aliran (V) dan debit aliran (Q). Dengan semakin besar kecepatan aliran, mengakibatkan gesekan antara fluida dengan dinding pipa dan potensial kecepatan akan semakin besar pula.

Dengan bertambah besar debit aliran menyebabkan gejala-gejala pada aliran meningkat sehingga aliran menjadi turbulen yang menyebabkan tegangan geser pada dinding pipa semakin besar dan berakibat meningkatnya head loss.

Kenaikan head loss pada pipa yang dilapisi dibandingkan dengan pipa tanpa lapisan dikarenakan dengan adanya tambahan lapisan menyebabkan permukaan menjadi kasar sehingga gesekan antara fluida dan dinding dan aliran menjadi turbulen.

B. Pengaruh Kekasaran Permukaan Pipa terhadap Head Loss



Gambar 10. kurva Re- Δh Untuk Beberapa jenis kekasaran Permukaan Pipa Yang Berbeda-beda

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai head loss (Δh) tertinggi terjadi pada pipa dengan yang dilapisi pecahan batubata, kemudin pipa yang dilapisi pasir kasar dan serat kayu, selanjutnya pipa yang dilapisi pasir halus dan dibintik lubang dan yang paling rendah nilai head loss adalah pipa yang dilapisi daun alas.

Pada pipa yang dilapisi daun talas pada nilai Re 35622,7-52622,9 dan Head loss 0,196-0,381 dengan kekasaran relatif $\varepsilon/D = 0,00454$. Pada pipa dengan lapisan pasir halus pada nilai $Re = 34897,4-48205,8$ dan head loss 0,234-0,416 dengan kekasaran nya $\varepsilon/D = 0,00909$, Sementara untuk pipa yang dibintik lubang pada nilai Bilangan Reynold, Re 38564,6-53239,1 dan koefisien geseknya 0,293-0,250 dengan kekasaran relatifnya $\varepsilon/D = 0,0909$, sedangkan untuk pipa yang dilapisi pasir kasar pada nilai bilangan Reynold, Re bilangan Reynold 36530,6-48342,1 dan head loss $\Delta h = 0,479-0,0,781$ dengan kekasaran relatifnya $\varepsilon/D = 0,0454$, untuk pipa dengan lapisan serat kayu pada nilai bilangan Reynold, Re 38221,1-47881,3 dan koefisien geseknya 0,614-0,795 dengan kekasaran relatifnya $\varepsilon/D = 0,0227$. Dan terakhir untuk pipa yang dilapisi pecahan batubata pada nilai Bilangan Reynold, $Re = 37520,4-49650,9$ dan koefisien gesek 0,586-0,995 dengan kekasaran relatifnya $\varepsilon/D = 0,1$.

Pipa dengan lapisan pecahan batubata memiliki Head loss yang paling tinggi dibanding pipa dengan lapisan lainnya, hal ini dikarenakan pada pipa dengan lapisan permukaan dalam dengan pecahan batubata mempunyai tingkat kekasaran yang paling tinggi, sehingga gesekan antara dinding pipa dan fluida menjadi besar akibatnya head loss juga besar

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian dan analisa data maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kecepatan aliran mempengaruhi nilai head loss, semakin besar kecepatan fluida, bilangan Reynold semakin besar dan Head Loss juga semakin besar
2. Kekasaran lapisan pada permukaan pipa sangat berpengaruh terhadap rugi *head* yang terjadi pada aliran fluida, dimana semakin kasar lapisan permukaan dalam pipa, maka rugi *head* semakin besar
3. Hasil penelitian menunjukkan nilai Head Loss yang tertinggi terjadi pada Pipa dengan lapisan pecahan batubata, serat kayu, pasir kasar, pipa yang dibintik lubang, pasir halus dan daun talas dengan masing-masing head loss 0,995, 0,795, 0,781, 0,520, 0,416 dan 0,381 dengan tingkat kekasaran adalah ε/D : 0,1, 0,0227, 0,0454, 0,0909, 0,00909, 0,00454

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni, Dachry. 2012. Efek Kekasaran Pipa Terhadap Koefisien Gesek. *Skripsi*. Teknik Mesin. Depok: FT UI
- Arhanudin. 2003. Efek Kekasaran Permukaan Terhadap Koefisien Gesek Pada pipa Silinder $\varnothing$ 28 mm. *Skripsi*. Teknik Mesin. Palembang: FT UIBA
- KangMousir. 2014. Pengertian dan Definisi fluida,
- Ruben M, Oison. Dan Steven J. Wright. 1993. Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik Edisi Ke-5. Gramedia Pustaka utama. Jakarta.
- Utomo, Agung Aprianto 2017. Analisa Aliran Laminer Dan Turbulen Pada Alat Pratikum Fenomena Dasar Dengan Variasi Debit Aliran. Universitas Iba. Palembang
- Sularso dan Tahara, Haruo, 2000, Pompa dan Kompresor. Jakarta. PT Pradnya Paramita.