

BAB IV

PEMBAHASAN & ANALISA DATA

Dalam bab ini berisi pembahasan dan Analisa tentang pengaruh Variasi hambatan pada belokan pipa (*Elbow 90°*), diameter pipa, *reynold number*, serta perhitungan kerugian tekanan pada belokan pipa.

4.1 Perhitungan Kerugian Energi pada Belokan

Dari percobaan yang telah dilakukan, didapatkan data berupa perbedaan ketinggian manometer (Δh), kecepatan udara (v_U), temperatur udara (T). Kecepatan udara (v_U) diketahui dengan menggunakan alat bantu yaitu anemometer.

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai kecepatan udara rata-rata (\bar{V}):

$$\frac{v_{u1} + v_{u2} + v_{u3} + v_{u4} + v_{u5}}{5} = \bar{v}$$

Dimana : v_{u1} = Kecepatan udara pada hambatan Plat I (5 Lubang) di R1

v_{u2} = Kecepatan udara pada hambatan Plat I (5 Lubang) di R2

v_{u3} = Kecepatan udara pada hambatan Plat I (5 Lubang) di R3

v_{u4} = Kecepatan udara pada hambatan Plat I (5 Lubang) di R4

v_{u5} = Kecepatan udara pada hambatan Plat I (5 Lubang) di R5

Contoh perhitungan nilai kecepatan udara rata-rata (\bar{V}) untuk pemakaian Plat I (5 Lubang) :

$$\frac{7.0+6.2+6.9+6.3+6.9}{5} = \frac{33.3}{5} = 6.66 \text{ m/s}$$

kecepatan udara rata-rata (\bar{V}) pada Plat 2,3 & 4 dapat dihitung menggunakan cara yang sama, hasil dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1. kecepatan udara rata-rata (\bar{V})

| Variasi Hambatan | Kecepatan udara (V m/s) | | | | | \bar{V} Kec. Rata-rata |
|------------------|-------------------------|-----|------|-----|-----|-----------------------------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | |
| I (5 Lubang) | 7.0 | 6.6 | 6.9 | 6.3 | 6.9 | 6.66 |
| II (9 Lubang) | 8.1 | 7.8 | 7.6 | 8.2 | 7.1 | 7.8 |
| III (13 Lubang) | 9.9 | 9.3 | 10.1 | 8.5 | 8.5 | 9.3 |
| IV (17 Lubang) | 8.3 | 8.7 | 9.7 | 8.2 | 8.8 | 8.7 |

Bilangan *Reynold* dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{\bar{V} \cdot D}{\nu} \quad (2.1)$$

Dimana : ρ = rapat jenis (kg/m³)

untuk udara = 1,225 kg/m³

V_U = kecepatan udara (m/s),

\bar{V} = Kecepatan udara Rata – rata (m/s),

D = diameter pipa saluran (m),

ν = viskositas kinematik (m²/dt)

$$\text{untuk udara } \nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{1,781 \times 10^{-5}}{1,225} = 1,453 \times 10^{-5}$$

Perhitungan bilangan Reynold untul Plat I (5 Lubang) :

$$Re = \frac{6.66 \times 0.058}{1,453 \times 10^{-5}} = 26584.99$$

Jika untuk aliran dalam pipa berlaku untuk :

$Re < 2300$: aliran Laminar

$Re > 2300$: aliran Turbulent

$Re = 2300$: aliran transisi dari Laminar ke Turbulent

Maka bilangan Reynold pada Plat I (5 Lubang) dengan hasil 26584,99 merupakan aliran Turbulent. Dan bilangan Reynold pada Plat 2,3 & 4 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Bilangan Reynold

| Variasi Hambatan | Re |
|------------------|----------|
| (5 Lubang) | 26584,99 |
| (9 Lubang) | 31135,58 |
| (13 Lubang) | 37123,19 |
| (17 Lubang) | 34728,14 |

Perhitungan perbedaan tekanan (P) dari data perbedaan ketinggian (Δh) pada manometer-selang . untuk ketinggian yang didapat pada manometer-selang yaitu dalam satuan meter (m).

Table. 4.3 Data perbandingan tinggi pada tiap segmen di Manometer-selang U

| Variasi Hambatan | Segmen | | Manometer-selang U | Δh (mm) | Δh (m) | |
|----------------------|--------|----|--------------------|-----------------|----------------|-------|
| Plat I (5 Lubang) | A1 | h1 | 32 | 60 | 0,06 | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | A2 | h1 | 28 | 60 | 0,06 | |
| | | h2 | 32 | | | |
| | B1 | h1 | 34 | 63 | 0,063 | |
| | | h2 | 29 | | | |
| | B2 | h1 | 28 | 61 | 0,061 | |
| | | h2 | 33 | | | |
| | R2 | A1 | h1 | 31 | 60 | 0,06 |
| | | | h2 | 29 | | |
| | | A2 | h1 | 28 | 60 | 0,06 |
| | | | h2 | 32 | | |
| B1 | | h1 | 33 | 62 | 0,062 | |
| | | h2 | 29 | | | |
| B2 | | h1 | 28 | 60 | 0,06 | |
| | | h2 | 32 | | | |
| R3 | | A1 | h1 | 30 | 59 | 0,059 |
| | | | h2 | 29 | | |
| | | A2 | h1 | 28 | 58 | 0,058 |
| | | | h2 | 30 | | |
| | B1 | h1 | 33 | 61 | 0,061 | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | B2 | h1 | 27 | 59 | 0,059 | |
| | | h2 | 32 | | | |
| | R4 | A1 | h1 | 30 | 58 | 0,058 |
| | | | h2 | 28 | | |
| | | A2 | h1 | 27 | 57 | 0,057 |
| | | | h2 | 30 | | |
| B1 | | h1 | 31 | 60 | 0,06 | |
| | | h2 | 29 | | | |
| B2 | | h1 | 28 | 59 | 0,059 | |
| | | h2 | 31 | | | |
| R5 | | A1 | h1 | 30 | 56 | 0,056 |
| | | | h2 | 26 | | |
| | | A2 | h1 | 26 | 55 | 0,055 |
| | | | h2 | 29 | | |
| | B1 | h1 | 31 | 59 | 0,059 | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | B2 | h1 | 27 | 58 | 0,058 | |
| | | h2 | 31 | | | |

| Variasi hambatan | Segmen | | Manometer-selang U | Δh (mm) | Δh (m) |
|-----------------------|--------|----|--------------------|-----------------|----------------|
| Plat II (9 Lubang) | A1 | h1 | 32 | 59 | 0,059 |
| | | h2 | 27 | | |
| | A2 | h1 | 27 | 58 | 0,058 |
| | | h2 | 31 | | |
| | B1 | h1 | 34 | 63 | 0,063 |
| | | h2 | 29 | | |
| | B2 | h1 | 28 | 60 | 0,06 |
| | | h2 | 32 | | |
| | A1 | h1 | 31 | 58 | 0,058 |
| | | h2 | 27 | | |
| | A2 | h1 | 27 | 57 | 0,057 |
| | | h2 | 30 | | |
| B1 | h1 | 32 | 61 | 0,061 | |
| | h2 | 29 | | | |
| B2 | h1 | 27 | 59 | 0,059 | |
| | h2 | 32 | | | |
| A1 | h1 | 30 | 58 | 0,058 | |
| | h2 | 28 | | | |
| A2 | h1 | 27 | 57 | 0,057 | |
| | h2 | 30 | | | |
| B1 | h1 | 33 | 61 | 0,061 | |
| | h2 | 28 | | | |
| B2 | h1 | 27 | 58 | 0,058 | |
| | h2 | 31 | | | |
| A1 | h1 | 31 | 58 | 0,058 | |
| | h2 | 27 | | | |
| A2 | h1 | 26 | 56 | 0,056 | |
| | h2 | 30 | | | |
| B1 | h1 | 30 | 59 | 0,059 | |
| | h2 | 29 | | | |
| B2 | h1 | 28 | 57 | 0,057 | |
| | h2 | 29 | | | |
| A1 | h1 | 30 | 56 | 0,056 | |
| | h2 | 26 | | | |
| A2 | h1 | 25 | 54 | 0,054 | |
| | h2 | 29 | | | |
| B1 | h1 | 30 | 58 | 0,058 | |
| | h2 | 28 | | | |
| B2 | h1 | 27 | 56 | 0,056 | |
| | h2 | 29 | | | |

| Variasi hambatan | Segmen | | Manometer-selang U | Δh (mm) | Δh (m) | |
|-------------------------|--------|----|--------------------|-----------------|----------------|-------|
| Plat III (13 Lubang) | A1 | h1 | 32 | 60 | 0,06 | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | A2 | h1 | 28 | 58 | 0,058 | |
| | | h2 | 30 | | | |
| | B1 | h1 | 34 | 62 | 0,062 | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | B2 | h1 | 27 | 59 | 0,059 | |
| | | h2 | 32 | | | |
| | R1 | A1 | h1 | 31 | 59 | 0,059 |
| | | | h2 | 28 | | |
| | | A2 | h1 | 28 | 57 | 0,057 |
| | | | h2 | 29 | | |
| B1 | | h1 | 33 | 61 | 0,061 | |
| | | h2 | 28 | | | |
| B2 | | h1 | 26 | 58 | 0,058 | |
| | | h2 | 32 | | | |
| R2 | | A1 | h1 | 30 | 58 | 0,058 |
| | | | h2 | 28 | | |
| | | A2 | h1 | 27 | 56 | 0,056 |
| | | | h2 | 29 | | |
| | B1 | h1 | 32 | 60 | 0,06 | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | B2 | h1 | 26 | 57 | 0,057 | |
| | | h2 | 31 | | | |
| | R3 | A1 | h1 | 29 | 57 | 0,057 |
| | | | h2 | 28 | | |
| | | A2 | h1 | 26 | 55 | 0,055 |
| | | | h2 | 29 | | |
| B1 | | h1 | 30 | 58 | 0,058 | |
| | | h2 | 28 | | | |
| B2 | | h1 | 26 | 56 | 0,056 | |
| | | h2 | 30 | | | |
| R4 | | A1 | h1 | 28 | 55 | 0,055 |
| | | | h2 | 27 | | |
| | | A2 | h1 | 26 | 53 | 0,053 |
| | | | h2 | 27 | | |
| | B1 | h1 | 30 | 57 | 0,057 | |
| | | h2 | 27 | | | |
| | B2 | h1 | 26 | 55 | 0,055 | |
| | | h2 | 29 | | | |
| | R5 | A1 | h1 | 28 | 55 | 0,055 |
| | | | h2 | 27 | | |
| | | A2 | h1 | 26 | 53 | 0,053 |
| | | | h2 | 27 | | |
| B1 | | h1 | 30 | 57 | 0,057 | |
| | | h2 | 27 | | | |
| B2 | | h1 | 26 | 55 | 0,055 | |
| | | h2 | 29 | | | |

| Variasi hambatan | Segmen | Manometer- selang U | Δh (mm) | Δh (m) | | |
|------------------------|--------|------------------------|--------------------|----------------|-------|----|
| Plat IV (17 Lubang) | A1 | h1 | 32 | 59 | 0,059 | |
| | | h2 | 27 | | | |
| | A2 | h1 | 27 | 56 | | |
| | | h2 | 29 | | | |
| | B1 | h1 | 34 | 62 | | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | B2 | h1 | 27 | 58 | | |
| | | h2 | 31 | | | |
| | R1 | A1 | h1 | 31 | | 58 |
| | | | h2 | 27 | | |
| | | A2 | h1 | 27 | | 56 |
| | | | h2 | 29 | | |
| | | B1 | h1 | 31 | | 59 |
| | | | h2 | 28 | | |
| B2 | | h1 | 26 | 56 | | |
| | | h2 | 30 | | | |
| R2 | A1 | h1 | 30 | 57 | | |
| | | h2 | 27 | | | |
| | A2 | h1 | 26 | 54 | | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | B1 | h1 | 31 | 59 | | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | B2 | h1 | 26 | 56 | | |
| | | h2 | 30 | | | |
| R3 | A1 | h1 | 28 | 55 | | |
| | | h2 | 27 | | | |
| | A2 | h1 | 25 | 52 | | |
| | | h2 | 27 | | | |
| | B1 | h1 | 30 | 58 | | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | B2 | h1 | 25 | 55 | | |
| | | h2 | 30 | | | |
| R4 | A1 | h1 | 27 | 54 | | |
| | | h2 | 27 | | | |
| | A2 | h1 | 26 | 52 | | |
| | | h2 | 26 | | | |
| | B1 | h1 | 30 | 58 | | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | B2 | h1 | 25 | 55 | | |
| | | h2 | 30 | | | |
| R5 | A1 | h1 | 27 | 54 | | |
| | | h2 | 27 | | | |
| | A2 | h1 | 26 | 52 | | |
| | | h2 | 26 | | | |
| | B1 | h1 | 30 | 58 | | |
| | | h2 | 28 | | | |
| | B2 | h1 | 25 | 55 | | |
| | | h2 | 30 | | | |

Dengan :

R 1,2,3,4,5 = variasi hambatan yang terjadi pada setiap belokan pipa

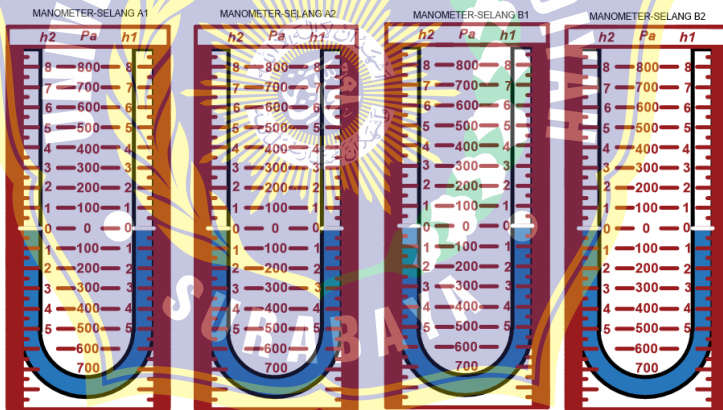
A1,2 & B1,2 = Titik Pengukuran pada belokan (bagian sisi dalam & bagian sisi luar)

h_1 = Ketinggian Alkohol di sisi terbuka

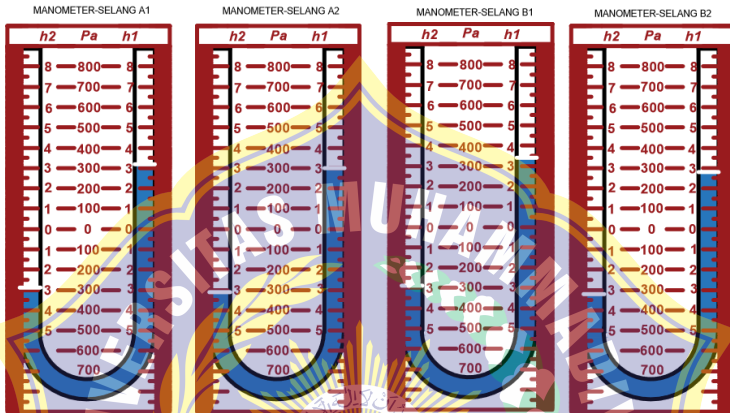
h_2 = Ketinggian Alkohol di sisi tertekan

Δh = Perbedaan ketinggian antara h_1 dan h_2 .

MANOMETER-SELANG PENGGUNAAN PLAT (5 LUBANG) R1
(SEBELUM DIBERI TEKANAN)



MANOMETER-SELANG PENGGUNAAN PLAT (5 LUBANG) R1
(SETELAH DIBERI TEKANAN)



Gambar. 4.1 Contoh gambar manometer-selang saat sebelum dan sesudah diberi tekanan

Dari ketinggian (Δh) diatas, maka kita dapat mencari perbedaan tekanan (P) dengan persamaan dibawah ini :

$$P = \rho g \Delta h \quad (2.5)$$

Dimana : ρ = rapat jenis (kg/m^3)

untuk Alkohol = 800 kg/m^3

g = konstanta gravitasi = $9,8 \text{ m/s}^2$

Δh = beda tinggi manometer

Contoh perhitungan untuk data Variasi hambatan Plat I (5 lubang) Δh (R1, A1) :

$$P = 800 \times 9,8 \times 0,06 = 470,4 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan pada Segmen selanjutnya dapat dilakukan dengan persamaan yang sama. Dan dapat lihat tabel dibawah ini :

Tabel. 4.4 Data tekanan (P) & kerugian tekanan

| Variasi Hambatan | Segmen | P (Pa) | ΔP (Pa) | Variasi Hambatan | Segmen | P (Pa) | ΔP (Pa) | |
|----------------------|--------|--------|-----------------|------------------|-----------------------|--------|-----------------|------|
| Plat I (5 Lubang) | R1 | A1 | 470,4 | 0 | Plat II (9 Lubang) | A1 | 462,56 | 7,84 |
| | | A2 | 470,4 | | | A2 | 454,72 | |
| | | B1 | 493,92 | | | B1 | 493,92 | |
| | | B2 | 478,24 | | | B2 | 470,4 | |
| | R2 | A1 | 470,4 | 0 | A1 | 454,72 | 7,84 | |
| | | A2 | 470,4 | | A2 | 446,88 | | |
| | | B1 | 486,08 | | B1 | 478,24 | | |
| | | B2 | 470,4 | | B2 | 462,56 | | |
| R3 | A1 | 462,56 | 7,84 | A1 | 454,72 | 7,84 | | |
| | A2 | 454,72 | | A2 | 446,88 | | | |
| | B1 | 478,24 | | B1 | 478,24 | | | |
| | B2 | 462,56 | | B2 | 454,72 | | | |
| R4 | A1 | 454,72 | 7,84 | A1 | 454,72 | 15,68 | | |
| | A2 | 446,88 | | A2 | 439,04 | | | |
| | B1 | 470,4 | | B1 | 462,56 | | | |
| | B2 | 462,56 | | B2 | 446,88 | | | |
| R5 | A1 | 439,04 | 7,84 | A1 | 439,04 | 15,68 | | |
| | A2 | 431,2 | | A2 | 423,36 | | | |
| | B1 | 462,56 | | B1 | 454,72 | | | |
| | B2 | 454,72 | | B2 | 439,04 | | | |

| Variasi Hambatan | Segmen | P (Pa) | ΔP (Pa) | Variasi Hambatan | Segmen | P (Pa) | ΔP (Pa) | | |
|-------------------------|--------|--------|---------|------------------|------------------------|--------|---------|-------|-------|
| Plat III (13 Lubang) | R1 | A1 | 470,4 | 15,68 | Plat IV (17 Lubang) | A1 | 462,56 | 23,52 | |
| | | A2 | 454,72 | | | A2 | 439,04 | | |
| | | B1 | 486,08 | | | B1 | 486,08 | | |
| | R2 | B2 | 462,56 | 23,52 | | B2 | 454,72 | | 31,36 |
| | | A1 | 462,56 | | | A1 | 454,72 | | |
| | | A2 | 446,88 | | | A2 | 439,04 | | |
| | | B1 | 478,24 | | | B1 | 462,56 | | |
| | R3 | B2 | 454,72 | 15,68 | | B2 | 439,04 | | 23,52 |
| | | A1 | 454,72 | | | A1 | 446,88 | | |
| | | A2 | 439,04 | | | A2 | 423,36 | | |
| | | B1 | 470,4 | | | B1 | 462,56 | | |
| | R4 | B2 | 446,88 | 23,52 | | B2 | 439,04 | | 23,52 |
| A1 | | 446,88 | A1 | | 431,2 | | | | |
| A2 | | 431,2 | A2 | | 407,68 | | | | |
| B1 | | 454,72 | B1 | | 454,72 | | | | |
| R5 | B2 | 439,04 | 15,68 | B2 | 431,2 | 23,52 | | | |
| | A1 | 431,2 | | A1 | 423,36 | | | | |
| | A2 | 415,52 | | A2 | 407,68 | | | | |
| | B1 | 446,88 | | B1 | 454,72 | | | | |
| | B2 | 431,2 | | B2 | 431,2 | | | | |

Kerugian pada head akibat gesekan dapat dihitung menggunakan persamaan Darcy-Weisbach Yaitu :

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2 g} \quad (2.14)$$

Dimana :

f = Koefisien gesek

L = Panjang Pipa (m)

V = Kecepatan Aliran (m/s)

D = Diameter Pipa (m)

g = Konstanta Gravitasi (m/s²)

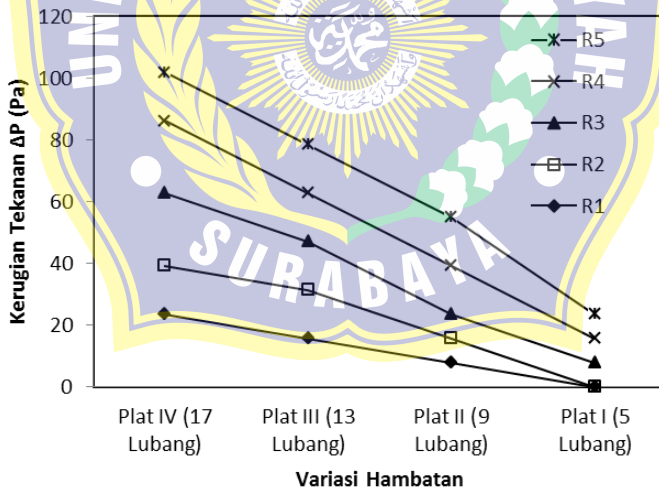
Perhitungan Koefisien gesek pada $Re = 26584,99$ pada penggunaan Hambatan Plat I (5 Lubang) di R1 :

$$h_f = 0.0023 \frac{1.03 \times 7^2}{0.058 \times 2 \times 9.8} = 0,102112 \text{ m}$$

Perhitungan pada Segmen selanjutnya dapat dilakukan dengan persamaan yang sama. Dan dapat lihat tabel dibawah ini :

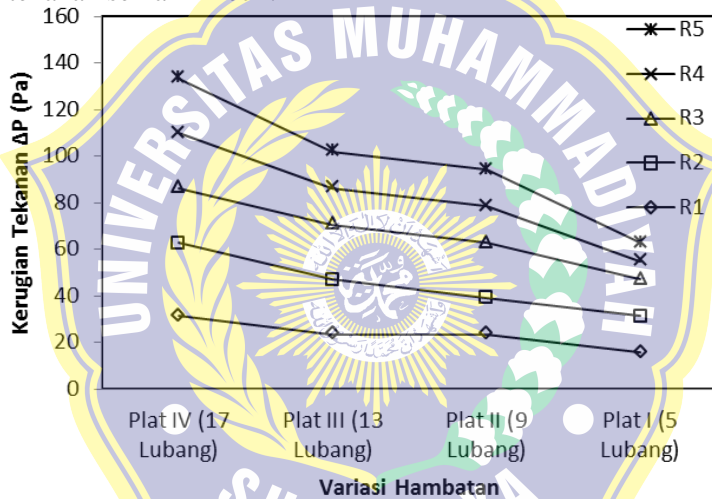
| Variasi Hambatan | Re | hf (R1) | hf (R2) | hf (R3) | hf (R4) | hf (R5) |
|------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| (5 Lubang) | 21688,94 | 0,102112 | 0,0924385 | 0,099215 | 0,082711 | 0,099215 |
| (9 Lubang) | 25401,46 | 0,136726 | 0,1267857 | 0,120367 | 0,140123 | 0,10505 |
| (13 Lubang) | 30286,36 | 0,213125 | 0,1880747 | 0,221823 | 0,157109 | 0,157109 |
| (17 Lubang) | 28332,4 | 0,143561 | 0,1577319 | 0,196076 | 0,140123 | 0,161379 |

Tabel. 4.5 Koefisien gesek yang terjadi pada tiap hambatan plat & Belokan pipa



Gambar 4.2 Grafik Kerugian Tekanan Pada Segmen A1-A2.

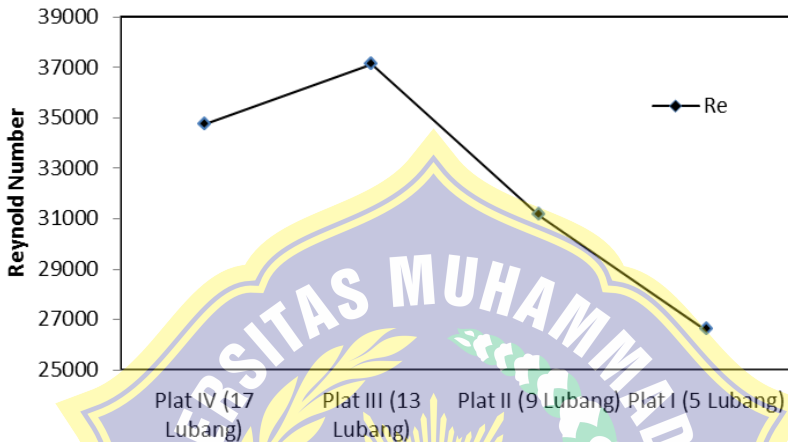
Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa variasi hambatan pada segmen A1-A2 (belokan 90° sisi bagian dalam) memiliki nilai kerugian tekanan maksimum sebesar 23,52 pada variasi hambatan Plat IV (17 Lubang). Sedangkan Kerugian tekanan minimum terjadi pada variasi hambatan Plat I (5 Lubang) sebesar 0. Maka semakin kecilnya hambatan (laju aliran diperbesar) kerugian tekanan semakin besar dan jika semakin besar hambatan (laju aliran diperkecil) kerugian tekanan semakin kecil.



Gambar 4.3 Grafik Kerugian Tekanan Pada Segmen B1-B2

Grafik pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa variasi hambatan pada segmen B1-B2 (belokan 90° sisi bagian dalam) memiliki nilai kerugian tekanan maksimum sebesar 31,36 Pa pada variasi hambatan Plat IV (17 Lubang). Sedangkan Kerugian tekanan minimum terjadi pada variasi hambatan Plat I (5 Lubang) sebesar 7,84 Pa. Maka semakin kecilnya hambatan (Laju aliran diperbesar) kerugian tekanan

semakin besar dan jika semakin besar hambatan (laju aliran diperkecil) kerugian tekanan semakin kecil.



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh variasi hambatan Pada Segmen Reynolds Number.

Grafik pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa pada variasi hambatan Plat III (13 Lubang) memiliki nilai Re 30286,36 dan pada Plat I (5 Lubang) memiliki nilai Re 21688,94. Maka pengaruh hambatan pada nilai bilangan reynold, jika variasi hambatan semakin besar maka bilangan reynold semakin kecil