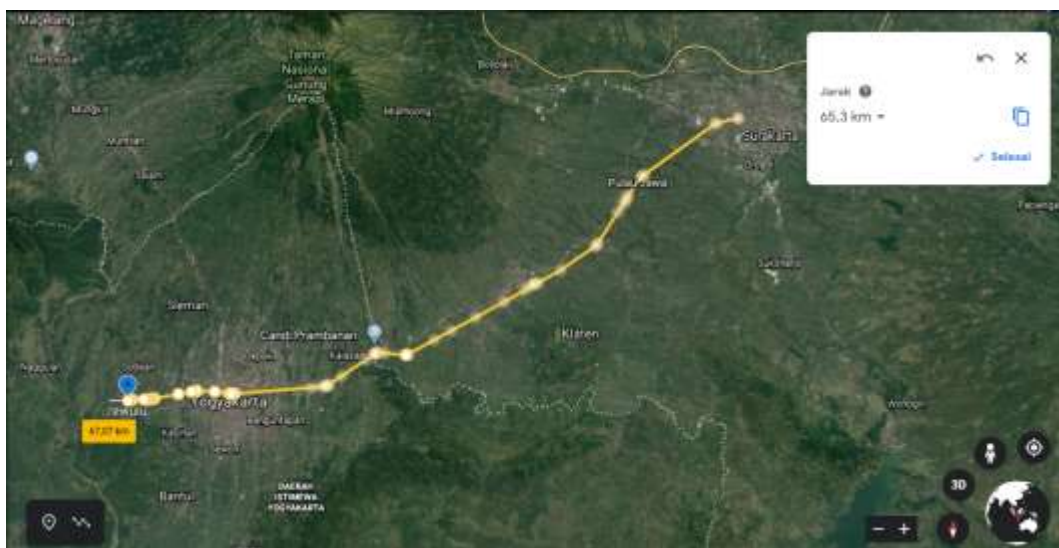


BAB IV

HASIL DAN PERHITUNGAN

4.1. Survey Lokasi Rancangan

Hasil dari survey lokasi adalah didapatkan lokasi rancangan pipa bahan bakar dari stasiun Rewulu ke stasiun Purwosari yang didapatkan dari *google earth*.



Gambar 4.1. Lokasi Rancangan

Dari hasil survey lokasi didapatkan data ketinggian setiap stasiun yang dilewati pipa rancangan dengan hasil :

1. Stasiun Rewulu

Lokasi : Daerah Istimewa Yogyakarta, kabupaten Bantul

Ketinggian : +88 m

Letak : 0 km

2. Stasiun Patukan

Lokasi : Daerah Istimewa Yogyakarta, kabupaten Sleman

Ketinggian : +88 m

Letak : 4,59 km

3. Stasiun Yogyakarta
Lokasi : Daerah Istimewa Yogyakarta, kota Yogyakarta
Ketinggian : +113 m
Letak : 4,24 km
4. Stasiun Lempuyangan
Lokasi : Daerah Istimewa Yogyakarta, kota Yogyakarta
Ketinggian : +114 m
Letak : 1,37 km
5. Stasiun Maguwo
Lokasi : Daerah Istimewa Yogyakarta, kabupaten Sleman
Ketinggian : +118 m
Letak : 6,70 km
6. Stasiun Kalasan
Lokasi : Daerah Istimewa Yogyakarta, kabupaten Sleman
Ketinggian : +126 m
Letak : 3,50 km
7. Stasiun Brambanan
Lokasi : provinsi Jawa Tengah, kabupaten Klaten
Ketinggian : +146
Letak : 4,50 km
8. Stasiun Srowot
Lokasi : provinsi Jawa Tengah, kabupaten Klaten
Ketinggian : +152 m
Letak : 5,80 km
9. Stasiun Klaten
Lokasi : provinsi Jawa Tengah, kabupaten Klaten
Ketinggian : +151 m
Letak : 6,80 km
10. Stasiun Ketandan
Lokasi : provinsi Jawa Tengah, kabupaten Klaten
Ketinggian : +148 m

Letak : 3,80 km

11. Stasiun Ceper

Lokasi : provinsi Jawa Tengah, kabupaten Klaten

Ketinggian : +133 m

Letak : 5,50 km

12. Stasiun Delanggu

Lokasi : provinsi Jawa Tengah, kabupaten Klaten

Ketinggian : +133 m

Letak : 6,20 km

13. Stasiun Gawok

Lokasi : provinsi Jawa Tengah, kabupaten Sukoharjo

Ketinggian : +118 m

Letak : 5,70 km

14. Stasiun Purwosari

Lokasi : provinsi Jawa Tengah, kabupaten Surakarta

Ketinggian : +98 m

Letak : 6,60 km

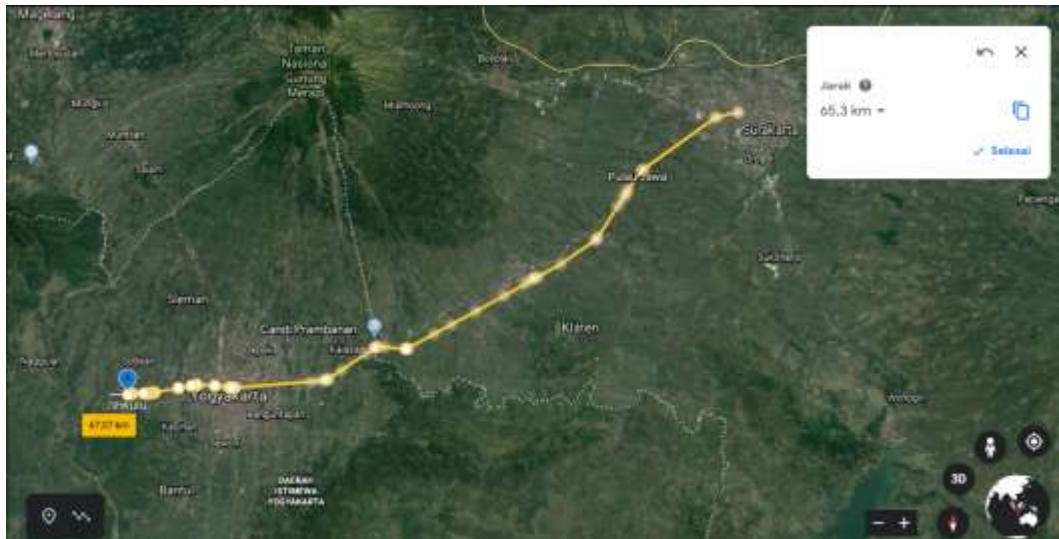
Setelah didapatkan lokasi dan data ketinggian setiap stasiun yang dilewati untuk memastikan akurasi informasi yang didapatkan di internet dilakukan juga survey secara langsung dengan melihat 3 titik secara acak yaitu :

Tabel 4.1. Ketinggian Stasiun

No	Stasiun	Ketinggian
1	Rewulu	88 m
2	Tugu Yogyakarta	113 m
3	Purwosari	98 m

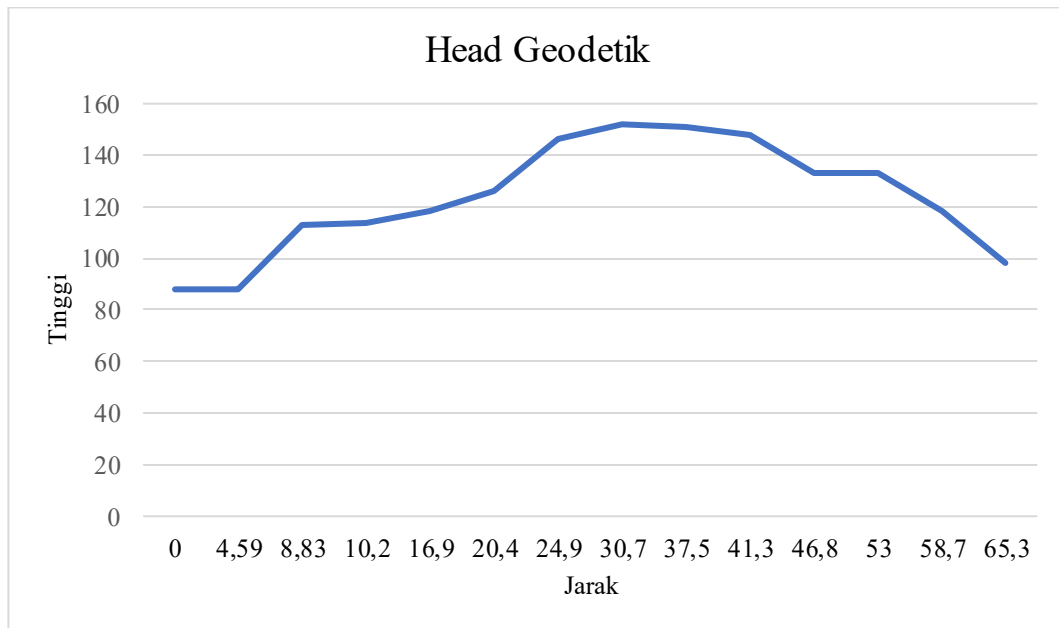
4.2. Membuat Jalur Rancangan

Pembuatan jalur rancangan pipa bahan bakar buat menggunakan *google earth* dengan mengikuti jalur kereta api dari stasiun Rewulu ke stasiun Purwosari :



Gambar 4.2. Jalur Rancangan

Langkah awal dalam pembuatan jalur rancangan pipa bahan bakar minyak dari Stasiun Rewulu ke Stasiun Purwosari adalah membuka aplikasi google earth, kemudian memilih tempat yaitu Stasiun Rewulu dan ditandai dengan pin begitu seterusnya sampai Stasiun Purwosari. Setelah diketahui semua tempat dengan melihat pin, pilih menu “tambahkan jalur” lalu klik pin dari Stasiun Rewulu sampai Stasiun Purwosari mengikuti jalur kereta api. Maka didapatkan panjang jalur tersebut. Dari hasil pembuatan jalur rancangan pipa bahan bakar di dapatkan hasil panjang jalur yaitu 65,35 Km.



Gambar 4.3. Head Geodetik

4.3. Menetapkan Ukuran Pipa

$$V = Q \times A$$

$$Q = 290 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0805556 \text{ m}^3/\text{s}$$

Penentuan debit dilakukan dengan mencari informasi bahan bakar minyak yang dibutuhkan setiap SPBU yang ada di daerah Solo dan sekitarnya. Dapat diakses melalui web resmi Pertamina dan didapatkan nilai debit sebesar 290 m³/jam.

$$V \leq 2 \text{ m/s (asumsi awal)}$$

Maka,

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

$$A = \frac{0,0805556}{2}$$

$$A = 0,0402778 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$0,0402778 = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{4}{\pi} 0,0402778$$

$$D = \sqrt{0,0513093}$$

$$D = 0,2265155 \text{ m}$$

$$D = 8,9179355 \text{ in}$$

$$D = 8,918 \text{ in}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat ditetapkan ukuran diameter yang lebih besar mendekati yaitu pipa 10 inchi.

Pada perhitungan ini standar pipa menggunakan **API 5L**.

NPS = 10 inchi, SCH 80 Seamless Grade A.

Tebal = 0,595" – (*Schedule 80*)

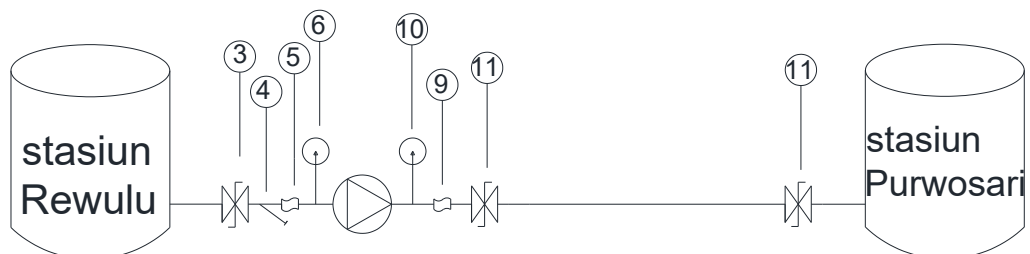
Internal Diameter = 10,750" - (2 x 0,595")

= 9,56"

= 242,824 mm

= 0,243 m

4.4. *Engineer Flow Diagram*



4.4.1. Kondisi Suction

1. Fluida kerja : Minyak Bensin dan Solar
2. *Head Geodhetic Suction* : 1 Meter
3. *Butterfly Valve* : 1 Buah
4. *T-Y Strainer* : 1 Buah
5. *Fleksible joint* : 1 Buah
6. *Swing Check Valve* : 1 Buah

4.4.2. Kondisi discharge

6. Debit : 290 kiloliter/jam → 290 m³/jam
7. *Head Geodhetic* : 64 meter
8. Panjang pipa : 65,35 Km
9. *Fleksibel Joint* : 1 Buah
10. *Swing Check Valve* : 1 Buah
11. *Butterfly Valve* : 2 Buah
12. *Long Elbow* : 4 Buah
13. *Short Elbow* : 12 Buah

4.5. Perhitungan Karakteristik Pipa 10 inchi

4.5.1. Misal Kapasitas Aliran 0 m³/jam

$$Q = 0 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0}{0,04} = 0 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristk pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk

mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

- b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0 \text{ m/s}$$

$$D = 0,243 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,75 \times 0,243}{0,00000257}$$

$$Re = 0$$

- c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

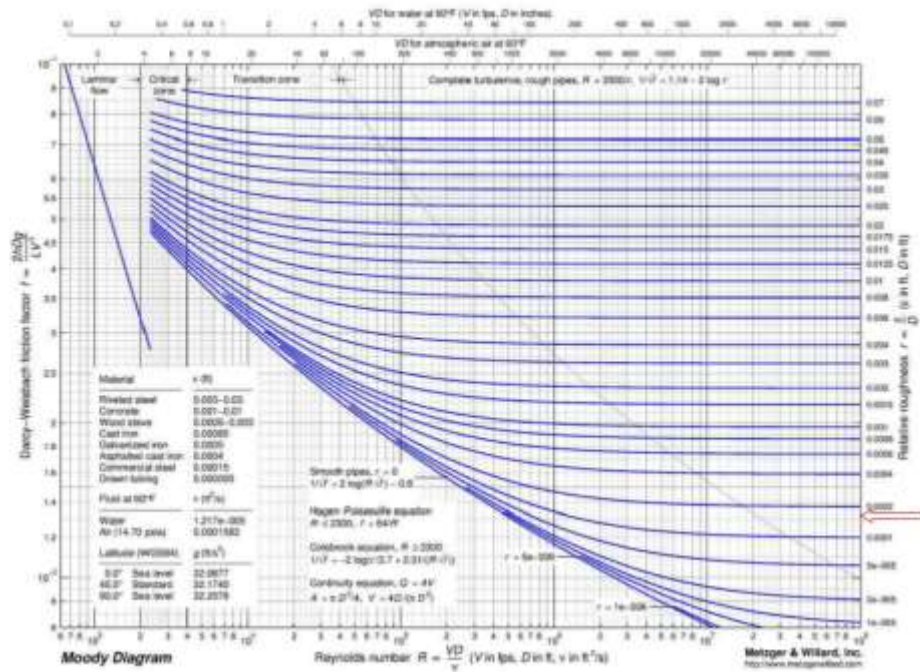
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 243$$

$$= 0,00018 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.4. Diagram Moody Aliran 0 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0 \times \frac{65350 \text{ m}}{0,243} \times \frac{0^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0 \times 268930,0411 \times 0$$

$$h_f = 0 \text{ m}$$

d) Head Velocity

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0 \text{ m}$$

4.5.2. Misal Kapasitas Aliran 50 m³/jam

$$Q = 50 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0138 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0138}{0,04} = 0,3 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0,3 \text{ m/s}$$

$$D = 0,243 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Re} = \frac{V D}{V_k}$$

$$\text{Re} = \frac{0,3 \times 0,243}{0,00000257}$$

$$\text{Re} = 28365,76$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

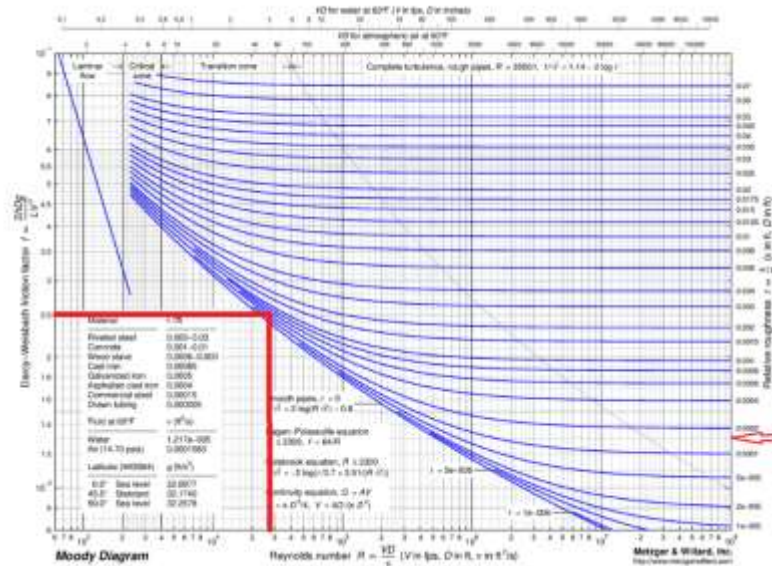
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 243$$

$$= 0,00018 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.5. Diagram Moody Aliran 50 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,025$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,025 \times \frac{65350 \text{ m}}{0,243} \times \frac{0,3^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,025 \times 268930,0411 \times 0,005$$

$$h_f = 33,616 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(0,3 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,005 \text{ m}$$

4.5.3. Misal Kapasitas Aliran 100 m³/jam

$$Q = 100 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0277 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0277}{0,04} = 0,7 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0,7 \text{ m/s}$$

$$D = 0,243 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Re} = \frac{V D}{V_k}$$

$$\text{Re} = \frac{0,7 \times 0,243}{0,00000257}$$

$$\text{Re} = 66186,77$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

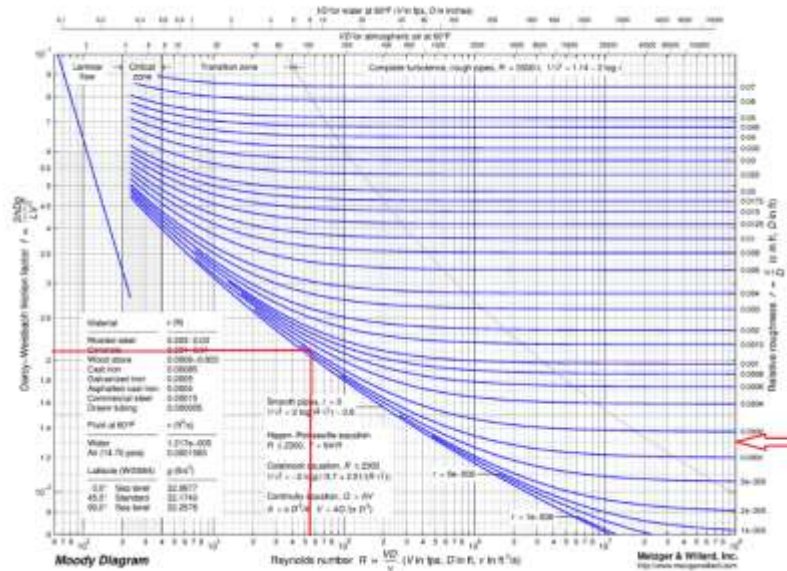
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 243$$

$$= 0,00018 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.6. Diagram Moody Aliran 100 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f = 0,021

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,021 \times \frac{65350 \text{ m}}{0,243} \times \frac{0,7^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,021 \times 268930,0411 \times 0,0250$$

$$h_f = 141,1883 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(0,7 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,0250 \text{ m}$$

4.5.4. Misal Kapasitas Aliran 150 m³/jam

$$Q = 150 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0417 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0417}{0,04} = 1,0 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,0 \text{ m/s}$$

$$D = 0,243 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,0 \times 0,243}{0,00000257}$$

$$Re = 94552,53$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

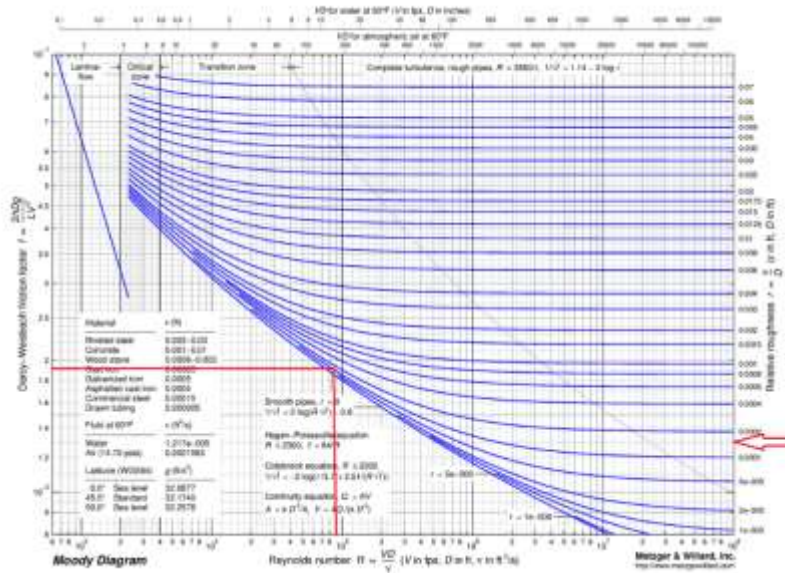
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 243$$

$$= 0,00018 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.7. Diagram Moody Aliran 150 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f = 0,019

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,019 \times \frac{65350 \text{ m}}{0,243} \times \frac{1,0^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,019 \times 268930,0411 \times 0,051$$

$$h_f = 260,593 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2g}$$

$$Hv = \frac{(1,0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,051 \text{ m}$$

4.5.5. Misal Kapasitas Aliran 200 m³/jam

$$Q = 200 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0556 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0556}{0,04} = 1,39 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,39 \text{ m/s}$$

$$D = 0,243 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Re} = \frac{V D}{V_k}$$

$$\text{Re} = \frac{1,39 \times 0,243}{0,00000257}$$

$$\text{Re} = 131428,016$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

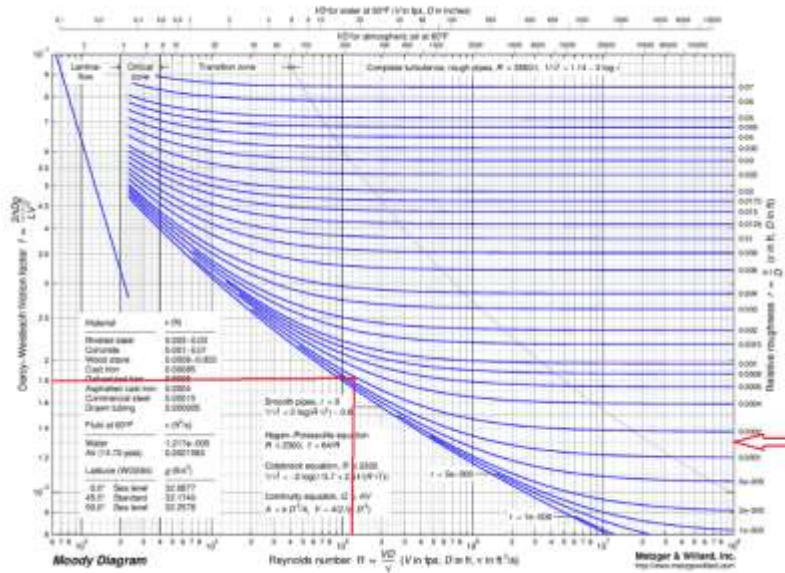
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 243$$

$$= 0,00018 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.8. Diagram Moody Aliran 200 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,018$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,018 \times \frac{65350 \text{ m}}{0,243} \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,018 \times 268930,0411 \times 0,099$$

$$h_f = 479,233 \text{ m m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(1,39 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,099 \text{ m}$$

4.5.6. Misal Kapasitas Aliran 250 m³/jam

$$Q = 250 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0694 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0694}{0,04} = 1,735 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,735 \text{ m/s}$$

$$D = 0,243 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,735 \times 0,243}{0,00000257}$$

$$Re = 164048,638 \text{ m}$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

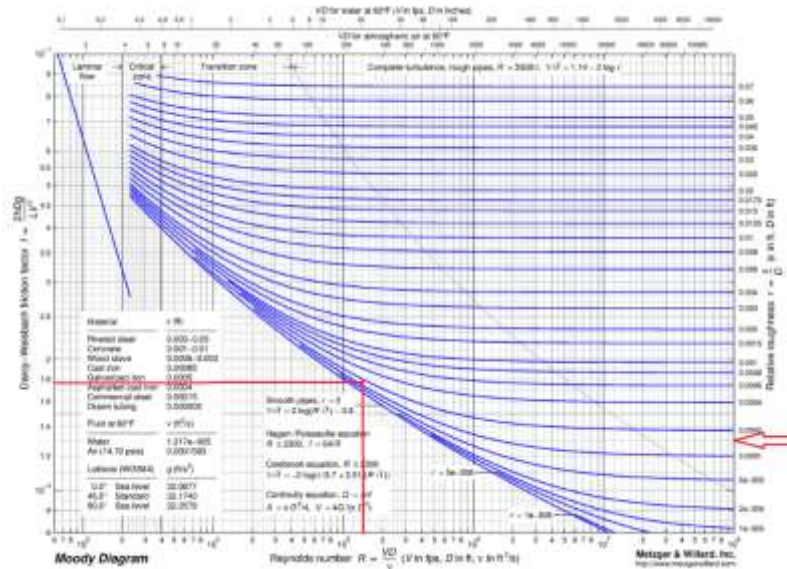
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 243$$

$$= 0,00018 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (*f*)



Gambar 4.9. Diagram Moody Aliran 250 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,0178$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,0178 \times \frac{65350 \text{ m}}{0,243} \times \frac{1,735^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,0178 \times 268930,0411 \times 0,153$$

$$h_f = 732,404 \text{ m m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(1,735 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81}$$

$$Hv = 0,153 \text{ m}$$

4.5.7. Misal Kapasitas Aliran 290 m³/jam

$$Q = 290 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0806 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0806}{0,04} = 2,015 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,015 \text{ m/s}$$

$$D = 0,243 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,015 \times 0,243}{0,00000257}$$

$$Re = 190523,346$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

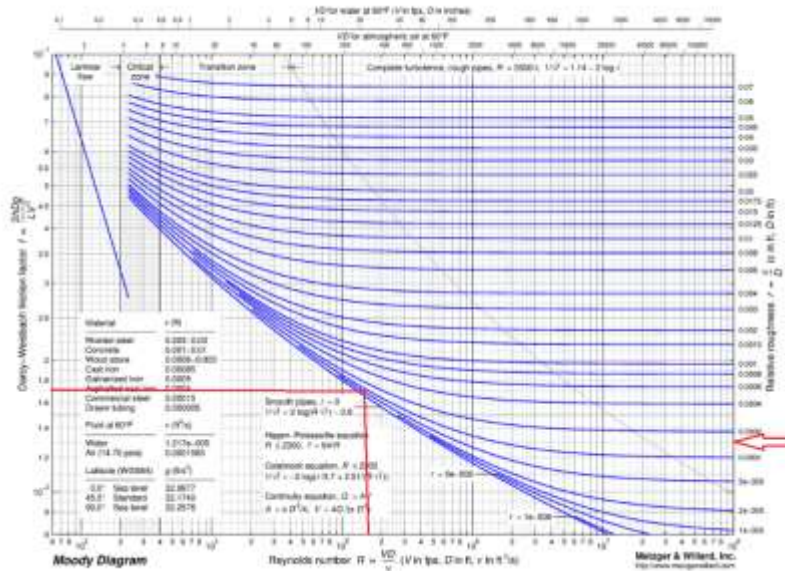
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 243$$

$$= 0,00018 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.10. Diagram Moody Aliran 290 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,017$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,017 \times \frac{65350 \text{ m}}{0,243} \times \frac{2,015^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,017 \times 268930,0411 \times 0,207$$

$$h_f = 946,365 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2g}$$

$$Hv = \frac{(2,015 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,207 \text{ m}$$

4.5.8. Misal Kapasitas Aliran 350 m³/jam

$$Q = 350 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0972 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0972}{0,04} = 2,43 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,43 \text{ m/s}$$

$$D = 0,243 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,43 \times 0,243}{0,00000257}$$

$$Re = 229762,646$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

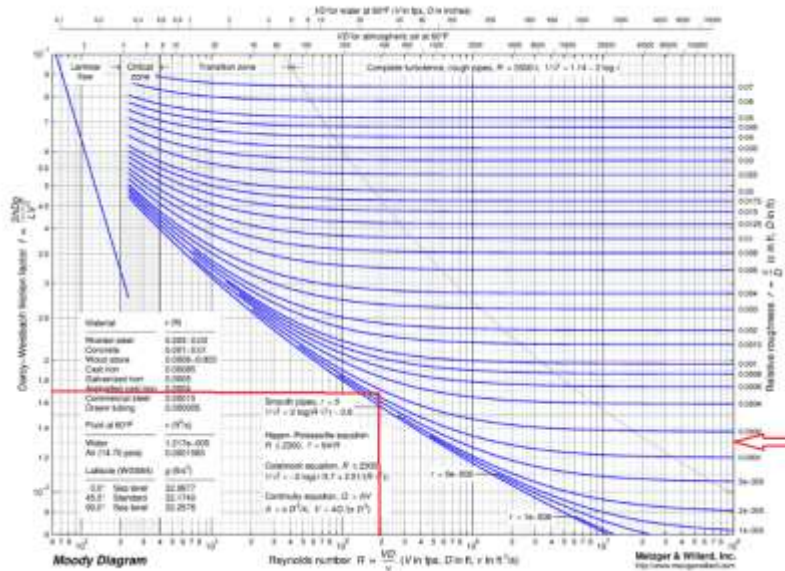
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 243$$

$$= 0,00018 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.11. Diagram Moody Aliran 350 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f = 0,0165

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,0165 \times \frac{65350 \text{ m}}{0,243} \times \frac{2,43^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,0165 \times 268930,0411 \times 0,3$$

$$h_f = 1331,204 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(2,43 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,3 \text{ m}$$

4.5.9. Misal Kapasitas Aliran 400 m³/jam

$$Q = 400 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,1}{0,04} = 2,5 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,5 \text{ m/s}$$

$$D = 0,243 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,5 \times 0,243}{0,00000257}$$

$$Re = 236381,323$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

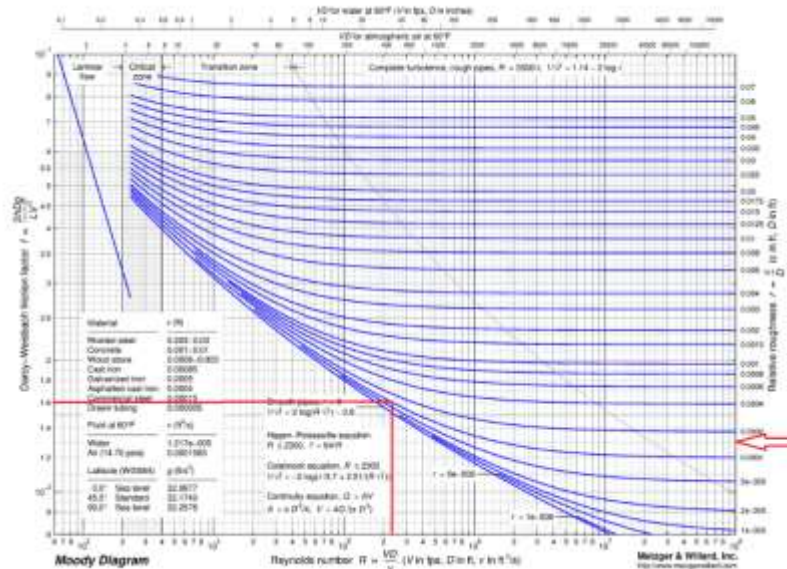
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 243$$

$$= 0,00018 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.12. Diagram Moody Aliran 400 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,016$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,016 \times \frac{65350 \text{ m}}{0,243} \times \frac{2,5^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,016 \times 268930,0411 \times 0,319$$

$$h_f = 1372,619 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

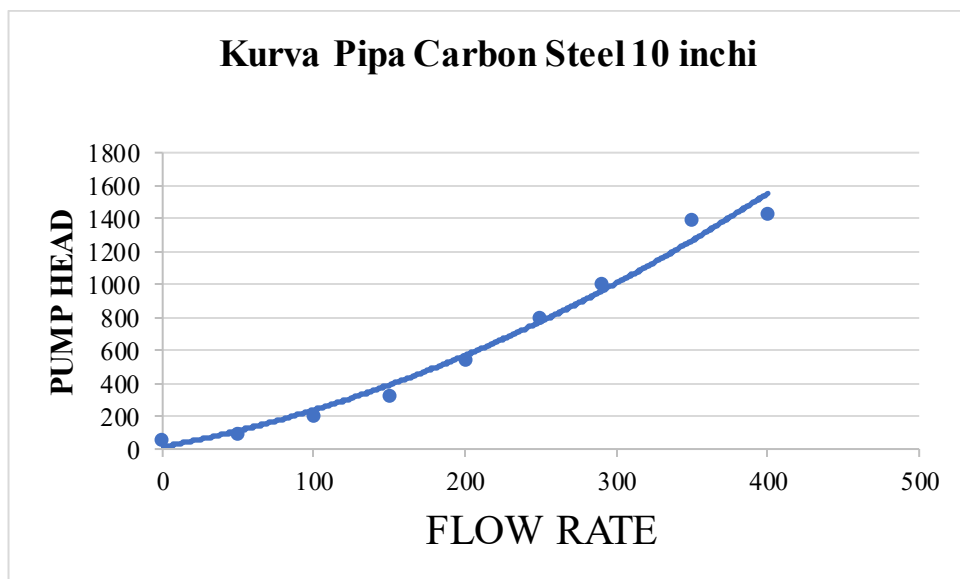
$$Hv = \frac{v^2}{2g}$$

$$Hv = \frac{(2,5 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,319 \text{ m}$$

Tabel 4.2. Kapasitas Aliran dalam Pipa

No	Q (m ³ /jam)	hf = f x l (m)	$h_{v=\frac{v^2}{2g}}$	hl = hf + hv (m)	H _D = h _l + h _g (m)
1	0	0	0	0	64
2	50	33,616	0,005	33,621	97,616
3	100	141,188	0,025	141,213	205,188
4	150	260,593	0,051	260,644	324,593
5	200	479,233	0,099	479,332	543,233
6	250	732,404	0,153	732,557	796,404
7	290	946,365	0,207	946,572	1010,365
8	350	1331,204	0,3	1331,504	1395,204
9	400	1372,619	0,319	1372,938	1436,619



Gambar 4.13. Kurva Karakteristik Aliran Pipa

Untuk pemilihan pompa yang sesuai dengan karakteria rancangan pipa bahan bahan bakar dari stasiun Rewulu ke stasiun Purwosari dengan debit 290 m³/jam, diameter pipa 10 inchi, panjang jalur 65,35 Km tidak ditemukan pompa yang dapat memenuhi kebutuhan aliran maka diameter

pipa akan diperbesar, dengan diperbesarnya diameter pipa maka nilai dari *pump head* akan lebih kecil.

4.5.10. Perhitungan *Pump Head* dengan Diameter Pipa 20 inchi

$$Q = 290 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0806 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0806}{0,04} = 2,015 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,015 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Re} = \frac{V D}{V_k}$$

$$\text{Re} = \frac{2,015 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$\text{Re} = 349684,825$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

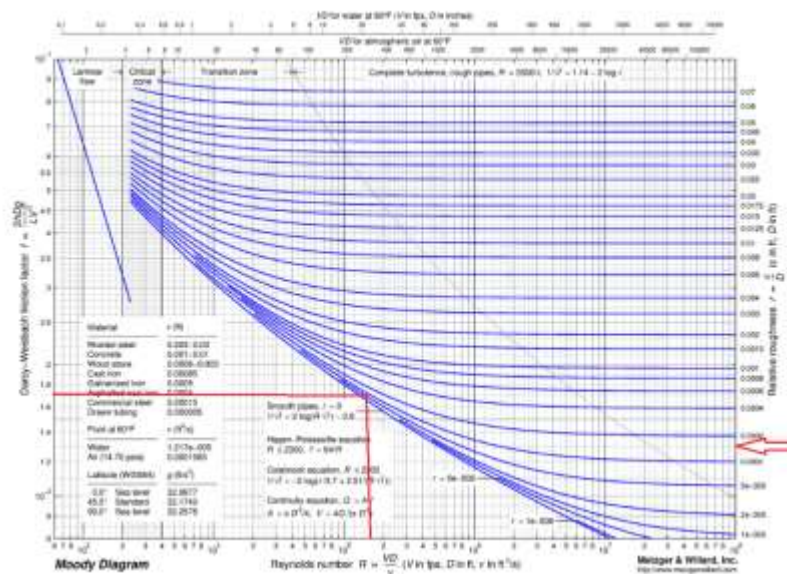
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.14. Diagram Moody Aliran 290 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,0158$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,0158 \times \frac{65350 \text{ m}}{0,446} \times \frac{2,015^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,0158 \times 146524,664 \times 0,207$$

$$h_f = 479,224 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(2,015 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,207 \text{ m}$$

Setelah diameter pipa diperbesar, nilai dari *Pump Head* 543,431 m. Dengan nilai sebesar itu tetap tidak ditemukan pompa yang sesuai kebutuhan rancangan, solusi jalur dibagi 3 *saction*.

4.6. Perhitungan Karakteristik Pipa 20 inchi dengan 3 *saction*

4.6.1. Stasiun Rewulu – Stasiun Kalasan

4.6.1.1. Misal Kapasitas Aliran 0 m³/jam

$$Q = 0 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0}{0,04} = 0 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{v D}{\nu_k}$$

$$Re = \frac{0 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 0$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

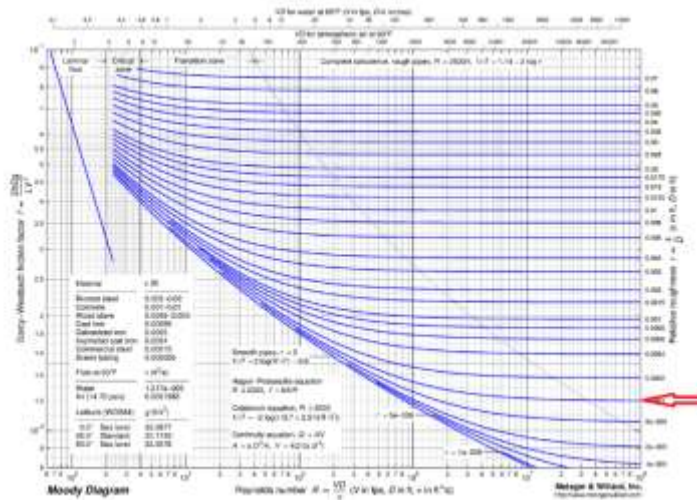
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.15. Diagram Moody Aliran 0 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f = 0

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{0^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0 \times 45739,91 \times 0$$

$$h_f = 0 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0 \text{ m}$$

4.6.1.2. Misal Kapasitas Aliran 50 m³/jam

$$Q = 50 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0138 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0138}{0,04} = 0,3 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{v D}{\nu_k}$$

$$Re = \frac{0,3 \times 0,446}{0,0000257}$$

$$Re = 52062,257$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

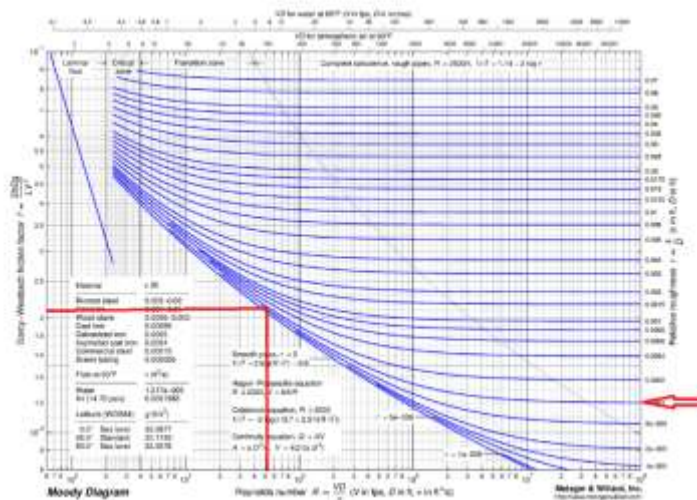
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.16. Diagram Moody Aliran 50 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f = 0,021

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,021 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{0,3^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,021 \times 45739,91 \times 0,005$$

$$h_f = 4,803 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(0,3 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,005 \text{ m}$$

4.6.1.3. Misal Kapasitas Aliran 100 m³/jam

$$Q = 100 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0277 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0277}{0,04} = 0,7 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0,7 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{0,7 \times 0,446}{0,0000257}$$

$$Re = 121478,60$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

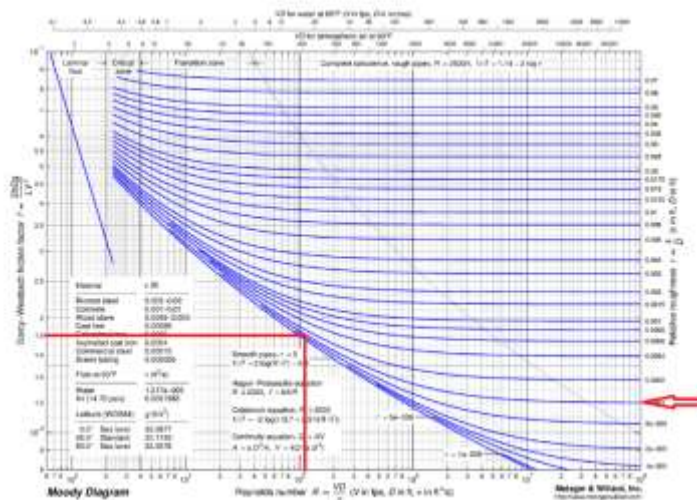
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.17. Diagram Moody Aliran 100 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f = 0,018

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,018 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{0,7^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,018 \times 45739,91 \times 0,0250$$

$$h_f = 20,583 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(0,7 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,0250 \text{ m}$$

4.6.1.4. Misal Kapasitas Aliran 150 m³/jam

$$Q = 150 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0417 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0417}{0,04} = 1,0 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,0 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,0 \times 0,446}{0,0000257}$$

$$Re = 17354,086$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

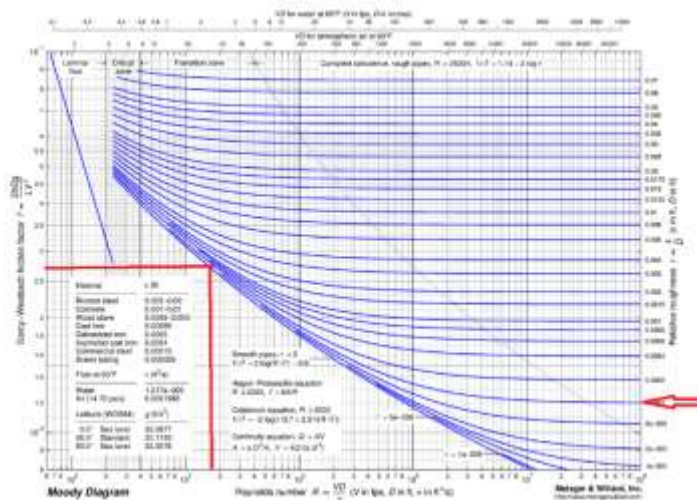
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.18. Diagram Moody Aliran 150 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f = 0,027

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,027 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{1,0^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,027 \times 45739,91 \times 0,015$$

$$h_f = 18,525 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(1,0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,015 \text{ m}$$

4.6.1.5. Misal Kapasitas Aliran 200 m³/jam

$$Q = 200 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0556 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0556}{0,04} = 1,39 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,39 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,39 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 241221,79$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

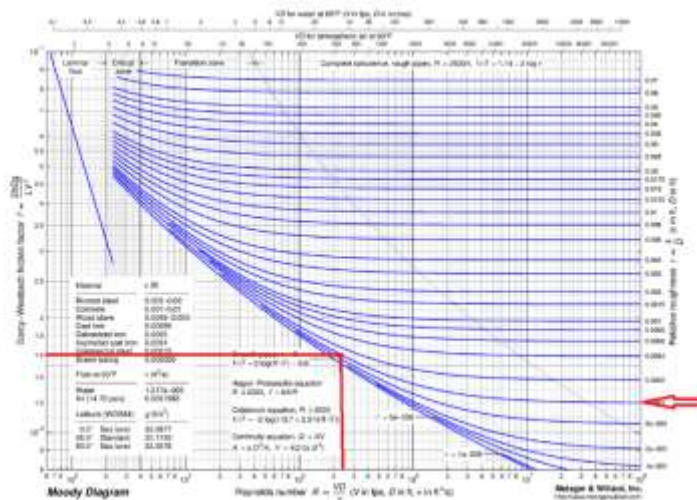
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.19. Diagram Moody Aliran 200 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f= 0,016

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,016 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,016 \times 45739,91 \times 0,099$$

$$h_f = 72,452 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(1,39 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,099 \text{ m}$$

4.6.1.6. Misal Kapasitas Aliran 250 m³/jam

$$Q = 250 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0694 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0694}{0,04} = 1,735 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,735 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,735 \times 0,446}{0,0000257}$$

$$Re = 301093,39$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

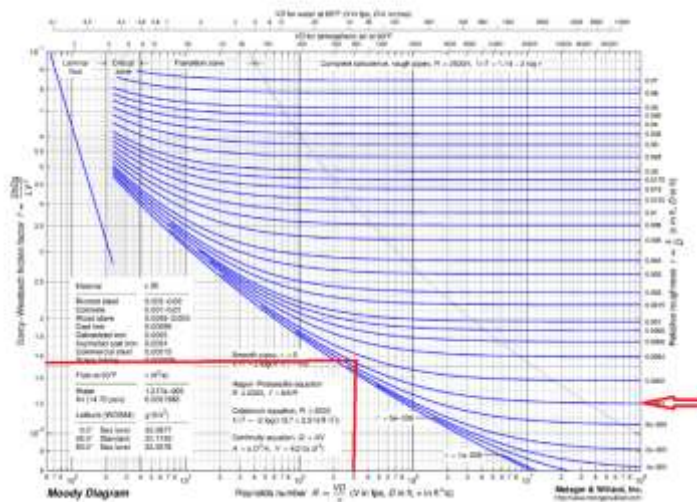
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.20. Diagram Moody Aliran 250 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f = 0,0175

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,0175 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{1,735^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,0175 \times 45739,91 \times 0,153$$

$$h_f = 122,47 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(1,735 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,153 \text{ m}$$

4.6.1.7. Misal Kapasitas Aliran 290 m³/jam

$$Q = 290 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0806 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0806}{0,04} = 2,015 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,015 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{v D}{\nu_k}$$

$$Re = \frac{2,015 \times 0,446}{0,0000257}$$

$$Re = 349684,825$$

c) Menghitung kekasaran Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

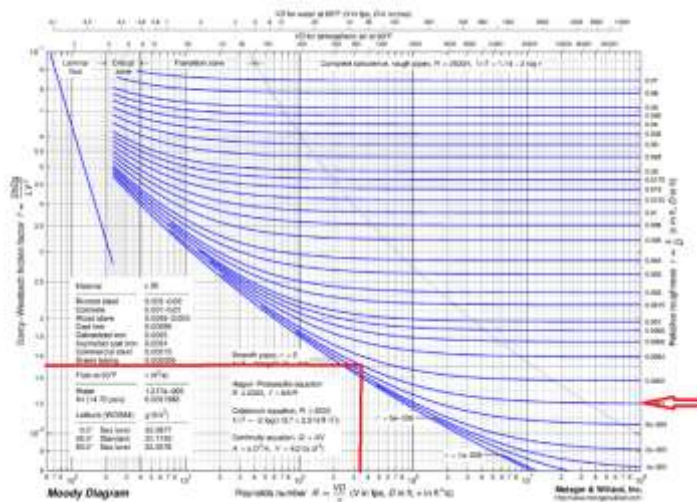
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.21. Diagram Moody Aliran 290 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f = 0,015

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,015 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{2,015^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,015 \times 45739,91 \times 0,207$$

$$h_f = 142,022 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(2,015 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,207 \text{ m}$$

4.6.1.8. Misal Kapasitas Aliran 350 m³/jam

$$Q = 350 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0972 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0972}{0,04} = 2,43 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,43 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,43 \times 0,446}{0,0000257}$$

$$Re = 421704,28$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

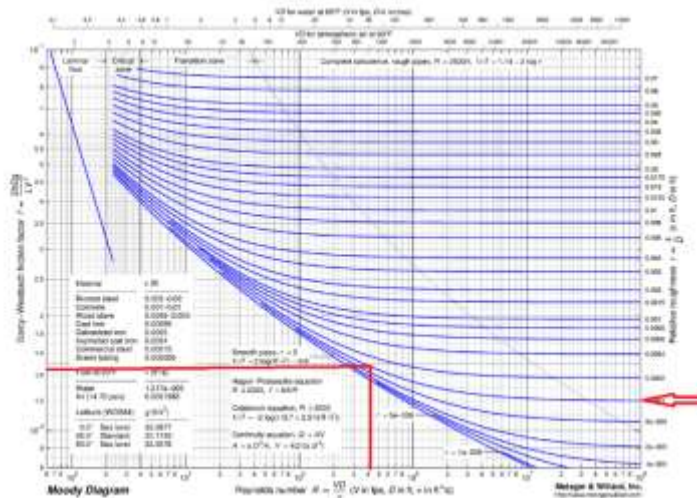
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.22. Diagram Moody Aliran $350 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,0145$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,0145 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{2,43^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,0145 \times 45739,91 \times 0,3$$

$$h_f = 198,97 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(2,43 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,3 \text{ m}$$

4.6.1.9. Misal Kapasitas Aliran 400 m³/jam

$$Q = 400 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,1}{0,04} = 2,5 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,5 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,5 \times 0,446}{0,0000257}$$

$$Re = 433852,14$$

c) Menghitung kekasaran Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

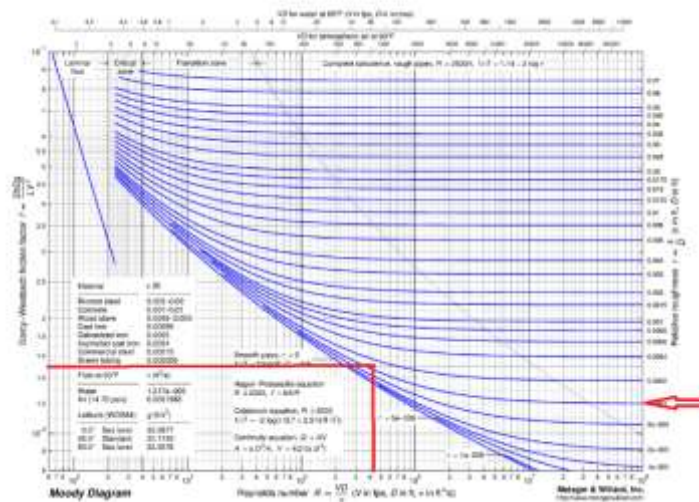
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.23. Diagram Moody Aliran 400 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : f = 0,015

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,015 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{2,5^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,015 \times 45739,91 \times 0,319$$

$$h_f = 218,86 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

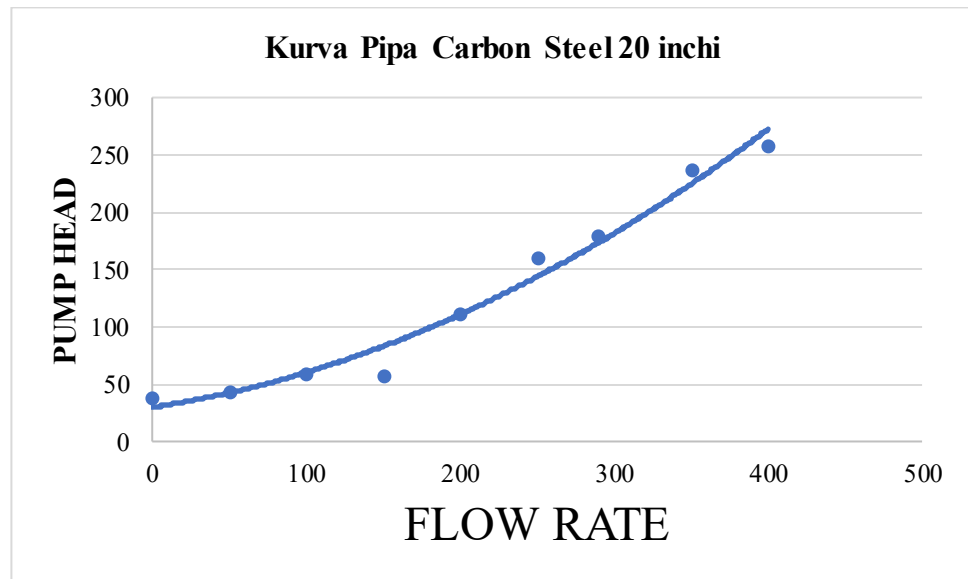
$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(2,5 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,319 \text{ m}$$

Tabel 4.3. Kapasitas Aliran dalam Pipa

No	Q (m ³ /jam)	hf = f x l (m)	h _{v = $\frac{v^2}{2g}$}	hl = h _{f + h_v} (m)	H _D = h _l + h _g (m)
1	0	0	0	0	38
2	50	4,803	0,005	4,808	42,803
3	100	20,583	0,025	20,608	58,583
4	150	18,525	0,015	18,54	56,525
5	200	72,452	0,099	72,551	110,452
6	250	122,47	0,153	122,623	160,47
7	290	142,022	0,207	142,229	180,022
8	350	198,97	0,3	199,27	236,97
9	400	218,86	0,319	219,179	256,86



Gambar 4.24. Kurva Karakteristik Pipa

4.6.2. Stasiun Kalasan – Stasiun Ketandan

4.6.2.1. Misal Kapasitas Aliran 0 m³/jam

$$Q = 0 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0}{0,046} = 0 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{0 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 0$$

c) Menghitung kekasaran Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

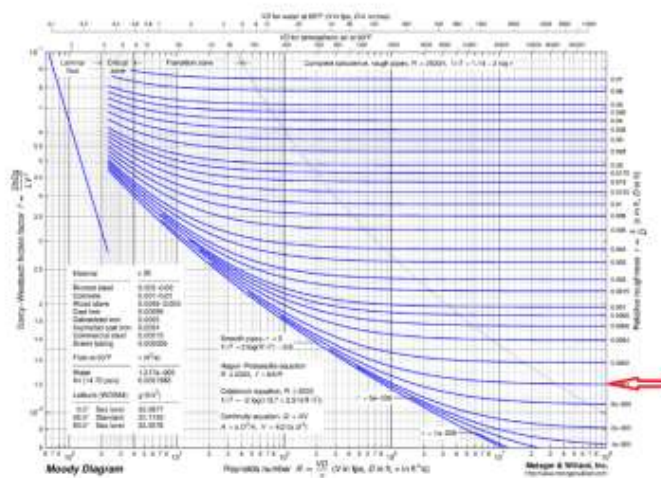
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.25. Diagram Moody Aliran 0 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0 \times \frac{20900 \text{ m}}{0,446} \times \frac{0^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0 \times 46860,99 \times 0$$

$$h_f = 0 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0 \text{ m}$$

4.6.2.2. Misal Kapasitas Aliran 50 m³/jam

$$Q = 50 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0138 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0138}{0,04} = 0,3 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0,3 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{V_k}$$

$$Re = \frac{0,3 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 52062,257$$

c) Menghitung kekasaran Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

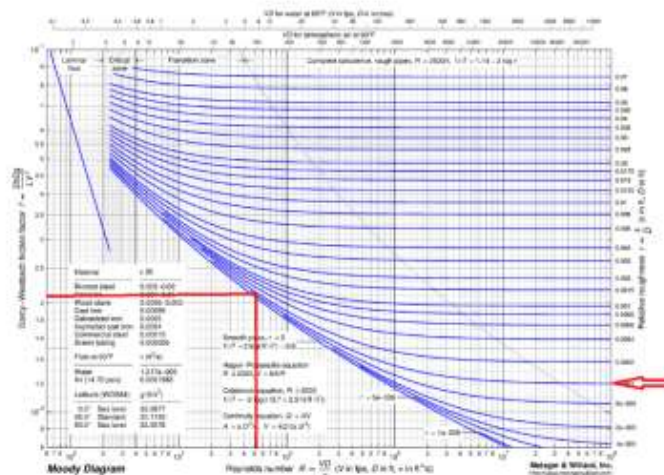
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.26. Diagram Moody Aliran 50 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,021$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,021 \times \frac{20900 \text{ m}}{0,446} \times \frac{0,3^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,021 \times 46860,99 \times 0,005$$

$$h_f = 4,920 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(0,3 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,005 \text{ m}$$

4.6.2.3. Misal Kapasitas Aliran 100 m³/jam

$$Q = 100 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0277 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0277}{0,04} = 0,7 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0,7 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{0,7 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 121478,60$$

c) Menghitung kekasaran Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

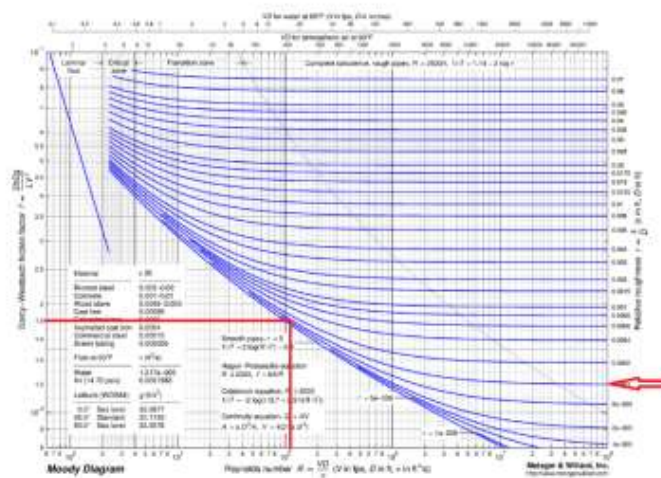
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.27. Diagram Moody Aliran 100 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,018$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,018 \times \frac{20900 \text{ m}}{0,446} \times \frac{0,7^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,018 \times 46860,99 \times 0,0250$$

$$h_f = 21,087 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(0,7 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,0250 \text{ m}$$

4.6.2.4. Misal Kapasitas Aliran 150 m³/jam

$$Q = 150 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0417 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0417}{0,04} = 1,0 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,0 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,0 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 17354,086$$

c) Menghitung kekasaran Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

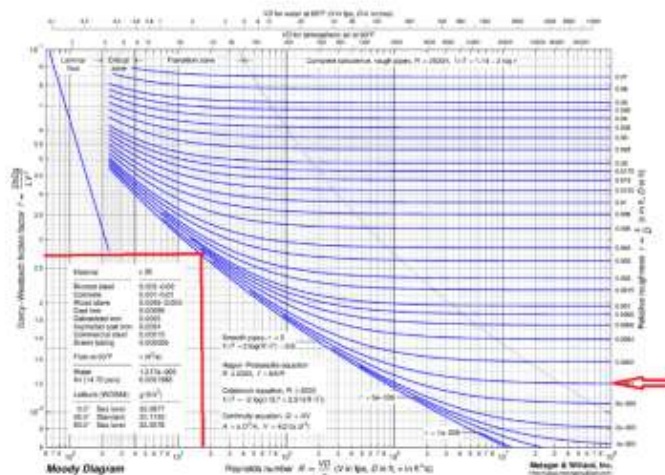
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.28. Diagram Moody Aliran 150 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,027$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,027 \times \frac{20900 \text{ m}}{0,446} \times \frac{1,0^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,027 \times 46860,99 \times 0,051$$

$$h_f = 64,528 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(1,0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,051 \text{ m}$$

4.6.2.5. Misal Kapasitas Aliran 200 m³/jam

$$Q = 200 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0556 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0556}{0,04} = 1,39 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,016$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,016 \times \frac{20900 \text{ m}}{0,446} \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,016 \times 46860,99 \times 0,099$$

$$h_f = 74,226 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(1,39 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,099 \text{ m}$$

4.6.2.6. Misal Kapasitas Aliran 250 m³/jam

$$Q = 250 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0694 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0694}{0,04} = 1,735 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,735 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,735 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 301093,39$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

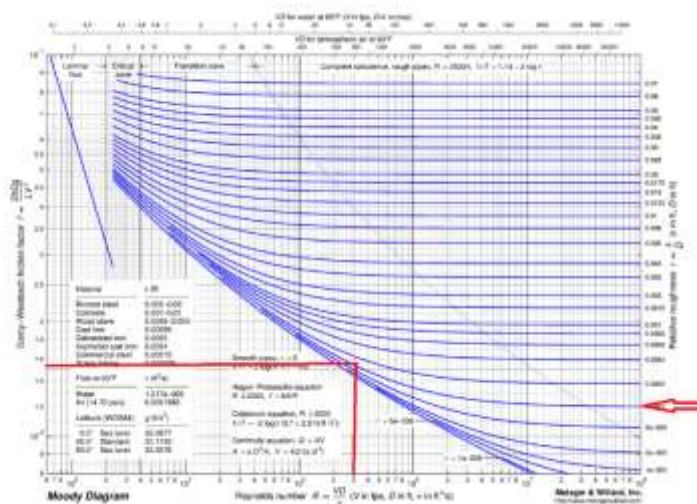
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.30. Diagram Moody Aliran 250 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,0175$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,0175 \times \frac{20900 \text{ m}}{0,446} \times \frac{1,735^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,0175 \times 46860,99 \times 0,099$$

$$h_f = 81,187 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(1,735 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,153 \text{ m}$$

4.6.2.7. Misal Kapasitas Aliran 290 m³/jam

$$Q = 290 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0806 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0806}{0,04} = 2,015 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,015 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,015 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 349684,825$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

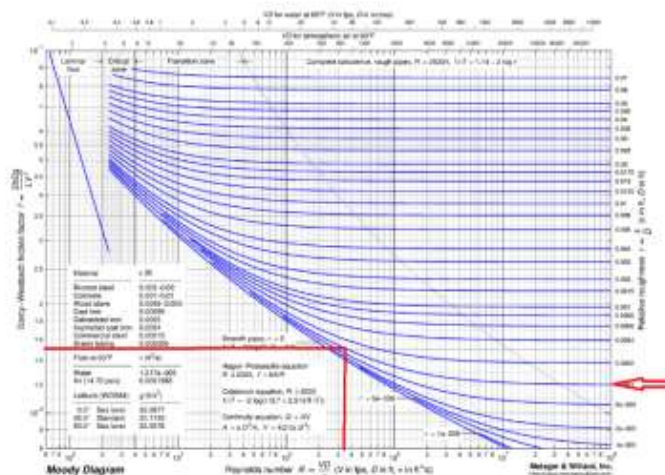
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.31. Diagram Moody Aliran 290 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,015$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,015 \times \frac{20900 \text{ m}}{0,446} \times \frac{2,015^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,015 \times 46860,99 \times 0,207$$

$$h_f = 145,503 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(2,015 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,207 \text{ m}$$

4.6.2.8. Misal Kapasitas Aliran 350 m³/jam

$$Q = 350 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0972 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0972}{0,04} = 2,43 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,43 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,43 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 421704,28$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

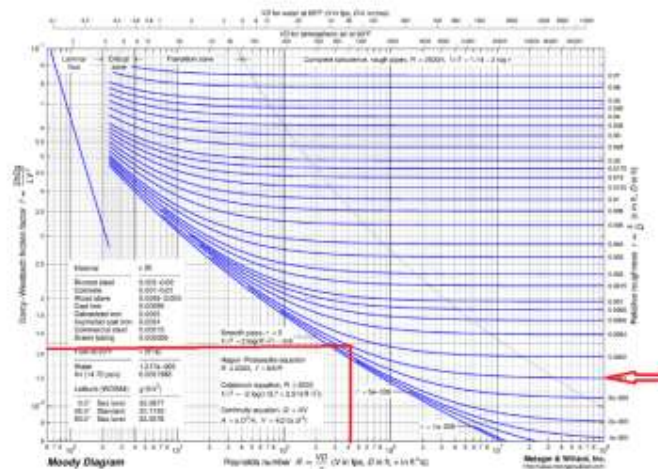
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.32. Diagram Moody Aliran 350 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,0145$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,0145 \times \frac{20900 \text{ m}}{0,446} \times \frac{2,43^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,0145 \times 46860,99 \times 0,3$$

$$h_f = 203,845 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(2,43 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,3 \text{ m}$$

4.6.2.9. Misal Kapasitas Aliran 400 m³/jam

$$Q = 400 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,1}{0,04} = 2,5 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,5 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,5 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 433852,14$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

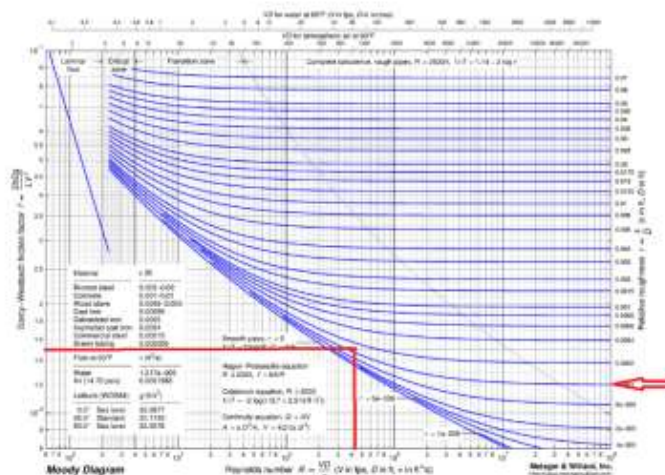
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.33. Diagram Moody Aliran 400 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,015$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,015 \times \frac{20900 \text{ m}}{0,446} \times \frac{2,5^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,015 \times 46860,99 \times 0,319$$

$$h_f = 224,230 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

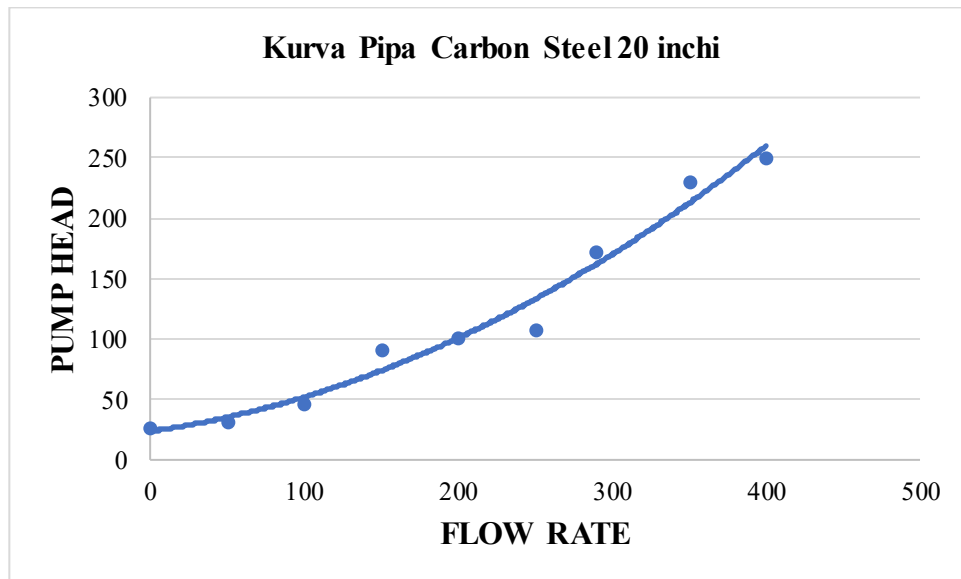
$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(2,5 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,319 \text{ m}$$

Tabel 4.4. Kapasitas Aliran dalam Pipa

No	Q (m ³ /jam)	hf = f x l (m)	h _{v = $\frac{v^2}{2g}$}	hl = h _{f + h_v} (m)	H _D = h _l + h _g (m)
1	0	0	0	0	26
2	50	4,92	0,005	4,925	30,92
3	100	21,087	0,025	21,112	47,087
4	150	64,528	0,051	64,579	90,528
5	200	74,226	0,099	74,325	100,226
6	250	81,187	0,153	81,34	107,187
7	290	145,503	0,207	145,71	171,503
8	350	203,845	0,3	204,145	229,845
9	400	224,23	0,319	224,549	250,23



Gambar 4.34. Kurva Karakteristik Pipa

4.6.3. Stasiun Ketandan – Stasiun Purwosari

4.6.3.1. Misal Kapasitas Aliran 0 m³/jam

$$Q = 0 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0, \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0}{0,04} = 0 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{v D}{V_k}$$

$$Re = \frac{0 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 0$$

c) Menghitung kekasaran Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

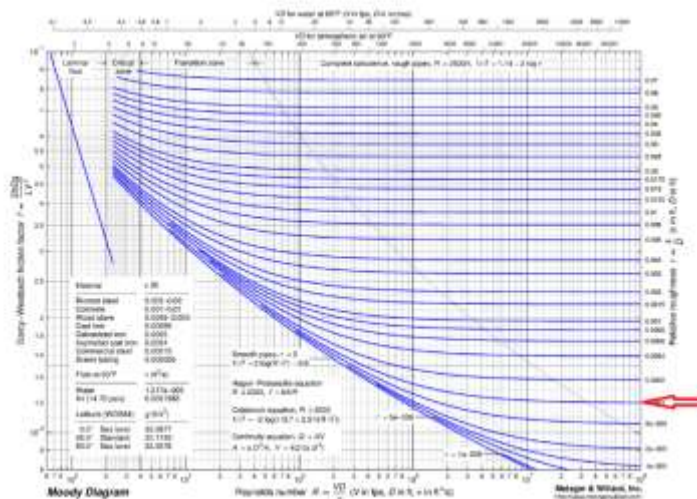
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.35. Diagram Moody Aliran 0 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0 \times \frac{20900 \text{ m}}{0,446} \times \frac{0^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0 \times 46860,99 \times 0$$

$$h_f = 0 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0 \text{ m}$$

4.6.3.2. Misal Kapasitas Aliran 50 m³/jam

$$Q = 50 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0138 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0138}{0,04} = 0,3 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 50 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{V_k}$$

$$Re = \frac{0 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 52062,257$$

c) Menghitung kekasaran Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

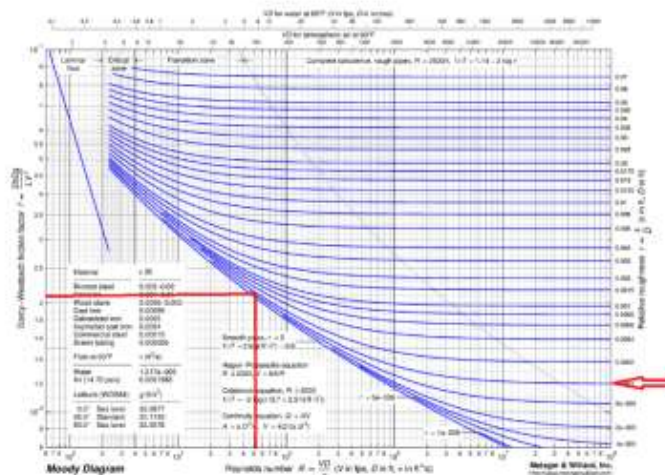
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekasaran relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.36. Diagram Moody Aliran 50 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,021$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,021 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{0,3^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,021 \times 45739,91 \times 0,005$$

$$h_f = 4,803 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(0,3 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,005 \text{ m}$$

4.6.3.3. Misal Kapasitas Aliran 100 m³/jam

$$Q = 100 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0277 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0277}{0,04} = 0,7 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 0,7 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{V_k}$$

$$Re = \frac{0,7 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 121478,60$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

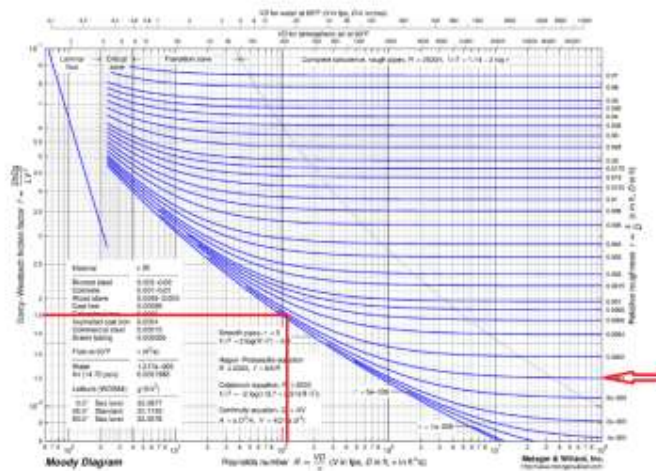
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.37. Diagram Moody Aliran 100 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,018$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,018 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{0,7^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,018 \times 45739,91 \times 0,0250$$

$$h_f = 20,583 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(0,7 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,0250 \text{ m}$$

4.6.3.4. Misal Kapasitas Aliran 150 m³/jam

$$Q = 150 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0417 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0417}{0,04} = 1,0 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,0 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,0 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 17354,086$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

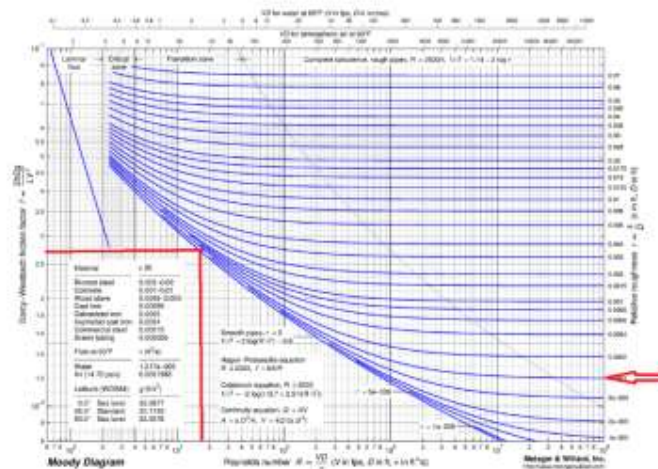
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.38. Diagram Moody Aliran 150 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,027$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,027 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{1,0^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,027 \times 45739,91 \times 0,051$$

$$h_f = 18,525 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(1,0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,051 \text{ m}$$

4.6.3.5. Misal Kapasitas Aliran 200 m³/jam

$$Q = 200 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0556 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0556}{0,04} = 1,39 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,39 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,39 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 241221,79$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

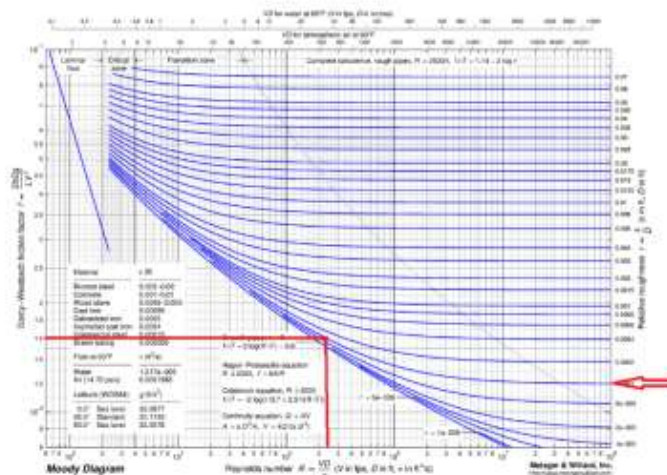
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.39. Diagram Moody Aliran 200 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,016$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,016 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,016 \times 45739,91 \times 0,099$$

$$h_f = 72,452 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(1,39 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,099 \text{ m}$$

4.6.3.6. Misal Kapasitas Aliran 250 m³/jam

$$Q = 250 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0694 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0694}{0,04} = 1,735 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 1,735 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{V_k}$$

$$Re = \frac{1,735 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 301093,39$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

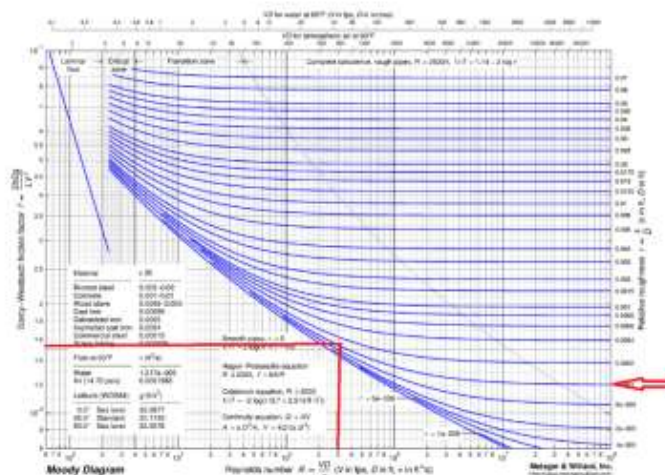
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.40. Diagram Moody Aliran 250 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,0175$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,0175 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{1,735^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,0175 \times 45739,91 \times 0,153$$

$$h_f = 122,47 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(1,735 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,153 \text{ m}$$

4.6.3.7. Misal Kapasitas Aliran 290 m³/jam

$$Q = 290 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0806 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0806}{0,04} = 2,015 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,015 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,015 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 349684,825$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

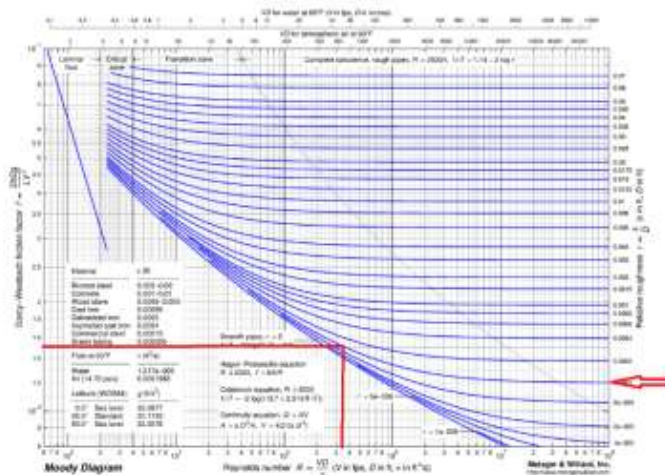
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.41. Diagram Moody Aliran 290 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,015$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,015 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{2,015^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,015 \times 45739,91 \times 0,207$$

$$h_f = 142,022 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(2,015 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,207 \text{ m}$$

4.6.3.8. Misal Kapasitas Aliran 350 m³/jam

$$Q = 350 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,0972 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0972}{0,04} = 2,43 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,43 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,43 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 421704,28$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

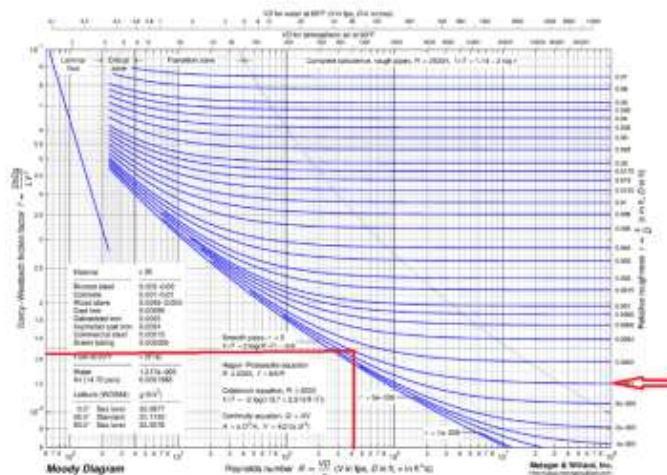
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.42. Diagram Moody Aliran 350 m³/jam

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,015$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,015 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{2,43^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,015 \times 45739,91 \times 0,3$$

$$h_f = 198,97 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

$$Hv = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$Hv = \frac{(2,43 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$Hv = 0,3 \text{ m}$$

4.6.3.9. Misal Kapasitas Aliran 400 m³/jam

$$Q = 400 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maka, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,1}{0,04} = 2,5 \text{ m/s}$$

a) Menghitung *Head loss*

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Sebelum menghitung *head loss* dalam perhitungan karakteristik pipa maka nilai faktor gesekan (f) dicari terlebih dahulu. Adapun cara untuk mendapatkan nilai tersebut yaitu dengan menggunakan diagram Moody yang pada umumnya sering digunakan dalam mencari faktor gesekan pada pipa. Dengan melakukan perhitungan dalam mencari bilangan *Reynold number* (Re) dan kekerasan relatif (e) maka faktor gesekan (f) akan diperoleh.

b) Menghitung *Reynold number* (Re)

$$V = 2,5 \text{ m/s}$$

$$D = 0,446 \text{ m}$$

Viskositas Kinematik (V_k) = 2,57 cSt → Sumber : Piping Calculation Manual.

$$V_k = 2,57 \times 10^{-6} = 0,00000257 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{V D}{V_k}$$

$$Re = \frac{2,5 \times 0,446}{0,00000257}$$

$$Re = 433852,14$$

c) Menghitung kekerasan Relatif Internal Pipa

Bahan pipa : *Carbon steel*

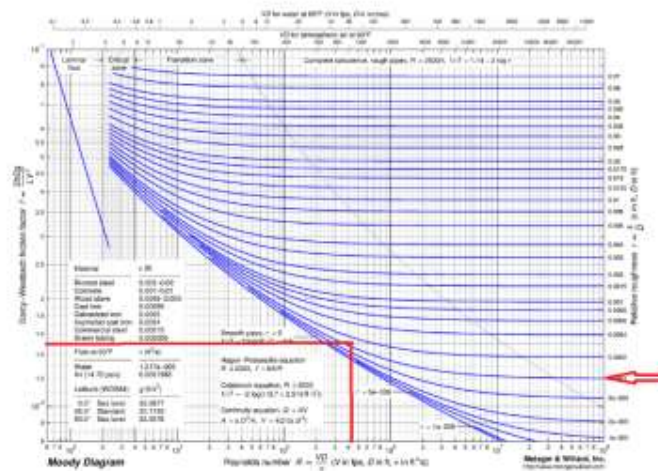
$$E = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Kekasaran relatif} = E / D$$

$$= 0,045 / 446$$

$$= 0,00010 \text{ mm}$$

Dengan ini *Reynold number* dan kekerasan relatif yang didapat, maka faktor gesekan (f)



Gambar 4.43. Diagram Moody Aliran $400 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dari diagram Moody diatas didapatkan nilai friction : $f = 0,015$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,015 \times \frac{20400 \text{ m}}{0,446} \times \frac{2,5^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,015 \times 45739,91 \times 0,319$$

$$h_f = 218,86 \text{ m}$$

d) *Head Velocity*

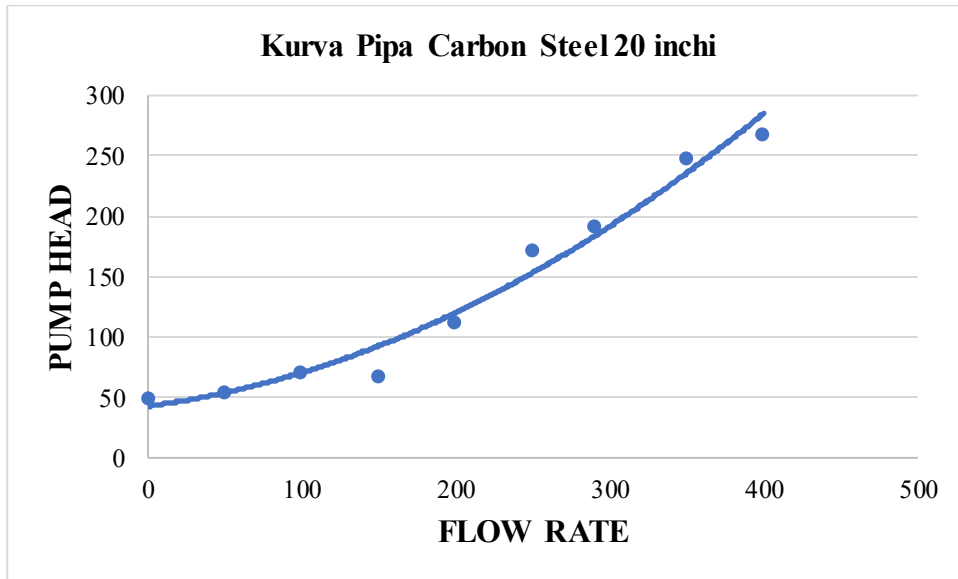
$$H_v = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(2,5 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_v = 0,319 \text{ m}$$

Tabel 4.5. Kapasitas Aliran dalam Pipa

No	Q (m ³ /jam)	hf = f x l (m)	h _v $= \frac{v^2}{2g}$	hl = h _f + h _v (m)	H _D = h _l + h _g (m)
1	0	0	0	0	50
2	50	4,803	0,005	4,808	54,803
3	100	20,583	0,025	20,608	70,583
4	150	18,525	0,051	18,576	68,525
5	200	72,452	0,099	72,551	122,452
6	250	122,47	0,153	122,623	172,47
7	290	142,022	0,207	142,229	192,022
8	350	198,97	0,3	199,27	248,97
9	400	218,86	0,319	219,179	268,86

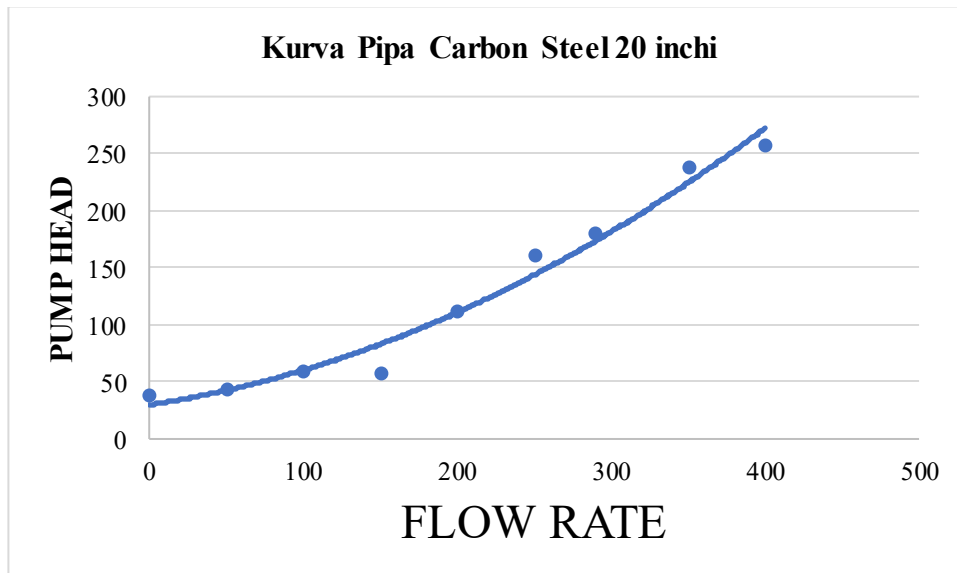


Gambar 4.44. Kurva Karakteristik Pipa

4.7. Pemilihan Pompa

Pemilihan dilakukan dengan cara melihat hasil dari dua kurva yaitu kurva karakteristik aliran pipa dan kurva karakterisitik pompa, dan hasilnya adalah

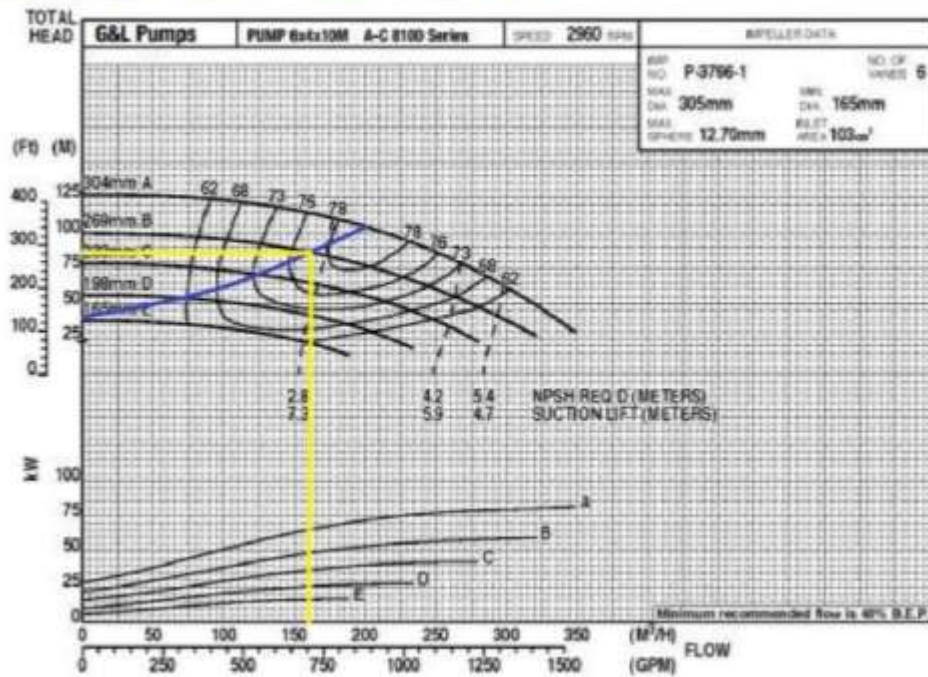
4.7.1. Pompa dari stasiun Rewulu – stasiun Kalasan



Gambar 4.45. Kurva Karakterisitik Pipa Rewulu – Kalasan

Dari kurva karakteristik pipa akan dihubungkan dengan kurva karakteristik pompa dan akan ditemukan titik kerja kemudian di dapatkan pompa yang mampu untuk di gunakan dalam rancangan.

2900 RPM – 50 HZ PUMP CURVES



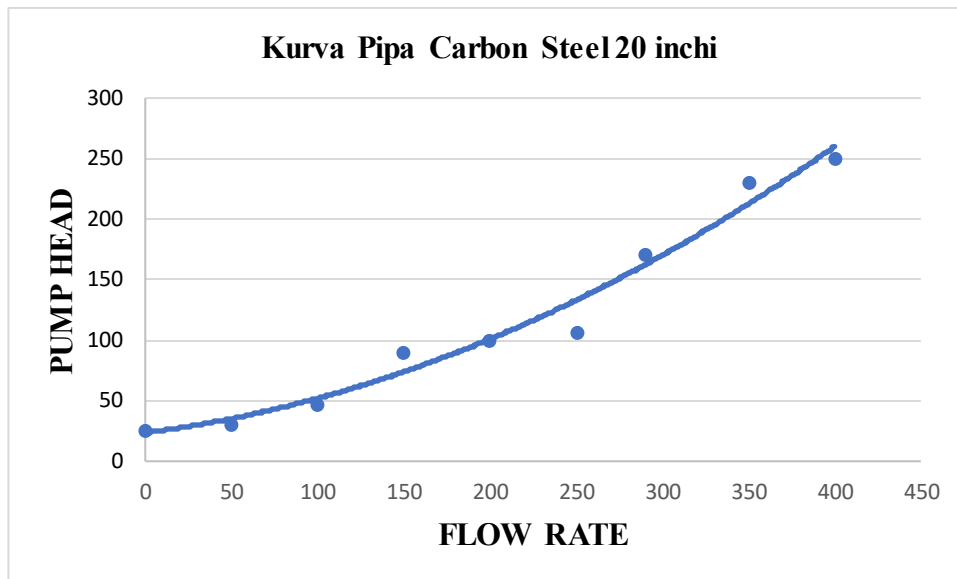
Gambar 4.46. Kurva Karakteristik Pompa

Kapasitas aliran rancangan pipa bahan bakar minyak dari stasiun Rewulu ke stasiun Kalasan adalah 160 m³/jam.

Hasil yang didapat dari kurva karakteristik pompa sebagai berikut :

- Q : 160 m³/jam
- TH : 85 m
- BHP : 45 kW
- EFF : 76 %
- NPSHr : 2,8 m
- Hg : 38 m
- Putaran : 2960 RPM

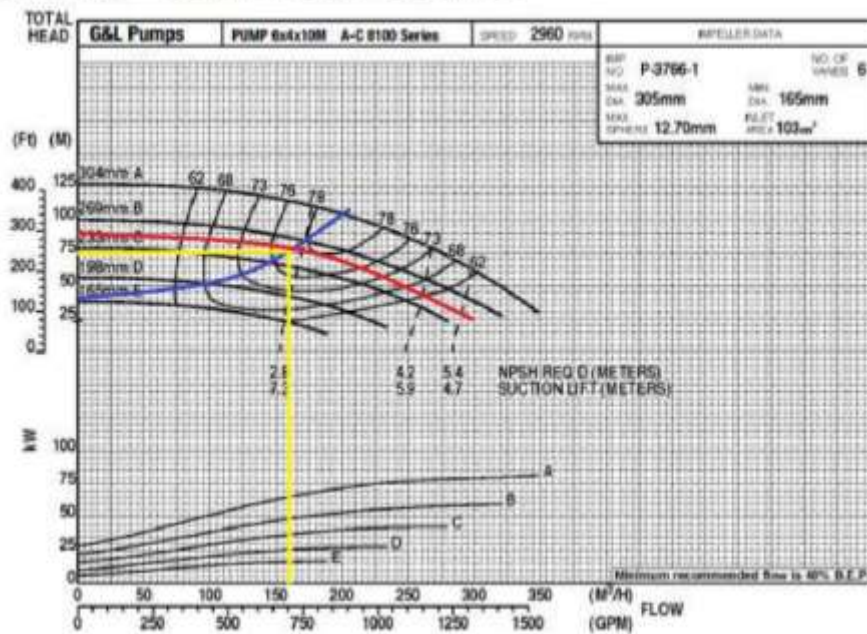
4.7.2. Pompa dari stasiun Kalasan – stasiun Ketandan



Gambar 4.47. Kurva Karakteristik Pipa Kalasan – Ketandan

Dari kurva karakteristik pipa akan dihubungkan dengan kurva karakteristik pompa dan akan ditemukan titik kerja kemudian di dapatkan pompa yang mampu untuk di gunakan dalam rancangan.

2900 RPM – 50 HZ PUMP CURVES



Gambar 4.48. Kurva Karakteristik Pompa

Kapasitas aliran rancangan pipa bahan bakar minyak dari stasiun Kalasan ke stasiun Ketandan adalah $160 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Hasil yang didapat dari kurva karakteristik pompa sebagai berikut :

Q : $160 \text{ m}^3/\text{jam}$

TH : 70 m

BHP : 40 kW

EFF : 76 %

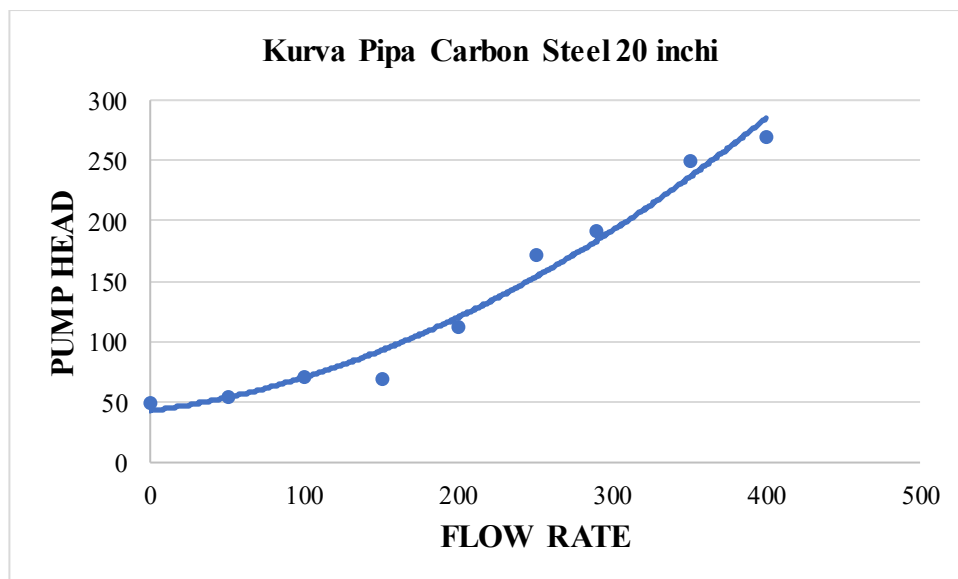
NPSHr : 2,8 m

Hg : 26 m

Putaran : 2960 RPM

Impeler : 251 mm

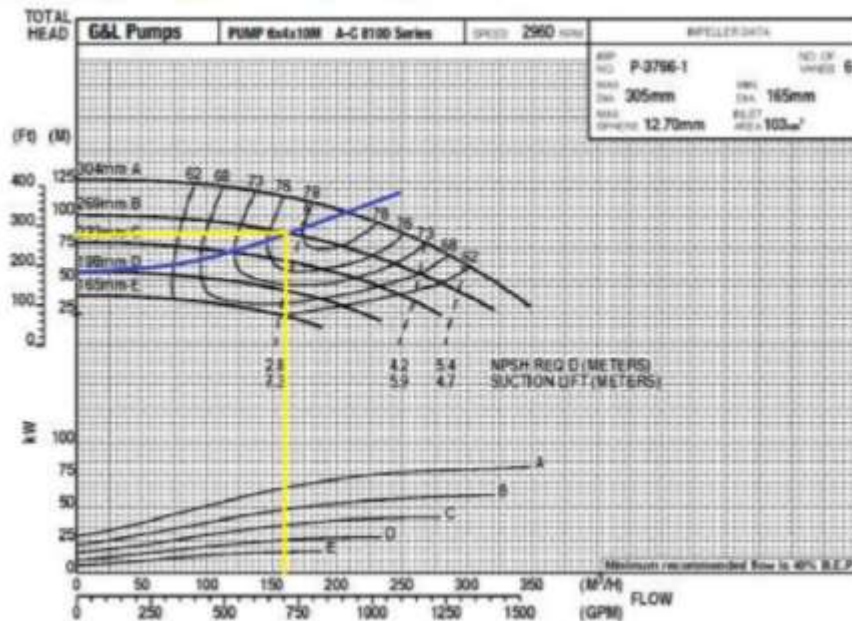
4.7.3. Pompa dari stasiun Ketandan – stasiun Purwosari



Gambar 4.49. Kurva Karakteristik Pipa Ketandan - Purwosari

Dari kurva karakteristik pipa akan dihubungkan dengan kurva karakteristik pompa dan akan ditemukan titik kerja kemudian di dapatkan pompa yang mampu untuk di gunakan dalam rancangan.

2900 RPM – 50 HZ PUMP CURVES



Gambar 4.50. Kurva Karakteristik Pompa

Kapasitas aliran rancangan pipa bahan bakar minyak dari stasiun Ketandan ke stasiun Purwosari adalah 160 m³/jam.

Hasil yang didapat dari kurva karakteristik pompa sebagai berikut :

- Q : 160 m³/jam
- TH : 85 m
- BHP : 50 kW
- EFF : 76 %
- NPSHr : 2,8 m
- Hg : 50 m
- Putaran : 2960 RPM
- Impeler : 269 mm

Pemilihan pompa dari 3 suction yang sudah ditetapkan debit yang semula 290 m³/jam diturunkan menjadi 160 m³/jam dikarenakan pompa yang dibutuhkan untuk debit sebesar 290 m³/jam tidak ditemukan di pasaran sehingga debit diturunkan yang mengakibatkan waktu pengiriman akan semakin lama dibanding sebelumnya.

4.8. *Mechanical Inttergrity*

4.8.1. Tekanan Maksimum yang Diizinkan Menurut ASME 31.3

$$p = \frac{2t_m SE}{D - 2yt}$$

$$p = \frac{2 \times 40,14 \times 16000 \times 1,00}{0,446 - (2 \times 0,4)}$$

$$p = \frac{1284,48}{43,8}$$

$$p = 29.326,027$$

4.8.2. Tegangan Tangensial

$$\sigma_t = \frac{p \cdot D}{2 \cdot t}$$

$$\sigma_t = \frac{29.326,027 \times 0,446}{2 \times 60}$$

$$\sigma_t = 10.899,51 \text{ Psi}$$

4.8.3. Tegangan Longitudinal

$$\sigma_l = \frac{p \cdot D}{4 \cdot t}$$

$$\sigma_l = \frac{29.326,027 \times 0,446}{4 \times 60}$$

$$\sigma_l = 5.449,75$$

Jadi hasil dari rancangan pipa bahan bakar minyak dari stasiun Rewulu ke Stasiun Purwosari dinyatakan layak untuk digunakan, dikarenakan nilai dari tegangan tangensial (σ_t) lebih kecil atau sama dengan dari nilai tegangan ijin (S) yang nilainya sudah terdapat di tabel standar ASME 31 atau API 5L.

$$\sigma_t \leq S \rightarrow 10.899,51 \text{ Psi} < 16000 \text{ Psi.}$$