



Vol. 2 No. 1 | April 2018

ISSN No. 2597-4254

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Rekayasa Mekanik



Di Publikasikan oleh:
Fakultas Teknik UNIB





ISSN No. 2597 – 4254

Vol. 2 No. 1, April 2018

Jurnal Rekayasa Mekanika mempublikasikan karya tulis di bidang sains – Teknologi, Murni Disiplin dan Antar Disiplin, berupa penelitian dasar, perancangan dan studi pengembangan teknologi. Jurnal ini terbit berkala setiap enam bulan (April dan Oktober)

Penanggung Jawab

Dr.Eng Dedi Suryadi, S.T., M.T.

Penyunting Ahli (Mitra Bestari)

Helmizar, S.T., M.T., Ph.D. (Universitas Bengkulu)

Dr.Eng. Hendra, S.T., M.T. (Universitas Bengkulu)

Dr. Gesang Nugroho, S.T., M.T. (Universitas Gadjah Mada)

Dr.Eng. Nurkholis Hamidi (Universitas Brawijaya)

Prof. Dr.Eng. Gunawarman (Universitas Andalas)

Redaktur

Yovan Witanto, S.T., M.T.

Redaktur Pelaksana

Agus Nuramal, S.T., M.T.

Editor

Nurul Iman Supardi, S.T. M.P.

Ahmad Fauzan, S.T., M.T.

Angky Puspawan, S.T., M.Eng.

Hendri Van Hoten, S.T., M.T.

Agus Suandi, S.T., M.Eng.

Penerbit

Fakultas Teknik – Universitas Bengkulu

Sekretariat Redaksi

Gedung Dekanan Fakultas Teknik Program, Studi Teknik Mesin – Universitas Bengkulu

Jalan Raya WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38123, Telp. (0736) 21170, 344067, Fax (0736) 22105

E-mail: mesin@unib.ac.id

DAFTAR ISI

- ***ANALISA EFISIENSI ISENTROPIK PADA TURBIN UAP ELLIOT TYPE DYRUG III DI PT. BIO NUSANTARA TEKNOLOGI*** 1
Helmizar[1], Ardi Setiawan[2],
- ***PERHITUNGAN WAKTU PEMESINAN PADA PEMBUATAN KOMPONEN POMPA*** 7
Zuliantoni[1], Angky Puspawan[2]
- ***ANALYSIS OF DAMAGING REFINING COMBINED BURNER (RCB) ON ELECTRICAL ARC FURNANCE (EAF) (Case Study in Slab Steel Plant 1, PT. Krakatau Steel, Cilegon, Banten Province)*** 17
Angky Puspawan[1]
- ***PENGARUH PERLAKUAN UNDERFILLING PADA IMPELLER POMPA TERHADAP HEAD POMPA*** 22
Nuramal, A[1], Asmawi, F[2]
- ***ANALISA HEADLOSSES DAN EFISIENSI GOULDS 3196 POMPA SENTRIPUGAL DARI TANGKI MINYAK MENTAH KE TANGKI PENGUMPULAN*** 29
Angky Puspawan[1], Syahlahudhin Al Ayufhi[2], Agus Suandi[3], Nurul Iman Supardi[4], Yovan Witanto[5], M. Chairun Nawawi[6]
- ***SCREW EXTRUDER DARI SEBAGAI PEMINDAH SAMPAI PENGOLAH LIMBAH PLASTIK*** 39
A. Sofwan F. Alqap{1}
- **FORMAT PENULISAN JURNAL** 49

ANALISA HEADLOSSES DAN EFISIENSI GOULDS 3196 POMPA SENTRIFUGAL DARI TANGKI MINYAK MENTAH KE TANGKI PENGUMPULAN

Angky Puspawan[1], Syahlahudhin Al Ayufhi[2], Agus Suandi [3], Nurul Iman Supardi[4], Yovan Witanto[5], M. Chairun Nawawi[6]

[6]PT. Pertamina EP Asset 1 Field Jambi

[1][2][3][4][5]Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu, 38371A
angkyuspawan@yahoo.com

ABSTRACT

Centrifugal Pumping Unit (CPU) of Goulds 3196 is a pump that uses a centrifugal system. According to data obtained from known fields $\rho_{crude\ oil}$ is 806.88 kg/m^3 , and Z is 11.04 m . Then the calculation of the value of headloss, input value of the pump motor power (P_m) is 30.096 kW , the pump power (P_p) is 26.888 kW , pump inlet pressure (P_1) is $6.8 \times 10^4\text{ N/m}^2$, the pump exit pressure (P_2) is $42 \times 10^4\text{ N/m}^2$, suction pipe diameter (d_1) is 0.1524 m , the diameter of the pipe exit (d_2) is 0.1116 m , flow rate (Q) is $0.16932\text{ m}^3/\text{s}$. Suction pipe in order to get the speed (V_s) is 0.9286 m/s , and the exit pipe velocity (V_d) is 1.73164 m/s . For the results obtained from the calculation of the total headloss ($h_{loss\ total}$) 44.78 m . Thus obtained total head on the pump type Centrifugal Pumping Unit (CPU) is equal to 100.53 m . According to results, it can be concluded that the type of Centrifugal Pumping Unit (CPU) used are ideal because the value of the pump head is larger than the total headloss value and efficiency pump 89.3%

Keywords : *Centrifugal Pumping Unit (CPU), headloss, efficiency*

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak bumi di dunia yang hasilnya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Perkembangan dan penerapan teknologi telah merambah ke seluruh bidang kehidupan, termasuk bidang industri, sehingga pekerjaan-pekerjaan yang dikerjakan dapat lebih efektif dan efisien. BUMN yaitu PT. Pertamina EP Asset 1 Field Jambi menerapkan berbagai teknologi untuk mempermudah proses transportasi minyak. Minyak bumi yang dihasilkan di PT. Pertamina EP Asset 1 Field Jambi dihasilkan dari berbagai sumur minyak yaitu sumur minyak Bajubang, Bungin Batu Setiti, Sengeti dan Kenali Asam. Hasil minyak bumi tersebut dikumpulkan di Stasiun Pengumpulan Utama (SPU).

Stasiun Pengumpulan Utama (SPU) Kenali Asam merupakan tempat ngumpulan minyak dari SP yang terdapat di sekitarnya,

salah satunya pengiriman dari tangki *Central Facility*. Dimana sebelumnya minyak telah di proses untuk memisahkan dari kandungan air dan gas. Air yang telah dipisahkan kemudian di kumpulkan kedalam tangki air yang selanjutnya akan diinjeksikan kembali kesumur – sumur minyak sedangkan gas dikirim ke *Power Plant* yang kemudian digunakan untuk pembangkit listrik. Minyak bumi yang terdapat pada tangki kemudian dikirim ke Stasiun Pengumpulan Utama (SPU) dengan menggunakan pompa.

Pompa digunakan sebagai alat untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ketempat lain melalui media pipa dengan terjadinya perubahan tekanan pada fluida. Pompa biasanya untuk memindahkan fluida bersifat cair adapun pompa udara yang biasa disebut kompresor untuk memindahkan fluida bersifat udara atau gas. Pompa yang digunakan untuk transportasi minyak adalah pompa

sentripugal yang diproduksi sesuai dengan kebutuhan industri berdasarkan spesifikasi desain secara ideal sedangkan pada keadaan lapangan aliran pipa memiliki gangguan-gangguan yang menyebabkan aliran fluida terganggu sehingga perlunya analisa kinerja pompa secara aktual untuk mengetahui kinerja dan efisiensinya.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Pompa

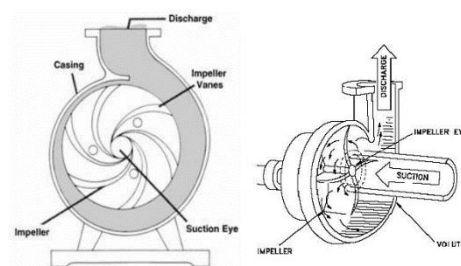
Pompa adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ketempat lain melalui media instalasi pemipaan dengan terjadinya perubahan tekanan pada fluida yang berlangsung secara terus menerus (*countinue*). Perubahan tekanan terjadi pada bagian hisap (*suction*) dan keluaran (*discharge*) pompa. Pompa digerakkan dengan menggunakan motor ataupun turbin.

2.2 Pompa Sentripugal

Pompa Sentripugal (gambar 2.1) terdapat dua komponen utama yaitu impeler yang mengubah energi mekanik yang di sebabkan putaran poros menjadi energi kinetik. Kedua adiffuser yaitu *casing* pompa yang diam, yang mengkonversikan energi kinetik menjadi energi tekanan Energi kinetik diakibat oleh gerakan motor yang menggerakan impeler sehingga fluida terhisap pada bagian tengah impeler lalu fluida mengalir pada bagian sudu-sudu akan mendapat gaya dorong, pada bagian sudu-sudu inilah terjadinya gaya sentripugal yang menyebabkan fluida keluar menjauhi titik pusat aliran. Jadi fungsi impeler adalah sebagai penambah percepatan aliran fluida sehingga bertambahnya *head* kecepatan.

Pompa sentripugal bekerja dengan memanfaatkan gaya sentripugal akibat putaran pada *impeller*.

Pada *head* kecepatan fluida akan berubah menjadi *head* tekanan pada bagian discharge dikarenakan fluida akan mengalir ke atas yang berpengaruh terhadap gaya gravitasi terhadap tingginya fluida dan massa jenis fluida. Semakin besar *head* yang dihasilkan maka semakin kecil debit airan fluida yang dihasilkan. Sehingga besar debit fluida yang dialirkan oleh pompa sentripugal pada putaran konstan, tergantung *head* atau tekanan yang dihasilkan oleh pompa.



Gambar 2.1 Pompa Sentripugal

1. Klasifikasi pompa sentripugal

Klasifikasi berdasarkan aliran fluida :

a. Pompa aliran radial

Pompa yang mengalirkan fluida yang arah keluarannya tegak lurus terhadap aliran masuknya.

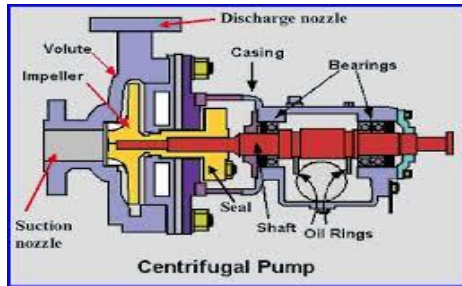
b. Pompa aliran aksial

Pompa aliran aksial adalah pompa yang mengalirkan fluida dengan arah keluaran sejajar dengan aliran masuknya.

c. Pompa aliran radial dan aksial

Pompa Arah aliran berbentuk kerucut menyesuaikan bentuk impelernya. Diameter sisi buang lebih besar dari pada diameter sisi masuk.

2. Bagian-bagian pompa sentripugal



Gambar 2.2 Bagian-bagian pompa sentripugal

Gambar 2.2 menunjukkan bagian-bagian pompa sentripugal, yaitu :

Impeller berfungsi mengubah energi mekanis menjadi energi kecepatan fluida.

Suction Nozzle adalah bagian sisi isap fluida pada pompa.

Discharge Nozzle adalah bagian sisi keluar fluida pada pompa.

Casing adalah bagian luar yang melindungi pompa, serta sebagaiudukan shaft.

Shaft adalah bagian berfungsi meneruskan momen puntir yang dihasilkan oleh penggerak seperti motor.

Seal adalah bagian yang berfungsi melindungi pompa dari kebocoran.

Motor adalah penghasil gerak puntir yang menyebabkan impeler berputar.

3. Head

Head pompa adalah suatu satuan yang digunakan untuk menunjukkan ketinggian maksimum aliran fluida yang dicapai oleh suatu pompa.

4. Head Total Pompa

Head Total Pompa yang diperlukan untuk mengalirkan jumlah air ke suatu tempat sesuai yang diinginkan di dapat dari kondisi instalasi pompa tersebut dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$H = h_a + \Delta h_p + h_\ell + \frac{v_d^2}{2g} \quad (2.1)$$

Dimana: H : **Head Total** pompa (m)

h_a = **Head** statis total (m)

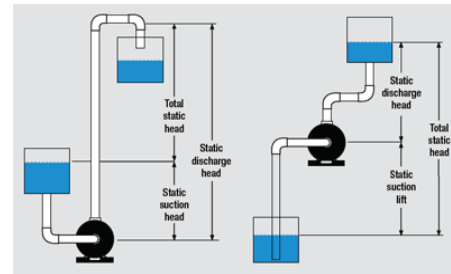
h_ℓ = Kerugian **head** di pipa

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

$\frac{v_d^2}{2g}$ = **Head** kecepatan keluar (m)

h_a adalah perbandingan antara tinggi hisap dan keluar.

$$h_a = Z_1 - Z_2$$



Gambar 2.3 Static Head

Δh_p adalah perbedaan **head** tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

$$\Delta h_p = h_{p2} + h_{p1} \quad (2.2)$$

$$h_\ell = h_f + h_m \quad (2.3)$$

Ada pun untuk mendapatkan laju aliran fluida dapat diketahui dengan persamaan :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.4)$$

V = laju aliran (m/s)

Q = debit (m^3/s)

A = luas penampang pipa (m^2)

Adapun hubungan antara tekanan dengan head tekanan yaitu:

$$h_p = \frac{P}{\rho g} \quad (2.5)$$

h_p = Head tekanan (m)

P = Tekanan (kgf/cm^2)

γ = Berat jenis (kgf/ℓ)

$$\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1} \quad (2.6)$$

P' = Tekanan (Pa)

ρ = Rapat massa (kg/ℓ)

5. Headloss

Headloss adalah kerugian tekanan yang terjadi pada aliran internal pipa yang disebabkan oleh

gesekan, belokan-belokan, katup dan lain-lain. *Headlosses* dibagi menjadi 2 yaitu *major losses* dan *minor losses*.

a. Major losses

Yaitu kerugian yang terjadi akibat gesekan fluida dengan permukaan didalam pipa.rugi aliran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (2.7)$$

h_f = Kerugian dalam pipa (m)

f = Koefisien gesek

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

L = Panjang pipa (m)

d = Diameter daam pipa (m)

Menentukan tipe aliran fluida dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$Re = \frac{Vd}{\nu} \quad (2.8)$$

Dimana:

Re = *Bilangan Reynolds*

V = Kecepatan aliran fluida (m/s)

D = Diameter dalam pipa (m)

ν = Viskositas kinetik zat cair (m^2/s)

Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminar.

Pada $Re > 4000$,aliran bersifat turbulen.

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

Pada aliran laminar nilai koefisien gesek dinyatakan dengan

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.9)$$

Pada aliran turbulen nilai koefisien gesek dinyatakan dengan

$$f = 0.020 + \frac{0.0005}{D} \quad (2.10)$$

Koefisien gesek ini berlaku untuk pipa baru. Adapun untuk menentukan gesekan dalam pipa dengan menggunakan diagram *moody*

b. Minor losses

Minor losses adalah rugi-rugi aliran yang di disebabkan oleh adanya hambatan yeng terjadi di sepanjang pipa . Kerugian *head* terbagi beberapa bagian yaitu:

1. Kerugian *head* pada belokan

$$h_c = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (2.11)$$

v = Kecepatan rata-rata dalam pipa (m/s)

K_L = Koefisien kerugian belokan

g = Percepatan gravitasi ($9,8 m/s_2$)

h_c = Kerugian head (m)

2. Kerugian head pada katup

$$h_g = C_L \frac{V^2}{2g} \quad (2.12)$$

v = Kecepatan rata-rata dalam pipa (m/s)

C_L = Koefisien kerugian katup

g = Percepatan Gravitasi ($9,8 m/s_2$)

h_g = Kerugian head (m)

6. Efisiensi

6.1 Daya air (P_w)

Daya air adalah energi yang diterima oleh air secara efektif dari pompa ditulis :

$$P_w = \gamma Q H \quad (2.13)$$

$$\gamma = \rho g \quad (2.14)$$

Dimana γ dinyatakan dalam kN/m^3 .

Q = Debit (m^3/s)

H = *Head* total pompa (m)

P_w = Daya air (kW)

6.2 Daya Poros (P)

Daya poros diperoleh dari daya motor sebagai penggerak poros menggunakan arus listrik atau pun turbin. Efisiensi adalah perbandingan antara daya air dari pompa dengan daya listrik ke pompa :

$$\eta_{pompa} = \frac{P_W}{P} \times 100\% \quad (2.15)$$

Daya poros (P) diketahui dari arus dan volt listrik dengan persamaan berikut :

$$P = V I \cos \theta \quad (2.16)$$

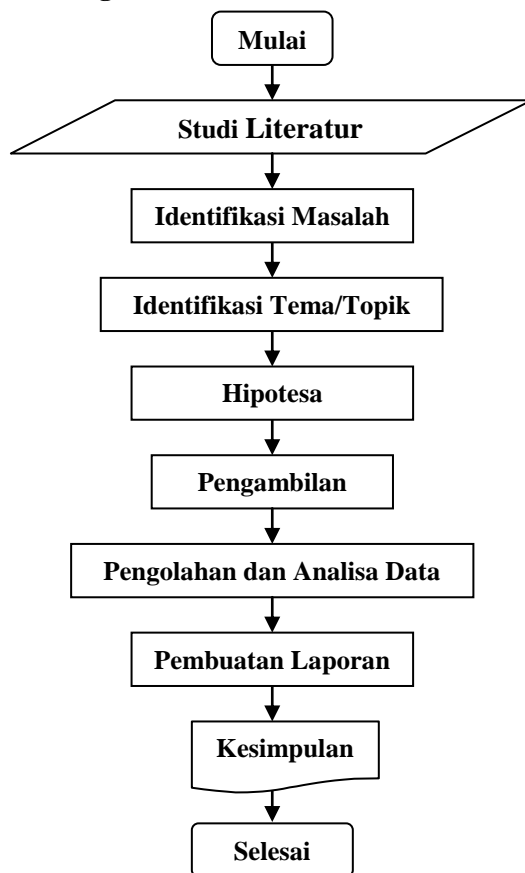
V = Tegangan listrik (Volt)

I = Kuat Arus listrik (Ampere)

$\cos \theta = 0.85$

III. METODE PENELITIAN

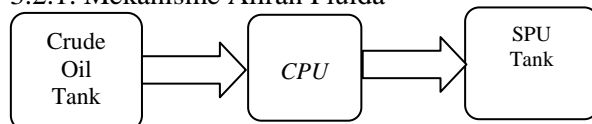
3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Pengambilan Data

3.2.1. Mekanisme Aliran Fluida



Gambar 3.2 Instalasi Aliran Fluida

3.2.2. Pompa yang diteliti



Gambar 3.3 Centrifugal Pumping Unit (CPU)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan dan Hasil Headloss

1.1 Data perhitungan

Pengambilan data pengukuran pada pompa sentrifugal *Goulds 3196* dilapangan dan studi literatur, didapatlah data perhitungan sebagai berikut :

Diameter pipa isap (d_s) = 6 in = 0.1524 m

Diameter pipa buang (d_d) = 4 in = 0.1116 m

Tekanan isap (P_1) = 10 Psig = $6.8 \times 10^4 \frac{N}{m^2}$

Tekanan buang (P_2) = 62 Psig = $42 \times 10^4 \frac{N}{m^2}$

Panjang pipa isap (L_s) = 55.8 m

Panjang pipa buang (L_d) = 1136.3 m

Ketinggian Pipa isap (z_s) = 2.74 m

Ketinggian pipa buang (z_d) = 7.3 m

Voltase listrik (V) = 380 V

Frekuensi (f) = 50 Hz

Kuat arus listrik (I) = 45 A

$\cos \theta = 0.88$

Debit (Q) = 383.4 barel/h = $0.016932 \text{ m}^3/\text{s}$

1.1.1 Kecepatan aliran fluida

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$d_d = 0.1116 \text{ m}$

$d_s = 0.1524 \text{ m}$

1. Kecepatan aliran pada pipa isap (V_s)

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

$$= \frac{0.016932 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{1}{4} \pi d^2}$$

$$= \frac{0.016932 \frac{m^3}{s}}{\frac{1}{4} 3.14 \times (0.1524 \text{ m})^2}$$

$$V_s = \mathbf{0.9286 \text{ m/s}}$$

2. Kecepatan aliran pada pipa buang (V_d)

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

$$= \frac{0.016932 \frac{m^3}{s}}{\frac{1}{4} \pi d^2}$$

$$= \frac{0.016932 \frac{m^3}{s}}{\frac{1}{4} 3.14 \times (0.1116 \text{ m})^2}$$

$$V_d = \mathbf{1.73164 \text{ m/s}}$$

| No. | Oil phase | ρ (kgm ⁻³) | μ (Pa)10 ⁻³ | Z_{50} (mmN ⁻¹) | n | K |
|-----|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | Crude oil (Baltic) | 806.88 | 3.17 | 25.74 | 0.68(0.05) ¹ | 0.170(0.01) ¹ |
| | | | | | 0.39(0.04) ² | 0.42(0.03) ² |
| | | | | | 0.31(0.03) ³ | 0.71(0.02) ³ |
| 2 | Crude oil (Frotta) | 874.83 | 2.57 | 28.04 | 0.47(0.04) ¹ | 0.110(0.01) ¹ |
| | | | | | 0.70(0.05) ² | 1.41(0.11) ² |
| | | | | | 0.31(0.02) ³ | 0.94(0.05) ³ |
| 3 | Crude oil (Russian) | 848.01 | 0.71 | 25.76 | 0.54(0.04) ¹ | 0.61(0.04) ¹ |
| | | | | | 0.33(0.03) ² | 1.31(0.10) ² |
| | | | | | 0.50(0.04) ³ | 1.48(0.11) ³ |
| 4 | Olive oil | 916.27 | 13.42 | 31.80 | 0.43(0.03) ¹ | 0.15(0.01) ¹ |
| | | | | | 0.59(0.04) ² | 0.58(0.03) ² |
| | | | | | 0.36(0.04) ³ | 0.67(0.04) ³ |
| 5 | Gear oil Marinol 111 | 889.21 | 92.22 | 29.00 | 0.10(0.01) ¹ | 0.11(0.01) ¹ |
| | | | | | 0.50(0.04) ² | 0.60(0.05) ² |
| | | | | | 0.22(0.02) ³ | 0.20(0.01) ³ |
| 6 | Engine oil Extra U-11, used | 898.60 | 155.79 | 33.27 | 0.25(0.02) ¹ | 0.24(0.02) ¹ |
| | | | | | 0.63(0.05) ² | 0.22(0.01) ² |
| | | | | | 0.51(0.04) ³ | 0.23(0.02) ³ |
| 7 | Sunflower oil | 915.34 | 31.57 | 32.17 | 0.78(0.03) ¹ | 0.18(0.01) ¹ |
| | | | | | 0.54(0.04) ² | 0.69(0.06) ² |
| | | | | | 0.39(0.03) ³ | 0.11(0.01) ³ |
| 8 | Vegetable oil | 914.57 | 56.86 | 31.25 | 0.40(0.03) ¹ | 0.17(0.01) ¹ |
| | | | | | 0.77(0.04) ² | 0.74(0.05) ² |
| 9 | Car oil | 856.88 | 5.72 | 29.28 | 0.12(0.01) ¹ | 0.10(0.01) ¹ |

^{1,2,3}Sea water subphases of surface rheological properties collected in Table 2.

Tabel 4.1 Physical Propertis Crude Oil

1.1.2 Headloss

Nilai viscositas kinematic (ν) crude oil

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\nu = \frac{3.17 \times 10^{-3} \frac{kg}{m \cdot s}}{806,88 \frac{kg}{m^3}}$$

$$\nu = \mathbf{3.94 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

| Material | Condition | ϵ | | Uncertainty, % |
|----------|------------------|------------|--------|----------------|
| | | ft | mm | |
| Steel | Sheet metal, new | 0.00016 | 0.05 | ± 60 |
| | Stainless, new | 0.000007 | 0.002 | ± 50 |
| | Commercial, new | 0.00015 | 0.046 | ± 30 |
| | Riveted | 0.01 | 3.0 | ± 70 |
| Iron | Rusted | 0.007 | 2.0 | ± 50 |
| | Cast, new | 0.00085 | 0.26 | ± 50 |
| | Wrought, new | 0.00015 | 0.046 | ± 20 |
| | Galvanized, new | 0.0005 | 0.15 | ± 40 |
| Brass | Asphalted cast | 0.0004 | 0.12 | ± 50 |
| | Drawn, new | 0.000007 | 0.002 | ± 50 |
| Plastic | Drawn tubing | 0.000005 | 0.0015 | ± 60 |
| | Glass | — | Smooth | — |
| Concrete | Smoothed | 0.00013 | 0.04 | ± 60 |
| | Rough | 0.007 | 2.0 | ± 50 |
| Rubber | Smoothed | 0.000033 | 0.01 | ± 60 |
| Wood | Stave | 0.0016 | 0.5 | ± 40 |

Tabel 4.2 Perbedaan Kekasaran

1. Headloss pada pipa (h_f)

1. Headloss pada pipa isap (h_{fs})

$$Re = \frac{V_s d}{\nu}$$

$$= \frac{0.9286 \frac{m}{s} \times 0.1524 \text{ m}}{3.94 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$= \mathbf{3.5 \times 10^4}$$

$Re > 4000 \rightarrow$ Tipe aliran turbulen

Jadi aliran fluida dalam pipa isap (*suction*) adalah turbulen dengan nilai Reynolds (Re) = $\mathbf{35 \times 10^3}$. Nilai kekasaran dengan diameter 0.1524 m = 152 mm dan pipa ϵ pada material besi tuang (iron cast) yaitu 0.05 mm (Tabel 4.2). Sehingga nilai koefisien geseknya adalah:

$$\frac{\epsilon}{d} = \frac{0.05 \text{ mm}}{152 \text{ mm}} = \mathbf{0.00032}$$

Dari nilai *relative roughness* 0.00032 dapat dilihat pada diagram *moody* nilai f (*friction factor*) adalah sebesar $\mathbf{0.023}$.

$$h_{fs} = f \frac{L V_s^2}{d 2g}$$

$$= 0.023 \times \frac{55.8 \text{ m}}{0.1524 \text{ m}} \times \frac{(0.9286 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{fs} = \mathbf{0.37 \text{ m}}$$

2. Headloss pada pipa buang (h_{fd})

$$Re = \frac{V_d d}{\nu}$$

$$= \frac{1.7316 \frac{m}{s} \times 0.1116 \text{ m}}{3.94 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$= \mathbf{4.9 \times 10^4 = 49 \times 10^3}$$

$Re > 4000 \rightarrow$ Tipe aliran turbulen

Jadi aliran fluida dalam pipa buang (*discharge*) adalah turbulen dengan nilai Reynolds (Re) = $\mathbf{49 \times 10^3}$. Nilai koefisien kekasaran ϵ jenis pipa iron yaitu 0.05 mm dengan diameter 0.1116 m = 111.6 mm (Tabel 4.2). Nilai koefisien geseknya adalah:

$$\frac{\epsilon}{d} = \frac{0.05 \text{ mm}}{111.6 \text{ mm}} = \mathbf{0.00044}$$

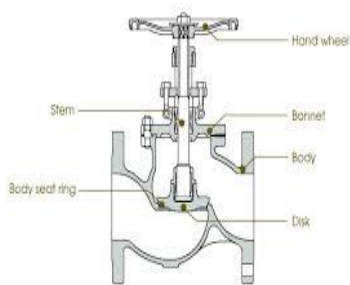
Dari nilai *relative roughness* 0.00044 dapat dilihat pada diagram moody nilai *f* (*friction factor*) adalah sebesar **0.022**.

$$h_{fd} = f \frac{L V_d^2}{d 2g}$$

$$= 0.022 \times \frac{1136.3 \text{ m}}{0.1116 \text{ m}} \times \frac{(1.7316 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h_{fd} = \mathbf{34.26 \text{ m}}$$

2. Headlosses pada katub (h_g)



Gambar 4.1 Globe Valve

Katup yang digunakan berbentuk globe (open full) koefisien loss didapat

$$K_L = 10$$

1. Pada pipa isap (h_{gs})

$$h_{gs} = K_L \frac{V_s^2}{2g}$$

$$= 10 \frac{(0.9286 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h_{gs} = \mathbf{0.47 \text{ m}}$$

Pada bagian pipa isap (*suction*) terdapat 3 katub, maka nilai h_g keseluruhan = 3 x 0.47 m = **1.14 m**.

2. Pada pipa keluar (h_{gd})

$$h_{gd} = K_L \frac{V_d^2}{2g}$$

$$= 10 \frac{(0.662 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h_{gd} = \mathbf{0.22 \text{ m}}$$

Pada bagian pipa buang (*discharge*) terdapat 7 katub sehingga nilai h_g keseluruhan = 7 x 0.88 m = **6.16 m**.

3. Headloss pada belokan (h_c)

Pada instalasi pipa pada pompa sentripugal Goulds 3196 terdapat 2 belokan dengan melengkung 90° dan 1 terdapat *union* pada bagian *suction*. Terdapat 14 belokan dengan melengkung 90°, 4 belokan dengan melengkung 45° dan 1 terdapat *union* pada *discharge* Dimana pipa melengkung 90° $C_L = 1.5$, sambungan pipa ulir.

1. Pada pipa isap (h_{cs})

$$h_{cs} = C_L \frac{V_s^2}{2g}$$

$$= 1.5 \frac{(0.9286 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h_{cs} = \mathbf{0.071 \text{ m}}$$

Pada bagian pipa isap terdapat 2 belokan dengan sudut 90° sehingga nilai h_c keseluruhan = 3 x 0.071 = **0.142 m**.

$$h_{cs} = C_t \frac{V_s^2}{2g}$$

$$= 0.08 \times \frac{(0.9286 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h_{cs} = \mathbf{0.0037 \text{ m}}$$

Maka *Headlosses* pada belokan (h_c) pada pipa isap (*suction*) = 0.071 m + 0.0037 m = **0.1457 m**

2. Pada pipa keluar (h_{cd})

$$h_{cd} = C_L \frac{V_d^2}{2g}$$

$$= 1.5 \frac{(1.73164 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h_{cd} = \mathbf{0.132 \text{ m}}$$

Pada bagian pipa keluar (*discharge*) terdapat 14 belokan dengan sudut 90° sehingga nilai h_c keseluruhan = 14 x 0.132 m = **1.848 m**

$$h_{cd} = C_t \frac{V_d^2}{2g}$$

$$= 0.4 \times \frac{(1.73164 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{cd} = 0.035 \text{ m}$$

Pada bagian pipa keluar (*discharge*) terdapat 4 belokan dengan sudut 45° sehingga nilai *hc* keseluruhan = 4 x 0.035 m = **0.14 m**

$$h_{cd} = C_l \frac{V_d^2}{2g}$$

$$= 0.08 \times \frac{(1.73164 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{cd} = 0.007 \text{ m}$$

Maka *Headlosses* pada belokan (*hc*) pada pipa buang (*discharge*) = 1.848 m + 0.14 m + 0.007 m = **1.995 m**

4. Headloss total (h_l)

$$h_{lsuction} = h_{fs} + h_{gs} + h_{cs}$$

$$= 0.37 \text{ m} + 1.41 \text{ m} + 0.1457 \text{ m}$$

$$= 1.9257 \text{ m}$$

$$h_{ldischarge} = h_{fd} + h_{gd} + h_{cd}$$

$$= 34.26 \text{ m} + 6.61 \text{ m} + 1.995 \text{ m}$$

$$= 42.86 \text{ m}$$

$$\text{Jadi } h_{total} = 1.9257 \text{ m} + 42.86 \text{ m}$$

$$= \mathbf{44.78 \text{ m}}$$

5. Head Total Pompa (H)

$$P_1 = 10 \text{ Psi} = 6.8 \times 10^4 \text{ N/m}^2 = 6.8 \times 10^4 \text{ (kg m/s}^2\text{)/m}^2 = 6.8 \times 10^4 \text{ kg/m.s}^2$$

$$P_2 = 62 \text{ Psi} = 42 \times 10^4 \text{ N/m}^2 = 42 \times 10^4 \text{ (kg m/s}^2\text{)/m}^2 = 42 \times 10^4 \text{ kg/m.s}^2$$

$$V_1 = 0.9286 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 1.73164 \text{ m/s}$$

$$h_a = Z_1 + Z_2 = 7.3 \text{ m} + 2.74 \text{ m} = 11.04 \text{ m}$$

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_a + \sum h_{ltotal}$$

$$= \frac{42 \times 10^4 \frac{kg}{m.s^2} - 6.8 \times 10^4 \frac{kg}{m.s^2}}{806.88 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2}} +$$

$$\frac{(1.73164 \frac{m}{s})^2 - (0.9286 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} + 11.04 \text{ m} + 44.78 \text{ m}$$

$$= 44.52 \text{ m} + 0.196 \text{ m} + 11.04 \text{ m} +$$

$$44.78 \text{ m}$$

$$H = \mathbf{100.53 \text{ m}}$$

1.1.3 Daya

1. Daya Pompa (P_w)

Dik :

$$\rho_{crude \text{ oil}} = 806.88 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 0.0169 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 100.53 \text{ m}$$

Untuk P pompa₁

$$P_w = \rho_{air} g Q H$$

$$= 806.88 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 0.0169 \frac{m^3}{s} \times 100.53$$

$$\text{m}$$

$$= 13444 \frac{kgm \text{ m}}{s^2 \text{ s}}$$

$$= 13444 \text{ W}$$

$$P_w = \mathbf{13.444 \text{ kW}}$$

Untuk P pompa₂

$$P_w = \rho_{air} g Q H$$

$$= 806.88 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 0.0169 \frac{m^3}{s} \times 100.53$$

$$\text{m}$$

$$= 13444 \frac{kgm \text{ m}}{s^2 \text{ s}}$$

$$= 13444 \text{ W}$$

$$P_w = \mathbf{13.444 \text{ kW}}$$

$$P_{popmpa \text{ (total)}} = P_{w1} + P_{w2}$$

$$= 13.444 \text{ kW} + 13.444 \text{ kW}$$

$$= \mathbf{26.888 \text{ kW}}$$

2. Daya Motor (P)

$$V = 380 \text{ Volt}$$

$$I = 45 \text{ A}$$

$$\theta = 0.88$$

$$P_{motor1} = V I \theta$$

$$= 380 \text{ Volt} \times 45 \text{ A} \times 0.88$$

$$= 15048 \text{ W}$$

$$P_{motor1} = \mathbf{15.048 \text{ kW}}$$

$$\begin{aligned}
P_{motor2} &= V I \theta \\
&= 380 \text{ Volt} \times 45 \text{ A} \times 0.88 \\
&= 15048 \text{ W}
\end{aligned}$$

$$P_{motor2} = 15.048 \text{ kW}$$

$$P_{motor(total)} = 30.096 \text{ kW}$$

1.1.4 Efisiensi Pompa (η_{pompa})

$$\begin{aligned}
\eta_{pompa} &= \frac{P_{W(total)}}{P_{motor(total)}} \times 100\% \\
&= \frac{26.888 \text{ kW}}{30.096 \text{ kW}} \times 100\%
\end{aligned}$$

$$\eta_{pompa} = 89.3 \%$$

Pompa sentripugal ini masih memiliki efisien yang tinggi yang mana pompa tersebut masih sangat baik untuk menyalurkan *crude oil* ke tangki SPU.

4.2. Pembahasan

Rugi Aliran (Headloss)

Berdasarkan data yang didapatkan yaitu diameter pipa isap d_1 adalah 0.1524 m dan diameter pipa keluar d_2 adalah 0.1116 m dengan laju aliran isap (V_s) 0.9286 m/s dan laju aliran keluar (V_d) 1.73164 m/s. Nilai viskositas kinematik *crude oil* 3.94×10^{-6} sehingga didapat bilangan Re pada aliran pipa isap 35×10^3 dan aliran pada pipa keluar 49×10^3 yang mana nilai Re kedua aliran pipa tersebut lebih besar dari 4000 maka jenis aliran pada kedua pipa adalah *turbulen*.

Untuk kerugian *head* pada jalur pipa pada sisi isap (h_{fs}) adalah 0.37 m dan pada jalur pipa sisi keluar (h_{fd}) 34.26 m. Nilai kerugian head di katup pada jalur pipa isap (h_{gs}) adalah 1.41 m dan pada jalur pipa sisi keluar (h_{gd}) adalah 6.61 m. kerugian head pada belokan di jalur sisi isap (h_{cs}) adalah 0.1457 m dan pada jalur sisi keluar (h_{cd}) adalah 1.995 m. dari hasil nilai kerugian head dapat ditotalkan nilai *Headloss* (h_l) adalah 44.78 m

Pada *head* total pompa (H) didapat nilai sebesar 100.53 m. nilai daya pompa (P_w) adalah 26.888 kW dan daya poros (P) 30.096 kW sehingga didapatlah efisiensi pompa (η_{pompa}) adalah 89.3 %.

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan dari tangki *crude oil* menuju SPU dimana diameter pipa isap (d_1) adalah 0,1524 m, diameter pipa keluar (d_2) adalah 0,1116 m, dan kecepatan pipa isap (V_s) adalah 0,9286 m/s, kecepatan pipa keluar (v_d) adalah 1.73164 m/s, serta debit aliran fluida (Q) adalah sebesar 0,0169 m³/s. Sehingga didapat nilai *headloss* total adalah sebesar 44.78 m, serta nilai *head* pada pompa (h_p) adalah sebesar 100.53 m dan efisiensi pompa 89,3 %

Maka dapat disimpulkan bahwa pompa jenis *Centrifugal Pumping Unit (CPU)* yang digunakan masih ideal dikarenakan nilai *head* pada pompa lebih besar daripada nilai *headloss* total.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Sudiby. 2011. *Oil and Gas Pipeline Design, Operation and Maintenance*. Yogyakarta : KOPUM IATMI.
- Tim Pertamina. 2009. *Modul Expertest Centrifugal Pumping Unit (CPU)*. Jakarta.
- White, Frank M. 1988. *Mekanika Fluida Edisi Kedua Jilid 1*. Jakarta Erlangga.
- White, Frank M. 2003. *Fluid Mechanics Fifth Edition*. University Rhode Island : Mc Graw Hill.
- Subramanya, K. 1993. *Theory and Application of Fluid Mechanics*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi.

Munson, Bruce R., Young, Donald F., and Okiishi, Theodore H. 1994. *Fundamentals of Fluid Mechanics. Second Edition.* John Wiley & Sons, Inc. Toronto.