



PRESENTASI TUGAS AKHIR (TA)

PERHITUNGAN ULANG (MANUAL & NUMERIK)

CRUDE OIL BOOSTER PUMP PADA CPA

PERTAMINA-PETROCHINA TUBAN

TUGAS AKHIR

Kode Mata Kuliah TM-090390

D3 Teknik Mesin FTI ITS

OLEH:

IMAM NUR FACHRUDIN

2111 030 049

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. HERU MIRMANTO, MT

NIP 19620216 199512 1 001



D3 Teknik Mesin

Lulus Teknologi Industri

Insitut Teknologi Sepuluh Nopember



1. PENDAHULUAN

2. TINJAUAN PUSTAKA

3. METODOLOGI

4. PERHITUNGAN

5. KESIMPULAN



PENDAHULUAN



JOB P-PEJ adalah sistem tempat pengolahan minyak dan komponen terpenting dalam mendapatkan minyak dari dalam tanah, dengan cara menghisap minyak mentah (crude oil). JOB P-PEJ mempunyai lapangan untuk mengolah crude oil tersebut yang bernama CPA. Pada CPA terdapat unit pompa yang berfungsi untuk menyalurkan fluida minyak mulai dari tangki reservoir (crude oil tank) sampai ke tanker FSO Cinta Natomas yang ada di tengah laut di daerah Lamongan yang sebelumnya melewati palang untuk melihat kondisi minyak yang akan di kirim ke tanker.



PENDAHULUAN



- Pompa pada suatu industri memiliki peranan yang sangat penting, dimana pompa sebagai peralatan mekanis yang berfungsi untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain.
- Misalnya pada unit instalasi perpipaan CPA Tuban, terdapat banyak sekali jenis pompa yang digunakan, salah satunya adalah pompa yang digunakan pada unit instalasi shipping pump yang diperkuat oleh booster pump.



PENDAHULUAN

Permasalahan



- **Central Processing Area (CPA)** merupakan tempat untuk mengolah, memproduksi dan mengirim minyak mentah (crude oil). CPA memiliki dua unit booster pump dengan jenis yang berbeda yaitu booster bertekanan rendah dan booster bertekanan tinggi.
- Ada sebagian booster pump yang stand by apabila yang dijalankan mengalami kerusakan. Sehingga permasalahan pada tugas akhir ini akan dilakukan perhitungan ulang sistem perpipaan yang digunakan untuk proses shipping pump.



PENDAHULUAN

Tujuan



1. Perhitungan kapasitas.
2. Menghitung perencanaan pipa yang didalamnya menyangkut pemilihan diameter pipa dan jenis pipa.
3. Menghitung Head efektif instalasi pompa.
4. Pemilihan pompa beserta daya yang dibutuhkan.
5. Analisis perhitungan menggunakan perhitungan manual dan software pipe flow expert.



PENDAHULUAN

Batasan Masalah



1. Pembahasan hanya pada perencanaan sistem perpipaan booster pump dan pemilihan pompa di Central Processing Area (CPA).
2. Kapasitas yang digunakan konstan sebesar 880 GPM.
3. Fluida kerja dalam proses adalah minyak dengan suhu konstan 130°F.
4. Kondisi steady state, aliran incompressible.
5. Diasumsikan instalasi terisolasi dengan baik sehingga tidak ada perpindahan panas.
6. Pembahasan membandingkan perhitungan manual dan perhitungan numerik menggunakan software.
7. Analisa numerik dengan menggunakan perangkat lunak Pipe Flow Experts.

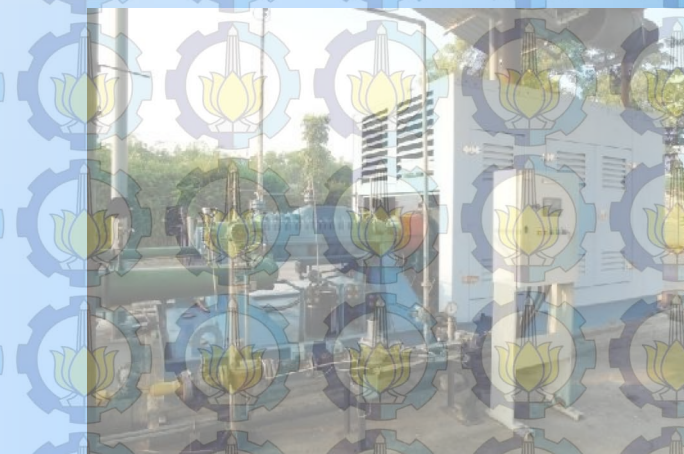
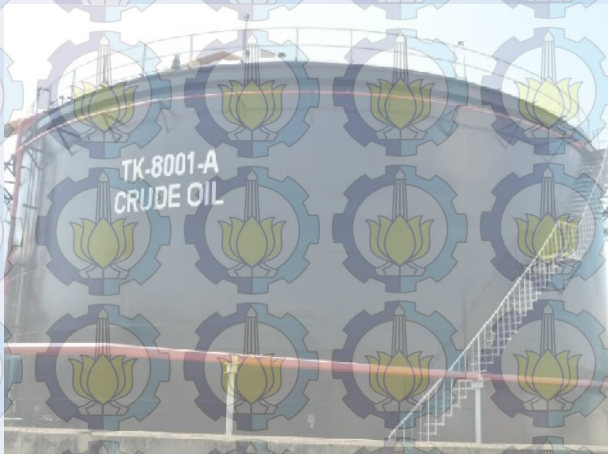
PENDAHULUAN

Central Processing Area (CPA)

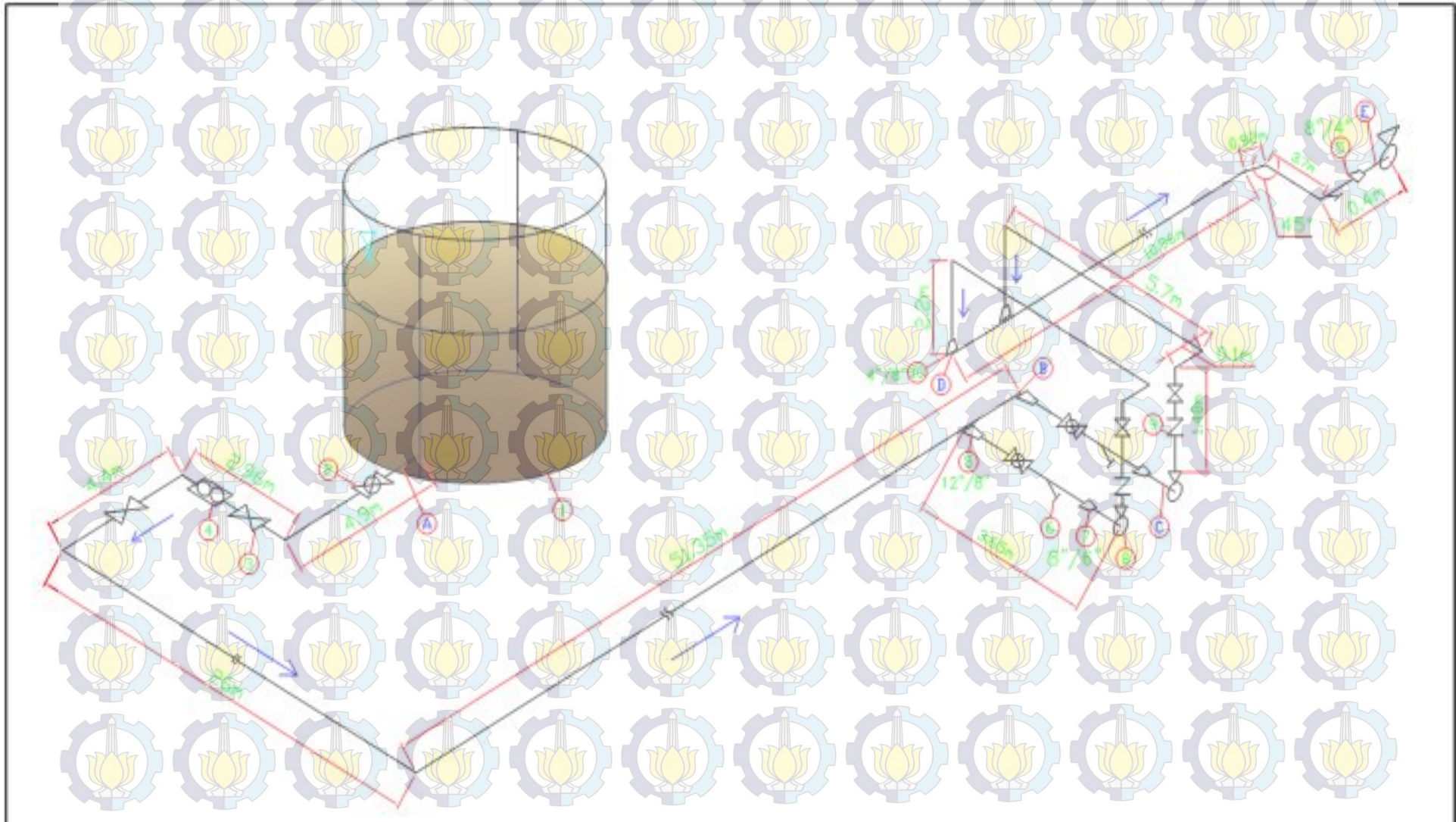


PENDAHULUAN

Alur jalannya aliran fluida (Crude Oil)



GAMBAR INSTALASI BOOSTER PUMP

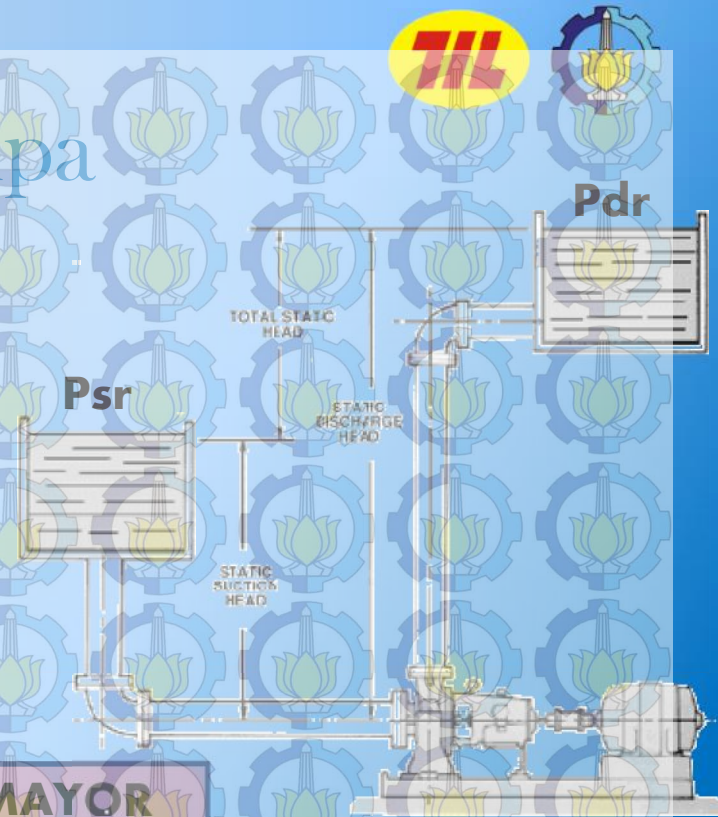


TINJAUAN PUSTAKA

Head Efektif Instalasi Pompa

$$H_{eff} = \sum H_{st} + \sum H_{din}$$

$$H_{eff} = \left(\left(\frac{P_{dr} - P_{sr}}{\gamma} \right) + (H_d - H_s) \right) + \left(\frac{V_{dr}^2 - V_{sr}^2}{2g} + \sum H_{LT} \right)$$



HEAD LOSS MAJOR

$$H_l = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

HEAD LOSS MINOR

$$H_{lm} = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$\sum H_{LT} = H_l + H_{lm}$$

TINJAUAN PUSTAKA



Net Positive Suction Head (NPSH)

NET POSITIVE SUCTION HEAD AVAILABLE (NPSH_A)

$$NPSH_A = \left(\frac{P_a - P_v}{\rho g} \right) - h_s - \sum H_{ls}$$

DAYA

DAYA POMPA / DAYA FLUIDA (WHP)

$$WHP = \rho \times Q_{act} \times H_{eff}$$

DAYA POROS (P_{shaft})

$$P_{shaft} = \frac{WHP}{\eta_p}$$

DAYA NOMINAL PENGGERAK MULA

$$P_m = \frac{P(1+r)}{y_t}$$

HASIL SURVEY LAPANGAN

Data Pompa



- Jenis pompa : GOULD PUMP
- Model : Centrifugal Pump
- Kapasitas : 880 GPM
- Tekanan Discharge : 50 psig
- Voltage : 460 V
- Frekwensi : 60 Hz
- Daya motor : 100 HP



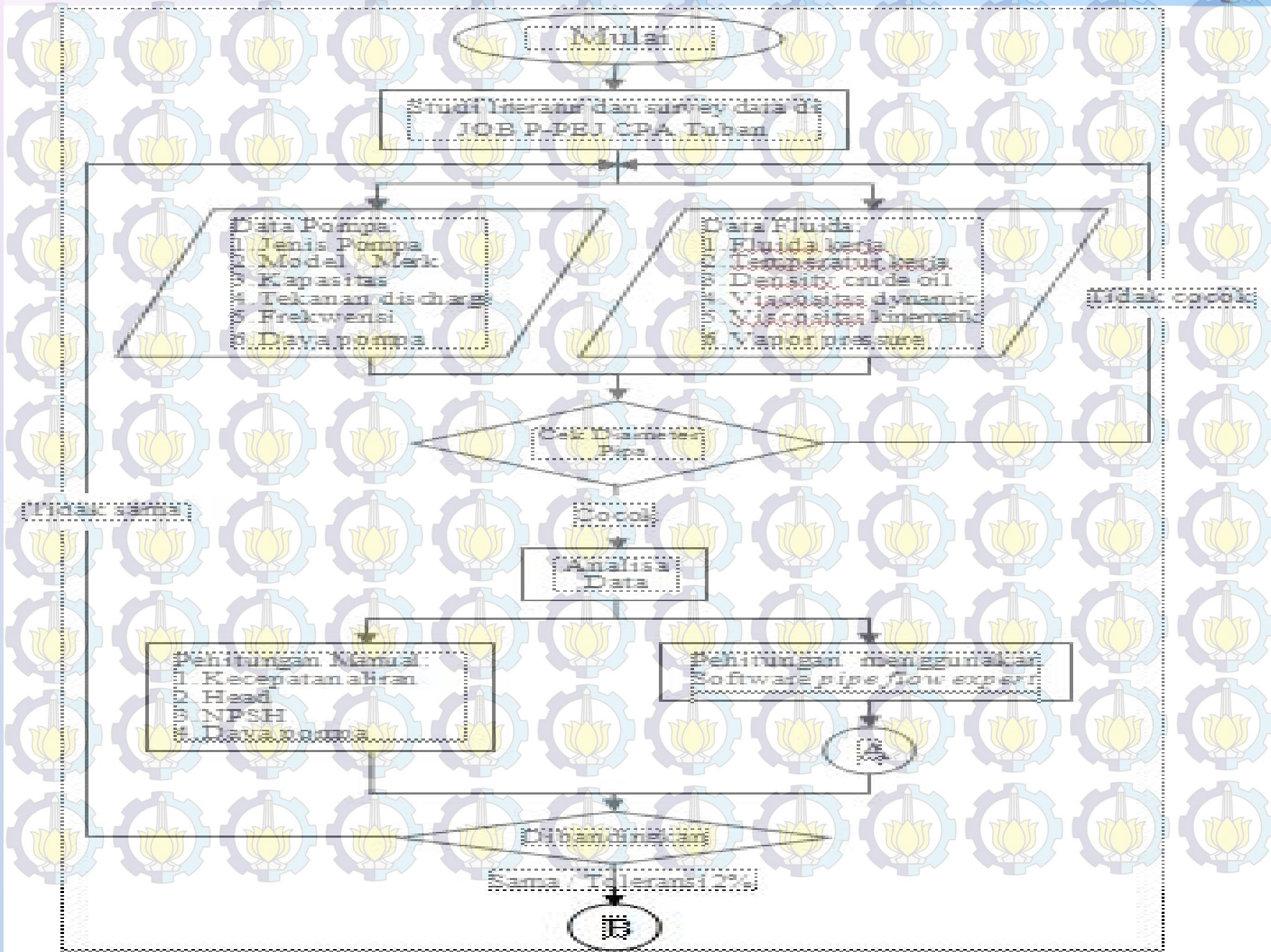
HASIL SURVEY LAPANGAN



Data Fluida

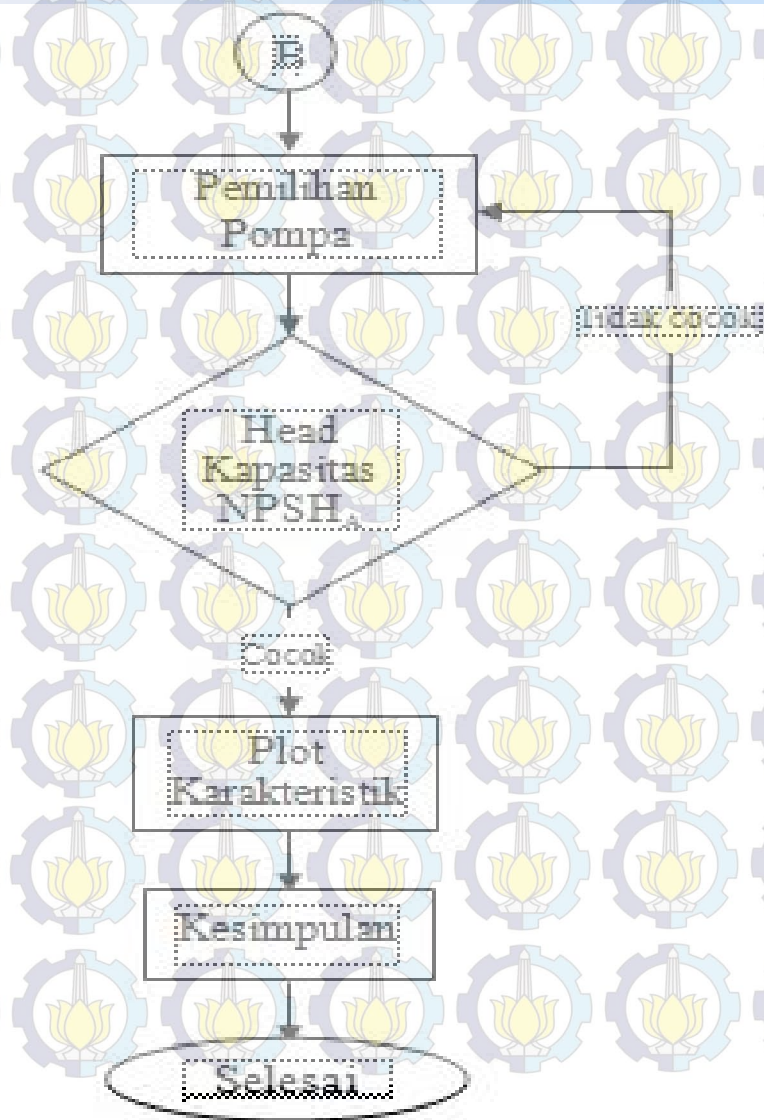
- Fluida kerja : *Crude oil* (minyak mentah)
- Temperatur kerja : 130 °F (54,4°C)
- *API gravity* at 130°F : 40
- *Spesific Gravity* (SG) : 0,82
- *Density crude oil* () : 808,7168 kg/m³
- *Viscositas dynamic* (μ) : 2cP (2×10^{-3} N.s/m²)
- *Viscositas kinematik* () : $2,47 \times 10^{-6}$ m²/s
- *Vapor pressure* (P_v) : 103 kPa

METODOLOGI



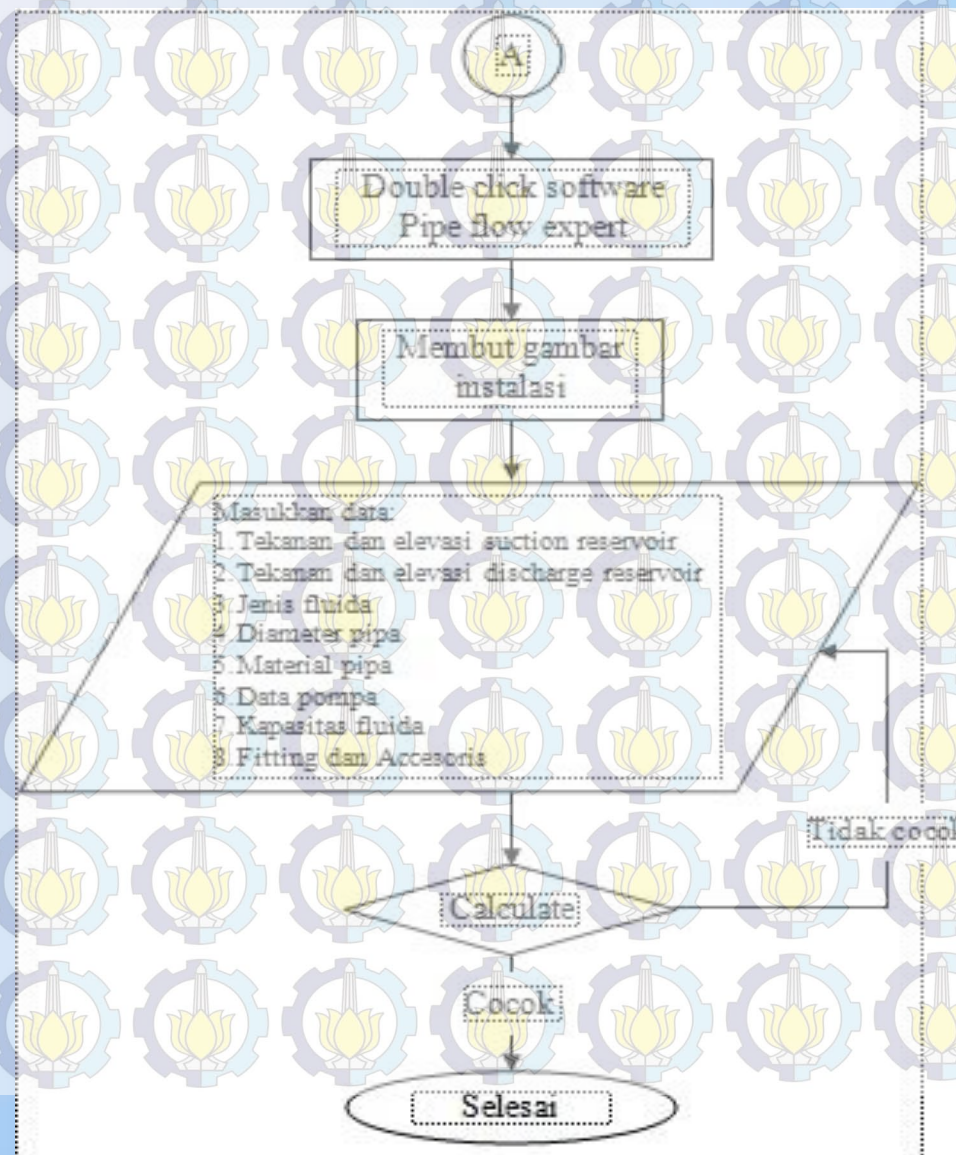
METODOLOGI

Flow chart Perhitungan Manual



METODOLOGI

Flow chart Perhitungan Numerik



PERHITUNGAN MANUAL



Pengecekan Diameter Suction

$$V = \frac{4Q}{fD^2}$$

Diketahui :
 $Q = 880 \text{ GPM} = 0,0555 \text{ m}^3/\text{s}$
 $D_{in1} = 12 \text{ inch} = 0,305 \text{ m}$
 $D_{in2} = 8 \text{ inch} = 7,981 \text{ inch} = 0,2027 \text{ m}$

$$V_{A-B} = \frac{4 \times 0,0555 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{f \times (0,305 \text{ m})^2} = 0,7596 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{B-C} = \frac{4 \times 0,0555 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{f \times (0,2027 \text{ m})^2} = 1,7198 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

PERHITUNGAN MANUAL

PEMILIHAN DIAMETER SUCTION



Diketahui : Din = 12 inch = 0,305 m

Q = 880 GPM = 0,0555 m³/s

- ✓ Kecepatan yang diijinkan untuk pipa suction minimal = 0,61 m/s dan maksimal = 0,91 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{f \cdot V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0555 \frac{m^3}{s}}{f \times 0,61 \frac{m}{s}}} = 0,34m = 13,38inch$$

Jadi, untuk pipa suction diameter pipa yang dipilih adalah *Carbon Steel Pipe* 40s NPS 12 inch dengan *inner diameter* (Din) = 0,305 m, karena diameter yang ada dipasaran tidak ada yang berukuran 13,38 inch.

$$V_{suc} = \frac{4 \times 0,0555 \frac{m^3}{s}}{f \times (0,305m)^2} = 0,7596 \frac{m}{s}$$

PERHITUNGAN MANUAL



Pengecekan Diameter Discharge

$$V = \frac{4Q}{fD^2}$$

Diketahui :

$$Q = 880 \text{ GPM} = 0,0555 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{in1} = 4 \text{ inch} = 4,026 \text{ inch} = 0,1022 \text{ m}$$

$$D_{in2} = 8 \text{ inch} = 7,981 \text{ inch} = 0,2027 \text{ m}$$

$$V_{C-D} = \frac{4 \times 0,0555 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{f \times (0,1022 \text{ m})^2} = 6,7655 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{D-E} = \frac{4 \times 0,0555 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{f \times (0,2027 \text{ m})^2} = 1,7198 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

PERHITUNGAN MANUAL

PEMILIHAN DIAMETER DISCHARGE



Diketahui : $D_{in} = 4 \text{ inch} = 0,1022 \text{ m}$
 $Q = 880 \text{ GPM} = 0,0555 \text{ m}^3/\text{s}$

✓ Kecepatan yang diijinkan untuk pipa discharge minimal = 1,83 m/s dan maksimal = 2,74 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{f \cdot V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0555 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{f \times 1,83 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 0,196 \text{ m} = 7,716 \text{ inch}$$

Jadi, untuk pipa discharge diameter pipa yang dipilih adalah *Carbon Steel Pipe 40s NPS 6 inch* dengan *inner diameter* (D_{in}) = 0,161 m, karena diameter yang ada dipasaran tidak ada yang berukuran 7,716 inch.

$$V_{disc} = \frac{4 \times 0,0555 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{f \times (0,161 \text{ m})^2} = 2,72 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

PERHITUNGAN MANUAL

HEAD EFEKTIF INSTALASI

$$H_{Eff} = H_{statis} + H_{dinamis}$$

Dimana :

H_{eff} = Head efektif pompa (m)

H_{stat} = Head statis (m)

H_{din} = Head dinamis (m)

❖ Diketahui data-data sebagai berikut:

- $P_{dr} = 1,7 \text{ psig} \times \frac{0,0689 \text{ bar}}{1 \text{ psi}} + 1,01325 \text{ bar} = 1,13046 \text{ bar}$
- $P_{sr} = 80 \text{ psig} \times \frac{0,0689 \text{ bar}}{1 \text{ psi}} + 1,01325 \text{ bar} = 6,529 \text{ bar}$
- $H_z = -2,483 \text{ m}$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $V_{dr} = 1,7198 \text{ m/s}$

PERHITUNGAN MANUAL

HEAD STATIS

$$H_{statis} = \left(\frac{P_{dr} - P_{sr}}{\chi} \right) + H_z$$

$$H_{statis} = \left(\frac{6,529 \text{ Bar} - 1,1304 \text{ Bar}}{\chi} \right) + (-2,483 \text{ m})$$

$$H_{statis} = \left(\frac{6,529 \text{ Bar} - 1,1304 \text{ Bar}}{\dots \cdot g} \right) + (-2,483 \text{ m})$$

$$= \left(\frac{6,529 \text{ Bar} - 1,1304 \text{ Bar}}{808,7168 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) + (-2,483 \text{ m})$$

$$H_{statis} = 68,048 \text{ m} - 2,483 \text{ m} = 65,565 \text{ m}$$

PERHITUNGAN MANUAL

Tabel 4.4 Perhitungan *Headloss Mayor* tiap section

Section	B - C	C - D	D - E
NPS (inch)	8	4	8
\bar{V} (m/s)	1,7198	6,7655	1,7198
Re	141135	279932,834	141135
ϵ/D	2,26E-4	2,85E-4	2,26E-4
f	0,0183	0,0172	0,0183
L (m)	3,65	9,48	15,98
<i>Headloss mayor</i> (m)	$H_{L,B-C} =$ 0,0496	$H_{L,C-D} =$ 3,722	$H_{L,D-E} =$ 0,2174

Tabel 4.5 Perhitungan *Headloss Minor* section B-C

Fitting pada section C-D	Jumlah fitting	ΣK	\bar{V} ($\frac{m}{s}$)	$\Sigma H_{L,m}$ (m)
Ball valve	1	0,04	1,7198	0,006
Strainer	1	1		0,1507
Eccentric reducer	1	0,09		0,0135
Elbow 90°	1	0,17		0,0256
$\Sigma H_{L,m,B-C}$				0,1958

PERHITUNGAN MANUAL

Tabel 4.6 Perhitungan *Headloss* Minor section C-D

Fitting pada section C-D	Jumlah fitting	ΣK	$\bar{V} \left(\frac{m}{s} \right)$	$\Sigma H_{L,m}$ (m)
Check valve	1	2	6,7655	4,6658
Gate valve	1	0,14		0,3266
Elbow 90°	4	0,2		1,866
Concentric difuser	1	0,24		0,5599
$\Sigma H_{L,m}$ C-D				7,4183

Tabel 4.7 Perhitungan *head loss* minor section D-E

Fitting pada section D-E	Jumlah fitting	ΣK	$\bar{V} \left(\frac{m}{s} \right)$	$\Sigma H_{L,m}$ (m)
Strainer	1	1	1,7198	0,1507
Eccentric reducer	1	1,6		0,2412
Elbow 90°	2	0,17		0,0512
Mitre 45°	1	0,21		0,0316
$\Sigma H_{L,m}$ D-E				0,4747

Tabel 4.8 Tabel *head loss* total pada setiap section

Section	H_L (m)	$H_{L,m}$ (m)	H_{LT} (m)
A-B	0,1745	0,1985	0,373
B-C	0,0496	0,1958	0,2454
C-D	3,722	7,4183	11,1403
D-E	0,2174	0,4747	0,6921
Jumlah	4,1635	8,2873	12,4508
		ΣH_{LT}	

PERHITUNGAN MANUAL

HEAD DINAMIS

$$H_{dinamis} = \frac{V_{dr}^2 - V_{sr}^2}{2g} + \sum H_{LT}$$

$$= \frac{\left(1,7198 \frac{m}{s}\right)^2 - \left(0 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} + 12,4508m$$

$$= 65,565m + 12,6015m$$

$$= 78,1665 m$$

PERHITUNGAN MANUAL



HASIL HEAD EFFEKTIF

$$H_{Eff} = H_{statis} + H_{dinamis}$$

$$H_{Eff} = 65,565 m + 12,6015 m$$

$$H_{Eff} = 78,1665 m$$

PERHITUNGAN NUMERIK

CALCULATE



The screenshot displays the Pipe Flow Expert v5.12 software interface. The main window shows a pipe network diagram with nodes labeled N1 through N15 and pipes labeled P1 through P5. A blue arrow points from the 'CALCULATE' button in the menu bar to a specific pipe in the network. The left-hand panel shows the properties for the selected pipe (Pipe 5, P5):

- Type: Tank
- Surface Pressure: 0 bar.g
- Liquid Level: 0 m
- Bottom Elevation: 0 m
- Notes:
- Pipe: 5
- Name: P5
- Length: 51,350 m
- Internal Diameter: 304,800 mm
- Roughness: 0,046000 mm
- Material: Steel (ANSI) Sch. 40
- Notes:

The status bar at the bottom indicates the grid coordinates: Grid X=94 Y=53. The system tray shows the time as 7:18.

PERHITUNGAN NUMERIK

PERBANDINGAN PERHITUNGAN MANUAL & NUMERIK



Results Log

Pipe Flow Expert - Results Log

Overall Volumes:
Flow Demands In: 0,0000 m³/sec
Flow Demands Out: 0,0000 m³/sec
Flow Controls: 0,0000 m³/sec
System Volume: 7,253 m³ (does not include any closed pipes)

Total Friction Losses in all pipes is: 4,121075 m.hd
Total Fitting Losses in all pipes is: 7,521585 m.hd
Total Component Losses in all pipes is: 0,000000 m.hd
Total Control Valve Losses in all pipes is: 0,000000 m.hd

Pipe 6: Pump Head Added is 77,143 m.hd Fluid

Lowest Pressure at any node is: 1,476384 bar (N6)
Highest Pressure at any node is: 7,607367 bar (N7)

Lowest Elevation of any node is: 0,000 m (N1)
Highest Elevation of any node is: 0,000 m (N1)

The network was solved with 4 WARNINGS.

The solution values are displayed on the drawing.



View Results Drawing



View Results Sheet



Create PDF Report

$$H_{\text{effektif}} = 78,1665 \text{ m}$$

PERHITUNGAN TINGKAT KESALAHAN



PERBEDAAN PERHITUNGAN MANUAL & NUMERIK

$$\text{Tingkat kesalahan} = \frac{H_{eff} - H_{eff\ PFE}}{H_{eff}} \times 100\%$$

$$\text{Tingkat kesalahan} = \frac{78,1665\text{ m} - 77,143\text{ m}}{78,1665\text{ m}} \times 100\%$$

$$\text{Tingkat kesalahan} = 1,31\%$$

PERHITUNGAN MANUAL

NET POSITIVE SUCTION HEAD AVAILABLE (NPSH_A)

$$NPSH_A = \left(\frac{P_a}{\rho} - \frac{P_v}{\rho} \right) - (-h_s) - \sum H_{l,s}$$

$$= \left(\frac{113,046 \text{ kPa} - 103 \text{ kPa}}{7933,512 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} \right) - (-4,683 \text{ m}) - 0,6184 \text{ m}$$

$$= 1,2663 \text{ m} + 4,683 \text{ m} - 0,6184 \text{ m}$$

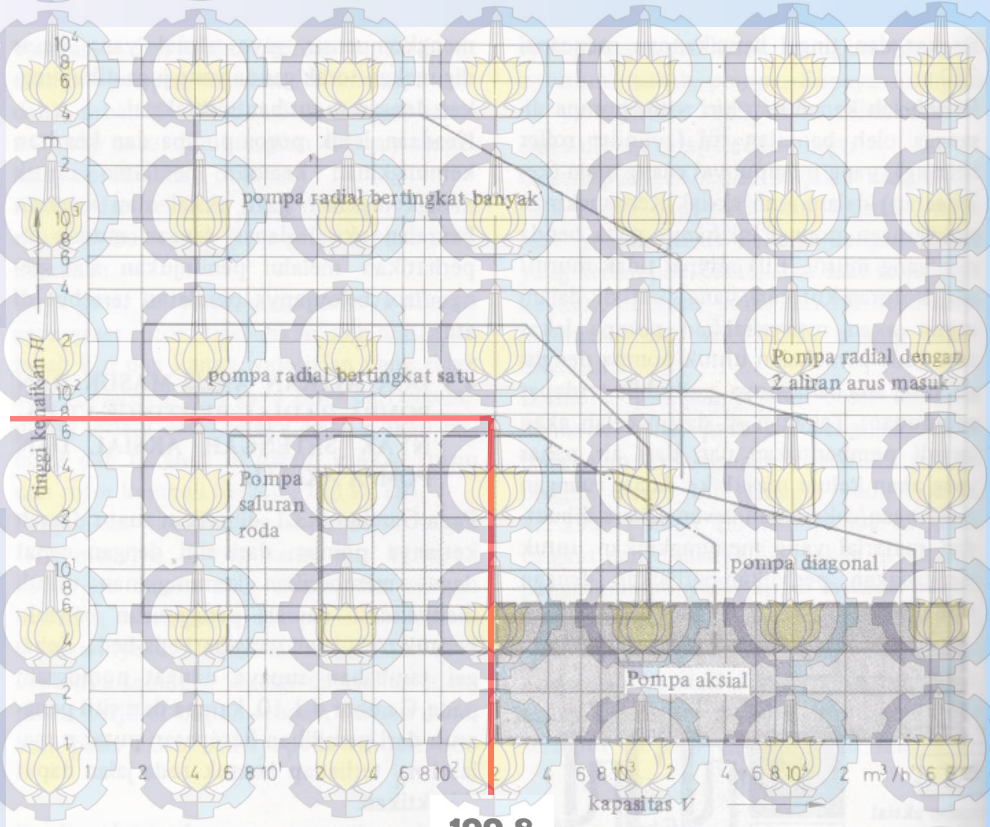
$$= 5,3309 \text{ m}$$

PEMBAHASAN

PEMILIHAN JENIS POMPA



78,1665



Gambar 4.3.1. Daerah kerja beberapa jenis pompa sentrifugal.

Dari gambar di samping, untuk kondisi Kapasitas (Q) = 199,8 m³/h dan Head Efektif (H_{eff}) = 78,1665 m. Maka dapat diplotkan pada diagram dan pompa untuk instalasi yang ada adalah jenis pompa radial bertingkat satu (Centrifugal pump single stage single suction).

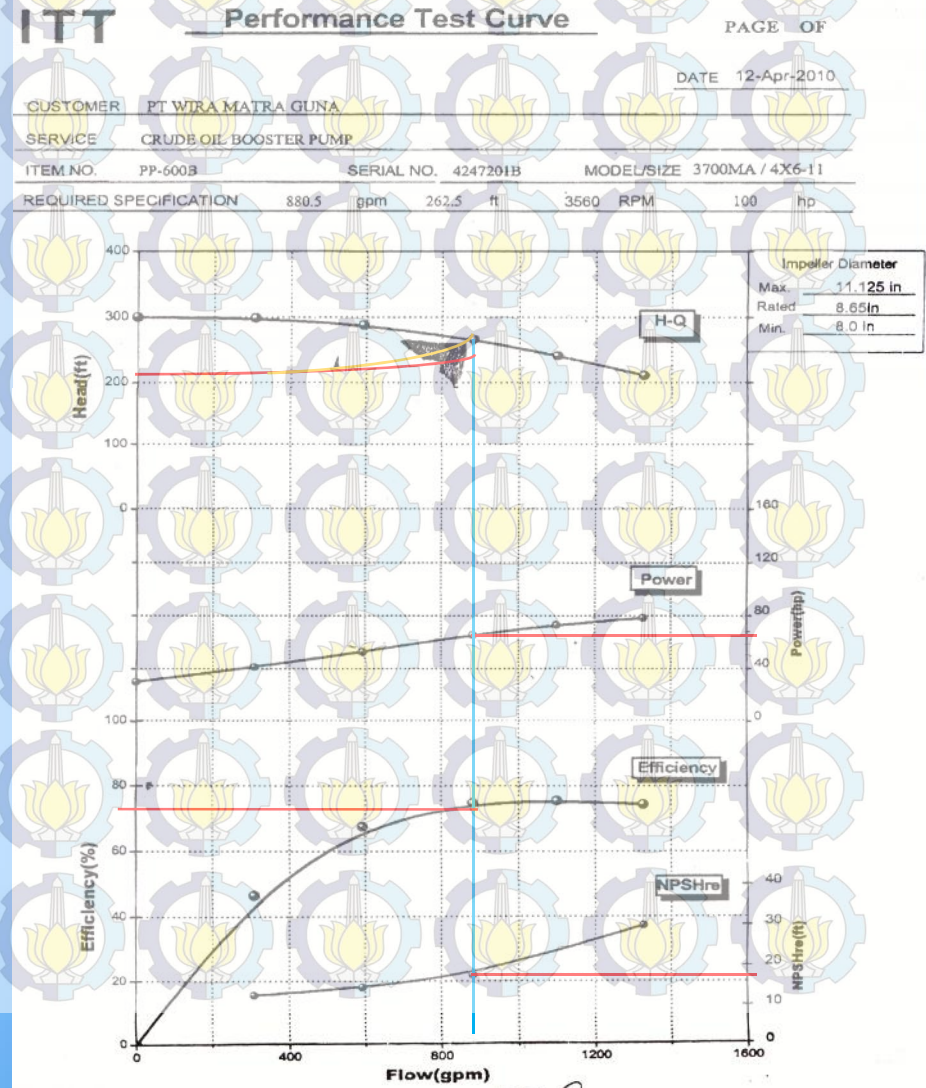
PEMBAHASAN

SPEKIFIKASI POMPA



Berdasarkan hasil plotting kurva karakteristik pompa universal berdasarkan *Head* dan kapasitas serta mempertimbangkan daya penggerak, daya poros dan putaran pompa, maka dapat dipilih pompa jenis :

Jenis pompa : *Centrifugal Pump*
Merk : *Gould Pump*
Putaran : 3560 rpm
Model : 3700 MA
Driver : Electric motor
Kapasitas : 880 GPM
Total Head : 262,5 ft
Daya Penggerak : 100 HP
NPSH_R : 4,87 m
Pabrik : PT WIRA MATRA GUNA



KESIMPULAN



- 1) Kapasitas crude oil yang dipompakan oleh pompa booster dibutuhkan untuk memenuhi proses di CPA Pertamina-Petrochina, Tuban sebesar $0,0555 \text{ m}^3/\text{s} = 199,8 \text{ m}^3/\text{jam}$.
- 2) Hasil perhitungan berdasarkan kecepatan yang diijinkan, diameter yang sesuai untuk pipa *suction* sebesar 12 inch dan pipa *discharge* sebesar 6 inch dengan Jenis pipa *Carbon Steel Pipe schedule 40s*.
- 3) Untuk *head* efektif pompa (H_{eff}) dari perhitungan *manual* didapat 78,1665 m dan dari perhitungan menggunakan *pipe flow expert* didapat 77,143 m. Maka selisih perbandingan kurang dari 2% yaitu 1,0235 m.
- 4) Hasil perhitungan NPSHA didapatkan sebesar = 5,3309 m.
- 5) Hasil perhitungan daya penggerak pompa, didapatkan daya sebesar = 57,36 kW.
- 6) Pompa yang dipilih adalah jenis pompa sentrifugal merk *Gould Pump* dengan *type 3700MA / 4x6-11*.
- 7) Berdasarkan perhitungan dan pemilihan pompa yang baru didapat penghematan daya dari pompa sebelumnya yaitu 75,6 kW menjadi daya pompa yang baru 57,36 kW.

SARAN

71L

1. PERLU DIPERHATIKAN PERAWATAN PADA BOOSTER PUMP SECARA TERATUR DAN TERJADWAL AGAR PERALATAN PADA SISTEM INSTALASI MEMPUNYAI UMUR KEJA YANG PANJANG DENGAN PERFORMA YANG MAKSIMAL.
2. UNTUK PENGHEMATAN DAYA DAN BIAYA INSTALASI, PENULIS MENYARANKAN PEMAKAIAN INSTALASI DAN PEMILIHAN POMPA BERDASARKAN PERHITUNGAN PADA BUKU LAPORAN TUGAS AKHIR INI.



TERIMA KASIH

