TUGAS AKHIR
KONVERSI ENERGI

PERENCANAAN ULANG INSTALASI HEATER DRAIN PUMP (HDP) PADA PLTU UNIT 3 PT. PJB UP GRESIK

Oleh:

A. SUMARYANTO

2112 038 013

Pembimbing:

Dr.Ir HERU MIRMANTO, MT

19620216 199512 1 001

Program Studi Diploma III Kerjasama PT. PLN (Persero)
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Feed Water Heater Drain System memiliki peranan yang sangat penting dalam siklus PLTU unit 3 dan 4 sebagai penambah suplai air kondensat yang menuju ke deaerator. Temperatur air yang masih tinggi di heater drain tank dapat menambah efisiensi siklus.

Terjadi backflow pada bulan maret 2015 yang menyebabkan pompa heater drain pump trip.

PERUMUSAN MASALAH

Sehingga permasalahannya:

Bagaimana Perencanaan Ulang Instalasi *Heater Drain Pump, Pemilihan Pompa dan Perawatan* pada Instalasi Perpipaan *Feed Water Heater Drain System* pada PLTU Unit 3 PT. PJB UP Gresik.

BATASAN MASALAH

- Analisa Pompa *Heater Drain Pump* Unit 3
- Perhitungan Head Effektif Instalasi dimulai *Dari Heater Drain Tank* Sampai Pipa Air Kondensat
- Tidak Ada Perpindahan Panas
- Fluida Bersifat *Incompressible, Alirannya Steady State, Steady Flow* dan *Fully Develop*
- Temperatur tiap Section Konstan kecuali masuk ke *Heat Exchanger*

TUJUAN PENULISAN

Menghitung *Head Effektif instalasi* baik secara Analitis maupun Numerik

Melalukan pemilihan tipe pompa yang sesuai dengan instalasi *Feed Water Heater Drain System*

Mempelajari perawatan pompa *Heater Drain Pump*

MANFAAT PENULISAN

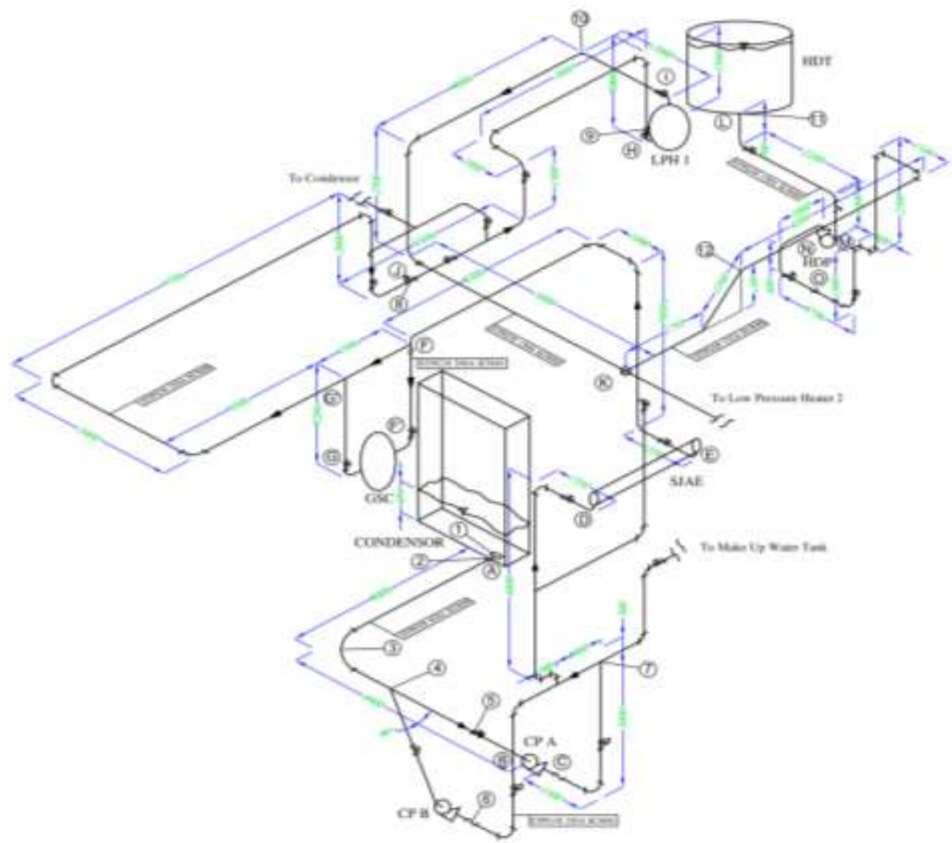
Mengetahui besar nilai Head Effektif Instalasi

Diharapkan dengan dilakukannya pemilihan ulang pompa HDP ini dapat digunakan pedoman dalam mengembangkan sistem produksi pada PLTU UP Gresik Unit 3 secara optimal

DASAR TEORI

GAMBAR INSTALASI

12	3	Elbow 30°
11	1	Pipe Entrance Rounded
10	1	Elbow 45°
9	2	Globe Valve
8	2	Control Valve
7	4	Tee Branch
6	2	Swing Check Valve
5	11	Gate Valve
4	7	Tee Throught
3	36	Elbow 90°
2	4	Reducer
1	2	Strainer
NO.	JUMLAH	KETERANGAN



SKALA : 1:1	DIGAMBAR : A. SUMARYANTO	PERINGATAN :	
SATUAN : mm	NRP : 2112030013		
TANGGAL : 18-06-15	DILIHAT : Dr. Ir HERU MIRMANTO MT		
D3 MESIN ITS	INSTALASI CONDENSATE WATER DAN FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM	NO. 01	A3

KOMPONEN-KOMPONEN

CONDENSOR

CONDENSATE PUMP

STEAM JET AIR EJECTOR

GLAND STEAM CONDENSOR

KOMPONEN-KOMPONEN

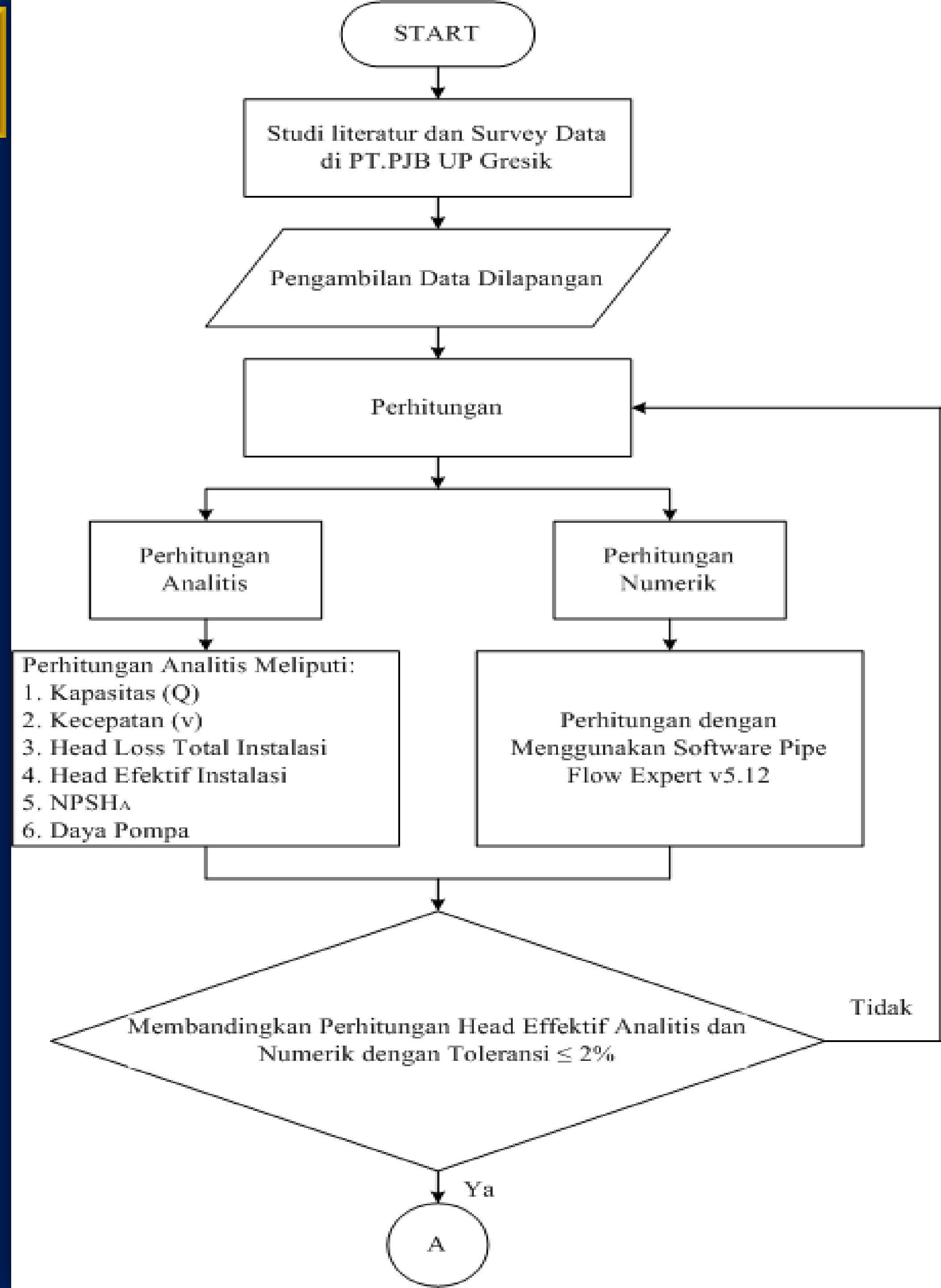
LOW PRESSURE HEATER 1

HEATER DRAIN TANK

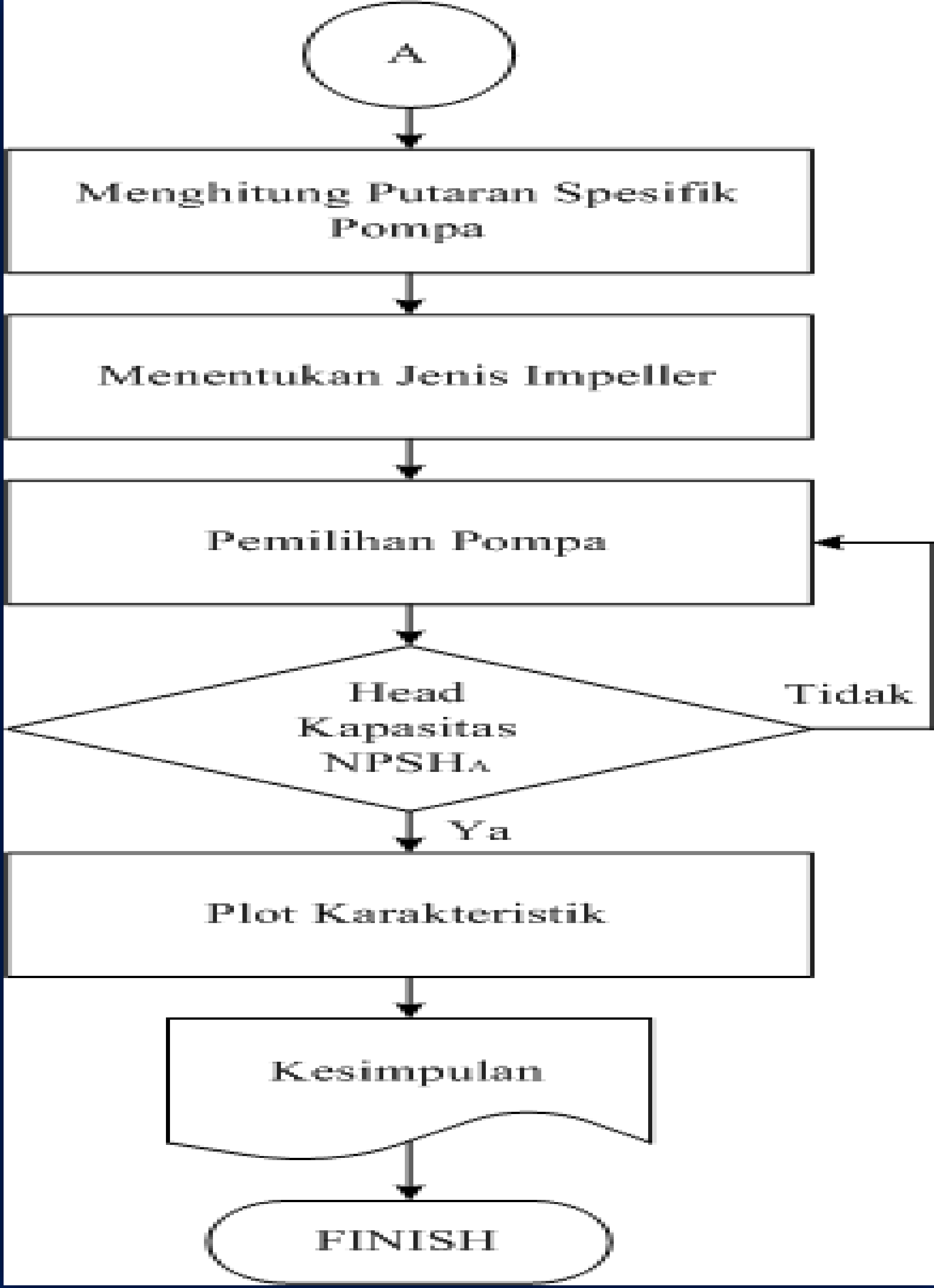
HEATER DRAIN PUMP

METODOLOGI

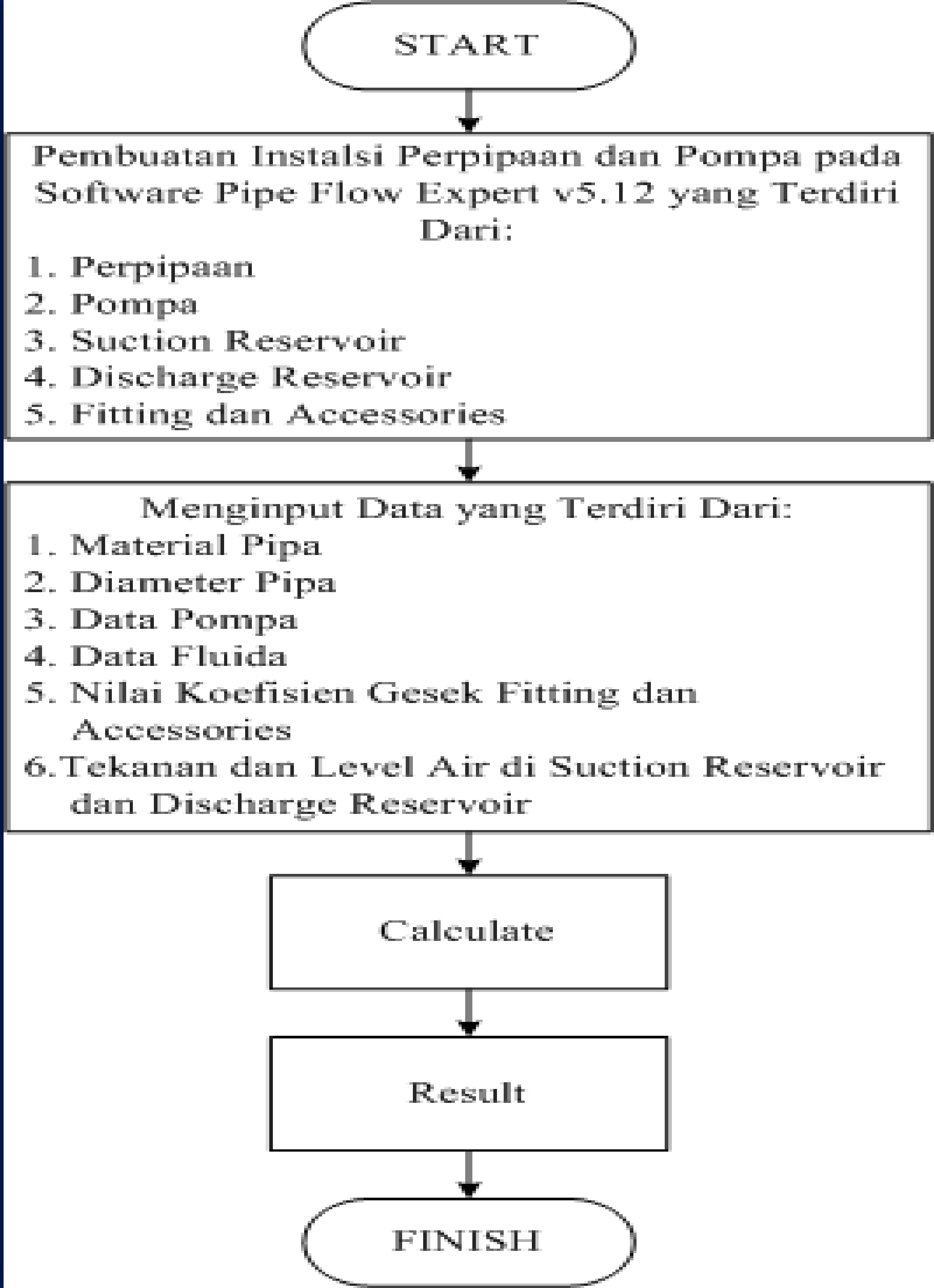
ANALITIS


START
Studi literatur dan Survey Data di PT.PJB UP Gresik
Pengambilan Data Dilapangan
Perhitungan
Perhitungan Analitis
Perhitungan Numerik
Perhitungan Analitis Meliputi:
1. Kapasitas (Q)
2. Kecepatan (v)
3. Head Loss Total Instalasi
4. Head Efektif Instalasi
5. NPSHA
6. Daya Pompa
Perhitungan dengan Menggunakan Software Pipe Flow Expert v5.12
Membandingkan Perhitungan Head Effektif Analitis dan Numerik dengan Toleransi ≤ 2%
Tidak
Ya
A

ANALITIS


A
Menghitung Putaran Spesifik Pompa
Menentukan Jenis Impeller
Pemilihan Pompa
Head
Kapasitas
NPSHA
Tidak
Ya
Plot Karakteristik
Kesimpulan
FINISH

NUMERIK


START
Pembuatan Instalsi Perpipaan dan Pompa pada Software Pipe Flow Expert v5.12 yang Terdiri Dari:
1. Perpipaan
2. Pompa
3. Suction Reservoir
4. Discharge Reservoir
5. Fitting dan Accessories
Menginput Data yang Terdiri Dari:
1. Material Pipa
2. Diameter Pipa
3. Data Pompa
4. Data Fluida
5. Nilai Koefisien Gesek Fitting dan Accessories
6. Tekanan dan Level Air di Suction Reservoir dan Discharge Reservoir
Calculate
Result
FINISH

PERHITUNGAN

CONDENSATE WATER SYSTEM

Perhitungan Kapasitas Nominal Pompa:

$$\dot{m} = 432{,}623 \frac{ton}{jam} x \frac{1000\ kg}{ton} x \frac{jam}{3600\ s}$$

$$= 120{,}17 \frac{kg}{s}$$

Dari tabel B.1 (Properties of Water) (Lampiran 7), dengan $T_1 = 43{,}1\ ^0C$ maka di dapatkan massa jenis air sebesar:

$$\rho = 990{,}84 \frac{kg}{m^3}$$

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{120{,}17 \frac{kg}{s}}{990{,}84 \frac{kg}{m^3}}$$

$$= 0{,}12128 \frac{m^3}{s}$$

Perhitungan Kapasitas Setiap Section:

$$Q_{(A-B)(C-D)} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

$$= \frac{120{,}17 \frac{kg}{s}}{990{,}84 \frac{kg}{m^3}} = 0{,}12128 \frac{m^3}{s}$$

Section	Kapasitas
A – B	0,12128
C – D	0,12128
E – F	0,12131
F – G’	0,09768
F – F’	0,02351
G – G’	0,02379
G’ – H	0,12147
I – J	0,12415
J – K	0,12415

CONDENSATE WATER SYSTEM

Perhitungan Kecepatan Setiap Section:

$$\bar{v}_{A-B} = \frac{Q_{A-B}}{A_{A-B}}$$

$$= \frac{4Q_{A-B}}{\pi(D_{A-B})^2}$$

$$= \frac{4\ x\ 0{,}12128\,\frac{m^3}{s}}{\pi(0{,}428650)^2 m^2}$$

$$= 0{,}840\,\frac{m}{s}$$

Section	Kecepatan
A – B	0,84041
C – D	2,38394
E – F	2,38394
F – G'	2,38453
F – F'	1,92005
G – G'	0,72841
G' – H	0,73709
I – J	2,38768
J – K	6,66082

CONDENSATE WATER SYSTEM

Perhitungan Head Loss Mayor:

$$Re = \frac{0{,}84041\,\frac{m}{s}\ x\ 0{,}428650\ \mathrm{m}}{6{,}2366x10^{-7}\frac{m^2}{s}} = 5{,}77627x10^5$$

$$Hl_{AB} = 0{,}0143\ x\ \frac{8{,}9\ m}{0{,}428650}\ x\ \frac{0{,}84041^2\,\frac{m^2}{s^2}}{2\ x\ 9{,}81\,\frac{m}{s}} = 0{,}0107\ m$$

$$\frac{e}{D} = \frac{0{,}046\ mm}{428{,}650\ \mathrm{mm}} = 0{,}00011$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\ log\left(\frac{\frac{e}{D}}{3{,}7} + \frac{2{,}51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

$$f = 0{,}0143$$

Section	Head Loss Mayor
A – B	0,0107
C – D	0,1956
E – F	0,1676
F – G'	0,0163
F – F'	0,0050
G – G'	0,0047
G' – H	0,4635
I – J	0,1419
J – K	1,1156

CONDENSATE WATER SYSTEM

Perhitungan Head Loss Minor:

Kerugian pada Foot Valve with Strainer Hinged Disk k=0,9 pada diameter pipe size 24 inch (Lampiran 14), maka head loss minornya

$$H_{lm} = K \ x \ \frac{\bar{\nabla}_{AB}{}^2}{2g}$$

$$= 0{,}9 \ x \ \frac{0{,}84041^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 \ x \ 9{,}81 \frac{m}{s^2}}$$

$$= 0{,}0324 \ m$$

Section	Head Loss Minor
A – B	0,0770
C – D	1,6308
E – F	0,4898
F – G'	0,2104
F – F'	0,0279
G – G'	0,0324
G' – H	3,6118
I – J	1,7909
J – K	0,7724

CONDENSATE WATER SYSTEM

Perhitungan Head Loss Heat Exchanger:

Heat Exchanger	Head Loss
SJAE	0,5044
GSC	3,0273
LPH 1	6,8654

$$\Delta P\ (Pressure\ Drop) = 0{,}5\ mAq$$
$$= 4903.19\ Pa$$

$$Hl_{Steam\ Jet\ Air\ Ejector} = \frac{\Delta P}{\rho_{air\ 43,1^0C}\ x\ g}$$

$$= \frac{4903{,}19\ Pa}{990{,}84\,\frac{kg}{m^3}\,x 9{,}81\,\frac{m}{s^2}}\ x\ \frac{N}{Pa\ x\ m^2}\ x\ \frac{kg\ x\ m}{N\ x\ s^2}$$

$$= 0{,}5044\ m$$

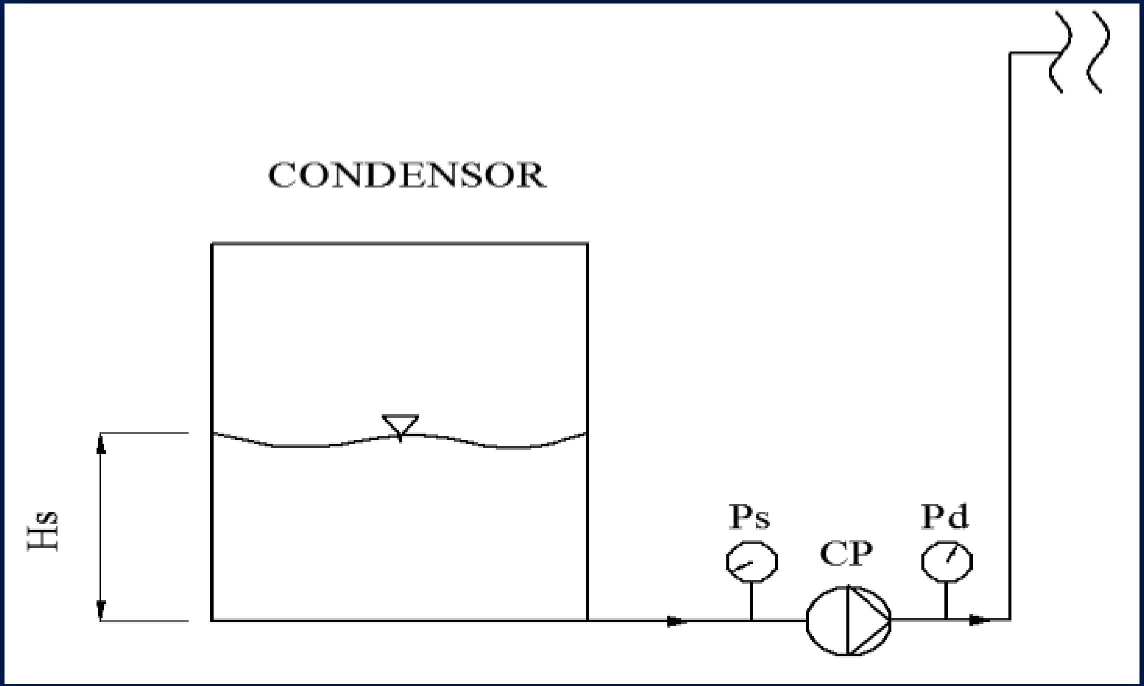
$$\sum H_{loss\ total\ (C-K)} = \sum H_{loss\ mayor} + \sum H_{loss\ minor} + \sum H_{loss\ heat\ exchanger}$$

$$= 2{,}1102\ m + 8{,}5163\ m + 10{,}3971\ m$$

$$= \mathbf{21{,}0236\ m}$$

CONDENSATE WATER SYSTEM

Perhitungan Tekanan Ps:



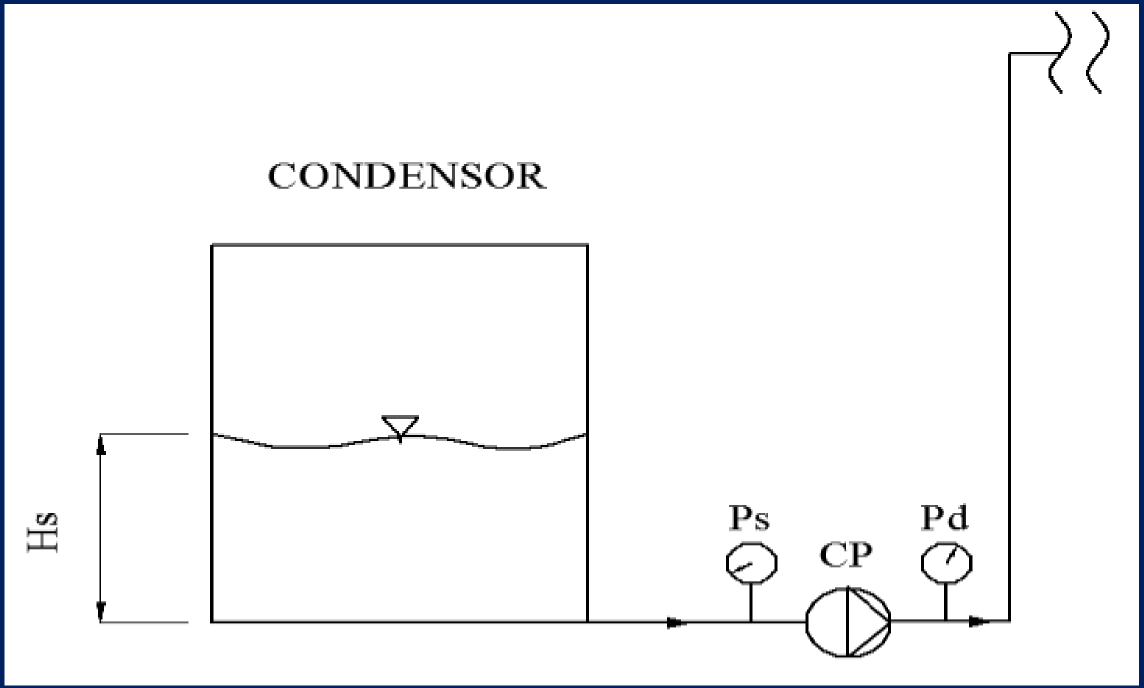
$$\frac{P_{ps}}{\gamma} = \frac{P_{sr}}{\gamma} + \frac{\bar{\nabla}_{sr}{}^2 - \bar{\nabla}_{ps}{}^2}{2g} + (Z_{sr} - Z_{ps}) - \sum H_{LT\ (sr-ps)}$$

$$= \frac{-8665{,}954\ Pa}{990{,}84\,\frac{kg}{m^3}\,x9{,}81\,\frac{m}{s^2}} + \frac{0^{\ 2}\,\frac{m^2}{s^2} - 0{,}84041^2\,\frac{m^2}{s^2}}{2x9{,}81\,\frac{m}{s^2}} + 0{,}684\ m - 0{,}0877\ m$$

$$P_{ps} = -3220{,}283\ Pa$$

CONDENSATE WATER SYSTEM

Perhitungan Tekanan Pd:

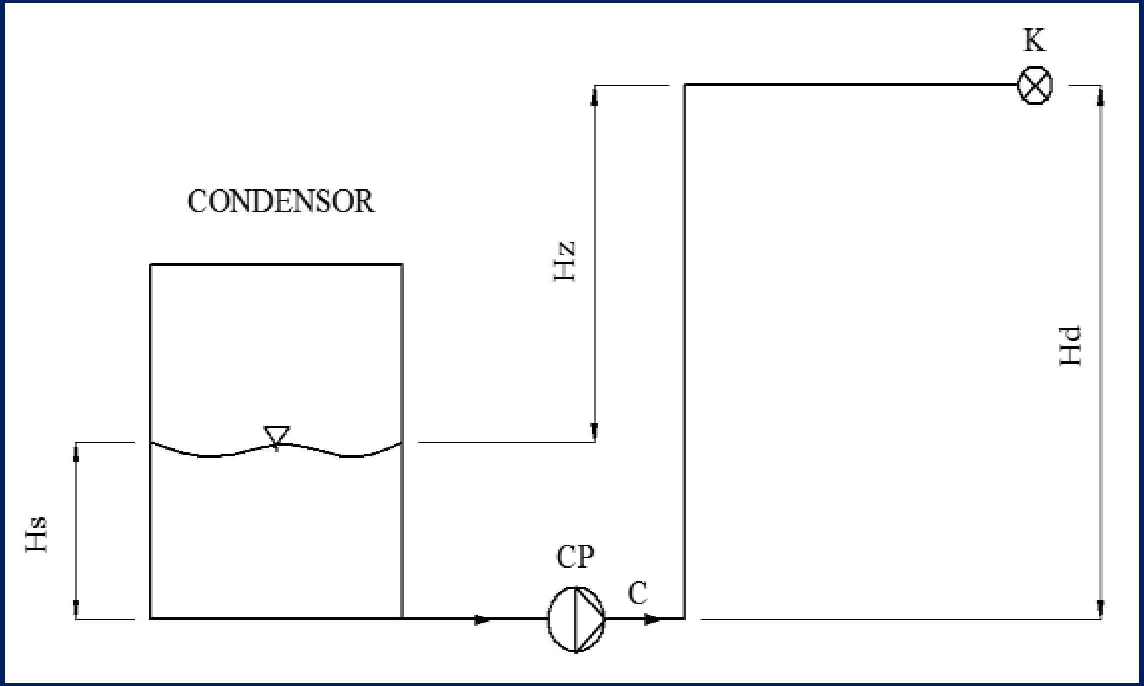


$$P_d = \left[H_{eff} - \frac{(\bar{v}_d{}^2 - \bar{v}_s{}^2)}{2g}\right]\gamma + P_s$$

$$= \left[205\ m - \frac{2{,}38394^{\,2}\frac{m^2}{s^2} - 0{,}84041^2\frac{m^2}{s^2}}{2x9{,}81\frac{m}{s^2}}\right] \quad = 1{,}987\ Mpa$$

CONDENSATE WATER SYSTEM

Perhitungan Tekanan di Titik K:

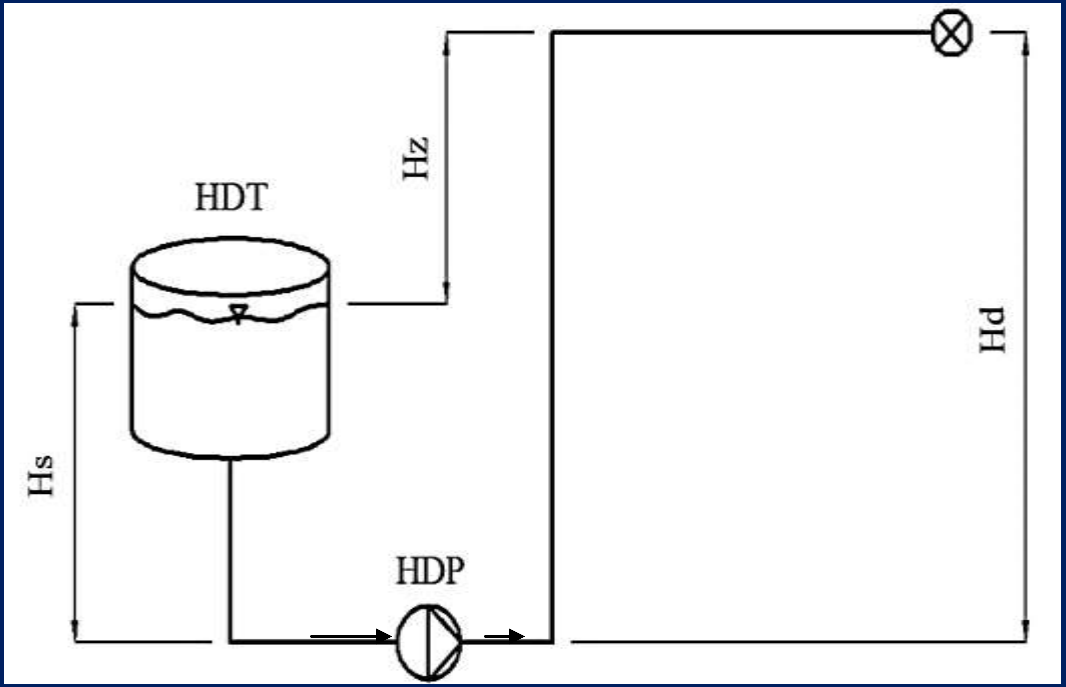


$$\frac{P_k}{\gamma} = \frac{P_c}{\gamma} + \frac{\bar{\nabla}_c{}^2 - \bar{\nabla}_k{}^2}{2g} + (Z_c - Z_k) - \sum H_{LT\,(C-K)}$$

$$P_k = \left[\frac{1,987x10^6\ Pa}{990,84\,\frac{kg}{m^3}\,x9,81\,\frac{m}{s^2}}\,x\,\frac{N}{Pa.m^2}\,x\,\frac{kg.m}{N.s^2} \right] + (-29,0952m) = 1,665\ Mpa$$

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Perhitungan Head Statis :



$$H_{statis} = \left[\frac{P_{dr} - P_{sr}}{\gamma}\right] + (H_d - H_s)$$

$$= \left[\frac{1{,}665\ Mpa - 0{,}064\ Mpa}{965{,}85\,\frac{kg}{m^3}\ x\ 9{,}81\,\frac{m}{s^2}}\right] + (2{,}313 - 3{,}26)m$$

$$= \left[\frac{(1{,}665 - 0{,}064)x10^6 pa}{965{,}85\,\frac{kg}{m^3}\ x\ 9{,}81\,\frac{m}{s^2}}\,x\,\frac{N}{Pa.m^2}\,x\,\frac{kg.m}{N.s^2}\right] + (-0{,}947\ m)$$

$$= 168{,}971 - 0{,}947\ m$$

$$= 168{,}024\ m$$

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Perhitungan Kapasitas Nominal Pompa:

$$\dot{m} = 102{,}206\,\frac{ton}{jam}\,x\,\frac{1000\,kg}{ton}\,x\,\frac{jam}{3600\,s}$$

$$= 28{,}39\,\frac{kg}{s}$$

Dari tabel B.1 (Properties of Water) (Lampiran 7), dengan $T_1 = 89{,}2\ {}^0C$ maka di dapatkan massa jenis air sebesar:

$$\rho = 965{,}85\,\frac{kg}{m^3}$$

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{28{,}39\,\frac{kg}{s}}{965{,}85\,\frac{kg}{m^3}}$$

$$= 0{,}0294\,\frac{m^3}{s}$$

Perhitungan Kapasitas Setiap Section:

$$Q_{(L-K)} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

$$= \frac{28{,}39\,\frac{kg}{s}}{965{,}85\,\frac{kg}{m^3}} = 0{,}0294\,\frac{m^3}{s}$$

Section	Kapasitas
L– M	0,0294
N – O	0,0294
O – K	0,0294

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Perhitungan Kecepatan Setiap Section:

$$\bar{v}_{L-M} = \frac{Q_{L-M}}{A_{L-M}}$$

$$= \frac{4Q_{L-M}}{\pi(D_{L-M})^2}$$

$$= \frac{4\ x\ 0{,}0294\,\frac{m^3}{s}}{\pi(0{,}202717)^2 m^2}$$

$$= 0{,}9109\,\frac{m}{s}$$

Section	Kecepatan
L – M	0,9109
N – O	1,5773
O – K	2,2778

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Perhitungan Head Loss Mayor:

$$Re = \frac{0,9109\,\frac{m}{s}\ x\ 0,154051\ \mathrm{m}}{3,2588x10^{-7}\frac{m^2}{s}} = 5,6664x10^5$$

$$\frac{e}{D} = \frac{0,046\ mm}{202,717\ \mathrm{mm}} = 0,00023$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\ log\left(\frac{\frac{e}{D}}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

$$f = 0,0155$$

$$Hl_{LM} = 0,0155\ x\ \frac{3,9\ m}{0,202717}\ x\ \frac{0,9109^2\,\frac{m^2}{s^2}}{2\ x\ 9,81\,\frac{m}{s}} = 0,0126\ m$$

Section	Head Loss Mayor
L – M	0,0126
N – O	0,0321
O – K	0,4862

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Perhitungan Head Loss Minor:

Kerugian pada pipe entrance rounded k=0,24 pada diameter pipe size 8 inch (lampiran 11), maka head loss minornya:

$$H_{lm} = K\ x\ \frac{\bar{v}_{LM}^{\ 2}}{2g}$$

$$= 0{,}24\ x\ \frac{0{,}9109^2\ \frac{m^2}{s^2}}{2\ x\ 9{,}81\ \frac{m}{s^2}}$$

$$= 0{,}0101\ m$$

Section	Head Loss Minor
L – M	0,0842
N – O	0,7646
O – K	1,3672

$$\sum H_{loss\ total} = \sum H_{loss\ mayor} + \sum H_{loss\ minor}$$

$$= 0{,}5309\ m + 2{,}2160\ m$$

$$= 2{,}7469\ m$$

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Perhitungan Head Dynamis:

$$H_{dynamis} = \left(\frac{\bar{\mathrm{v}}_{dr}{}^2}{2g}\right) + \sum H_{loss\ total}$$

$$= \left(\frac{2{,}2778^2\ \frac{m^2}{s^2}}{2\ x\ 9{,}81\ \frac{m}{s^2}}\right) + 2{,}7469\ m$$

$$= 3{,}0113\ m$$

Perhitungan Head Effektif Instalasi

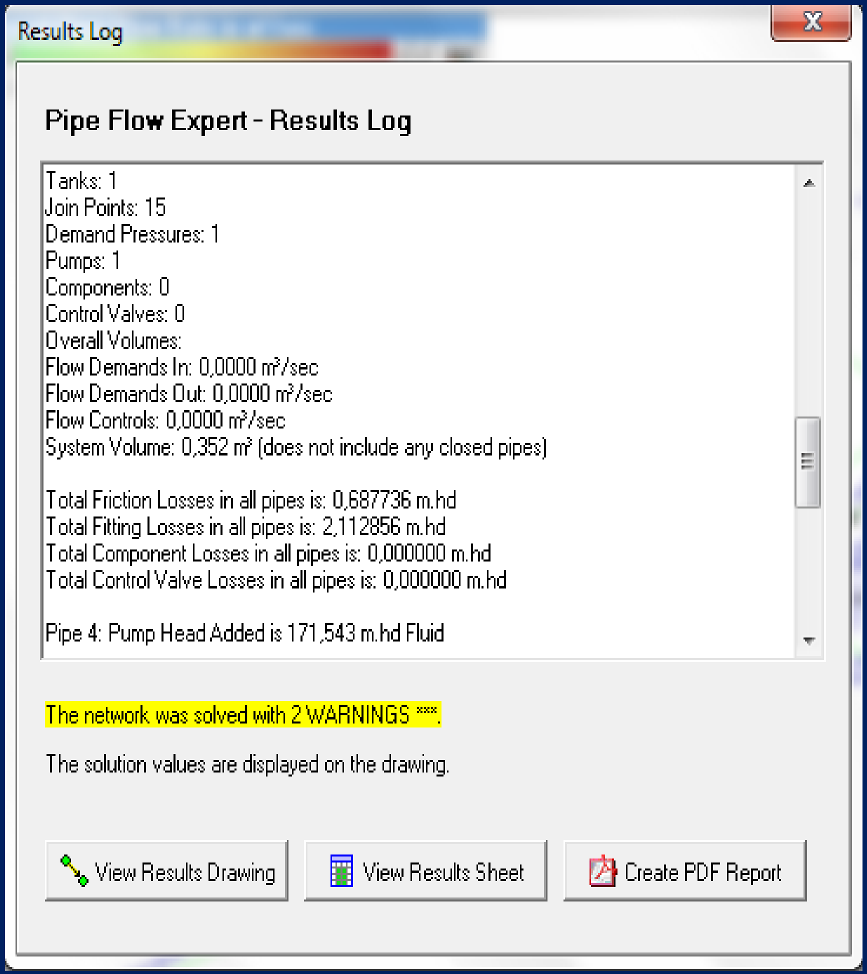
$$H_{eff} = H_{statis} + H_{dynamis}$$

$$= 168{,}024\ m + 3{,}0113\ m$$

$$= 171{,}0353\ m$$

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Head Effektif Instalasi Secara Numerik:



$$Tingkat\ kesalahan = \frac{H_{eff} - H_{eff\ PFE}}{H_{eff}} x100\%$$

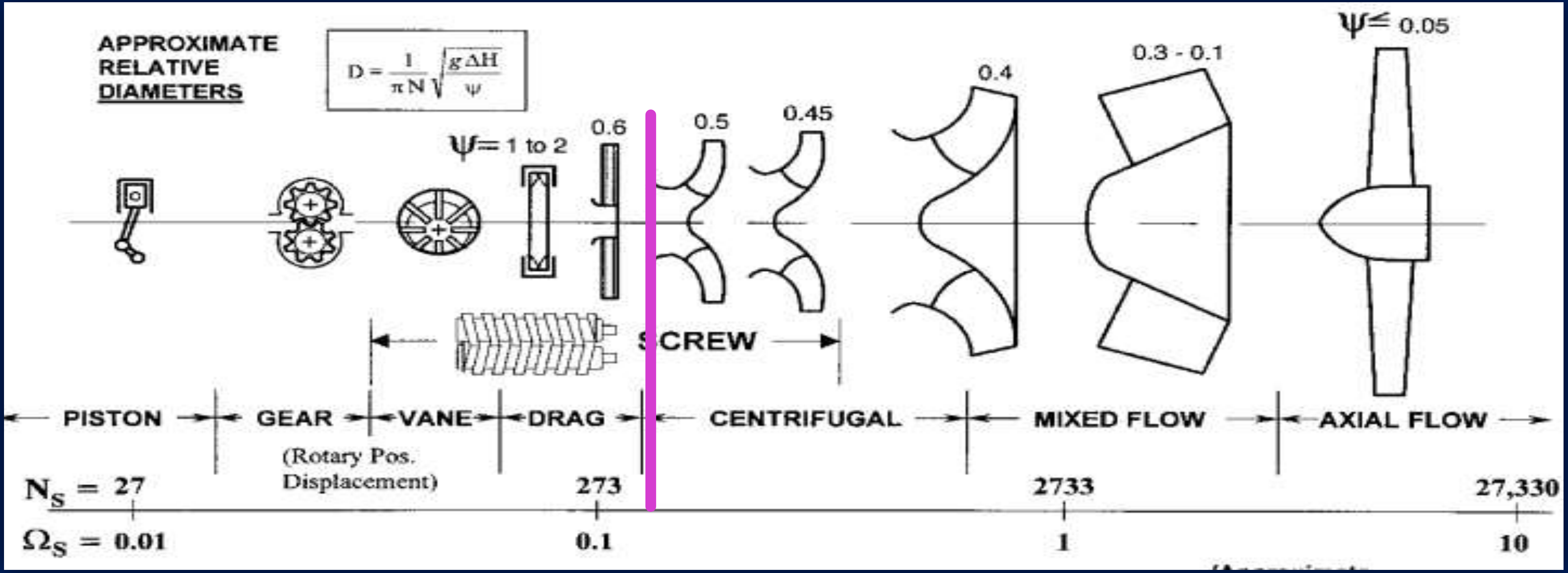
$$Tingkat\ kesalahan = \frac{171{,}0353\ m - 171{,}543\ \mathrm{m}}{171{,}0353\ m} x100\%$$

$$Tingkat\ kesalahan = 0{,}3\%$$

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Pemilihan Pompa Berdasarkan Putaran Spesifik:

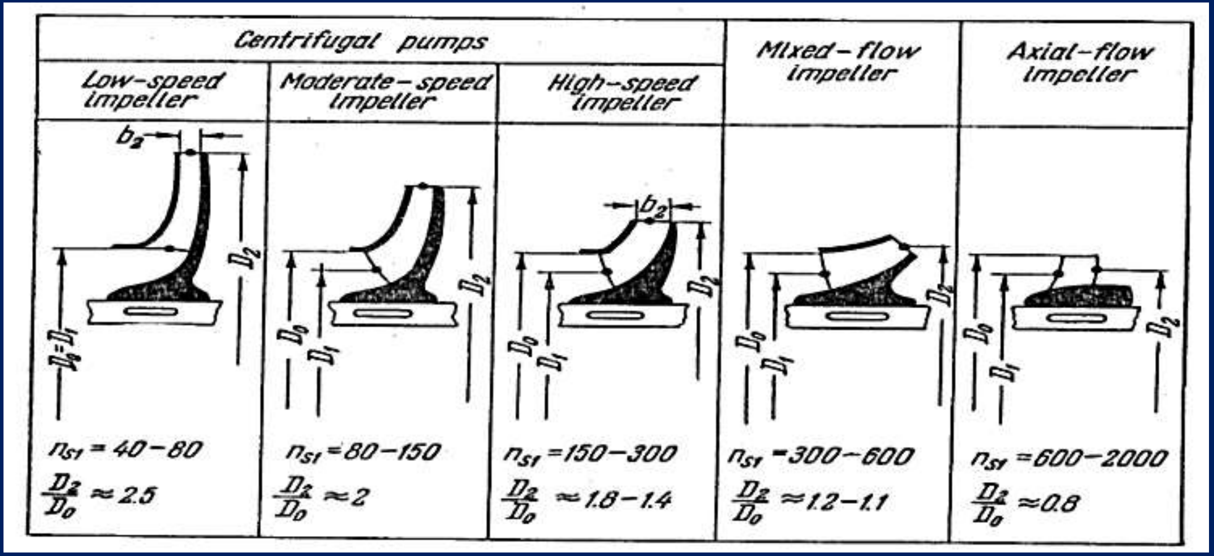
$$n_s = n\frac{\sqrt{Q}}{H_{eff}^{3/4}} = 1500\ rpm\frac{\sqrt{1,764\frac{m^3}{min}x\frac{gal}{3,785x10^{-3}m^3}}}{\left(171,0353\ \ m\,x\frac{ft}{0,3048\,m}\right)^{3/4}} = 280,87$$



FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Menentukan Jumlah Stage:

$$n_s = 3{,}65x1500\ rpm \frac{\sqrt{0{,}0294\,\frac{m^3}{s}}}{(171{,}0353\ m)^{3/4}} = 19{,}85$$



Ns_1 = 85
Ns = 19,85

$$i = \left(\frac{n_{s1}}{n_s}\right)^{4/3} = \left(\frac{85}{19{,}85}\right)^{4/3} = 6{,}95 \approx 7\ stage$$

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Perhitungan NPSHa:

$$NPSH_A = \frac{P_a - P_v}{\gamma} + H_S - \sum H_{LT}$$

$$= \frac{(0{,}064 - 0{,}06817)x10^6 Pa}{965{,}85 \frac{kg}{m^3} x9{,}81 \frac{m}{s^2}} + 3{,}26\, m - 0{,}0968\, m$$

$$= -0{,}4401\, m + 3{,}26\, m - 0{,}0968\, m$$

$$= 2{,}72\, m$$

Perhitungan WHP:

$$WHP = \rho\ x\ g\ x\ Q\ x\ H_{eff}$$

$$WHP = 965{,}85 \frac{kg}{m^3}\ x\ 9{,}81 \frac{m}{s^2}\ x\ 0{,}0294 \frac{m^3}{s}\ x\ 171{,}0353\, m$$

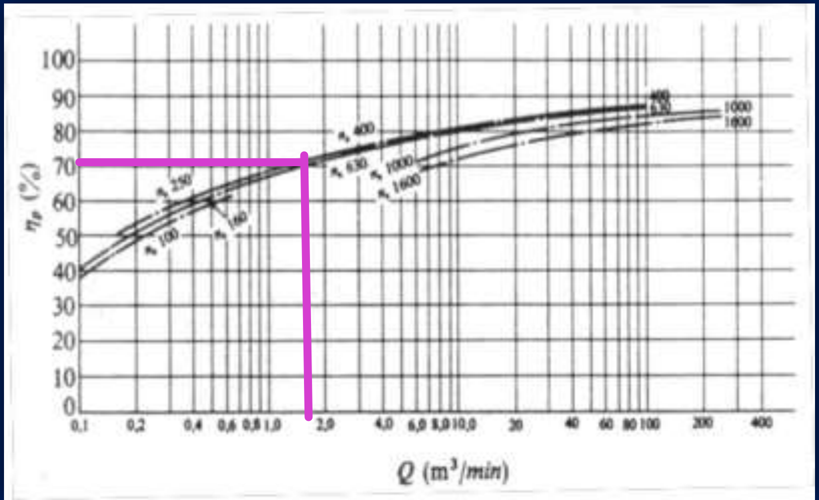
$$= 47644{,}39\, Watt$$

$$= 47{,}644\, kW$$

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Perhitungan Pshaft:

$$P_{shaft} = \frac{WHP}{\eta_p} = \frac{47{,}644\ kW}{0{,}7} = 68{,}06\ kW$$



Perhitungan Pmotor:

$$P_m = \frac{Pshaft(1+\alpha)}{\eta_t} = \frac{68{,}06\ kW(1+0{,}2)}{1} = 81{,}67\ kW$$

Jenis Penggerak Mula	α
Motor Induksi	0,1 – 0,2
Motor Bakar Kecil	0,15 – 0,25
Motor Bakar Besar	0,1 – 0,2

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

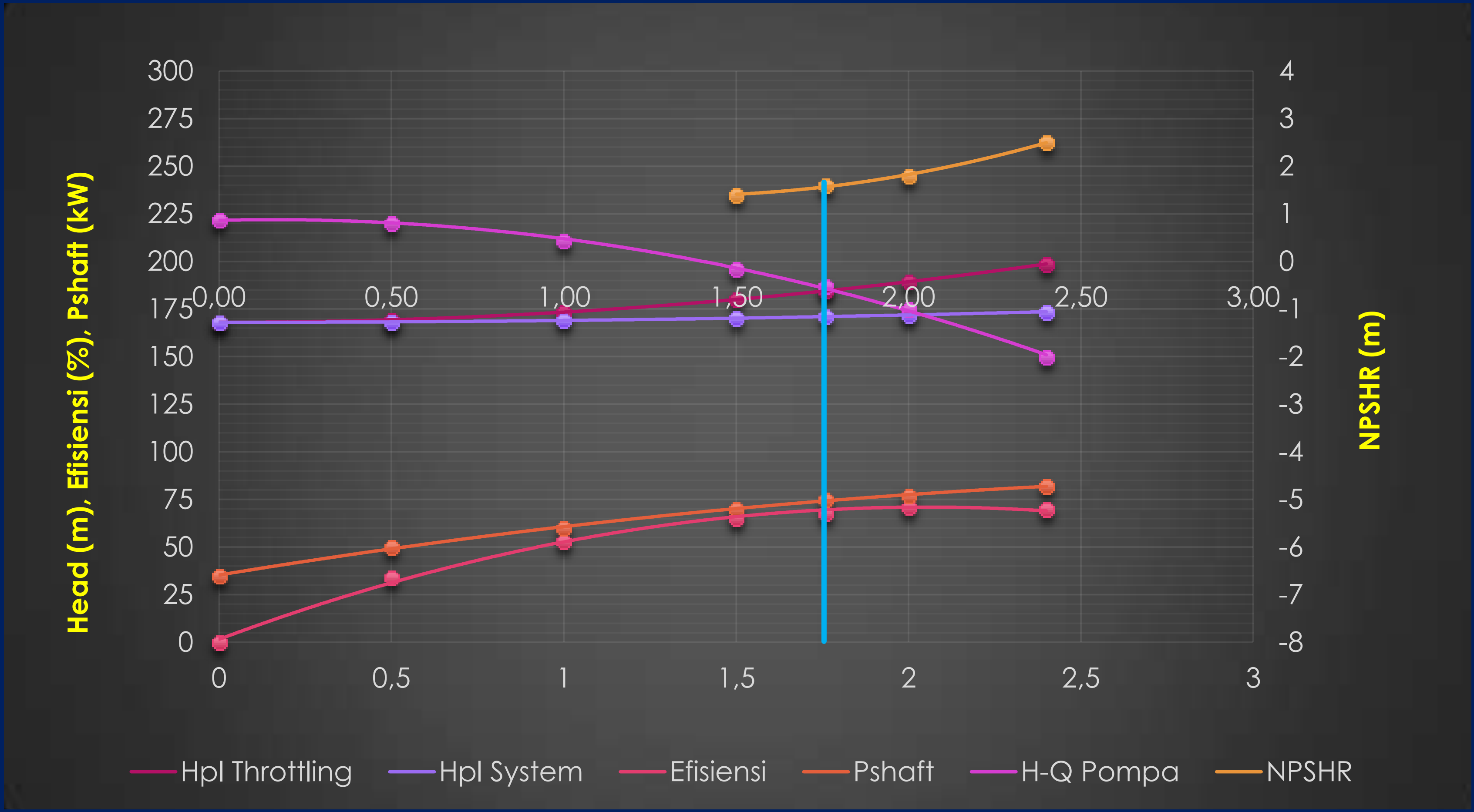
Penentuan Jenis Pompa:

Perhitungan	Data Pompa
Q = 1,764 m3/min	Q = 2 m3/min
Heff = 171,0353 m	Head = 175 m
Stage = 7	Stage = 7
NPSHa = 2,72 m	NPSHr = 2,1 m
Pm = 81,67 kW	Pm = 85 kW

Pompa centrifugal multistage moderate speed impeller

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Karaktersitik Kerja Secara Analitis:



Head Thrott = 184,59 m

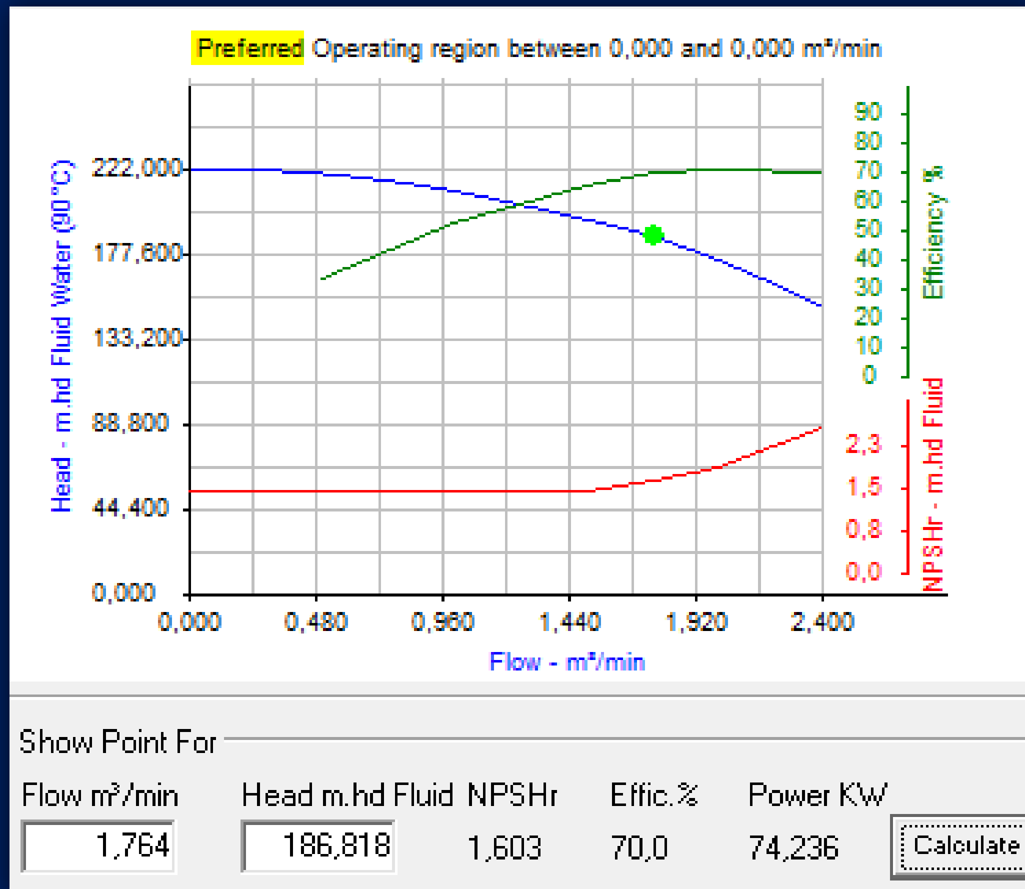
Efisiensi = 70%

NPSHr = 1,6 m

Pshaft = 75 kW

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Karaktersitik Kerja Secara Numerik:



Head Thrott = 186,818 m

Efisiensi = 70%

NPSHr = 1,603 m

Pshaft = 74,236 kW

FEED WATER HEATER DRAIN SYSTEM

Perbandingan Karaktersitik Kerja Secara Analitis & Karaktersitik Kerja Secara Numerik:

Analitis	Numerik	Error
H thrott = 184,59 m	H thrott = 186,818 m	Error = 1,2%
NPSHr = 1,6 m	NPSHr = 1,603 m	Error = 0,19%
Efisiensi = 70%	Efisiensi = 70%	Error = 0%
Pshaft = 75 kW	Pshaft = 74,236 kW	Error = 1%

PENUTUP

KESIMPULAN

- Dari hasil perhitungan secara analitis didapatkan kapasitas pompa *Heater Drain Pump* 105,84 $\frac{m^3}{h}$, H_{eff} = 171,0353 m, $NPSH_A$= 2,72 m dan 7 stage.
- Pada perhitungan numerik dengan *software pipe flow expert v5.15* didapatkan nilai $H_{eff\ PFE}$ = 171,543 m. Jika dibandingkan dengan perhitungan secara analitis maka diketahui tingkat kesalahan perhitungan sebesar 0,3 %.
- Berdasarkan perhitungan diatas maka dipilih pompa sentrifugal multistage dengan kapasitas 120 $\frac{m^3}{h}$, $H_{effpompa}$ = 175 m, $NPSH_R$= 2,1 m dan 7 stage.
- Dari pemilihan pompa berdasarkan putaran spesifik, maka pemilihan pompa *Heater Drain Pump* dengan tipe TSM-7 pada PT. PJB UP Gresik PLTU Unit 3 sudah tepat.

KESIMPULAN

- Pemilihan pompa sudah benar sehingga *backflow* terjadi karena rusaknya *swing check valve* dan terjadi kerusakan pada pompa.
- Perawatan yang dapat dilakukan untuk menjaga kehandalan kinerja pompa *Heater Drain Pump* ada 4 yaitu perawatan sebelum menjalankan pompa, perawatan selama pengoperasian, perawatan untuk penghentian pompa dan perawatan tahunan (*assembly* dan *diassembly*).

SARAN

- Manajemen perawatan pada feed water heater drain system dilakukan secara teratur dan terjadwal mulai dari *Preventive Maintenance, Predictive Maintenance, Corrective Maintenance, dan Breakdown Maintenance* agar peralatan pada sistem instalasi mempunyai umur kerja yang panjang dengan performa yang maksimal.
- Perlu dijaga temperatur fluida kerja *heater drain pump* agar tidak melebihi 89,2 ^{0}C karena akan menyebabkan terjadinya keausan yang lebih cepat kepada pompa.