



TUGAS AKHIR - TM 145502

PERENCANAAN ULANG INSTALASI POMPA *DISTRIBUSI* AIR (H_2O) PADA UNIT IPA PLOSOWAHYU PDAM LAMONGAN

SHALAHUDDIN AL AYYUBI
NRP. 10211500000110

Dosen Pembimbing
Dedy Zulhidayat Noor ST., MT., Ph.D.
NIP. 19751206 200501 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TM 145502

**PERENCANAAN ULANG INSTALASI POMPA *DISRTIBUSI*
AIR (H_2O) PADA UNIT IPA PLOSOWAHYU PDAM
LAMONGAN**

**SHALAHUDDIN AL AYYUBI
NRP 10211500000110**

**Dosen Pembimbing
Dedy Zulhidayat Noor ST., MT., PhD.
NIP. 19751206 200501 1 002**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - TM 1455502

**REDESIGN INSTALATION OF WATER (H_2O)
DISTRIBUTION PUMP AT PLOSOWAHYU IPA UNIT
PDAM LAMONGAN**

**SHALAHUDDIN AL AYYUBI
NRP 10211500000110**

**Consellor Lecture
Deddy Zulhidayat Noor ST., MT.,Ph.D.
NIP. 19751206 200501 1 002**

**DIPLOMA III
INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Vocation
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

**PERENCANAAN ULANG INSTALASI POMPA
DISTRIBUSI AIR (H_2O) PADA UNIT PLOSOWAHYU
PDAM LAMONGAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Bidang Studi Konversi Energi
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

Oleh :

SHALAHUDDIN AL AYYUBI

NRP. 10211500000110

Disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing



**SURABAYA
JULI 2018**

PERENCANAAN ULANG INSTALASI POMPA DISTRIBUSI AIR (H_2O) PADA UNIT PLOSOWAHYU PDAM LAMONGAN

Nama Mahasiswa : Shalahuddin Al Ayyubi
NRP : 1211500000110
Jurusan : Dept. Teknik Mesin Industri FV-ITS
Dosen Pembimbing : Dedy Zulhidayat N ST., MT., Ph.D.

Abstrak

PDAM merupakan perusahaan daerah sebagai sarana penyediaan air bersih yang diawasi dan dimonitor oleh badan eksekutif maupun legislatif. PDAM sebagai perusahaan daerah diberi tanggung jawab untuk mengembangkan dan mengelola sistem penyediaan air bersih serta melayani semua konsumen dengan harga yang terjangkau. Penyediaan sebagian besar kebutuhan air bersih di Indonesia dilakukan oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), yang terdapat di setiap provinsi, kabupaten, dan kota madya di seluruh Indonesia..

Pada tugas akhir ini didapatkan perhitungan ulang instalasi dan pemilihan pompa yang sesuai untuk instalasi pompa distribusi air. Perhitungan head, kapasitas, daya pompa dan efisiensi dilakukan secara analitis dan numerik menggunakan software pipe flow experts.

Pada analisis dan perhitungan ulang ini, didapatkan kapasitas untuk pompa distribusi air dengan kapasitas maksimal $360 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan head efektif instalasi (H_{eff}) sebesar 94,62 m serta didapatkan daya pompa sebesar 150 kW. Sehingga dari hasil perhitungan-perhitungan tersebut dapat dipilih pompa sentrifugal single stage merk Ebara Pump dengan type 120x150 CNKA.

Kata kunci : pompa distribusi air ,kapasitas, head, daya.

**REDESIGN INSTALATION OF WATER (H₂O)
DISTRIBUTION PUMP AT PLOSOWAHYU IPA UNIT
PDAM LAMONGAN**

Student's Name : Shalahuddin Al Ayyubi
Student's Number : 1211500000110
Department : Dept. of Mechanical Industry FV-ITS
Academic Advisor : Dedy Zulhidayat N ST., MT., Ph.D.

Abstract

PDAM Lamongan is region company as medium supply pure water that be controlled and monitoring by eksekutif and legislatif intitution, PDAM Lamongan as region company given a develop and responsible to pure water provision system controlled and serve all consumer with low price. Most of the provision pure water needs in Indonesia done by PDAM that there on province, disctrict and municipalities in Indonesia.

In this Final Project, we've got the results of instalation's recalculation and pump selection which are the most suitable for Fluosilicate Acid (H₂SiF₆) pump instalation. Head, capacity, power and efficiency calculation are manually calculated by the author and numerically calculated by Pipe Flow Experts software.

In this analysys and recalculation, we've got the capacity for water distribution pump with operation capacity 360 m³/hour, H_{eff} 94,62 m and power 150 kW. With this results, we should choose an Ebara Pump type 120x150 CNKA.

Keywords : Water distribution pump, capacity, head, power.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, serta tak lupa sholawat dan salam saya ucapkan kepada Rasullullah Muhammad SAW, serta para sahabatnya. Berkatrahmat dan karunia Allah SWT sehingga, penulis buku ini dapat menyelesaikan seluruh pengerjaan tugas akhir dengan judul: **“PERENCANAAN ULANG INSTALASI POMPA DISTRIBUSI AIR (H_2O) PADA UNIT IPA PLOSOWAHYU PDAM LAMONGAN”**

Tersusunnya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan dan kerjasama yang baik dari semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat di dalam Tugas Akhir ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. **Bapak Dedy Zulhidayat Noor , ST,MT,Phd.** Selaku Dosen pembimbing dan juga ITS yang telah dengan sabar dan telaten memberi bimbingan serta ilmu-ilmu yang bermanfaat sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. **Bapak Ir Suhariyanto MT.** Selaku coordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS
3. **Bapak Dr. Hendro Nurhadi Dipl-Ing, Ph.D.** selaku dosen wali selama saya kuliah di jurusan Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
4. Bapak-/Ibu dosen dan Karyawan Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan dan pengembangan Tugas Akhir ini., yang telah memberikan ilmunya dan membantu selama duduk dibangku kuliah.
5. **Bapak In'am dan Ibu Lilik choiriyyah** sebagai orang tua penulis serta seluruh keluarga lain penulis yang telah member dukungan moril dan materiil serta do'a yang tak pernah putus selama ini.

6. **Bapak Alfin** selaku pembimbing lapangan pada saat pengambilan data, beserta seluruh karyawan PT. PETROKIMIA GRESIK atas bantuan dan kepercayaan yang telah diberikan.
7. **Wahyu Giant Setyo Utomo**, selaku *partner* dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Teman-teman kos Gebang Wetan 21 dan kontrakan yang senantiasa memberi dukungan semangat serta masukan bagi penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
9. **Rohman, Alfi, Ambar**, yang telah memberi dukungan serta doa kepada penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
10. Teman-teman D3MITS khususnya angkatan 2015 , terimakasih atas bantuan dan dukungannya.
11. Serta semua pihak yang belum tertulis yang telah berperan dalam pengerjaan laporan ini.

Semoga segala keikhlasan dan beribu kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT.

Saya sebagai makhluk Allah SWT, manusia biasa, saya menyadari bahwasannya penulisan ini masih terdapat beberapa kesalahan, keterbatasan serta kekurangan. Oleh karena itu ,saya mengharapkan kritik dan saran sebagai masukan untuk penulis dan kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK INDONESIA	iv
ABSTRAK INGGRIS	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II DASAR TEORI 5

2.1 Definisi Pompa	5
2.2 Klasifikasi Pompa.....	6
2.2.1 Pompa Positive Displacement	6
2.2.2 Pompa Non Positive Displacement	7
2.3 Pompa Sentrifugal	7
2.3.1 Komponen Pompa Sentrifugal.....	8
2.3.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal	10
2.4 Penentuan putaran spesifik dan jenis impeller.....	11
2.5 Sistem Penyediaan Air Bersih	17
2.5.1 Sistem Tanki	12
2.6 Dasar Teori Perhitungan	13
2.6.1 Debit	13
2.6.2 Persamaan Bernoulli.....	13
2.7 Tinggi Tekanan.....	14
2.7.1 Head Potensial.....	14

2.7.2 Head Kecepatan / Kinetik	15
2.7.3 Head Tekanan.....	15
2.8 Persamaan Energi	16
2.9. Head Efektif Instalasi Pompa	17
2.9.1 Head Statis	18
2.9.2 Head dinamis.....	21
2.9.2.1 Head Loss Mayor.....	22
2.9.2.2 Head Loss Minor	24
2.9.3 Head Loss Total.....	26
2.10 Net Positive Suction Head.....	26
2.10.1 Net Positive Suction Head Available (NPSH _A).....	26
2.10.2 Net Positive Suction Head Required (NPSH _R).....	27
2.11 Kurva Karakteristik Pompa	28
2.11.1 Karakteristik Utama	28
2.11.2 Karakteristik Kerja	29
2.11.3 Karakteristik Universal.....	29
2.11.4 Titik Operasi Pompa.....	30
2.12 Pemilihan Pompa Berdasarkan Perhitungan Head dan Kapasitas	31
2.13 Daya Penggerak.....	32
2.13.1 Daya Pompa / Daya Fluida (WHP)	32
2.13.3 Daya Poros (P _{shaft}).....	32
2.13.4 Nominal Penggerak Mula.....	34
2.14 Sistem Perpipaan	35
2.14.1 Material Pipa	35
2.14.2 Kode dan Standar Pipa	37
2.15 Software <i>Pipe Flow Expert</i>	37
BAB III METODOLOGI.....	41
3.1 Data-Data Hasil Survey	41
3.1.1 Data Pompa	41
3.1.2 Data Fluida	42
3.1.3 Data Pipa	42
3.1.4 Data Eksiting <i>Water Pump Pipeline</i>	43
3.2 Studi Literatur.....	45

3.3 Pengambilan Data.....	45
3.4 Menentukan Batas Kecepatan Fluida	46
3.5 Perencanaan Gambar	46
3.6 Perhitungan.....	47
3.7 Pemilihan Pompa.....	47
3.8 Kesimpulan.....	47
3.9 Urutan Pengerjaan menggunakan Flow Chart.....	47
3.9.1 Diagram Alir Perhitungan Manual	47
3.9.2 Diagram Alir Pemograman Perhitungan Numerik	50
BAB IV PERHITUNGAN	51
4.1 Pengertian Umum.....	51
4.2 Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih.....	51
4.2.1 Kebutuhan Air Bersih Kota Lamongan	51
4.2.2 Perhitungan Sistem Distribusi Air Sesuai Kondisi di Lapangan	51
4.2.2.1 Pengecekan Diameter Instalasi Perpipaan	51
4.2.2.1.1 Perhitungan Kecepatan Aliran pada Pipa <i>Suction</i>	52
4.2.2.1.2 Perhitungan Kecepatan Aliran pada Pipa <i>Discharge</i>	54
4.2.3 Perhitungan <i>Head</i> Efektif Instalasi	56
4.2.3.1 Perhitugn <i>Head</i> Statis	57
4.2.3.2 Perhitungan <i>Head</i> Dinamis.....	58
4.2.3.3 Perhitungan <i>HeadLoss</i> Instalasi.....	58
4.2.3.3.1 Perhitungan <i>HeadLoss</i> Mayor pada Pipa <i>Suction</i>	58
4.2.3.3.2 Perhitungan <i>HeadLoss</i> Mayor pada Pipa <i>Discharge</i>	61
4.2.3.3.3 Perhitungan <i>HeadLoss</i> Minor pada Pipa <i>Suction</i>	62
4.2.3.3.4 Perhitungan <i>HeadLoss</i> Minor pada Pipa <i>Discharge</i>	63
4.2.3.4 Head Efektif Instalasi Pompa	65
4.2.5 Putaran Spesifik Pompa (n_s).....	65
4.3 Daya Penggerak.....	66
4.3.1 Daya Fluida / Water Horse Power (WHP)	66
4.3.2 Perhitungan Daya Poros	67

4.3.3	Daya Nominal Penggerak Mula	69
4.4	Penentuan Jenis Pompa	71
4.5	Net Positive Suction Head Available (NPSH _A).....	75
4.6	Checking Kondisi Perhitungan Menggunakan Software <i>Pipe Flow Expert</i>	77
4.6.1	Langkah-langkah permodelan dan simulasi dengan <i>software</i>	77
4.6.2	Perhitungan Secara Permodelan Numerik	78
4.6.3	Perbandingan Head Efektif Teoritis (H _{eff}) dengan Head Efektif Numerik (H _{effPFE}).....	80
BAB VKESIMPULAN.....		81
5.1	Kesimpulan.....	81
5.2	Saran.....	82

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kompresor Sentrifugal.....	6
Gambar 2.2 Putaran spesifik dan menentukan impeller.....	7
Gambar 2.3 Metode Mengukur Head.....	8
Gambar 2.4 Control Volume dan Koordinas untuk analisa energy yang melewati elbow 90°.....	
Gambar 2.5 Instalasi Suction Lift.....	11
Gambar 2.6 Instalasi Suction Head.....	13
Gambar 2.7 Moody Diagram.....	15
Gambar 2.8 Karakterisrik utama Pompa.....	22
Gambar 2.9 Karakteristik kerja.....	22
Gambar 2.10 Karakteristik universal.....	26
Gambar 2.11 Titik operasi pompa.....	28
Gambar 2.12 Daerah Kerja Beberapa Jenis Konstruksi Pompa	28
Gambar 2.13 Efisiensi Sstandar pompa.....	32
Gambar 2.14 Penampang pipa <i>software pipe flow expert</i>	35
Gambar 3.1 Gambar instalasi distribusi ait.....	49
Gambar 3.2 Diagram alir pemrograman pipe flow expert.....	55
Gambar 4.1 Skema suction head pompa.....	62
Gambar 4.2 Iterasi <i>Colebrook</i> pada Ms. Excel pipa suction.....	65
Gambar 4.3 Putaran spesifik <i>impeller</i>	73
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kapasitas dan efisiensi..	75
Gambar 4.5 Grafik pemilihan pompa.....	78
Gambar 4.6 Ebara split casing pump model Csa 50 Hz.....	79
Gambar 4.7 Ebara Model 250 x 150 CNKA.....	79
Gambar 4.8 Instalasi pompa distribusi air menggunakan <i>software pipeflow expert</i>	82
Gambar 4.9 Instalasi pompa distribusi air setelah di <i>calculate</i>	82
Gambar 4.10 Hasil setelah di- <i>calculate</i>	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai koefisien (k) berbagai jenis <i>fitting</i>	26
Tabel 2.2 Faktor cadangan.....	34
Tabel 2.3 Efisiensi transmisi.....	35
Tabel 3.1 <i>Fitting</i> dan nilai K pada pipa kondisi suction. 43	
Tabel 3.2 <i>Fitting</i> dan nilai K pada pipa kondisi suction. 43	
Tabel 3.2 Tabel <i>recommended velocities of fluids in pipeline</i> ...	46
Tabel 4.1 Tabel <i>recommended velocities of fluids in pipeline</i> ...	52
Tabel 4.2 Perhitungan <i>Head Loss minor suction</i>	63
Tabel 4.3 Perhitungan <i>Head Loss discharge</i>	63
Tabel 4.4 Perhitungan <i>head loss total</i>	64
Tabel 4.5 Faktor cadangan.....	70
Tabel 4.4 Efisiensi transmisi.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan bertambahnya jumlah penduduk kabupaten Lamongan mengakibatkan kebutuhan akan air bersih menjadi meningkat dari tahun ke tahun. Kebutuhan manusia akan air pada saat ini sangatlah besar baik untuk dikonsumsi maupun untuk menunjang kehidupan manusia. Menyadari bahwa air bersih merupakan salah satu kebutuhan mutlak, maka sudah selayaknya masyarakat Kabupaten Lamongan berhak untuk mendapatkan pelayanan air bersih yang memenuhi standar kesehatan. Dimana penyediaan air minum untuk menjamin tersedianya air bersih yang cukup bagi masyarakat disediakan oleh perusahaan pemerintah yakni Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) kota Lamongan unit Plosowahyu.

Untuk mengatasi permasalahan pada instalasi perpipaan pada PDAM kota Lamongan unit Plosowahyu yang digunakan baik untuk distribusi air bersih maupun untuk kebutuhan lainnya, salah satu caranya adalah dengan melakukan perhitungan debit dan head efektif yang terjadi pada pipa di instalasi pipa PDAM dengan tepat. Didalam proses pengaliran air, sistem perpipaan merupakan hal penting untuk mendistribusikan fluida ke beberapa unit beban dengan kapasitas aliran dan head tertentu.

Maka dari itu dilakukan proses perencanaan instalasi pompa guna untuk lebih mencukupi kebutuhan air bersih di daerah kabupaten Lamongan secara efektif dan efisien lagi. Tercukupinya air bersih untuk masyarakat sangat penting untuk menjaga

keseimbangan dan juga merupakan salah satu factor yang penting untuk mensejahterakan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari.

Pada tugas akhir ini mengfokuskan pada perhitungan ulang instalasi pompa PDAM Lamongan Unit Plosowahyu untuk distribusi air bersih di kabupaten Lamongan khususnya disekitar daerah kota Lamongan.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam analisa perhitungan ulang instalasi pompa pembersih air ini permasalahan utamanya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana agar debit aliran yang dihasilkan oleh pompa PDAM Lamongan unit Plosowahyu setiap hari dapat terpenuhi untuk di distribusikan ke masyarakat secara umum.
2. Bagaimana nilai dari Headnya apakah sudah efektif
3. Apakah instalasi yang dipakai sudah efektif dan efisien untuk mendistribusikan air ke masyarakat.
4. Apakah pompa yang dipakai sudah sesuai untuk kebutuhan pada sistem air bersih dan pendistribusian air ke masyarakat wilayah sekitar kota Lamongan.

1.3 Tujuan

Adapaun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memenuhi dan melengkapi kurikulum mata kuliah Tugas Akhir di Program Studi Departemen Teknim Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS
2. Membandingkan antara teori yang telah didapat selama menjalani kegiatan belajar di kampus dengan kenyataan dilapangan.

3. Menentukan kapasitas air bersih yang dihasilkan untuk didistribusikan ke daerah kabupaten lamongan sehari-hari.
4. Perhitungan head efektif air bersih
5. Pemilihan pompa yang sesuai pada instalasi pompa yang direncanakan.

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan ini dibatasi perhitungan ulang instalasi pompa air bersih pada PDAM Lamongan unit Plosowahyu. Difokuskan pada kebutuhan air bersih (PDAM) untuk masyarakat Lamongan khususnya sekitar kecamatan Babat. Aliran yang ada diasumsikan steady state steady flow dan juga fluida yang ada merupakan fluida incompressible serta temperatur fluida dijaga konstan.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang dipakai dalam mengerjakan tugas akhir ini adalah :

1. Bab I : PENDAHULUAN
Latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. Bab II : DASAR TEORI
Bab ini memuat teori yang dibutuhkan dalam perhitungan Tugas akhir dan mendasari penyusunan laporan tugas akhir secara umum.
3. Bab III : METODOLOGI
Bab ini memuat langkah-langkah pengerjaan dalam tugas akhir dan menggambarkan dengan jelas data-data yang dipakai dalam perhitungan.
4. Bab IV : ANALISA DAN PERHITUNGAN

Bab ini memuat perhitungan tentang masalah yang dibahas dalam tugas akhir dan membahas hasil yang diperoleh dari perhitungan seperti perhitungan headloss, kapasitas dll.

5. Bab V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat penarikan kesimpulan yang didapat dan juga saran.

Lampiran

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Definisi Pompa

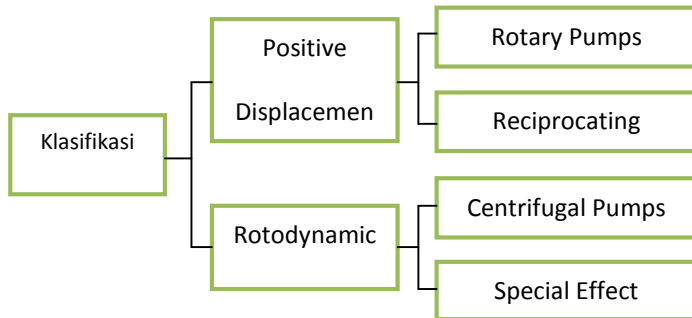
Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida cairan dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi melalui sistem perpipaan, sehingga tidak memungkinkan fluida tersebut mengalir secara alami. Perbedaan tekanan atau energi dapat ditimbulkan dengan alat yang disebut dengan pompa. Dalam operasinya pompa perlu digerakkan oleh suatu penggerak mula, dalam hal ini dapat digunakan motor listrik maupun motor torak. Selain itu, pompa juga bertugas memberikan tekanan tertentu dalam suatu proses.

Dalam kerjanya, pompa menaikkan energi fluida atau cairan yang mengalir dari tempat bertekanan rendah ketempat yang bertekanan tinggi dan bersamaan dengan itu bisa mengatasi tekanan hidrolis sepanjang jalur perpipaan yang digunakan. Energi yang digunakan bisa dari motor listrik, motor bakar, turbin uap, tubin gas maupun tenaga angin.

Pada dunia industri, pompa sebagai sarana untuk mentransfer bahan mentah dan bahan setengah jadi. Ada juga pompa yang digunakan sebagai sirkulasi fluida atau injeksi bahan adiktif untuk keperluan-keperluan proses produksi. Contoh aplikasi pompa didalam dunia industri yaitu sebagai transfer bahan mentah, setengah jadi, sebagai sirkulasi cairan pendidngin, injeksi bahan kimia, seta untuk keperluan yang lainnya.

2.2 Klasifikasi Pompa

Berdasarkan cara perpindahan atau transfer fluidanya, pompa dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar yaitu referensi [1]:



1. Pompa *Positive Displacment* (*Positive Displacment Pump*)
2. Pompa *Dynamic* (*Non Positive displacment Pump*)

2.2.1 Pompa *Positive Displacement*

Pompa *Positive Displacement* adalah suatu pompa dimana perpindahan cairan selama proses kerjanya disertai perubahan volume ruang kerja pompa yang ditempati oleh cairan tersebut secara periodik akibatnya adanya satu elemen yang bergerak.

Pada saat elemen bergeser, nsik dengan dorongan (translasi) maupun dengan gerakan berputar, maka ruang kerja pompa akan berubah semakin kecil disertai dengan kenaikan tekanan yang mendorong cair tertentu.

Ciri-ciri pompa *Positive Displacement* adalah sebagai berikut :

1. *Head* yang dihasilkan relative lebih tinggi dengan debit atau kapasitas yang relatif yang relatif lebih kecil.
2. Mampu beroperasi pada *suction* yang kering, sehingga tidak memerlukan proses *priming* pada awal operasi atau menjalankan pompa.

2.2.2 Pompa Non Positive Displacement (Dynamic)

Pada pompa *non positive displacement*, perpindahan zat cair disebabkan oleh gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh adanya gerakan dari sudu-sudu atau *impeller*. Pompa ini mempunyai prinsip kerja yaitu mengkonversi energi kinetik yang selanjutnya dirubah menjadi energi potensial.

Ciri-ciri pompa *non positive displacement* adalah sebagai berikut:

1. *Head* yang dihasilkan relatif rendah dengan debit cairan yang lebih tinggi.
2. Tidak mampu beroperasi pada *suction* yang kering. Oleh sebab itu pipa *suction* harus berisi air penuh sampai *impeller* pompa dengan cara di *priming*.

Yang termasuk dalam jenis pompa *non positive displacement* adalah pompa sentrifugal.

2.3 Pompa Sentrifugal

Pompa Sentrifugal adalah satu pompa dengan *impeller* yang berputar untuk menaikkan momentum fluidanya. Prinsip kerjanya adalah dengan adanya putaran *impeller*, partikel-partikel fluidanya yang berada dalam *impeller* digerakan dari *inlet suction* yang bertekanan vakum ke *discharge* dengan tekanan atmosfer

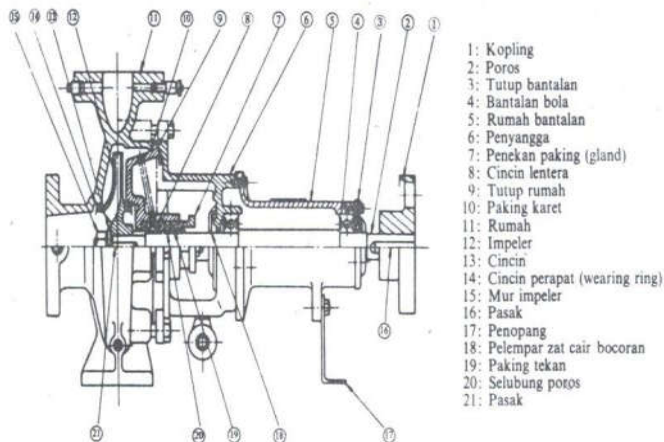
(atm). Gerakan ini menyebabkan tekanan yang ada dalam *inlet* terus menuju *casing* pompa selama fluida mengalir di dalam *impeller*. Partikel dipercepat dengan menaikkan tenaga kinetisnya. Energi kinetis ini dirubah menjadi energi potensial pada casing.

Berdasarkan arah alirannya, dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu :

- a. Pompa aliran aksial (*Axial Flow*)
- b. Pompa aliran radial (*Radial Flow*)
- c. Pompa aliran gabungan (*Mixed Flow*)

2.3.1 Komponen Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal pada dasarnya terdiri dari satu *impeller* atau lebih dan dilengkapi dengan sudu-sudu yang dipasang pada satu poros yang berputar . *impeller* tersebut diselubungi ataru ditutupi dengan sebuah (*casing*).



Gambar 2.1 Kompresor Sentrifuga^[1]

Pada umumnya, bagian pompa sentrifugal terdiri dari :

- *Impeller* : untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontinu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perbedaan tekanan antara *suction* dengan *discharge*, dan juga karena perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.
- *Casing*, merupakan bagian luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen di dalamnya.
- *Shaft* (Poros), bagian ini berfungsi untuk meneruskan momen putar dari penggerak selama pompa dalam kondisi beroperasi, komponen ini berfungsi juga sebagaiudukan impeler dan bagian yang bergerak lainnya.
- *Shaft sleeve*, berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada *stuffing box*.
- *Stuffing box* , berfungsi untuk menerima kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus *casing*.
- *Packing*, digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari casing pompa melalui poros.
- *Vane*, sudu *impeller* sebagai tempat berlalunya cairan pada *impeller*.
- *Eye of Impeller*, merupakan bagian sisi masuk pada arah isap *impeller*.
- *Wearing ring*, berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan *impeller* maupun bagian belakang *impeller*, dengan cara mengecil celah antara *casing* dengan *impeller*.
- *Discharge Nozzle*, berfungsi untuk mengeluarkan cairan dari *impeller*. Di dalam *nozzle* ini sebagai *head* kecepatan aliran diubah menjadi *haed* tekanan.

2.3.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal mempunyai *impeller* untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller* di dalam zat cair, maka zat cair yang ada di dalam *impeller*, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalkir dari tengah-tengah *impeller* keluar melalui saluran diantara sudu-sudu. Disini *head* tekan zat cair menjadi lebih tinggi, demikian pula *head* kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan.

Jadi *impeller* pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi persatuan berat atau *head* total zat cair antar saluran hisap dan saluran keluar pompa disebut head total pompa. Dari uraian diatas jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang menyebabkan pertambahan haed tekanan, haed kecepatan, head potensial pada zat cair yang mengalir zecara kontinyu. (Sularso dan Haruo Tahara. 2004)

Keuntungan Pompa Sentrifugal dibandingkan pompa recipocating diantaranya adalah :

1. Karena tidak menggunakan mekanisme katup, pompa ini dapat digunakan untuk memompakan fluida yang mengandung pasir atau Lumpur.
2. Aliran yang dihasilkan lebih kontinyu (*continue*) bila dibandingkan dengan pompa recipocating yang alirannya tersendati-sendati (*intermittent*).
3. Harga pembelian murah dan mudah perawatannya.
4. Karena tidak terjadi gesekan antara *impeller* dan casing sehingga keasusannya lebih kecil.

5. Pengoperasiannya, pada putaran tinggi dapat dihubungkan dengan motor penggerakannya.
6. Karena ukurannya relatif lebih kecil, maka bobotnya ringan dan pondasinya kecil.

Kerugian Pompa Sentrifugal dibandingkan Pompa Recipocating adalah sebagai berikut:

1. Untuk kapasitas kecil dan head yang besar, efisiensinya lebih kecil.
2. Agar pompa dapat berkerja lebih efisien, maka pompa harus berkerja pada titik kerjanya saja.
3. Untuk pompa dengan head yang tinggi dan kapasitas rendah sulit dibuat, terkecuali dibuat dengan tingkat yang lebihh banyak (*multistage pump*)
4. Memerlukan priming untuk menggerakkannya.

2.4 Penentuan Putaran Spesifik dan Bentuk Impeller

Kecepatan spesifik merupakan indeks jenis pompa yang memakai kapsitas, putaran pompa dan tinggi tekan yang diperoleh pada titik efisiensi maksimum pompa, kecepatan spesifik digunakan untuk menentukan bentuk umum impeller. Kecepatan spesifik dapat didefinisikan seperti persamaan berikut referensi [5].

$$ns = n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

Dimana :

- ns = putaran spesifik
- n = jumlah putaran (rpm)
- Q = kapasitas pompa (m^3 / min)
- H = head pompa (m)

Dalam persamaan diatas digunakan untuk pompa-pompa yang sebangun bentuk impelernya, meskipun ukuran dan putarannya berbeda. Dengan kata lain n_s dapat dipakai sebagai parameter untuk menyatakan jenis pompa. Dalam menghitung n_s untuk pompa sentrifugal jenis isapan ganda (double suction) nilai Q dari persamaan adalah $Q/2$. Karena kapasitas aliran melalui sebelah impeller adalah setengah dari kapasitas aliran keseluruhan.

Dengan mengetahui putaran spesifik ini, dapat diketahui bentuk impeller seperti pada gambar berikut ini:

<i>Centrifugal pumps</i>			<i>Mixed-flow impeller</i>	<i>Axial-flow impeller</i>
<i>Low-speed impeller</i>	<i>Moderate-speed impeller</i>	<i>High-speed impeller</i>		
				
$n_{st} = 40-80$ $\frac{D_2}{D_o} \approx 2.5$	$n_{st} = 80-150$ $\frac{D_2}{D_o} \approx 2$	$n_{st} = 150-300$ $\frac{D_2}{D_o} \approx 1.8-1.4$	$n_{st} = 300-600$ $\frac{D_2}{D_o} \approx 1.2-1.1$	$n_{st} = 600-2000$ $\frac{D_2}{D_o} \approx 0.8$

Gambar 2.2 Putaran spesifik dan menentukan impeller ^[2]

2.5 Sistem Penyediaan Air Bersih

2.5.1 Sistem Tanki (ground)

Dalam sistem ini air yang didapat dari penjerhihan air IPA (Intalasi Penjernihan Air) ditampung terlebih dahulu pada reservoir semetara, setelah itu dipompakan untuk di distribusikan

ke daerah-daerah sekitar kota Lamongan dan juga di tampung pada tanki yang terdapat di PDAM pusat kota Lamongan.

Pada Gambar dibawah ini menunjukkan letak ground yang terdapat di PDAM kota sebagai cadangan bila terjadi keterlambatan maupun kekurangan air disekitar kota Lamongan.

2.6 Dasar Teori Perhitungan

2.6.1 Debit

Perhitugan debit dapat dinyatakan pada persamaan pengambilan waktu selama 3 kali maka waktu rata-rata (t) referensi [1].

$$t = \frac{t_1+t_2+t_3}{3} \quad (2.1)$$

Sehingga diperoleh debit aliran sebagai berikut referensi [1]:

$$Q = \frac{v}{t} \quad (2.2)$$

Dimana

Q = Debit (m^3/s)

V = Volume fluida (m^3)

T = Waktu (s)

2.6.2 Persamaan Bernaouli

Energi total fluida sama dengan jumlah ketiga tinggi tekan (Head) referensi [1]

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z = H \quad (2.3)$$

Dan, karena energy tidak dapat ditimbulkan atau hilang begitu saja, H adalah konstan (dengan mengabaikan rugi-rugi). Persamaan ini dikenal dengan persamaan bernauli. Berbagai bentuk tinggi tekan dapat bervariasi besarnya pada penampang yang berbeda tetapi, dengan mengabaikan rugi-rugi penjumlahannya selalu sama. Pada laluan aktual, tinggi tekanan tidaklah tetap konstan disebabkan oleh rugi-rugi gesekan dan rugi-rugi turbulensi (Austin H. Church, 1993). Jadi persamaan itu dapat ditulis sebagai berikut referensi [3]:

$$H = \frac{P_a}{\gamma_a} + \frac{v_a^2}{2g} + z_a = H \frac{P_b}{\gamma_b} + \frac{v_b^2}{2g} + z_b \quad (2.4)$$

Keterangan :

V	= kecepatan aliran rata-rata (m/s)
g	= Percepatan grafitasi (m/s ²)
ρ	= Kerapatan fluida (kg/m ³)
z	= tinggi letak dalam meter (m)
H	= Tinggi energi dalam meter (m)
$\frac{v^2}{2g}$	= Tinggi kecepatan dalam meter (m)
$\frac{P}{\rho g}$	= Tinggi tekanan dalam meter (m)

2.7 Tinggi Tekanan (Head)

Head/ tinggi tekan adalah ketinggian kolom fluida yang harus dicapai fluida yang harus dicapai fluida untuk memperoleh jumlah energi yang sama dengan yang dikandung oleh satu satuan bobot fluida yang sama . head ini ada dalam tiga bentuk, yaitu :

2.7.1 Head Potensial

Didasarkan pada ketinggian fluida diatas bidang datar. Jadi suatu kolom fluida setinggi 1 meter mengandung jumlah energi yang disebabkan oleh posisinya dan dikatakan fluida tersebut memiliki head sebesar 2 meter kolom air (Z).

2.7.2 Head Kecepatan / Kinetik

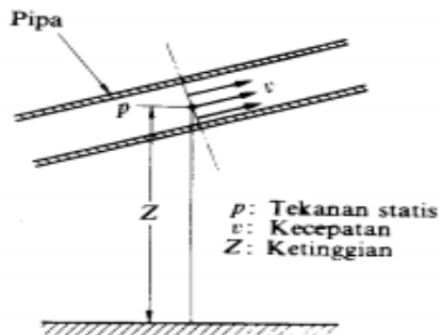
Suatu ukuran energi kinetik yang dikandung satu satuan bobot fluida yang disebabkan oleh keceootan dfan dinyatakan dengan persamaan $\frac{v^2}{2g}$.

2.7.3 Head Tekanan

Energi yang dikandung fluida akibat tekannya yang dinyatakan dengan persamaan $\frac{p}{\gamma}$.

Energi mekanik total adalah energi fluida yang memiliki kemampuan untuk melakukan kerja. Ketinggian (Z) yang dimiliki aliran diukur dari bidang datar yang sudah ditentukan.

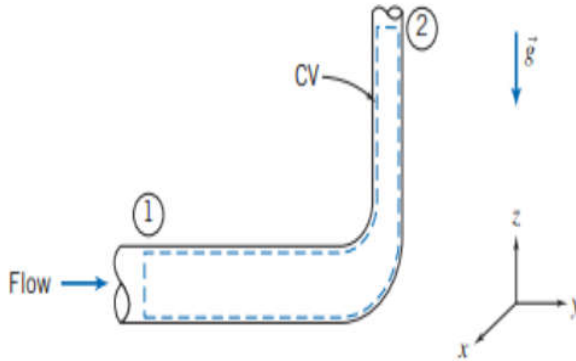
Berikut ini adalah gambar yang memperjelas untuk tinggi tekan (Head) yang dimiliki aliran.



Gambar 2.3 Metode Mengukur Head^[1]

2.8 Persamaan Energi

Persamaan ini dapat dari penurunan persamaan Hukum Termodinamika.



Gambar 2.4 Control Volume dan Koordinas untuk analisa energy yang melewati elbow 90^o[3]

Untuk mengkaji energi yang hilang atau kerugian tinggi tekan yang terjadi pada aliran pada aliran yang terjadi pada aliran yang melalui pipa, digunakan persamaan energi, yaitu referensi [3] :

$$(\dot{Q} - \dot{W}_s - \dot{W}_{normal} - \dot{W}_{shear} - \dot{W}_{other}) = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} e \cdot \rho \cdot dV + \int_{CS} (e + P \cdot v) \cdot \rho \cdot \vec{V} \cdot dA$$

Dimana asumsi referensi [3] :

$$\dot{Q} = \dot{m}(u_2 - u_1) + \dot{m} \left(\frac{P_2}{\rho} - \frac{P_1}{\rho} \right) + \dot{m} g (z_2 - z_1) + \left(\int_{A_2} \frac{\overline{V_2^2}}{2} \cdot \rho \overline{V_2} dA - \int_{A_1} \frac{\overline{V_1^2}}{2} \cdot \rho \overline{V_1} dA \right)$$

1. $\dot{W}_s = 0$, $\dot{W}_{other} = 0$
2. $\dot{W}_{shear} = 0$ (meskipun terdapat tegangan geser pada dinding belokan, tetapi kecepatan pada dinding adalah nol).
3. *Steady Flow* ($\forall = 0$)
4. Incompressible
5. Energi dalam dan tekanan pada tiap penampang *uniform*.

Dengan asumsi diatas, maka persaannya menjadi :

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot (u_2 - u_1) + \dot{m}$$

Karena aliran bersifat viscous, terlihat pada gambar bahwa kecepatan aliran pada penampang 1 dan 2 tidak uniform. Untuk menyelesaikan, digunakan kecepatan rata-rata ke dalam persamaan energi. Untuk mengeliminasi tanda integral digunakan koefisien energi kinetik (α).

2.9 Head efektif Instalasi Pompa

Merupakan besarnya head yang harus diatasi oleh pompa dari seluruh komponen yang ada, diantaranya adalah karena perbedaan tekanan, perbedaan kecepatan, perbedaan kerugian (kerugian mekanis, volumetris, dinamis dan kerugian listrik). Persamaan head instalasi sebagai berikut referensi [3] :

$$H_{eff} = \sum H_{statis} + \sum H_{dinamis}$$

2.9.1 Head Statis

Adalah perbedaan tinggi permukaan fluida pada bagian hisap dengan bagian tekan. Head statis tidak dipengaruhi oleh debit, hanya pada perbedaan tekanan dan ketinggian referensi [3].

$$\sum H_{st} = \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + (H_d - H_s)$$

Dimana :

H_{statis} = Head statis total (m)

P_1 = tekanan pada kondisi suction (Pa)

P_2 = tekanan pada kondisi discharge (Pa)

γ = berat jenis fluida ($\frac{N}{m^3}$)

H_d = jarak / ketinggian sisi *discharge*(m)

H_s = jarak / ketinggian sisi *suction*(m)

Head statis terdiri dari :

- **Head tekanan (*Pressure Head*)**

Merupakan energi yang terdapat di dalam *fluida* akibat perbedaan tekanan antara *discharge reservoir* dan *suction reservoir* referensi [3].

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \quad (2.10)$$

Dimana :

H_p = *Head statis* total (m)

P_1 = tekanan pada kondisi *suction* (Pa)

P_2 = tekanan pada kondisi *discharge* (Pa)

$$\gamma = \text{berat jenis fluida} \left(\frac{N}{m^3} \right)$$

- **Head ketinggian (Elevation Head)**

Merupakan perbedaan ketinggian dari permukaan *fluida* pada sisi *discharge reservoir* dan *suction reservoir* dengan acuan garis sumbu tengah pompa referensi [3].

$$H_z = H_d - H_s \quad (2.11)$$

Dimana :

H_z = *Head elevasi* (m)

H_d = jarak / ketinggian sisi *discharge* (m)

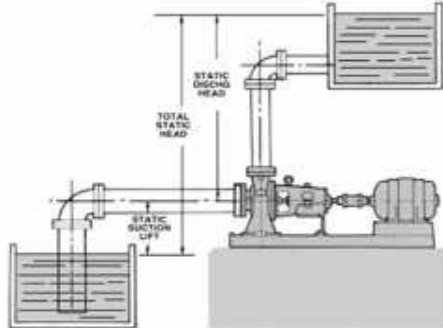
H_s = jarak / ketinggian sisi *suction* (m)

Terdapat dua macam ketinggian *head* instalasi , yaitu:

a. Suction Lift

Suction lift adalah jarak vertikal dalam satuan *feet* atau *meter* dari permukaan *fluida* yang harus dipompakan terhadap garis sumbu tengah pompa. *Suction Lift* diperoleh mulai dari garis

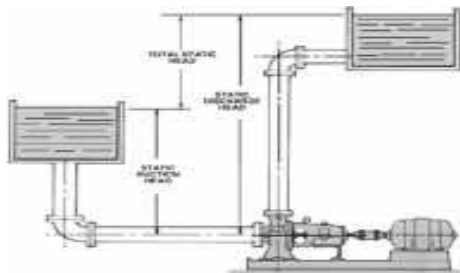
tengah sumbu pompa sampai permukaan sumber suplai (*suction tank*). Gambar 2.10 merupakan contoh instalasi *suction Lift*. Nilai $(H_d - H_s)$ bernilai positif (+), karena permukaan zat cair pada sisi hisap lebih rendah dari sumbu tengah pompa.



Gambar 2.5 Instalasi *suction lift* ^[1]

b. *Suction Head*

Suction head adalah jarak vertikal dalam satuan *feet* atau *meter* dari garis sumbu tengah pompa hingga ketinggian *fluida* yang dipompakan. *Suction head* diperoleh mulai dari permukaan sumber suplai (*suction tank*) yang berada di atas garis tengah sumbu pompa. Gambar 2.10 merupakan contoh instalasi *suction head*. Nilai $(H_d - H_s)$ bernilai negatif (-), karena permukaan zat cair pada sisi hisap lebih tinggi dari sumbu tengah pompa.



Gambar 2.6 Instalasi *Suction Head* ^[1]

2.9.2 Head Dinamis

Head dinamis adalah *head* yang terdiri dari *velocityhead* dan *headloss*. Untuk penjelasannya dapat dilihat pada persamaan di bawah ini referensi [3]:

$$\sum H_{din} = \left(\frac{\bar{V}_d^2 - \bar{V}_s^2}{2g} \right) + \sum H_{LT} \quad (2.12)$$

Dimana :

$$\sum H_{din} = \text{Head dinamis (m)}$$

$$\sum H_{LT} = \text{kerugian tinggi tekan (m)}$$

$$\bar{V}_d = \text{kecepatan aliran discharge (m/s)}$$

$$\bar{V}_s = \text{kecepatan aliran suction (m/s)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (9,81 m/s}^2\text{)}$$

➤ Head dinamis terdiri dari :

1) **Velocity Head**

adalah *head* yang disebabkan karena adanya perbedaan kecepatan yang keluar dari *suction reservoir* dan masuk ke dalam *discharge reservoir*. *Velocity head* ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan referensi [3] :

$$H_v = \frac{\bar{V}_d^2 - \bar{V}_s^2}{2g} \quad (2.13)$$

Dimana :

$\bar{V}_d$ = kecepatan aliran *discharge* (m/s)

$\bar{V}_s$ = kecepatan aliran *suction* (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

2.9.2.1 Head Loss Mayor

Kerugian aliran *fluida* yang disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara *fluida* dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh aliran *fluida* (kerugian kecil).

Kerugian *head* akibat gesekan dapat dihitung dengan menggunakan salah satu dari rumus berikut referensi [3] :

Persamaan Darcy – Weisbach

$$H_l = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (2.15)$$

Dimana :

H_l = kerugian *head* karena gesekan (m)

f = faktor gesekan

D = diameter pipa (m)

$\bar{V}$ = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = gravitasi bumi (9,81 m/s²)

Untuk aliran *laminar*, faktor gesekan dapat dinyatakan dengan rumus referensi [3]:

$$f = \frac{64}{\text{Re}} \quad (2.16)$$

Untuk aliran *turbulen*, faktor gesekan dibedakan menjadi :

- a. Untuk pipa halus, hubungan antara bilangan *reynold* dengan faktor gesekan referensi [3] :

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (2.17)$$

untuk $3000 \leq Re \leq 100000$

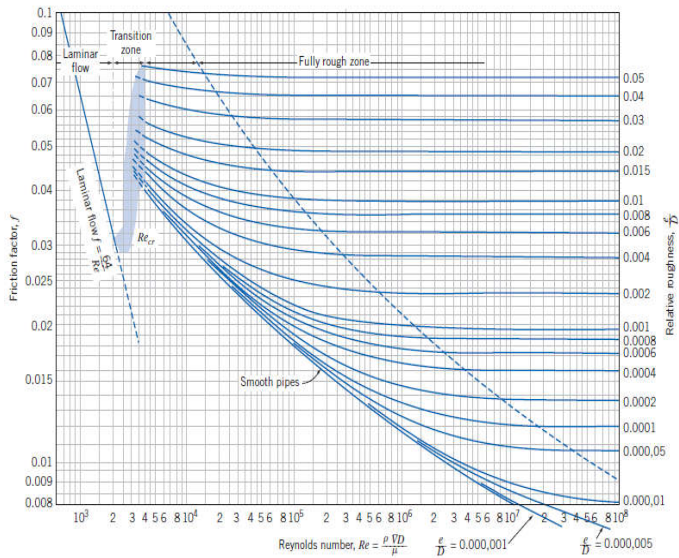
- b. Untuk pipa kasar dan halus , hubungan antara bilangan *reynold* dengan faktor gesekan referensi [3] :

Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \quad (2.18)$$

Untuk menggunakan persamaan ini dilakukan dengan menggunakan iterasi yang membuat harga *f* dapat lebih akurat. Adapun cara lain untuk mempermudah mencari harga *friction factor* (*f*), dapat menggunakan *moody diagram* dengan fungsi *reynold number* (*Re*) dan *e/d* terhadap *friction factor* (*f*).

Persamaan *Colebrook-White* berlaku untuk seluruh kisaran aliran *non laminar* dalam *diagram moody*.



Gambar 2.7 Moody Diagram^[3]

2.9.2.2 Head Loss Minor

Selain kerugian *head loss mayor*, juga terdapat kerugian yang disebabkan karena kelengkungan pipa seperti belokan, siku, sambungan, katup dan sebagainya yang disebut dengan kerugian kecil (*Head Loss Minor*). Besarnya kerugian minor, yaitu referensi [3] :

$$\sum H_{lm} = K \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2.19)$$

Dimana :

$\bar{V}$ = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = gravitasi bumi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

K = koefisien kerugian (minor losses) pipa

Dimana harga K dapat dicari dengan menggunakan persamaan referensi [3]:

$$K = f \cdot \frac{L_e}{D} \quad (2.20)$$

Dimana harga K dapat dicari dengan menggunakan persamaan referensi [3]:

$$\sum H_{lm} = K \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2.21)$$

Pipe fitting friction coefficients

Fittings on: Default Pipe, Steel, 4" 102,260 mm

(Pipe Id: 0)

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K value	Qty

Total K = 0,00

Save

Clear

Cancel

Fitting Database:

Double click on a fitting below to add the item to the pipe fittings.

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K
	MB45	450 mm	18"	Mitre bend 45°	0,1800
	MB90	450 mm	18"	Mitre bend 90°	0,7200
	Gate	450 mm	18"	Gate Valve	0,1000
	Globe	450 mm	18"	Globe Valve	4,1000
	Angle	450 mm	18"	Globe Valve Angled	1,8000
	Plug	450 mm	18"	Plug Valve Straightway	0,2200
	Butl	450 mm	18"	Butterfly Valve	0,3000
	LiftCh	450 mm	18"	Lift Check Valve	7,2000
	AngCh	450 mm	18"	Lift Check Angled	0,6600
	ChSw	450 mm	18"	Check Swing Valve	1,2000
	TiltCh	450 mm	18"	Tilting Disk Check	0,7200
	ChWaf	450 mm	18"	Wafer Check Valve	1,2000
	Foot	450 mm	18"	Foot Valve with Strainer	5,0000
	Hinged	450 mm	18"	Hinged Foot Valve with Strainer	0,9000
	St	450 mm	18"	Strainer	1,0000
	TT	450 mm	18"	Through Tee	0,2800
	BT	450 mm	18"	Branch Tee	0,7200

Add selection to pipe

Move to fitting size

450 mm 18"

Calculate K value

entrance rounded

gradual enlargement

gradual contraction

sudden enlargement

sudden contraction

long pipe bend

Create new fitting

Remove entry

Tabel 2.1 Nilai koefisien (k) berbagai jenis fitting ^[4]

2.9.3 Total Kerugian Tinggi-Tekan (*Head Loss Total*)

Head Loss Total (total kerugian tinggi tekan) merupakan jumlah suatu kerugian yang dialami aliran *fluida* selama bersirkulasi dimana kerugian itu tergantung pada geometri penampang saluran dan parameter-parameter *fluida* serta aliran itu sendiri. Kerugian tinggi tekan (*Head loss*) dapat dibedakan atas, kerugian dalam pipa (*major losses*) dan kerugian pada perubahan geometri (*minor losses*). Untuk persamaan total kerugian tinggi tekan adalah referensi [3] :

$$\sum H_{LT} = H_l + \sum H_{lm} \quad (2.14)$$

$$\sum H_{LT} = \left(f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right) + \left(K \cdot \frac{V^2}{2g} \right)$$

2.10 Net Positive Suction Head (NPSH)

Net Positive Suction Head (NPSH) merupakan ukuran dari *head* suction terendah yang memungkinkan bagi cairan untuk tidak mengalami kavitasi. NPSH ini dipakai sebagai ukuran keamanan pompa terhadap terjadinya kavitasi.

2.10.1 Net Positive Suction Head Available (NPSH_A)

NPSH_A merupakan NPSH yang tersedia pada instalasi pompa yang besarnya dapat ditulis referensi [3]:

$$NPSH_A = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - \sum H_{ls}$$

dimana :

$NPSH_A$ = yang tersedia pada instalasi (m kolom minyak)

$$\frac{P_a}{\gamma} = \text{tekanan absolut diatas permukaan cairan pada suction}$$

reservoir (m kolom minyak)

$$\frac{P_v}{\gamma} = \text{tekanan uap cairan yang dipompa pada temperature}$$

pemompaan (m kolom minyak)

h_s = *Head* hisap statis (m kolom minyak)

$\sum H_l$ = *Head* loss pada pipa hisap (m kolom minyak)

2.10.2 Net Positive Suction Head Required ($NPSH_R$)

$NPSH_R$ adalah $NPSH$ yang diisyaratkan pompa yang bersangkutan supaya bisa bekerja. $NPSH_R$ ini ditentukan oleh pabrik pembuat pompa tersebut yang besarnya tergantung dari banyak faktor, antara lain : desain impellernya, kecepatan putaran, sifat fluida yang dipompa. Agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut referensi [3]:

$$NPSH_A > NPSH_R$$

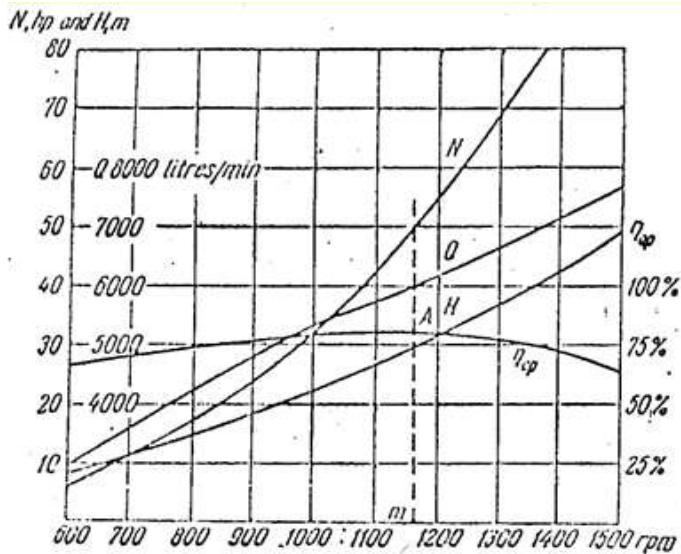
2.11 Kurva Karakteristik Pompa

Karakteristik pompa adalah kurva yang menghubungkan suatu performa dengan performa yang lainnya saat beroperasi.

Performa pompa yaitu *head* (H), kapasitas(Q), daya pompa dan efisiensi (η). Secara umum karakteristik pompa sentrifugal terbagi menjadi 3, yaitu :

2.11.1 Karakteristik Utama

Merupakan kurva karakteristik yang menunjukkan hubungan *head* dan kapasitas dengan perubahan putaran-putaran pompa yang dapat menyebabkan perubahan kecepatan impeller. Di bawah ini adalah grafik karakteristik utama :

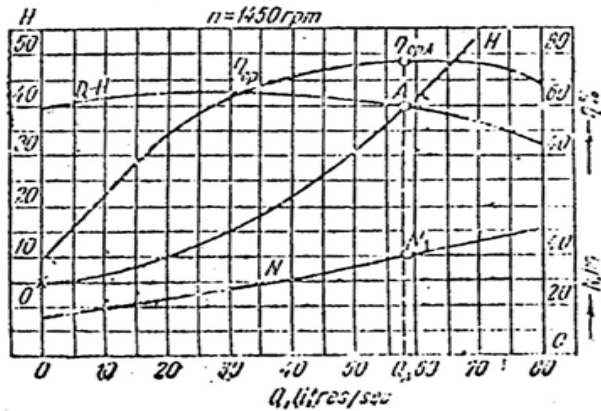


Gambar 2.8 Karakteristik Utama Pompa ^[1]

2.11.2 Karakteristik Kerja

Adalah kurva karakteristik yang diplot berdasarkan kecepatan impeller (putaran pompa) yang konstan. Kurva ini divariasikan harga kapasitasnya dengan membuka/menutup *valve*-

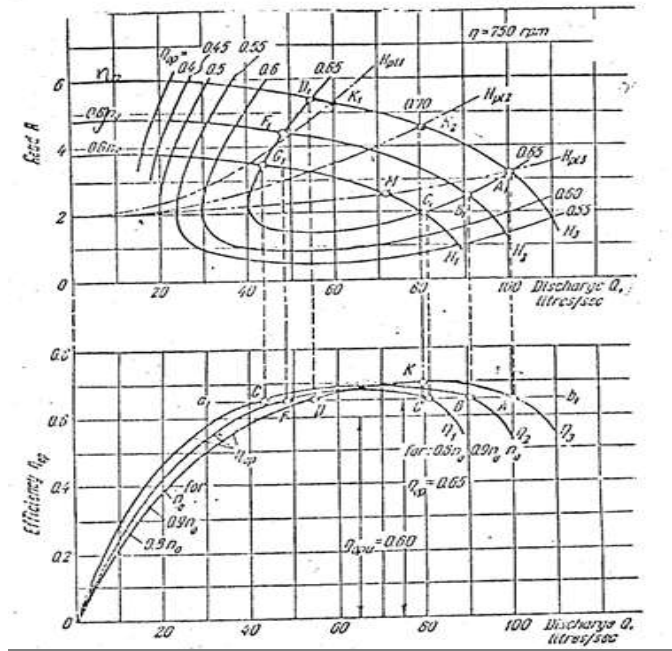
valve yang ada agar bisa mendapatkan titik kerja yang optimal dengan kurva kapasitas (Q) fungsi *head*.



Gambar 2.9 Karakteristik Kerja^[1]

2.11.3 Karakteristik Universal

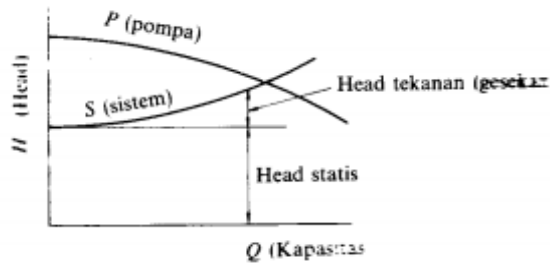
Adalah kurva yang merupakan gabungan dari karakteristik utama dan karakteristik kerja. Kurva ini digunakan untuk menentukan parameter-parameter pompa untuk berbagai kondisi operasi.



Gambar 2.10 Karakteristik Universal ^[1]

2.11.4 Titik Operasi Pompa

Titik operasi pompa adalah titik dimana menunjukkan kapasitas aliran pada *head* tertentu yang bekerja dengan performa yang baik. Titik operasi pompa ini ditentukan oleh perpotongan kurva sistem dengan kurva pompa yang ditunjukkan seperti pada gambar 2.18 .

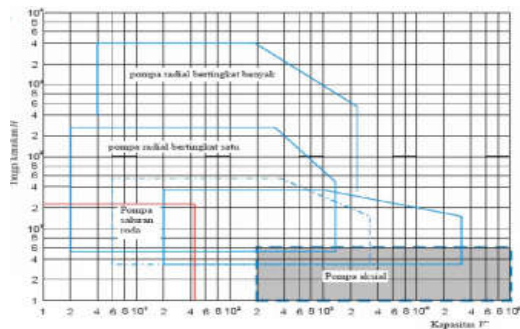


Gambar 2.11 Titik operasi pompa^[1]

Titik operasional pompa harus sedapat mungkin dijaga agar selalu berada pada area efisiensi pompa tertinggi. Terutama bila pengoperasian pompa digunakan pada sistem yang memerlukan variasi *head* dan besar aliran fluida yang akan menggeser kurva sistem.

2.12 Pemilihan Pompa Berdasarkan Perhitungan Head dan Kapasitas

Dalam beberapa hal, untuk kapasitas dan *head* efektif pompa yang diperlukan, terdapat lebih dari satu jenis pompa yang dapat dipilih. Untuk itu dapat dilihat diagram yang ada di bawah ini :



Gambar 2.12 Daerah Kerja Beberapa Jenis Konstruksi Pompa[5]

Untuk menentukan pompa sentrifugal yang tepat yang digunakan pada sebuah sistem, maka kurva karakteristik pompa dan kurva karakteristik sistem digabungkan. Titik pertemuan antara kedua kurva tersebut merupakan titik operasional. Titik operasional paling optimal adalah jika titik pertemuan antara kedua kurva tersebut berada pada area *BEP* (*Best Efficiency Point*).

2.13 Daya Penggerak

2.13.1 Daya Pompa / Daya Fluida (WHP)

Daya fluida adalah energi yang diterima oleh fluida dari pompa dengan menghasilkan perubahan energi tekanan dan nantinya akan dapat dihitung menggunakan persamaan referensi [1]:

$$WHP = \gamma \times Q_{act} \times H$$

Dimana :

WHP = Daya Pompa (watt)

γ = Berat spesifik fluida (N/m³)

Q_{act} = Kapasitas Aktual Pompa (m³/s)

H = *Head* pompa (m)

2.13.2 Daya Poros (P_{shaft})

Daya poros adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa. Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan referensi [1] :

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

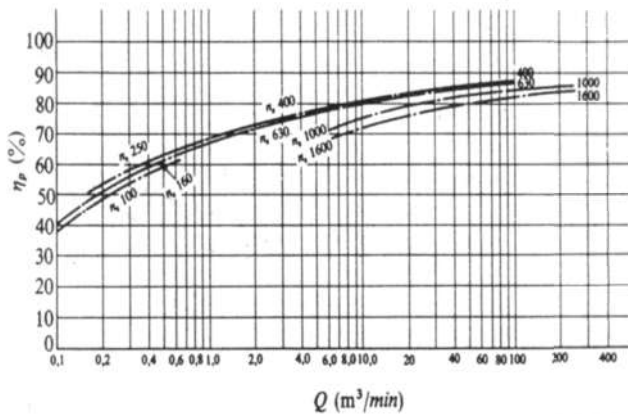
Dimana :

P_{shaft} = Daya Poros (Watt)

WHP = Daya Pompa / Daya Air (Watt)

η_p = Efisiensi Pompa (desimal)

Harga-harga standar efisiensi pompa (η_p) diberikan dalam gambar dibawah ini. Efisiensi pompa untuk pompa-pompa jenis khusus harus diperoleh dari pabrik pembuatnya.



Gambar 2.13 Efisiensi Standar Pompa^[1]

2.13.3 Daya Nominal Penggerak Mula

Daya nominal dari penggerak mula yang dipakai untuk menggerakkan pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan referensi [1] :

$$P_m = \frac{P(1+\alpha)}{\eta_t}$$

Dimana :

P_m : Daya Nominal Penggerak Mula (KW)

α : Faktor Cadangan (KW)

η_t : Efisiensi Transmisi

Faktor cadangan dan efisiensi transmisi dapat dicari dengan melihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2 Faktor Cadangan^[1]

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

Tabel 2.3 Efisiensi Transmisi^[1]

Jenis Transmisi		η_t
Sabuk Rata		0,9-0,93
Sabuk – V		0,95
Roda Gigi	Roda gigi lurus satu tingkat	0,92-0,95
	Roda gigi miring satu tingkat	0,95-0,98
	Roda gigi kerucut satu tingkat	0,92-0,96
	Roda gigi planiter satu tingkat	0,95-0,98
Kopling Hidrolik		0,95-0,97

2.14 Sistem Perpipaan

Pipa merupakan saluran fluida yang menghubungkan suatu tempat ke tempat yang lain. Pada setiap instalasi pemipaan, pipa mempunyai fungsi dan sistem yang berlainan dan berkaitan langsung dengan sifat-sifat fisik dari fluida yang mengalir seperti tekanan, temperatur dan juga kecepatan aliran. Oleh karena itu, material yang dipakai bermacam-macam sesuai dengan karakteristiknya.

2.16.1 Material Pipa

Material pipa yang digunakan dalam suatu perencanaan sangat menentukan panjang pendeknya umur pemakaian pipa tersebut. Beberapa macam pipa yang dipakai adalah sebagai berikut :

a. Stainless Steel Pipe

Jenis pipa stainless steel sangat luas penggunaannya. Hal ini disebabkan material ini mempunyai sifat ketahanan terhadap korosi yang tinggi. Sifat tahan korosinya diperoleh dari lapisan oksida (terutama chrom) yang sangat stabil yang melekat pada permukaan dan melindungi baja terhadap lingkungan yang korosif. Salah satu penggunaan stainless steel terdapat pada penggunaan pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air bersih.

b. Cast Iron Pipe

Jenis pipa ini dipakai sebagai pipa air, pipa uap dan pipa gas dengan tekanan dibawah 250 psi dan temperatur tidak melebihi 450° C. Sifat mekanis pipa ini kuat tetapi rapuh pada temperatur rendah dan memiliki ketahanan terhadap korosi.

c. Carbon Steel Pipe

Jenis pipa ini dipakai sebagai pipa air dan mampu bertahan sampai temperatur 850° C. Relatif lebih ringan, kuat dan dapat disambung dengan pengelasan.

d. Alloy Steel Pipe

Jenis pipa ini dipakai dalam industri karena relatif lebih ringan, kuat dan dapat dilas. Akan tetapi kurang tahan terhadap korosi serta biasanya dapat dibuat tanpa sambungan.

e. HDPE (High Density Polyethylene)

Jenis pipa ini dalam dunia industri biasanya dipakai untuk memompakan bahan kimia, karena pipa HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi. Pipa HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi (80°C).

c. Galvanise steel

Jenis pipa ini adalah salah satu produk tabung baja dengan beberapa jenis ukuran dan spesifikasi.

2.15 Kode dan Standar Pipa

Kode dan standar merupakan suatu acuan teknis dalam perencanaan yang diterbitkan oleh suatu instansi / lembaga internasional dan digunakan secara internasional pula.

Untuk sistem perpipaan, kode dan standar Internasional yang digunakan antara lain adalah :

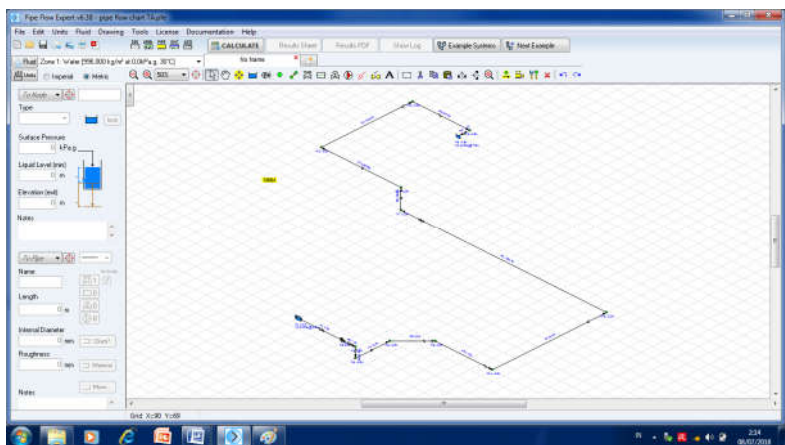
- ANSI (American National Standard Institution)
- API (American Petroleum Institution)
- ASME (American Society of Mechanical Engineering)
- ASTM (American Society for Testing and Material) JIS (Japanesse Industrial Standard)
- MSS (Manufacturers Standardization Society)
- JIS (Japanese Industrial Standard)

Untuk kode dan standar yang nasional adalah:

- SNI (Standar Nasional Indonesia)

2.16 *Software Pipe Flow Expert*

Pipe Flow Expert merupakan program perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk desain perpipaan dan pemodelan sistem pipa. *Software* ini dapat digunakan untuk menghitung aliran *fluida* dalam jaringan pipa terbuka maupun tertutup dengan suatu kapasitas *reservoir* ganda, beberapa pompa yang dihubungkan secara seri dan paralel serta beberapa ukuran dan *fitting* suatu pipa. *Pipe flow expert* ini akan menghitung laju aliran di setiap pipa dan akan menghitung penurunan tekanan pipa seluruh sistem. Pada gambar 2.22 menunjukkan penampang salah satu instalasi pada *software pipe flow expert*.



Gambar 2.14 Penampang pipa software pipe flow expert ^[4]

BAB III

METODOLOGI

Pada bab ini menjelaskan mengenai data-data yang telah diperoleh dari hasil survey lapangan serta persiapan-persiapan yang dilakukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Pencarian data tugas akhir ini dilaksanakan di PDAM Lamongan yang beradapada unit IPA Plosowahyu, sedangkan bebrapa data tugas akhir ini diperoleh dari data perencanaan dan pengolahan saran dan prasarana PDAM Lamongan guna mendapatkan pengetahuan dan pemahaman dengan jelas kebutuhan air bersih pada kota Lamongan.

Proses penyusunan tugas akhir ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.1 Data-Data Hasil *Survey*

Setelah dilakukan *survey* lapangan di PDAM Lamongan unit IPA Plosowahyu mengenai instalasi pompa. Proses pengambilan data pada instalasi pompa dilakukan dengan menggunakan peralatan dan alat ukur yang tersedia maupun peralatan sendiri yang nantinya digunakan untuk proses analisa dan perhitungan lebih lanjut. Adapun data-data yang diperoleh sebagai berikut :

3.1.1 Data Pompa

Merk	: <i>Ebara Pump</i>
Type	: Double Speed Motor
Jenis Pompa	: <i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	: 100 L/D

Daya Motor : 132 KW/ 380V
Putaran : 1450 rpm
Model : 250X150 CNKA

3.1.2 Data Fluida

Fluidakerja' : *Water (H₂O)*
Temperaturkerja : 30 °C
SpesificGravity (SG) : 1,0
Density (ρ) : 996 kg/m³

3.1.3 Data Pipa

Diameter pipa pada kondisi di lapangan:

- Diameter pipa *suction* : 12 inch
- Diameter pipa *discharge* : 8 inch

Panjang pipa pada kondisi di lapangan:

- Panjang pipa *suction* : 7 m
- Panjang pipa *discharge* : 2952 m
- Bahan pipa kondisi di lapangan : *Galvanis steel 160 sch pada suction dan discharge*

Adapun fitting pada instalasi pompa (*H₂O Pump*) dan nilai hambatan berdasarkan *pipe flow expert* ditunjukkan pada tabel 3.1:

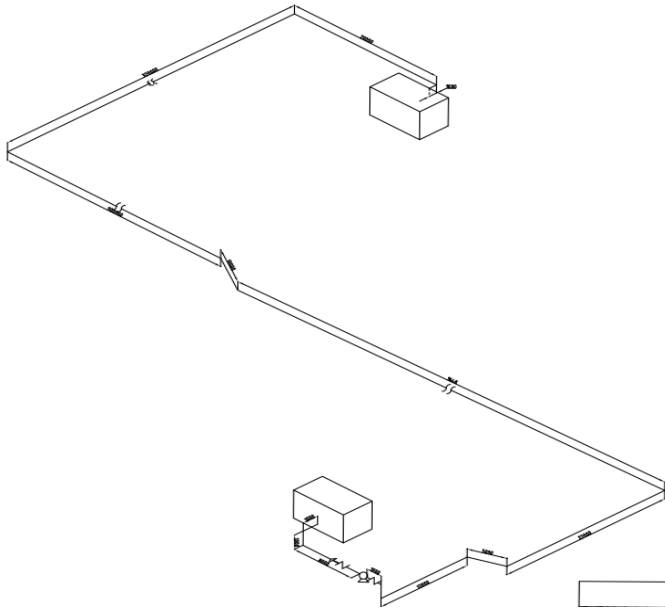
Tabel 3.1 *Fitting* dan nilai K pada pipa kondisi suction

Nama <i>Fitting</i>	K	Jumlah
<i>Gate Valve</i>	0,1	2
<i>Elbow 45°</i>	0,21	2
<i>Reducer</i>	0,04	1
<i>Flange</i>	0,08	2

Tabel 3.2 *Fitting* dan nilai K pada pipa kondisi discharge

Nama <i>Fitting</i>	K	Jumlah
<i>Gate Valve</i>	0,1	2
<i>Elbow 45°</i>	0,21	4
<i>Elbow 90°</i>	1	7
<i>Flange</i>	0,06	1
<i>Strainer</i>	0.08	1
<i>Difuser</i>	0,19	1
<i>Pipe trance flow</i>	1	1

3.1.4 Data Eksisting *water pump Pipeline*



Gambar 3.1 Instalasi Distribusi Air

Keterangan :

Panjang pipa <i>suction</i>	: 7 m
Diameter pipa <i>suction</i>	: 12 inch
Panjang pipa <i>Discharge</i>	: 2952 m
Diameter pipa <i>Discharge</i>	: 10 inch
Tekanan outlet <i>suction reservoir</i>	: 1 atm
Tekanan Inlet <i>Discharge Reservoir</i>	: 1 atm

Adapun langkah dan prosedur penyusunan tugas akhir ini secara berurutan dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.2 Studi Literatur

- a. Penentuan tema awal Tugas Akhir mengenai “Perencanaan Ulang Instalasi Pompa Distribusi air pada PDAM Lamongan Unit IPA Plosowahyu”.
- b. Pengajuan tema dan permohonan persetujuan kepada dosen pembimbing Tugas Akhir.
- c. Memenuhi prosedur pengambilan data yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

3.3 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan berdasarkan pada data-data yang diperlukan dalam analisa perencanaan instalasi. Kegiatan diatas meliputi :

- a. Studi Literatur
Dalam studi literatur ini dipelajari dari buku-buku yang menjadi referensi dalam perencanaan instalasi pompa, baik yang ada di perusahaan ataupun literatur dari matakuliah yang berhubungan dengan tujuan pengambilan Tugas Akhir ini.
- b. Studi Lapangan
Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi instalasi serta jenis peralatan yang dipergunakan. Dengan didampingi pembimbing lapangan, diharapkan ada komunikasi duaarah yang dapat memberikan gambaran secara jelas data-data yang kita perlukan untuk melakukan analisa perhitungan.

3.4 Menentukan Batas Kecepatan Fluida

Untuk kecepatan aliran yang diijinkan pada pompa sentrifugal dengan fluida kerja *water* (H_2O) ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.3 *Tabel Recommended Velocities of Fluids in Pipelines*

Fluid	Application	Range	
		Low (m/sec)	High (m/sec)
Water	Centrifugal Pump Suction	0,6	1,5
	Centrifugal Pump discharge	1,5	3,7

Untuk jenis fluida water .Jadi, kecepatan aliran yang diijinkan untuk *discharge* maupun *suction* pompa seperti yang tertera pada tabel.

3.5 Perencanaan Gambar

Setelah dilakukan pemilihan pompa dan penambahan *fitting*, maka proses selanjutnya adalah membuat rancangan gambar yang baru pada instalasi pompa water (H_2O) PDAM Lamongan unit IPA Plosowahyu. Untuk lebih jelasnya, gambar perencanaan yang baru pada tugas akhir ini dicantumkan pada lampiran.

3.6 Perhitungan

Dalam menyelesaikan pengerjaan laporan tugas akhir ini, dilakukan perhitungan-perhitungan diantaranya perhitungan kapasitas (Q), kecepatan aliran (V) pada masing-masing instalasi pipa, head instalasi pompa (*Headloss mayor* (H_l) dan *Headloss minor* (H_{lm}), *Net Positive Suction Head Available* ($NPSH_A$), putaran spesifik pompa (n_s) serta daya pompa yang dibutuhkan dengan menggunakan data yang diperoleh dari perusahaan. Perhitungan pada tugas akhir ini dilakukan secara manual dan dengan *software Pipe Flow Expert*.

3.7 Pemilihan Pompa

Pemilihan pompa dilakukan setelah mendapatkan hasil perhitungan kapasitas (Q), kecepatan aliran (V), head efektif instalasi (H_{eff}), daya pompa dan efisiensi (η).

3.8 Kesimpulan

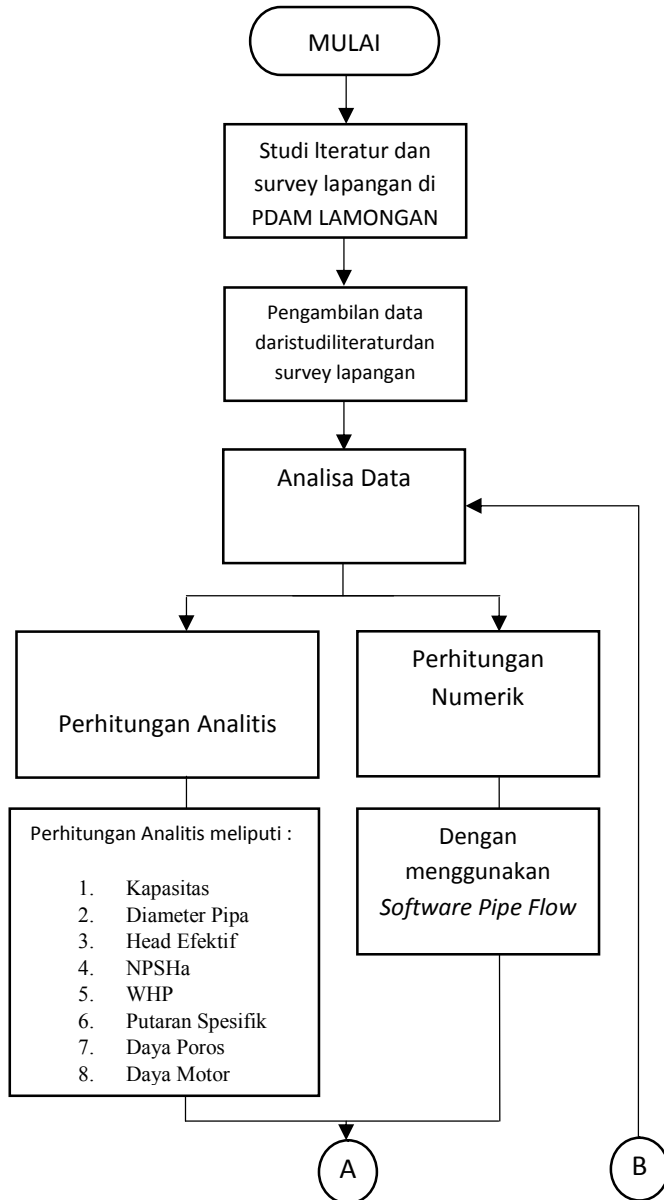
Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari perhitungan.

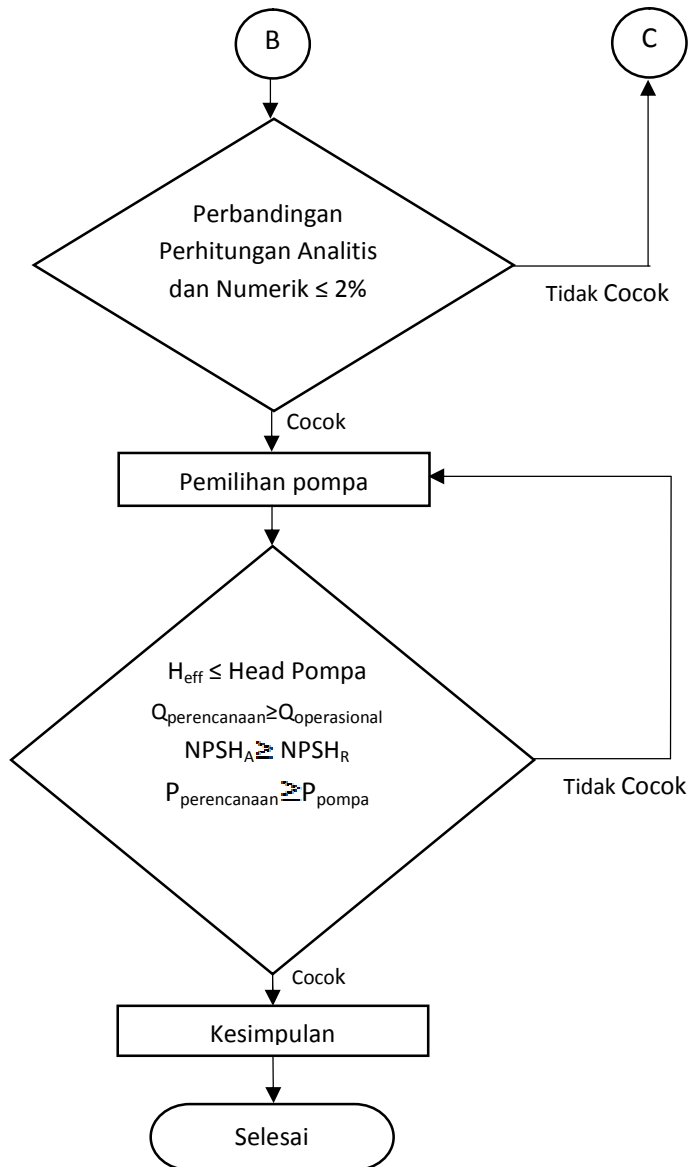
Catatan : data-data lain yang tidak diketahui dan berhubungan dengan analisa perhitungan instalasi pompa dapat dicari pada tabel, lampiran-lampiran, dan buku referensi yang mendukung.

3.9 Urutan Pengerjaan Menggunakan Flow Chart

3.9.1 Diagram Alir Perhitungan Analitis

Adapun langkah-langkah penulisan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada gambar berikut :

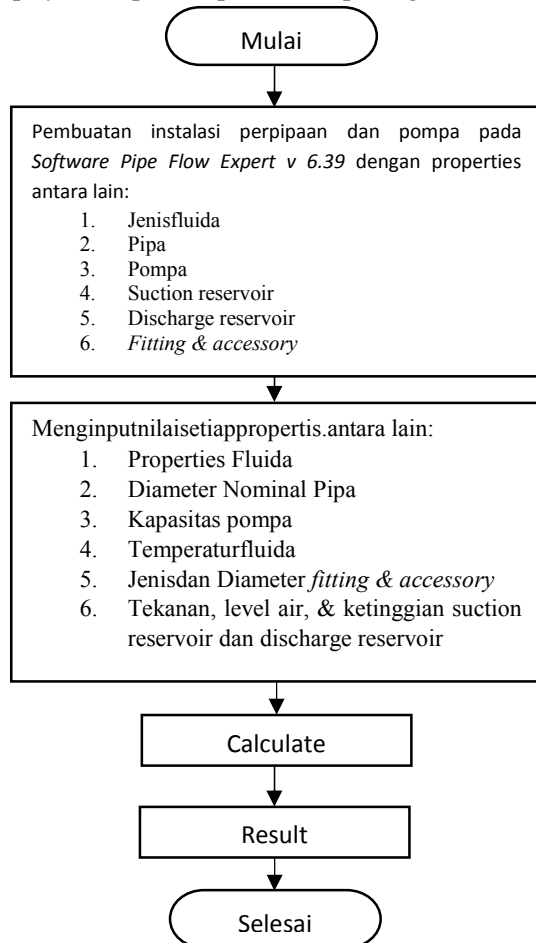




Gambar 3.2 Diagram Alir Perhitungan Manual

3.9.2. Diagram Alir Perhitungan Numerik

Adapun langkah-langkah perhitungan numeric dengan *software pipe flow expert* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alir Pemrograman *Pipe Flow Expert*

BAB IV PERHITUNGAN

Pada bab berikut ini akan dijelaskan perhitungan dan perencanaan ulang dalam pembahasan mengenai system perpipaan instalasi pompa distribusi air (H_2O) pada unit IPA Plosowahyu Perusahaan Daerah Air Minum Lamongan.

4.1 Pengertian Umum

Sistem perpipaan pada instalasi ini berfungsi untuk memompakan fluida yang berupa *water* (H_2O) dari reservoir IPA Plosowahyu *tank ground* kota Lamongan.

4.2 Perencanaan sistem Distribusi Air Bersih (H_2O)

4.2.1 Kebutuhan Air Bersih Kota Lamongan (H_2O)

Untuk memperkirakan besarnya kebutuhan air (H_2O) pada PDAM Lamongan Unit Plosowahyu, perhitungan kapasitas pompa ini didasarkan pada kapasitas pengoperasian satu pompa sentrifugal dan dengan satu pompa lain (stand by), harga kapasitas operasi pompa yang terdapat pada kebutuhan air yang didistribusikan di wilayah kota Lamongan 100 Liter/detik.

4.2.2 Perhitungan sistem Distribusi Air sesuai kondisi di Lapangan

Untuk mengetahui nilai yang dicari diperlukan perhitungan Head Efektif Instalasi dimana dari perhitungan yang didapat akan dilakukan pemilihan pompa yang sesuai dengan instalasi tersebut.

4.2.2.1 Pengecekan diameter Instalasi Perpipaan

Dalam pengecekan diameter pipa, perlu diperhatikan akan kecepatan aliran di dalam pipa. Pengecekan meliputi diameter pipa suction dan diameter pipa discharge. Untuk kecepatan aliran yang diijinkan pada pompa sentrifugal dengan fluida kerja Air (H_2O) ditunjukkan pada table dibawah ini

Tabel 4.1 *Tabel Recommended Velocities of Fluids in Pipelines*^[1]

Fluid	Application	Range	
		Low (m/sec)	High (m/sec)
Water	Centrifugal Pump Suction	0,6	1,5
	Centrifugal Pump discharge	1,5	3,7

Untuk jenis fluida air (H_2O) dengan SG sebesar 1,0 dengan Temperatur 30° memiliki *Density* (ρ) sebesar $0,996 \frac{kg}{m^3}$. (sumber : *tabel A.8 Properties of water SI Unit Introduction to fluid Mechanism 8 th edition oleh Fox and Mc Donald's*).

$$SG = \frac{\rho_{fluida}}{\rho_{H_2O}}$$

$$\rho_{fluida} = SG \times \rho_{H_2O}$$

$$= 1,0 \times 996 \frac{kg}{m^3}$$

$$= 996 \frac{kg}{m^3}$$

4.2.2.1.1 Perhitungan kecepatan Aliran pada pipa Suction

Diketahui :

Kapasitas operasi pompa distribusi sebesar $100 \frac{l}{s}$.
 Recommended velocity of fluid in pipe lines untuk pompa

centrifrifugal suction : $0,6 \frac{m}{hrs} - 1,5 \frac{m}{s}$. Dengan menggunakan bahan pipa Steel (160sch) Galvanise.

$$Q = 100 \frac{l}{s} \times \frac{1 m^3}{1000 l} = 0,1 \frac{m^3}{s}$$

$$D_{inside} = 0,283 \text{ m}$$

Sehingga untuk menghitung kecepatan aliran pada pipa menggunakan rumus :

$$V = \frac{4 Q}{\pi D^2}$$

$$V = \frac{4 \cdot 0,1 \frac{m^3}{s}}{\pi (0,283 m)^2 \frac{m}{s}} = 1,59 \frac{m}{s}$$

Setelah ditinjau atas dasar kecepatan aliran, kecepatan yang diijinkan untuk pipa *suction* yaitu minimal 0,6 m/s dan untuk maksimumnya 1,5 m/s (*recomemended velocity:suction lines*), maka pipa *suction* pada kondisi eksisting kurang sesuai. Agar sesuai dengan kecepatan yang diijinkan, maka dilakukan pemilihan diameter yang sesuai dengan memperhatikan kecepatan yang diijinkan yaitu 1,5 m/s. Perhitungan dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

Dimana : $Q = 0,1 \frac{m^3}{s}$ dan $V = 1,5 \frac{m}{s}$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,1 \frac{m^3}{s}}{\pi \times 1,5 \frac{m}{s}}}$$

$$D = 0,290 \text{ m}$$

Bila dipilih pipa dengan diameter nominal (NPS) = 250 mm atau 10 inch dengan $D_{\text{inside}} = 0,215 \text{ m}$ maka pipa *suction* kurang memenuhi kebutuhan dilapangan sehingga harus dipilih pipa dengan ukuran yang lebih sesuai. Dengan menyesuaikan *properties* pipa yang ada di pasaran dan sesuai *Piping Pipeline Engineering*, maka dipilih pipa dengan diameter nominal (NPS) = 300 mm atau 12 inch jenis *Steel (Sch 160) Galvanise* dan $D_{\text{inside}} = 0,256 \text{ m}$.

Setelah dilakukan pemilihan pipa, maka kecepatan aliran di dalam pipa *suction* dengan diameter yang baru adalah

$$V = \frac{4 Q}{\pi D^2}$$

$$V = \frac{4 \cdot 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi (0,3\text{m})^2 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,415 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Jadi, kecepatan aliran di dalam pipa *suction* dengan diameter yang baru NPS 300 mm atau 12 inch *sch 160* adalah 1,5 m/s memenuhi *range* kecepatan yang diijinkan antara 0,9 m/s sampai 1,5 m/s.

4.2.2.1.2 Perhitungan kecepatan Aliran pada pipa Discharge

Diketahui :

Kapasitas operasi pompa distribusi sebesar $100 \frac{\text{l}}{\text{s}}$.
 Recommended velocity of fluid in pipe lines untuk pompa centrifrifugal suction : $0,6 \frac{\text{m}}{\text{hrs}} - 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Dengan menggunakan bahan pipa Steel (160sch) Galvanise.

$$Q = 100 \frac{l}{s} \times \frac{1 m^3}{1000 l} = 0,1 \frac{m^3}{s}$$

$$D_{\text{inside}} = 0,215 \text{ m}$$

Sehingga untuk menghitung kecepatan aliran pada pipa menggunakan rumus :

$$V = \frac{4 Q}{\pi D^2}$$

$$V = \frac{4 \cdot 0,1 \frac{m^3}{s}}{\pi (0,215m)^2 \frac{m}{s}} = 2,755 \frac{m}{s}$$

Setelah ditinjau atas dasar kecepatan aliran, kecepatan yang diijinkan untuk pipa *discharge* yaitu minimal 1,5 m/s dan untuk maksimumnya 3,7 m/s (*recomemended velocity: light viscosity*), maka pipa *discharge* pada kondisi sesuai. Perhitungan dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

Dimana : $Q = 0,1 \frac{m^3}{s}$ dan $V = 2,755 \frac{m}{s}$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,1 \frac{m^3}{s}}{\pi \times 2,755 \frac{m}{s}}}$$

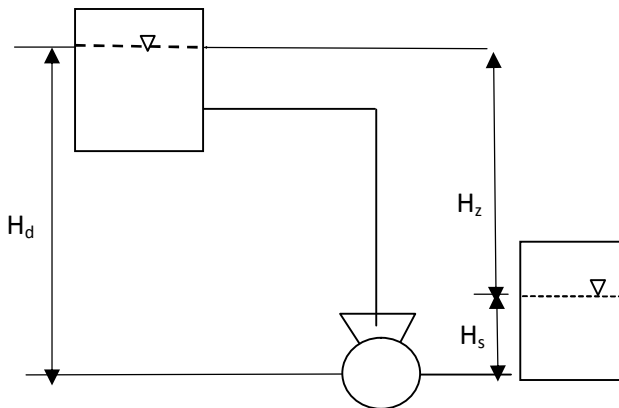
$$D = 0,215 \text{ m}$$

Dengan menyesuaikan *properties* pipa yang ada di pasaran dan sesuai *Piping Pipeline Engineering*, maka dipilih pipa dengan jenis *Steel Sch 160* diameter nominal (NPS) = mm atau 10 inch dan *D inside* diameter = 0,215 m.

Jadi, kecepatan aliran di dalam pipa discharge dengan diameter yang baru NPS 250 mm atau 10 inch *Sch 160* adalah 2,755 m/s memenuhi *range* kecepatan yang diijinkan antara 1,5 m/s sampai 3,7 m/s.

4.2.3 Perhitungan Head Efektif Instalasi

Head efektif instalasi adalah *Head* yang harus diatasi pompa dan seluruh komponen –komponen yang telah di dapat dan diperhitungkan tersebut. Adapun *Head efektif* instalasi meliputi *Head* statis dan *head* dinamis.



Gambar 4.1 Skema *suction head* pompa

4.2.3.1 Perhitungan Head Statis

Untuk menghitung head statis menggunakan persamaan :

$$H_{statis} = \frac{P_{dr} - P_{sr}}{\gamma} + H_z$$

Dimana :

$P_{sr} = P_1$ = Tekanan pada sisi *Suction Reservoir* (bar)

$P_{dr} = P_2$ = Tekanan pada sisi *Discharge reservoir* (bar)

H_s = Ketinggian permukaan fluida pada sisi *suction*(m)

H_d = Ketinggian permukaan fluida pada sisi *discharge* (m)

diketahui data –data sebagai berikut :

- $H_z = H_d - H_s$
= $-4,54 \text{ m} - (2,2) \text{ m}$
= $-6,75 \text{ m}$
- $G = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $SG = 1,0$ (*Data Sheet*)
- $\rho_{H_2} = 1170 \text{ kg/m}^3$

Sehingga,

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

$$H_{statis} = \left(\frac{1 \text{ atm} - 1 \text{ atm}}{\gamma} \right) + (-6,74) \text{ m}$$

$$H_{statis} = -6,74 \text{ m}$$

4.2.3.2 Perhitungan Head Dinamis

Untuk menghitung *head* Dinamis Menggunakan Rumus :

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

Dimana:

V_{dr} = Kecepatan pada permukaan discharge reservoir (m/s)

V_{sr} = Kecepatan pada permukaan suction reservoir (m/s)

$\sum H_{LT}$ = Kerugian pada permukaan sepanjang pipa lurus Dan adanya aksesoris (m)

4.2.3.3 Perhitungan Head Loss Total Instalasi

Headloss instalasi terdiri dari *Headloss Mayor* dan *Headloss Minor*.

4.2.3.3.1 Headloss Mayor pada Pipa Suction

Besarnya *major losses* dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$H_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{\bar{V}_s^2}{2g}$$

Dimana

f = koefisien gesek

L = panjang pipa lurus (m)

D = diameter pipa (m)

$\bar{V}_s$ = kecepatan aliran fluida pada pipa suction (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

diketahui data sebagai berikut :

$$L_{\text{Suction}} = 7 \text{ m}$$

$$D_{\text{inside}} = 12 \text{ inch} = 0,256 \text{ m}$$

$$\bar{V}_s = 0,9 \text{ m/s}$$

Harga Koefisien gesek ditentukan dari *Reynold Number* (RE)

$$Re = \frac{\rho \cdot \bar{V} \cdot D}{\mu}$$

Dengan :

$Re > 2300$ = laminar

$4000 > Re > 2300$ = transisi

$Re > 4000$ = turbulen

Berdasarkan data yang didapat dari data sheet pompa harga viscositas absolute padasuhu 30°C = 0,0008 kg/ms. Sehingga dapat diperoleh nilai Re nya adalah,

$$Re = \frac{996 \text{ kg/m}^3 \times 1,415 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,256 \text{ m}}{8 \times 10^{-4} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}} = 450988,8 (\text{turbulen})$$

Material pipa dari Steel Sch 160 dengan kekasaran permukaan $\varepsilon = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}$ diperoleh dari *pipe flow expert*.

Maka *relative roughness*,

$$\frac{\varepsilon}{D_{\text{inside}}} = \frac{1,5 \times 10^{-4} \text{ m}}{0,256 \text{ m}} = 0,0005859$$

Dengan mengetahui harga Re dan $\frac{\varepsilon}{D}$ dari *Colebrook equation* maka untuk mendapat harga f menggunakan Persamaan *Colebrook* sebagai berikut:

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

Untuk menyelesaikan persamaan ini dan mengetahui harga f, maka dilakukan perhitungan dan iterasi menggunakan Microsoft Excel seperti berikut :

e/D	Re	asumsi f		1/akar f	setelah
0,0005859	450988,8	0,017	7,393447323	7,669649888	0,276202566
0,0005859	450988,8	0,0171	7,393987538	7,647191129	0,253203591
0,0005859	450988,8	0,0172	7,394523367	7,624928517	0,23040515
0,0005859	450988,8	0,0173	7,39505487	7,602859213	0,207804343
0,0005859	450988,8	0,0174	7,395582105	7,580980436	0,185398331
0,0005859	450988,8	0,0175	7,396105131	7,55928946	0,163184329
0,0005859	450988,8	0,0176	7,396624004	7,537783614	0,141159611
0,0005859	450988,8	0,0177	7,39713878	7,51646028	0,1193215
0,0005859	450988,8	0,0178	7,397649513	7,49531689	0,097667377
0,0005859	450988,8	0,0179	7,398156257	7,474350928	0,076194671
0,0005859	450988,8	0,018	7,398659064	7,453559925	0,054900861
0,0005859	450988,8	0,0181	7,399157986	7,432941462	0,033783477
0,0005859	450988,8	0,0182	7,399653074	7,412493167	0,012840093
0,0005859	450988,8	0,0183	7,400144377	7,39221271	-0,007931667
0,0005859	450988,8	0,0184	7,400631944	7,372097808	-0,028534136
0,0005859	450988,8	0,0185	7,401115822	7,352146221	-0,048969601
0,0005859	450988,8	0,0186	7,40159606	7,332355751	-0,069240309

Gambar 4.2 Iterasi Colebrook pada Ms. Excel pipa suction^[4]

Dengan melakukan iterasi pada program Ms. Excel, maka didapatkan hasil iterasi dengan nilai sebesar $f = 0,0183$

Sehingga, untuk menghitung *head loss mayor* adalah :

$$H_{L.Suction} = 0,0183 \times \frac{7 \text{ m}}{0,256 \text{ m}} \times \frac{\left(1,415 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = 0,051 \text{ m}$$

4.2.3.3.2 Headloss Mayor pada Pipa Discharge

Losses pada pipa *Discharge* dapat dicari dengan menggunakan persamaan yang sama seperti pada pipa *Suction* :

$$H_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{\overline{V_s}^2}{2g}$$

Dimana

f = koefisien gesek

L = panjang pipa lurus (m)

D = diameter pipa (m)

$\overline{V_s}$ = kecepatan aliran fluida pada pipa suction (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

diketahui data sebagai berikut :

$L_{Discharge} = 2952 \text{ m}$

$D_{inside} = 10 \text{ inch} = 0,215 \text{ m}$

$\overline{V_s} = 2,755 \text{ m/s}$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$Re = \frac{996 \text{ kg/m}^3 \times 2,755 \frac{m}{s} \times 0,215 \text{ m}}{8 \times 10^{-4} \frac{Ns}{m^2}} = 737444,625 (\text{turbulen})$$

Material pipa dari Steel *Sch* 160 dengan kekasaran permukaan $\varepsilon = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}$ diperoleh dari *pipe flow expert*.

Maka *relative roughness*,

$$\frac{\varepsilon}{D_{inside}} = \frac{1,5 \times 10^{-4} \text{ m}}{0,215 \text{ m}} = 0,0006976$$

Dengan mengetahui harga Re dan $\frac{\varepsilon}{D}$ dari *Colebrook equation* maka untuk mendapat harga f menggunakan Persamaan *Colebrook* sebagai berikut:

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

Untuk menyelesaikan persamaan ini dan mengetahui harga f , maka dilakukan perhitungan dan iterasi menggunakan Microsoft Excel seperti berikut :

Dengan melakukan iterasi pada program Ms. Excel, maka didapatkan hasil iterasi yang sama dengan pipa *suction* yaitu sebesar $f = 0,0186$, untuk menghitung *head loss mayor* adalah :

$$H_{L.Discharge} = 0,0186 \times \frac{2952 \text{ m}}{0,215 \text{ m}} \times \frac{\left(2,755 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = 98,7950 \text{ m}$$

4.2.3.3.3 Head Loss Minor pada Pipa Suction

Head Loss Minor adalah kerugian gesek yang ditimbulkan karena adanya aksesoris disepanjang pipa instalasi. Untuk harga K pada masing-masing aksesoris diperoleh dari tabel *minor losses coefficient pipe flow experts*.

Tabel 4.2Perhitungan *Head Loss minor suction*^[4]

Fitting	Jumlah	K	Jumlah x K
<i>Elbow 45°</i>	2	0,21	0,42
<i>Gate Valve</i>	2	0,1	0,04
<i>Reducer</i>	1	0,04	0,16
<i>Union Flange</i>	2	0,08	0,2
Total			0,82

Headloss minor total dari Pipa Suction

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

$$= 0,82 \times \frac{(1,415 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} = 0,083 \text{ m}$$

4.2.3.3.4 Head Loss Minor pada Pipa Discharge

Head Loss Minor adalah kerugian gesek yang ditimbulkan karena adanya aksesoris disepanjang pipa instalasi. Untuk harga K pada masing-masing aksesoris diperoleh dari tabel *minor losses coefficient pipe flow experts*.

Tabel 4.3Perhitungan *Head Loss discharge*^[4]

Fitting	Jumlah	K	Jumlah x K
Elbow 90°	7	0,42	2,94
Elbow 45°	4	0,22	0,88
Gate Valve	2	0,11	0,22
Strainer	1	1	1
Diffuser	1	0,19	0,19
Union Flange	1	0,08	0,08
Pipe entrance flow	1	1	1
Total			6,31

Headloss minor total dari Pipa discharge

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

$$\begin{aligned}
&= 6,31 \times \frac{(2,755 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} \\
&= 2,441 \text{ m}
\end{aligned}$$

Setelah melakukan langkah perhitungan *Head loss* dengan menghitung *Head loss mayor* dan *head loss minor* seperti perhitungan diatas, maka hasil perhitungan *Head loss* setiap *suction* akan ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.4 Perhitungan Head Loss^[4]

<i>Section</i>	H _L (m)	H _{Lm} (m)	H _{LT} (m)
<i>Suction</i>	0,051	0,083	0,134
<i>Discharge</i>	98,7950	2,441	101,236
Jumlah			101,37
$\sum H_{LT}$			

Dengan diketahui data hasil perhitungan berupa *Head statis* dan *head dinamis* maka :

$$\begin{aligned}
H_{\text{dinamis}} &= \frac{V_{dr}^2 - V_{sr}^2}{2g} + \sum H_{\text{loss}} \\
&= \frac{\left(0 \frac{m}{s}\right)^2 - \left(0 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} + 101,37 \text{ m} \\
&= 0 \text{ m} + 101,37 \text{ m} \\
&= 101,37 \text{ m}
\end{aligned}$$

4.2.3.4 Head Effektif Instalasi Pompa

Maka *head efektif* instalasi adalah :

$$\begin{aligned}H_{Eff} &= H_{statik} + H_{dinamis} \\&= - 6,75 \text{ m} + 101,37 \text{ m} \\&= 94,62 \text{ m}\end{aligned}$$

4.2.4 Putaran Spesifik Pompa (n_s)

Kecapatan spesifik (n_s) untuk satu stage dari multistage pump dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$n_s = n \times \sqrt{\frac{\rho_{fluida}}{75}} \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \text{ (Ref. Khetagurof)}$$

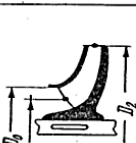
Dimana :

$$\begin{aligned}n &= 1450 \text{ rpm (Data Sheet)} \\Q &= 0,1 \text{ m}^3/\text{s} \\H &= 94,62 \text{ m} \\\rho_{fluida} &= 996 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Sehingga kecepatan spesifik (n_s)

$$\begin{aligned}n_s &= 1450 \text{ rpm} \times \sqrt{\frac{996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{75}} \times \frac{(0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}})^{1/2}}{(94,62 \text{ m})^{3/4}} \\&= 54,963 \text{ RPM}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat kecepatan spesifik (n_s) tergolong dalam *low speed impeller*. Berdasarkan gambar 4.4 (*sumber: Khetagurov Marine Auxiliary Machinery and System*)

Centrifugal pumps			Mixed-flow impeller	Axial-flow impeller
Low-speed impeller	Moderate-speed impeller	High-speed impeller		
				
$n_{sf} = 40-80$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 2.5$	$n_{sf} = 80-150$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 2$	$n_{sf} = 150-300$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 1.8-1.4$	$n_{sf} = 300-600$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 1.2-1.1$	$n_{sf} = 600-2000$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 0.8$

Gambar 4.3 Putaran Spesifik Impeller^[2]

4.3 Daya Penggerak

4.3.1 Daya Fluida / Water Horse Power (WHP)

Energi yang diterima oleh fluida dari pompa dengan menghasilkan perubahan energy tekanan dan dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$WHP = \gamma \times Q \times H$$

Dimana:

WHP : Daya Fluida (kW)

γ : Berat fluida persatuan volume (N/m³)

Q : Kapasitas yang direncanakan (m³/s)

H : Head efektif instalasi (m)

Dari data yang diperoleh sebagai berikut:

$$\rightarrow Q = 100 \frac{l}{s} \times \frac{m^3}{1000s} = 0,1 \frac{m^3}{s}$$

$$\begin{aligned}
 - > \gamma &= \rho \cdot g = 996 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \\
 &= 9770,76 \frac{N}{m^3} = 9,770 \frac{kN}{m^3} \\
 - > H_{eff} &= 94,62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 WHP &= \gamma \times Q \times H \\
 &= 9,770 \frac{kN}{m^3} \times 0,1 \frac{m^3}{s} \times 94,62 \text{ m} \\
 &= 92,44 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Perhitungan Daya Poros (P_{shaft})

Daya poros adalah daya yang digunakan untuk menggerakkan pompa ditambah kerugian di dalam pompa, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut.

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

Besarnya nilai efisiensi pompa didapat dengan melakukan *plotting* nilai putaran spesifik (n_s) dengan nilai kapasitas (Q) pada gambar 4.4. Untuk mendapatkan nilai n_s , dapat digunakan persamaan dibawah ini.

$$n_s = n \frac{\sqrt{Q}}{H_{eff}^{3/4}}$$

Diketahui :

- $n = 1450 \text{ rpm}$

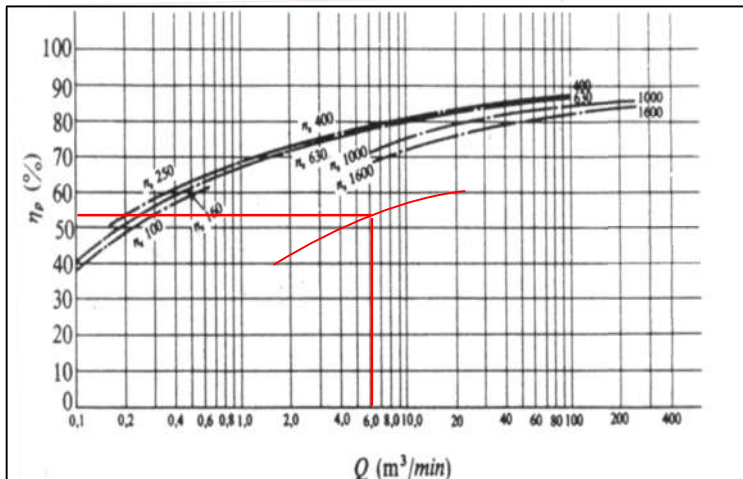
- (Q)
$$= 0,1 \frac{m^3}{s} \times 60 \frac{s}{min}$$
$$= 6 \frac{m^3}{min}$$
- Head Efektif (H_{eff})
$$= 94,62 m, \text{ maka}$$

$$n_s = 1450 rpm \frac{\sqrt{Q}}{H_{eff}^{3/4}}$$

$$n_s = 1450 rpm \frac{\sqrt{6 \frac{m^3}{min}}}{(94,62 m)^{3/4}}$$

$$n_s = 116,65 rpm$$

Setelah n_s dihitung. Selanjutnya nilai n_s diplot bersama nilai kapasitas pada grafik efisiensi standart pompa menurut putaran spesifik (gambar 4.4).



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kapasitas dan efisiensi^[1]

Dari gambar 4.4, (Ref.Sularso,HT.Pompa dan Kompresor) efisiensi standar pompa untuk kondisi $n_s = 96,029\text{rpm}$ dan $Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{min}$, maka efisiensi standar pompa (η_p) diambil 0,53%. Sehingga perhitungan P_{shaft}

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

$$P_{\text{shaft}} = \frac{92,44 \text{ kW}}{0,53}$$

$$P_{\text{shaft}} = 174,415 \text{ kW}$$

4.3.3 Daya Nominal Penggerak

$$P_m = \frac{P(1 + \alpha)}{\eta_t}$$

Dimana :

P_m : daya nominal penggerak (kW)

α : faktor cadangan (kW)

η_t : efisiensi transmisi

Daya nominal harus ditentukan untuk daya poros pompa maksimum (P_{shaft}) dalam kerja normal. Karakteristik kerja dari sebuah pompa ialah bervariasi. (Ref.Sularso,HT.Pompa dan Kompresor)

Tabel 4.5 Faktor Cadangan^[1]

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

Tabel 4.6 Efisiensi Transmisi^[1]

Jenis Transmisi		η_t
Sabuk Rata		0,92 – 0,93
Sabuk V		0,95
Roda Gigi	Roda Gigi Lurus Satu Tingkat	0,92 – 0,95
	Roda Gigi Miring Satu Tingkat	0,95 – 0,98
	Roda Gigi Kerucut Satu Tingkat	0,92 – 0,96
	Roda Gigi Planiter Satu Tingkat	0,95 – 0,98
Kopling Hidrolik		0,95 – 0,97

dari data yang diketahui :

$$P_{\text{shaft}} = 163,25 \text{ kW}$$

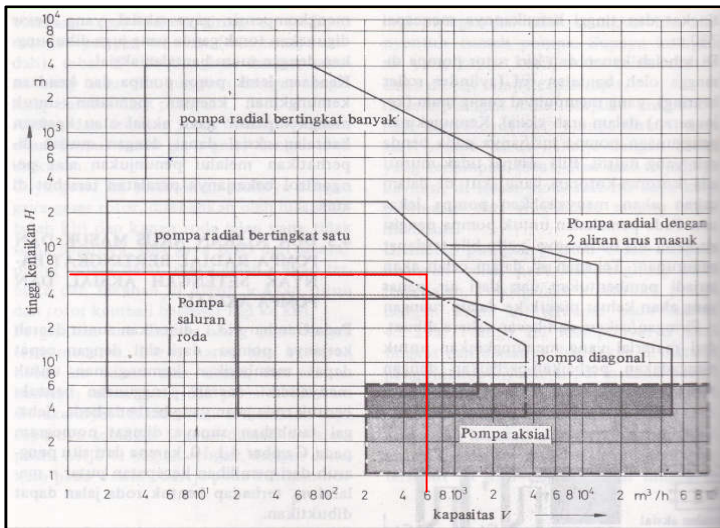
$$\alpha = 0,2$$

$$\eta_t = 1$$

sehingga :

$$P_m = \frac{P(1+\alpha)}{\eta_t} = \frac{174,415kW \times (1+0,2)}{0,95} = 220,31kW$$

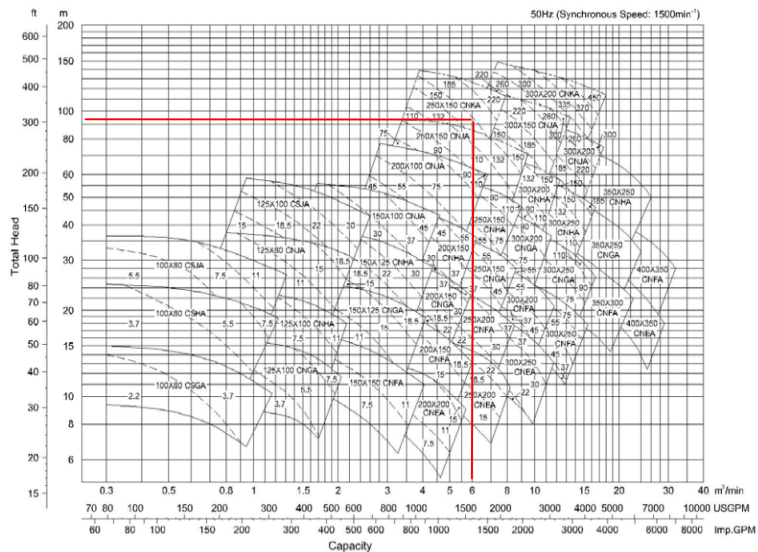
4.4 Penentuan Jenis Pompa



Gambar 4.5 Grafik Pemilihan Pompa^[5]

Dilihat dari gambar diatas (Sumber : "Turbin, Pompa dan Kompresor" Ir.Dakso Sriyono dan Prof.Ing. Fritz Dietzel, Erlangga, Jakarta.1993, hal. 282), untuk kondisi kapasitas (Q) = $6 \text{ m}^3/\text{menit}$ dan Head Efektif (H_{eff}) = $94,62 \text{ m}$. Maka dapat diplotkan pada diagram dan pompa untuk instalasi yang ada adalah jenis pompa radial bertingkat satu (*centrifugal pump single stage*).

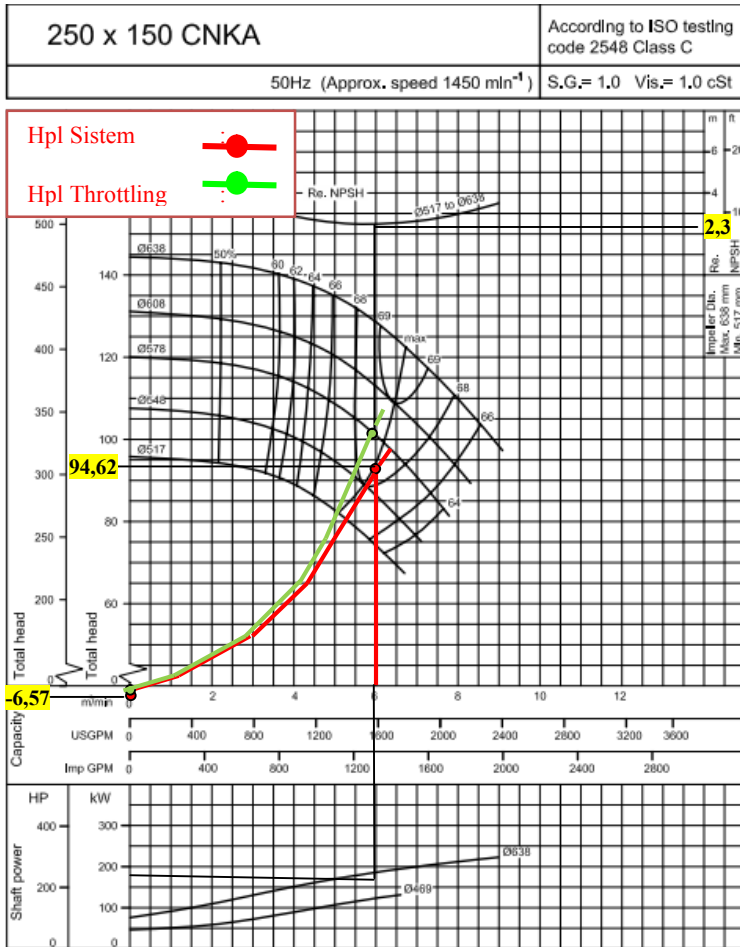
Setelah itu dilakukan proses pemilihan pompa yang digunakan untuk instalasi yang sudah dilaukan perancangan dengan melihat kurva peforma pompa Ebara.



Gambar 4.6 Ebara Split Casing Pump Model CSA 50 Hz^[8]

Dari gambar grafik tersebut didapat model pompa yang didapat adalah 250x150 CNKA. Setelah ditentukan pompa yang digunakan, selanjutnya dalam menentukan letak ketinggian pompa khususnya dari reservoir suction sangat bergantung pada nilai NPSH yang diperlukan (NPSH_r) maupun NPSH yang tersedia (NPSH_a). Sehingga dalam penggunaan pompa agar tidak terjadi kavitasi maka persyaratan yang harus dipenuhi yaitu $NPSH_a > NPSH_r$.

Adapun NPSHr bergantung dari pompa yang digunakan serta kapasitas dan headnya serta biasanya harga NPSHr dapat diperoleh dari pabrik pompa yang bersangkutan.



Gambar 4.7 Ebara Model 250 x 150 CNKA^[8]

Dikarenakan dengan memasukkan kurva *Head Pipeline* sistem (warna merah) pada gambar 4.6, maka didapatkan efisiensi sebesar 68,7 % dan NPSHr 2,3 m dengan *head efektif*

sebesar 94,62 m dan kapasitas sebesar $6 \frac{m^3}{min}$, maka pemilihan awal pompa sentrifugal dengan pabrikan EBARA telah sesuai dengan kondisi instalasi pompa Air (H_2O) pada PDAM Lamongan unit Plosowahyu.

Untuk mendapatkan besarnya *head efektif* yang dibutuhkan, maka dalam pengoperasian pompa dilakukan dengan throttling. Pada $H_{pl_throttling}$ (warna hijau) di dapatkan data berikut :

- Head = 102 m
- Efisiensi = 68,7 %

4.5 Net Positive Suction Head Available (NPSH_A)

Dari Gambar tersebut didapatkan nilai $NPSH_r$ sebesar 2,3. Maka $NPSH_A$ merupakan NPSH yang tersedia pada instalasi pompa yang besarnya dapat di tulis :

$$NPSH_A = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - \sum H_{l,s}$$

Perhitungan $NPSH_A$ dianggap benar apabila memenuhi syarat $NPSH_A > NPSH_R$. agar tidak terjadi kavitasi dimana :

- $P_a = 1 \text{ atm}$ (karena *reservoir tank* dalam kondisi terbuka)
- $P_v = 0,0425$ ($T = 30^\circ$ dari tekanan uap, viskositas dan density air pada temperatur Sumber Introduction to Fluid Mechanics fox and McDonald's).
- Dimana $1 \text{ kgf} = 98,1 \text{ kPa}$

$$\gamma = \rho \cdot g = 996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9970,76 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$h_s = 2,2 \text{ m (dari instalasi pipa)}$$

$$\sum H_{LT, \text{suction}} = 0,13 \text{ m}$$

Apabila instalasi *suction head* pada permukaan zat cair di dalam tangki lebih tinggi dari pada sisi isap pompa, maka h_s (-). Sehingga,

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

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{101325 \text{ pa} - 4250 \text{ pa}}{9970,76 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} \right) - (-2,2 \text{ m}) - 0,13 \text{ m} \\
 &= 9,7 + 2,2 - 0,13 \\
 &= 11,77
 \end{aligned}$$

$\text{NPSH}_R = 2,3 \text{ m}$ (data Sheet)

Jadi perhitungan NPSH_A sudah benar karena memenuhi syarat dimana $\text{NPSH}_A > \text{NPSH}_R$

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	: <i>Centrifugal Pump</i>
Merk	: <i>Ebara Pump</i>
Putaran	: 1450 rpm
Model	: 250 x 150 CNKA
Driver	: Electric Motor
Kapasitas	: $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$
Total Head	: 102 m (<i>Clean Water</i>)
Daya Motor	: 132 kW
Frekuensi	: 50 Hz
NPSH_R	: 2,3 m (Data Sheet)
Pabrik	: Ebara

4.6 Checking Kondisi Perhitungan Menggunakan Software *Pipe Flow Expert*

Checking ini dilakukan dengan menggunakan *software pipe flow expert*, dengan cara memasukkan inputan data *properties* instalasi pompa Asam Fluosilikat (H_2O), kemudian program dijalankan (*run*).

4.6.1 Langkah-langkah Permodelan dan Simulasi dengan *Software Pipe Flow Expert*

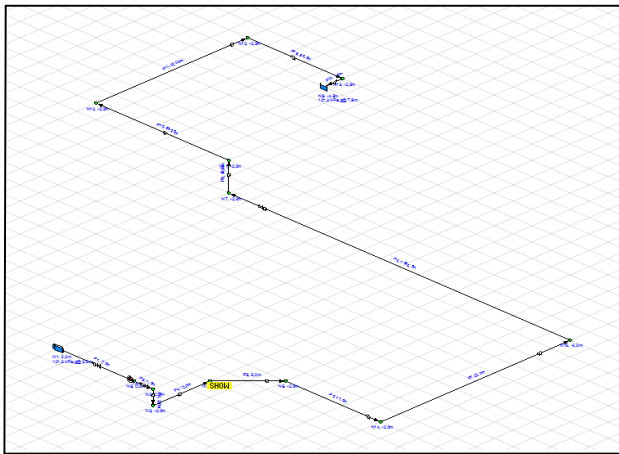
Software pipe flow expert digunakan untuk *checking* nilai *head* pompa, berikut langkah-langkahnya :

- Pembuatan model instalasi perpipaan sesuai dengan kondisi di lapangan PT Petrokimia Gresik dengan menggunakan *software pipe flow expert*.
- Pemberian (pengaturan) untuk *properties* fluida kerja yang digunakan seperti jenis fluida kerja, temperature (T), tekanan (P), *density* (ρ), *viscositas absolut* (μ) dan *vapor pressure* (P_v).
- Pemberian (pengaturan) untuk ukuran harga *properties* instalasi perpipaan seperti diameter (D), panjang pipa (L) serta elevasi (Z) lengkap dengan satuannya.
- Pemberian (pengaturan) untuk jenis satuan yang akan digunakan seperti *metris* atau yang lebih dikenal dengan Satuan Internasional (SI) ataupun *imperial* yang lebih dikenal dengan satuan British.
- Pemberian (pengaturan) aksesoris instalasi seperti *valve*, *fitting*, *reducer*, *elbow*, *expansion joint* dan lain-lain beserta harga K dari tiap-tiap aksesoris tersebut.

- f. Pemberian (pengaturan) komponen pompa lengkap dengan kapasitas (Q) yang dialirkan serta putaran pompa (rpm) dan sebagainya

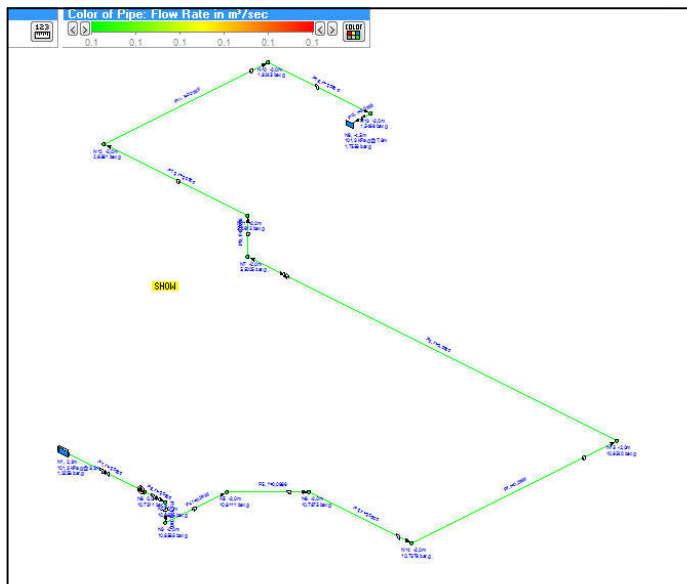
4.6.2 Perhitungan Secara Pemodelan Numerik

Dengan menggunakan *software Pipe Flow Expert*, maka selain perhitungan secara manual perhitungan secara pemodelan *numerik* pun dapat dilakukan.

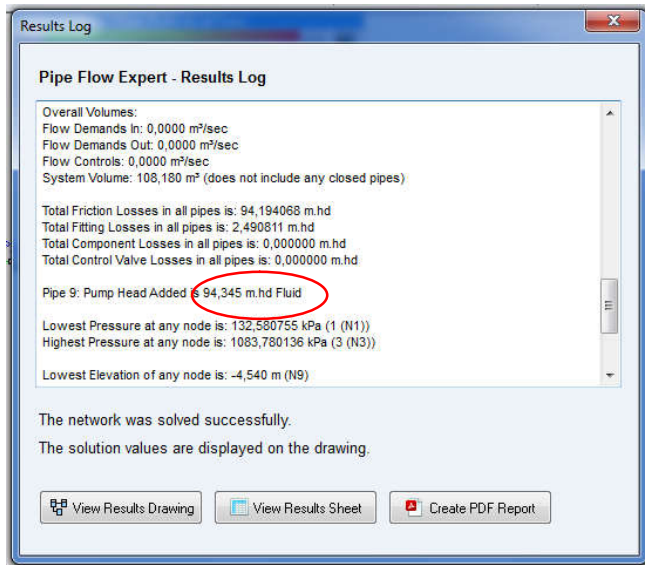


Gambar 4.8 Instalasi pompa distribusi air dengan menggunakan *software pipe flow expert*^[4]

Lalu untuk mendapatkan data-data yang diperlukan, khususnya head efektif instalasi pompa, maka dengan meng-*klik calculate*, akan muncul tampilan seperti pada gambar 4.8 dan 4.9



Gambar 4.9 Instalasi pompa *distribusi air (H_2O)* setelah di *calculate*^[4]



Gambar 4.10 Hasil setelah di-*calculate*^[4]

4.6.3 Perbandingan Head Efektif Teoritis (H_{eff}) dengan Head Efektif Numerik ($H_{\text{eff PFE}}$)

Dengan berdasar pada kedua perhitungan head efektif instalasi di atas dapat diketahui tingkat kesalahan perhitungan adalah

$$\begin{aligned}
 \text{Tingkat kesalahan} &= \frac{H_{\text{eff}} - H_{\text{eff PFE}}}{H_{\text{eff}}} \times 100\% \\
 &= \frac{94,62 - 94,345}{94,62} \times 100\% \\
 &= 0,29\%
 \end{aligned}$$

BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini memaparkan kesimpulan dan saran dari hasil perhitungan dan pemilihan ulang instalasi pompa dalam pembahasan mengenai *water pump* pada Unit IPA Plosowahyu PDAM Lamongan.

1.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan dan perancangan ulang dapat disimpulkan sebagai berikut :
 - a. Kapasitas fluida yang dipompakan oleh pompa sentrifugal *single stage pump* yaitu $360 \text{ m}^3/\text{jam}$ untuk memenuhi proses di distribusi air ke kota Lamongan.
 - b. Kecepatan yang diijinkan, diameter yang sesuai untuk pipa *suction* sebesar 12 inch dan pipa *discharge* sebesar 10 inch dengan jenis pipa *Galvanise steel*.
 - c. *Head* efektif pompa (H_{eff}) dari perhitungan *manual* didapat 94,62 m dan dari perhitungan menggunakan *pipe flow expert* didapat 94,325 m dengan selisih tingkat kesalahannya 0,29 %.
 - d. Hasil Perhitungan NPSH_A sebesar = 11,77 m.
 - e. Hasil perhitungan daya penggerak pompa, didapatkan daya sebesar = 220,31 KW.
 - f. Pompa yang dipilih adalah jenis pompa Horizontal Split Casing , merk *Ebara Pump dengan type 250x150 CNKA*
2. PDAM Lamongan merupakan salah satu perusahaan yang penting untuk mensuplai bersih didaerah Lamongan pada umumnya oleh sebab itu sudah selayaknya sangat mengutamakan peranan pemeliharaan. Pemeliharaan merupakan salah satu pendukung kelancaran proses produksi yang lebih ditekankan untuk menjaga peralatan pabrik agar dapat bekerja dengan baik. Sebagai salah satu contoh pemeliharaan pompa beserta instalasi perpipaan

yang rutin dilakukan pengecekan serta jadwal waktu shut down pompa.

1.2 Saran

Adapun saran untuk PDAM Lamongan yaitu :

- a. Sistem pengoperasian cukup baik, mengingat sarana dan prasarana produksi terbatas, maka diperlukan operator yang profesional dan ahli dibidang tersebut. Selain itu struktur organisasi cukup baik dan dapat dipertanggung jawabkan.
- b. Data-data yang dibutuhkan mengenai perlengkapan atau peralatan secara mendetail sebaiknya tersedia cukup baik.
- c. Untuk melakukan penghematan biaya dan daya instalasi lebih efisien, penulis menyarankan pemakaian instalasi dan pemilihan pompa berdasarkan perhitungan pada buku laporan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sularso ;Tahara,Haruo.2006.*Pompa dan Kompresor*.Jakarta :PT PradnyaParamita.
- [2] Khetagurov, M. *Marine Auxiliary Machinery and Systems*. Diterjemahkan oleh Nicholas Weinstein dari bahasa Rusia. Moscow: Peace Publishers.
- [3] Fox, Robert W ;Mc Donald, Alan T. 2010. *Introduction To Fluid Mechanics, 8th edition*. New York : John Wiley and Sons,inch.
- [4] www.Pipeflow.Co.Uk.*Pipe Flow Expert*. Software. 2010.
- [5] Dietzel, Fritz. *Turbin Pompa dan Kompresor, Alih Bahasa..*
- [6] Atmaditza Z, Prima 2017; *Perencanaan Ulang Instalasi Pompa Asam Fluosilikat (H_2SiF_6) Pada Unit Produksi Phosporic Acid Pabrik III PT. Petrokimia Gresik*. Surabaya : Intitut Teknologi Sepuluh Nopember
- [7] Moran, Michael J and Shapiro, Howard N.*Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 8th ed*.John Wiley and Sons, 2014
- [8] Ebara, *Technical Databook Horizontal Split Casing Pump Model CSA/CNA Suction Size 100-400 MM*

LAMPIRAN 1 : Nilai Fitting dari *pipe flow expert*

Pipe fitting friction coefficients

Fittings on: P1, Steel (ANSI) Galvanised, 300 mm ID=256,946 mm (Pipe Id: 9)

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K value	Qty
	E45	300 mm	12"	Elbow 45 deg.	0,2100	2
	Gate	300 mm	12"	flange	0,0800	2
	Gate	300 mm	12"	reducer	0,0400	1
	Gate	300 mm	12"	Gate Valve	0,1000	2

Total K = 0,82

☒ Save ☐ Clear ☐ Cancel

Fittings: Pipe Size 300 mm 12" Add Selected Item On To Pipe

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K
	SB	300 mm	12"	Standard Bend	0,3900
	LB	300 mm	12"	Long Bend	0,2100
	PB	300 mm	12"	Pipe Bend	0,1600
	E45	300 mm	12"	Elbow 45 deg.	0,2100
	RB	300 mm	12"	Return Bend	0,6500
	MB45	300 mm	12"	Mitre Bend 45 deg.	0,2000
	MB90	300 mm	12"	Mitre Bend 90 deg.	0,7800
	Gate	300 mm	12"	Gate Valve	0,1000
	Globe	300 mm	12"	Globe Valve	4,4000
	Angle	300 mm	12"	Globe Valve Angled	1,9500
	Plug	300 mm	12"	Plug Valve Straightway	0,2300
	Bfly	300 mm	12"	Butterfly Valve	0,3500
	BallFB	300 mm	12"	Ball Valve Full Bore	0,0400
	LitCh	300 mm	12"	Lift Check Valve	7,8000
	AngleCh	300 mm	12"	Lift Check Valve Angled	0,7200
	SwCh	300 mm	12"	Swing Check Valve	1,4000
	TiltCh	300 mm	12"	Tilting Disk Check	1,2000

Double click on a fitting item to add it to the pipe fittings.

Calculate K value

☐ entrance rounded ☐ gradual enlargement ☐ gradual contraction ☐ sudden enlargement ☐ sudden contraction ☐ long pipe bend

☐ Create new fitting ☐ Remove entry

LAMPIRAN 2: Lanjutan

Pipe fitting friction coefficients

Fittings on: P2, Steel (ANSI) Galvanised, 250 mm JD=215,646 mm (Pipe Id: 1)

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K value	Qty
	SB	250 mm	10"	Standard Bend	0.4200	1
	Gate	250 mm	10"	Gate Valve	0.1100	1
	St	250 mm	10"	Strainer	1.0000	1
	St	250 mm	10"	flange	0.0800	1
	St	250 mm	10"	diffuser	0.1900	1

Total K = 1,80

☒ Save ☐ Clear

Fittings: Pipe Size 250 mm 10" Add Selected Item On To Pipe

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K
	SB	250 mm	10"	Standard Bend	0.4200
	LB	250 mm	10"	Long Bend	0.2200
	PB	250 mm	10"	Pipe Bend	0.1600
	E45	250 mm	10"	Elbow 45 deg.	0.2200
	RB	250 mm	10"	Return Bend	0.7000
	MB45	250 mm	10"	Mitre Bend 45 deg.	0.2100
	MB90	250 mm	10"	Mitre Bend 90 deg.	0.8400
	Gate	250 mm	10"	Gate Valve	0.1100
	Globe	250 mm	10"	Globe Valve	4.8000
	Angle	250 mm	10"	Globe Valve Angled	2.1000
	Plug	250 mm	10"	Plug Valve Straightway	0.2500
	Butly	250 mm	10"	Butterfly Valve	0.6300
	BallFB	250 mm	10"	Ball Valve Full Bore	0.0400
	LiftCh	250 mm	10"	Lift Check Valve	8.4000
	AngleCh	250 mm	10"	Lift Check Valve Angled	0.7700
	SwCh	250 mm	10"	Swing Check Valve	1.5500
	TiltCh	250 mm	10"	Tilting Disk Check	1.7000

Double click on a fitting item to add it to the pipe fittings.

Calculate K value

[Sumber: *Pipe Flow Expert*]

LAMPIRAN 3: *Recommended Velocities in Pipeline*

Fluid	Application	Range			
		Low	High	Low	High
		ft/sec	ft/sec	m/sec	m/sec
Acetylene		67		20.4	
Air	Air or Flue Gas Ducting	10	35	3.0	10.7
Air	Centrifugal Compressor - All Piping	50	100	15.2	30.5
Air	Piston Compressor Discharge	70	100	21.3	30.5
Air	Piston Compressor Suction	50	70	15.2	21.3
Ammonia	Gaseous	33	100	10.1	30.5
Ammonia	Liquid	2	6	0.6	1.8
Benzene		6		1.8	
Bromine	Gaseous	33		10.1	
Bromine	Liquid	4		1.2	
Calcium Chloride		4		1.2	
Carbon Tetrachloride		6		1.8	
Chlorine	Dry Gas	33	83	10.1	25.3
Chlorine	Dry Liquid	5		1.5	
Chloroform	Gaseous	33		10.1	
Chloroform	Liquid	6		1.8	
Ethylene	Gaseous	100		30.5	
Ethylene Dibromide		4		1.2	
Ethylene Dichloride		6		1.8	
Ethylene Glycol		6		1.8	
Hydrochloric Acid	Gaseous	67		20.4	
Hydrochloric Acid	Liquid	5		1.5	
Hydrogen		67		20.4	
Methyl Chloride	Gaseous	67		20.4	
Methyl Chloride	Liquid	6		1.8	
Natural Gas	75 psig and Below Main Lines	35	115	10.7	35.1
Natural Gas	Cross-Country	80	250	24.4	76.2
Natural Gas	Low Pressure Main Lines	3	6	0.9	1.8
Oil	Gravity Flow	2	3	0.6	0.9
Oil	Heavy Viscosity	2	3	0.6	0.9
Oil	Light Viscosity	3	6	0.9	1.8
Oil	Suction Lines	3	4	0.9	1.2
Oxygen	Up to 200 psig	30	100	9.1	30.5
Paper Stock	2% to 2.5% A.D Consistency	3	10	0.9	3.0
Paper Stock	3% to 6% A.D. Consistency	1	8	0.3	2.4
Perchloroethylene		6		1.8	
Propylene Glycol		5		1.5	
Sand	5 to 25% by Volume	12		3.7	

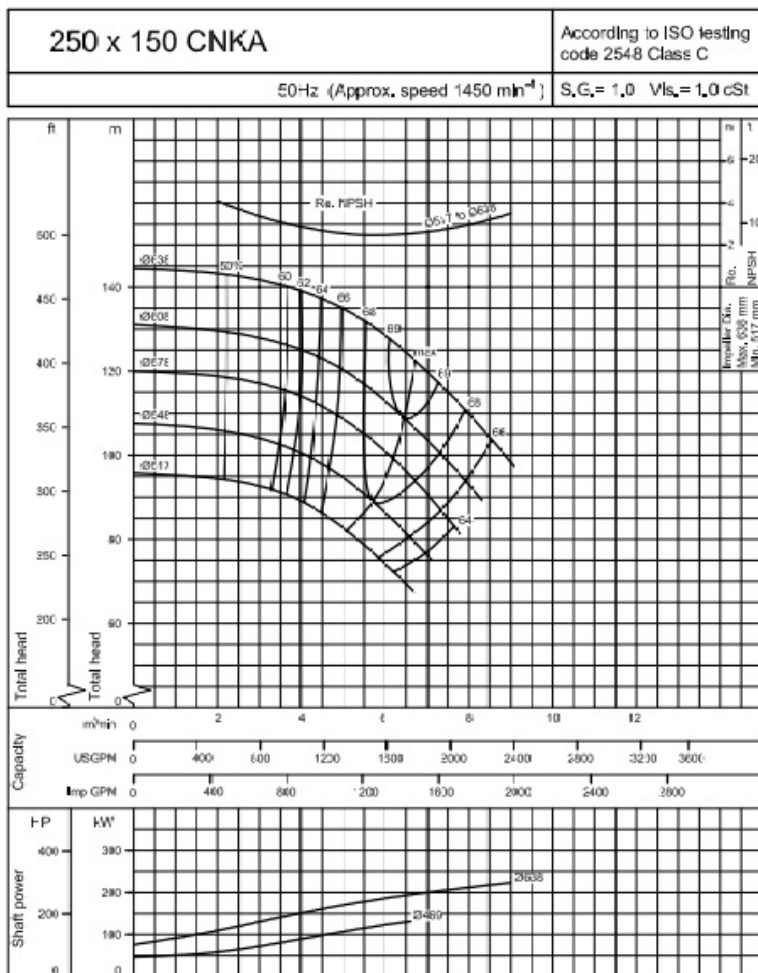
LAMPIRAN 4:Lanjutan

Fluid	Application	Range			
		Low	High	Low	High
		ft/sec	ft/sec	m/sec	m/sec
Sand	Coarse & Granulated Slag	12	13	3.7	4.0
Sand	Fine Graded	8	10	2.4	3.0
Sand	Gravel up to 1/2"	14		4.3	
Sand	Ordinary	11		3.4	
Sewage	Slurry	2.5	3	0.8	0.9
Sodium Chloride	No Solids	5	8	1.5	2.4
Sodium Chloride	With Solids	6	15	1.8	4.6
Sodium Hydroxide	0% - 30%	6		1.8	
Sodium Hydroxide	30% - 50%	5		1.5	
Sodium Hydroxide	50% - 73%	4		1.2	
Steam	Boiler to Turbine Cold Reheat	100	135	30.5	41.1
Steam	Boiler to Turbine Hot Reheat	135	170	41.1	51.8
Steam	HP Bypass of Turbine	200	270	61.0	82.3
Steam	HP District Heating	833	1250	253.9	381.0
Steam	Long Run	135	200	41.1	61.0
Steam	LP Bypass of Turbine	270	335	82.3	102.1
Steam	Saturated up to 15 psig for Heating	17	70	5.2	21.3
Steam	Saturated, 50 psig and Higher	100	167	30.5	50.9
Steam	Superheated 200 psig and Higher	167	300	50.9	91.4
Steam	Superheated Main	100	200	30.5	61.0
Styrene		6		1.8	
Sulfur Dioxide		67		20.4	
Sulfuric Acid		4		1.2	
Tar	Discharge Lines	2	2.5	0.6	0.8
Tar	Gravity Flow	1	1.5	0.3	0.5
Tar	Suction Lines	1	2	0.3	0.6
Trichlorethylene		6		1.8	
Vinyl Chloride		6		1.8	
Vinylidene Chloride		6		1.8	
Water	Boiler Feedwater Discharge	10	17	3.0	5.2
Water	Centrifugal Pump Discharge	5	12	1.5	3.7
Water	Centrifugal Pump Suction	2	5	0.6	1.5
Water	City Water/Service Mains	2	5	0.6	1.5
Water	Fire Hose		10		3.0
Water	General Service	4	10	1.2	3.0
Water	Gravity Flow	2	3	0.6	0.9
Water	Hot Water Recirc		3		0.9
Water	Reciprocating Pump Discharge	5	10	1.5	3.0
Water	Reciprocating Pump Suction	2	5	0.6	1.5
Water	Sea Water	5	12	1.5	3.7

[Sumber: Brian Silowash. *Piping System Manual*, 2010.
McGraw-Hills]

LAMPIRAN 5 : Kurva Performans Pompa

Performance Curve



[Sumber: Ebara Technical Data Book Horizontal Split Casing Pump]

LAMPIRAN 6 : Data Sheet Pompa

Data Sheet

50 Hz

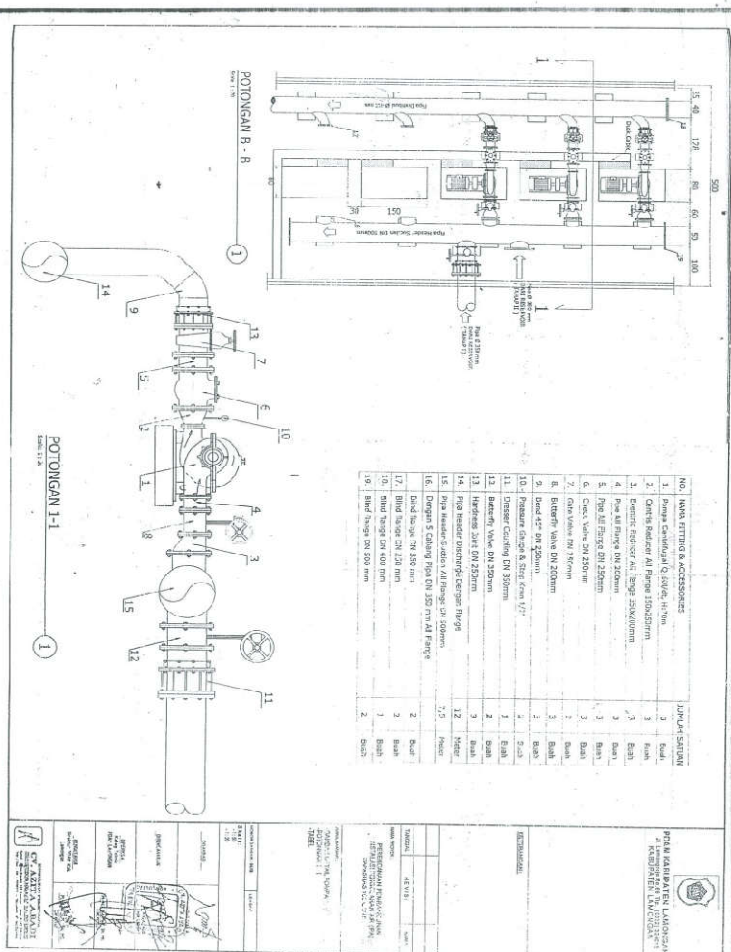
1 Customer :	36 Number of pump required :
2 User :	37 Ebara Model :
3 Job No. :	
4 Item No. :	
5 Doc. No. :	
Operating Conditions	
6 Liquid : water	38 Pump Speed : rpm
7 Liquid Temp. : max. 80°C	39 Driver Output : kW
8 Specific Gravity : 1.0	40 Efficiency : %
9 Viscosity : 1 cp	41 Shaft Power : kW
10 Capacity : ☐ l/s ☐ m³/min ☐ m³/h ☐ USGPM	42 Req. NPSH (Aq) : m
11 Total Head : ☐ meter ☐ kg/cm² ☐ feet	Materials
12 Corrosion / Eros. : non	43 Casing : Cast Iron
13 Solid : non	44 Impeller : Bronze
14 Suction Press. :	45 Shaft : Stainless Steel
15 Discharge Press. :	46 C.W. Ring : Bronze
16 Diff. Press. :	47 Base Plate : ☐ Steel ☐ Cast Iron
17 Vapor Press. :	Accessories (Bare Shaft Pump)
18 NPSH Av (Aq) :	48 Priming cock and priming funnel
Constructions	
19 Nozzles Position : end - suction top - discharge	Scope of Our Supply for Each Unit
20 Size (Suction) : mm (discharge) : mm	49 ☐ bare shaft pump ☐ motor ☐ flexible coupling ☐ coupling guard ☐ pressure gauge ☐ compound gauge ☐ foundation bolts ☐ base plate ☐ companions flanges (include bolt and packing)
21 Pump type : end suction volute foot mounted	Shop Test
22 No. of stage : one	50 Performance Test : ☐ yes ☐ No
23 Type of Impeller : closed type, single suction	Casing Hydro Test : ☐ yes
24 Casing Test Pressure Hydro test : kg/m² Max. Positive Suction Press : kg/m²	Witnessed Test : (performance) ☐ yes ☐ no
25 Bearing Type : grease lubricated ball bearing	Attachment
26 Shaft Seal : ☐ carbonized fiber gland packing ☐ mechanical seal	51 ☐ Outline dwg ☐ Sectional dwg ☐ Performance curve ☐ Spare part list
27 Flushing : ☐ self ☐ external	Remarks
28 Rotation : CW viewed from coupling end	
29 Connection :	
Motor Driver	
30 Motor Power : kW; 2 poles; 3 phase kW; 2 poles; 3 phase	Voltage : ☐ 380 V ☐ 415 V ☐ 50 HZ ☐ 60 HZ RPM : ☐ 1500 min⁻¹ ☐ 1750 min⁻¹ ☐ 3000 min⁻¹ ☐ 3600 min⁻¹
31 Type : Three phases, squirrel cage rotor, horizontal foot mounted Protection - totally enclosed fan cooled (TEFC) ☐ IP-54, indoor inst. ☐ IP-55, outdoor inst.	
32 Insulation : ☐ class F ☐ class B	
33 Starting Method : ☐ star-delta ☐ direct on line	
34 Maker : ☐ Teco ☐ ABB ☐ Leroy Somer	
35 Supplied by : ☐ Customer ☐	
	Approved by Customer
	Approved by
	Made by

[Sumber:Ebara Technical Data Book Horizontal Split Casing Pump]

[Sumber: PDAM Lamongan]
LAMPIRAN 8 : Reservoir Suction dan Rumah Pompa



LAMPIRAN 9 : Lanjutan



[Sumber: PDAM Lamongan]

[Sumber: PDAM Lamongan]



LAMPIRAN 11 : DOKUMENTASI



LAMPIRAN 12 : Lanjutan



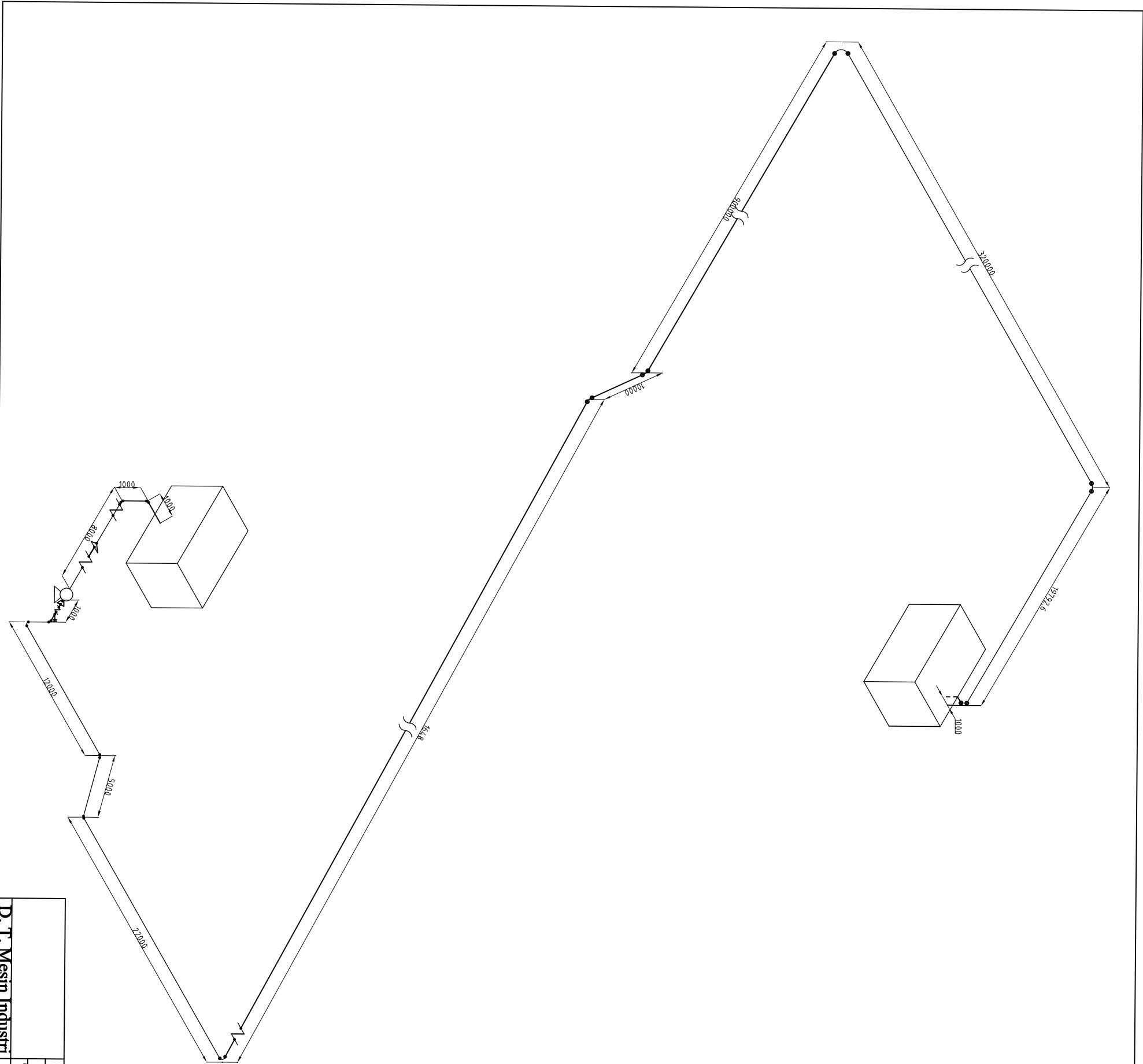
[Sumber: PDAM Lamongan]

LAMPIRAN 12 : Lanjutan

Pompa Distribusi Plosowahyu									
No.	Merk	Jenis	Model	Kapasitas	Tahun	Kw	Head	Rpm	Keterangan
1	EBARA	Doble Speed	250X150 CNKA	100 L/D	2014	-	50	-	
	Siemens	Motor		-	2014	132KW/380V	-	1.450	
2	EBARA	Doble Speed	250X150 CNKA	100 L/D	2014	-	50	-	Cadangan
	Elektrim	Motor		-	2014	132KW/380V	-	1.480	Cadangan
Pompa Distribusi IV IPA Babat (air Baku)									
No.	Merk	Jenis	Model	Kapasitas	Tahun	Kw	Heat	Rpm	Keterangan
1	PACO	Doble Speed	300x200	200 L/D	2014	-	-	-	
	PACO	Motor		-	2014	185KW/380V	-	1.485	
2	PACO	Doble Speed	300x200	200 L/D	2014	-	-	-	Cadangan
	PACO	Motor		-	2014	185KW/380V	-	1.485	Cadangan
Pompa Lohgung									
No.	Merk	Jenis	Model	Kapasitas	Tahun	Kw	Heat	Rpm	Keterangan
1	PRENKLIN	Submersible Stick	-	7 L/D	2014	7,5KW/380V	-	-	

[Sumber: PDAM Lamongan]

NO.	SYMBOL	KETERANGAN
1.		ECCENTRIC DIFUSER
2.		GATE VALVE
3.		Y STRAINER
4.		ECCENTRIC REDUCER
5.		STANDARD ELBOW
6.		CENTRIFUGAL PUMP



	Skala : 1 : 1	Digambar : Shalahuddin A A	
	Satuan : mm	NRP : 2115030110	
	Tanggal: 1-07-18	Ditihat : Dedy Zulhidayat N ST MT Phd	
D. T. Mesin Industri	Instalasi Pompa PDAM Unit Plosowalayu ke Lamongan		A3

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Lamongan, 14 Juli 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Dharmawanita Desa Gampang Sejati Laren Lamongan, MI Hidayatul Ummah Desa Gampang Sejati Laren Lamongan, SMP Negeri 1 Maduran, dan SMA Negeri 1 Babat. Pada tahun 2015 Penulis diterima di Jurusan D3 Teknik Mesin Industri FV-ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 102115 00000 110. Konversi Energi merupakan bidang studi yang dipilih penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.

Selama duduk dibangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah mengikuti berbagai kegiatan dan bergabung dalam organisasi. Kegiatan yang pernah diikutinya antara lain : Menjadi Staff PROKESMA HMDM FV-ITS Periode 2016-2017 dan asisten Lab Proses Manufactur. PT SEMEN INDONESIA, Tuban merupakan tempat kerja praktek penulis selama satu bulan pada tanggal 18 Juli s/d 18 Agustus 2016 di bidang perawatan WHRPG (Waste Heat Recovery Power Generation).

Pelatihan yang pernah diikuti penulis :Pelatihan Karya Tulis Ilmiah ITS (2015), Pelatihan LKMM Pra-Tingkat Dasar (Pra-TD) FTI-ITS (2015) , Pelatihan LKMM Tingkat Dasar (TD) FTI-ITS (2016).

Email: shalahuddinayub12@gmail.com