

**PROYEK AKHIR - VM191879**

**PERANCANGAN ULANG INSTALASI *FIRE HYDRANT SYSTEM* PADA SISTEM PEMBANGKIT *INDUSTRIAL ESTATE* DAERAH JAWA TIMUR**

**ANDREAS ARYA NUGROHO**  
NRP 10211810010021

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.**  
NIP 19620216 199512 1 001

**Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi**  
**Departemen Teknik Mesin Industri**  
**Fakultas Vokasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**



**PROYEK AKHIR - VM191879**

**PERANCANGAN ULANG INSTALASI *FIRE HYDRANT SYSTEM* PADA SISTEM PEMBANGKIT *INDUSTRIAL ESTATE* DAERAH JAWA TIMUR**

**ANDREAS ARYA NUGROHO**  
NRP 10211810010021

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.**  
NIP 19620216 199512 1 001

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi



**FINAL PROJECT - VM191879**

# **REDESIGN OF FIRE HYDRANT SYSTEM INSTALLATION ON INDUSTRIAL ESTATE POWER PLANT SYSTEM IN EAST JAVA**

**ANDREAS ARYA NUGROHO**  
**NRP 10211810010021**

**Advisor**  
**Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.**  
**NIP 19620216 199512 1 001**

Bachelor of Applied Science and Engineering Program of Energy Conversion  
Engineering Technology  
Department of Industrial Mechanical Engineering Faculty of Vocation

Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022

# LEMBAR PENGESAHAN

## PERANCANGAN ULANG INSTALASI *FIRE HYDRANT SYSTEM* PADA SISTEM PEMBANGKIT *INDUSTRIAL ESTATE* DAERAH JAWA TIMUR

### PROYEK AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh  
gelar Sarjana Terapan pada  
Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: Andreas Arya Nugroho

NRP 10211810010021

Disetujui oleh Tim Penguji Proyek Akhir:

1. Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT  
NIP. 19620216 199512 1 001
2. Ir. Joko Sarsetiyanto, MT  
NIP. 19610602 198701 1 001
3. Giri Nugroho, ST., MSc  
NIP. 19791029 201212 1 002
4. Ir. Nur Husodo, M.S.  
NIP. 19610421 198701 1 001

Pembimbing

Penguji

Penguji

Penguji

The image shows four handwritten signatures in blue ink, corresponding to the names listed on the left. The first signature is for the supervisor, and the following three are for the examiners. The signatures are written in a cursive, somewhat stylized manner.

**SURABAYA**

**Juni, 2022**

## APPROVAL SHEET

### REDESIGN OF FIRE HYDRANT SYSTEM INSTALLATION ON INDUSTRIAL ESTATE POWER PLANT SYSTEM IN EAST JAVA

#### APPROVAL SHEET

#### REDESIGN OF FIRE HYDRANT SYSTEM INSTALLATION ON INDUSTRIAL ESTATE POWER PLANT SYSTEM IN EAST JAVA

#### FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements  
for obtaining a degree of bachelor at  
Bachelor of Applied Science and Engineering Program of  
Energy Conversion Engineering Technology  
Departemen of Industrial Mechanical Engineering  
Faculty of Vocation  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By: Andreas Arva Nugroho

**NRP. 10211810010021**

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT  
NIP. 19620216 199512 1 001
2. Ir. Joko Sarsetiyanto, MT  
NIP. 19610602 198701 1 001
3. Giri Nugroho, ST., MSc  
NIP. 19791029 201212 1 002
4. Ir. Nur Husodo, M.S.  
NIP. 19610421 198701 1 001

Advisor

Examiner

Examiner

Examiner

SURABAYA

June, 2022

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa / NRP : Andreas Arya Nugroho / 10211810010021  
Departemen : Teknik Mesin Industri  
Dosen Pembimbing / NIP : Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT / 19620216 199512 1 001

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "PERANCANGAN ULANG INSTALASI *FIRE HYDRANT SYSTEM* PADA SISTEM PEMBANGKIT *INDUSTRIAL ESTATE* DAERAH JAWA TIMUR".

Adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 30 Juni 2022

Mengetahui  
Dosen Pembimbing

Mahasiswa



Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT  
NIP 19620216 199512 1 001

Andreas Arya Nugroho  
NRP. 10211810010021

## STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Name of Student / NRP :Andreas Arya Nugroho / 10211810010021  
Departmen :Industrial Mechanical Engineering  
Advisor/ NIP : Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT / 19620216 199512 1 001

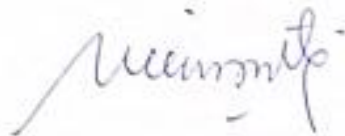
Here by declare that the Final Project with the title of "REDESIGN OF FIRE HYDRANT SYSTEM INSTALLATION ON INDUSTRIAL ESTATE POWER PLANT SYSTEM IN EAST JAVA" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya,30 June 2022

Acknowledged

Advisor



Dr. Ir Heru Mirmanto, MT.

NIP. 19620216 199512 1 001

Student



Andreas Arya Nugroho

NRP. 10211810010021

# PERANCANGAN ULANG INSTALASI *FIRE HYDRANT SYSTEM* PADA SISTEM PEMBANGKIT *INDUSTRIAL ESTATE* DAERAH JAWA TIMUR

## ABSTRAK

Sistem pembangkit mempunyai peranan penting dalam suatu kawasan industri. Dalam sistem pembangkit ini terdapat beberapa bagian yang dapat memicu terjadinya kebakaran. Oleh karena itu dibutuhkan sistem *fire hydrant*. Namun, dalam sistem instalasi *fire hydrant* ini tidak sesuai dengan standar NFPA/ SNI, sehingga penulis melakukan perancangan ulang instalasi *fire hydrant* pada sistem pembangkit.

Proyek akhir ini berupa perancangan ulang instalasi *fire hydrant* dimana metode yang digunakan meliputi menentukan diameter pipa hydrant, peletakan *posisi hydrant pillar* dan *siamese connection*, merancang volume GWT, serta menganalisis pemilihan pompa *fire hydrant* yang sesuai dengan standar NFPA dan SNI. Untuk perhitungan head, NPSHA, daya pompa, dan rekomendasi pemilihan pompa dilakukan secara analitis dan numerik menggunakan *software pipe flow expert v7.30*

Pada perancangan ulang instalasi *fire hydrant* yang sesuai dengan standar NFPA/SNI didapatkan 12 *hydrant pillar*, volume GWT 456m<sup>3</sup>. Lalu didapatkan spesifikasi pompa dengan kapasitas, sebesar 3800 L/min, *head* efektif = 80,56 m, NPSH<sub>A</sub> = 5,9 m, dan daya motor sebesar 74,51 kWatt.

**Keyword:** Instalasi *fire hydrant*, head efektif, kapasitas, *power*, *Pipe flow expert*.



# **REDESIGN OF FIRE HYDRANT SYSTEM INSTALLATION ON INDUSTRIAL ESTATE POWER PLANT SYSTEM IN EAST JAVA**

## **ABSTRACT**

The generating system has an important role in an industrial area. In this generating system there are several parts that can trigger a fire. Therefore, a fire hydrant system is needed. However, the fire hydrant installation system is not in accordance with the NFPA/SNI standard, so the author redesigned the fire hydrant installation in the generator system.

This final project is in the form of redesigning a fire hydrant installation where the methods used include determining the diameter of the hydrant pipe, laying the position of the hydrant pillar and siamese connection, designing the GWT volume, and analyzing the selection of fire hydrant pumps in accordance with NFPA and SNI standards. For head calculations, NPSHA, pump power, and pump selection recommendations are carried out analytically and numerically using pipe flow expert software v7.30

In the redesign of the fire hydrant installation in accordance with the NFPA/SNI standard, 12 hydrant pillars were obtained, the GWT volume was 456m<sup>3</sup>. Then the pump specifications are obtained with a capacity of 3800 L/min, effective head = 80.56 m, NPSHA = 5.9 m, and motor power of 74.51 kWatt.

**Keyword: Fire hydrant installation, head efektif, capacity, power, Pipe flow expert.**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh pengerjaan tugas akhir dengan judul:

### **PERANCANGAN ULANG INSTALASI *FIRE HYDRANT SYSTEM* PADA SISTEM PEMBANGKIT *INDUSTRIAL ESTATE* DAERAH JAWA TIMUR**

Penyelesaian proposal proyek akhir ini merupakan syarat akademis yang harus ditempuh di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tersusunnya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan dan kerja sama 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 terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. Selaku Dosen pembimbing sekaligus kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS yang telah dengan sabar memberi penulis bimbingan serta ilmu-ilmu yang bermanfaat sehingga terselesaikannya Proposal Proyek Akhir ini.
2. Ibu Dr. Atria Pradityana, S.T., M.T. Selaku koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS
3. Bapak Ir. Suhariyanto, M.Sc selaku dosen wali selama saya berkuliah di 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 perkuliahan.
5. Almarhum ayah, ibu dan adik serta seluruh keluarga penulis yang telah memberikan dukungan moril dan materil, serta do'a yang tidak pernah putus selama ini.
6. Teman-teman partner Tugas Akhir: Rozaq, Dea, Yuanita, Arinda, Alifiansyah, Fa'izul.
7. Teman-teman Asisten Laboratorium Material Teknik & Metalurgi yang telah memberikan do'a dan semangat kepada penulis.
8. Mas Verdyan dan mas Fikri yang telah memberikan saran dan arahan pada penulisan Tugas Akhir.
9. Teman-teman PMK ITS dan Youth Bethany yang memberikan dukungan do'a.
10. Teman-teman Departemen Teknik Mesin Industri khususnya angkatan 2018 terimakasih atas bantuan segalanya selama duduk di bangku perkuliahan

Semoga keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan kepada saya mendapatkan balasan yang terbaik dari Tuhan Yang Maha Esa.

Penulis menyadari bahwasannya penulisan ini masih terdapat beberapa kesalahan, keterbatasan serta kekurangan. Oleh karena itu, penulis 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, 30 Juni 2022

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Pengertian Kebakaran .....	4
2.2 Sistem Proteksi Kebakaran .....	5
2.3 <i>Hydrant Valve</i> .....	8
2.4 <i>Siamese connection</i> .....	8
2.5 Sistem <i>Fire hydrant</i> .....	9
2.5.1 Standar Warna <i>Hydrant Pillar</i> .....	9
2.5.2 Standar Peletakan dan Pemasangan <i>Hydrant Pillar</i> .....	9
2.5.3 Klasifikasi <i>Fire hydrant</i> .....	10
2.6 Komponen Sistem <i>Fire hydrant</i> .....	12
2.6.1 <i>Reservoir/ Water Tank</i> .....	12
2.6.2 Instalasi Pipa <i>Fire hydrant</i> .....	13
2.6.3 <i>Hydrant Box Unit</i> .....	14
2.6.4 <i>Fire Hydrant Pump</i> .....	15
2.7 Pompa .....	17
2.7.1 Definisi Pompa .....	17
2.7.2 Klasifikasi Pompa .....	18
2.8 Pompa Sentrifugal .....	19
2.8.1 Definisi Pompa sentrifugal. ....	19
2.8.2 Komponen Pompa Sentrifugal.....	20
2.8.3 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal .....	21
2.8.4 Keuntungan Pompa Sentrifugal.....	22
2.8.5 Kekurangan Pompa Sentrifugal.....	22
2.9 Jenis Aliran Fluida.....	22

2.9.1 Aliran Laminar dan Turbulen .....	23
2.9.2 Aliran <i>Compressible</i> dan <i>Incompressible</i> .....	23
2.10 Persamaan Kontinuitas .....	24
2.11 Tinggi – Tekan ( <i>Head</i> ) .....	24
2.11.1 <i>Head</i> Kecepatan .....	24
2.11.2 <i>Head</i> Tekanan .....	24
2.11.3 <i>Head</i> Ketinggian .....	25
2.12 Persamaan Energi .....	25
2.13 <i>Head</i> Efektif Instalasi Pompa .....	25
2.13.1 <i>Head</i> Statis / <i>Static Head</i> .....	26
2.13.2 <i>Head</i> Dinamis .....	27
2.14 NPSH .....	30
2.14.1 <i>Net Positive Suction Head Available</i> (NPSH <sub>A</sub> ) .....	30
2.14.2 <i>Net Positive Suction Head Required</i> (NPSH <sub>R</sub> ) .....	30
2.15 Kurva Karakteristik Pompa .....	30
2.15.1 Kurva Karakteristik Utama .....	30
2.15.2 Karakteristik Kerja .....	31
2.15.3 Karakteristik Universal .....	31
2.15.4 Titik Operasi Pompa .....	32
2.15.5 Karakteristik kerja pompa paralel .....	33
2.16 Pemilihan Pompa Berdasarkan Perhitungan <i>Head</i> dan Kapasitas .....	33
2.17 Daya Penggerak .....	34
2.17.1 Daya Fluida / <i>Water Horse Power</i> (WHP) .....	34
2.17.2 Penentuan Putaran Spesifik dan Bentuk <i>Impeller</i> .....	34
2.17.3 Daya Poros / <i>Brake Horse Power</i> (BHP) .....	35
2.17.4 Daya Nominal Penggerak .....	36
2.18 Pipe Flow Expert .....	37
2.18.1 Perhitungan Metode Numerik .....	38
2.18.2 Menggambar Instalasi Perpipaian .....	40
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>45</b>
3.1 Gambar Isometri Instalasi <i>Fire hydrant</i> .....	45
3.2 Data Observasi .....	45
3.2.1 Luas Area Sistem <i>Power Plant</i> .....	45
3.2.2 Data Jumlah <i>Hydrant Pillar</i> .....	45
3.2.3 Data Instalasi Pipa <i>Fire Hydrant</i> .....	45
3.2.4 Data Fluida .....	46
3.2.5 Data <i>Siamese connection</i> .....	46
3.2.6 Data Volume Ground Water Tank .....	46
3.3 Persiapan Awal .....	46
3.4 Pengambilan Data .....	47
3.5 Perhitungan .....	47
3.6 Pemilihan <i>Fire hydrant Pump</i> .....	47
3.7 Kesimpulan .....	47
3.8 Urutan Pengerjaan Menggunakan <i>Flow Chart</i> .....	47
3.8.1 Diagram Alir Perancangan Ulang Posisi <i>Hydrant Pillar</i> Berdasarkan Standar NFPA dan SNI .....	48

3.8.2 Diagram Alir Perancangan Ulang Posisi <i>Siamese Connction</i> Berdasarkan Standar NFPA dan SNI.....	49
3.8.3 Diagram Alir Perancangan Ulang Volume GWT Berdasarkan Standar NFPA dan SNI.....	50
3.8.4 Diagram Alir Perhitungan Analitis.....	51
3.8.5 Diagram Alir Perhitungan Numerik.....	53
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>54</b>
4.1. Umum.....	54
4.2. Perancangan Ulang Instalasi Sistem <i>Fire Hydrant</i> .....	54
4.2.1. Perancangan Ulang Posisi <i>Hydrant Pillar</i> dan <i>Siamese Connection</i> ...	54
4.2.2. Perancangan Ulang Volume <i>Ground Water Tank</i> .....	55
4.3. Perencanaan Sistem Distribusi <i>Fire Hydrant</i> .....	55
4.3.1 Perhitungan Kapasitas.....	55
4.3.2 Perhitungan Diameter Pipa.....	55
4.3.3 Perhitungan Head Loss Pipa <i>Suction</i> .....	57
4.3.4. Head Loss Pada Pipa Discharge 8”.....	59
4.3.5. <i>Head Loss</i> Pipa Header 10”.....	61
4.3.6. Head Loss Pipa <i>Discharge</i> 4”.....	62
4.3.7. <i>Head Loss Hydrant Pillar</i> .....	64
4.3.8. <i>Head Loss Total</i> .....	65
4.4. Perhitungan <i>Net Positive Suction Head Avaliable</i> (NPSHA).....	66
4.5. Perhitungan <i>Head Statis</i> dan <i>Head Dinamis</i> .....	66
4.5.1 Head Statis.....	66
4.5.2 Head Dinamis.....	67
4.6. Perhitungan Head Efektif Instalasi Pompa.....	68
4.7. Perhitungan Daya Fluida (Water Horse Power (WHP)).....	68
4.8. Putaran Spesifik Pompa ( $n_s$ ) Terhadap Bentuk Impeller.....	68
4.9. Perhitungan Daya Poros.....	69
4.10. Perhitungan Daya Motor.....	69
4.11. Perhitungan Menggunakan Pemodelan Numerik.....	70
4.12. Perbandingan Perhitungan Head Effektiv Analitis dengan Head Effektiv Numerik.....	74
4.13. Rekomendasi Pemilihan Pompa.....	74
4.14. Pemilihan Pompa Jockey.....	75
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>76</b>
5.1. Kesimpulan.....	76
5.2. Saran.....	76
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>77</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Springkler [23] .....	6
Gambar 2. 2 APAR [24].....	6
Gambar 2. 3 <i>Fire Alarm</i> [23] .....	7
Gambar 2. 4 Sistem Ventilasi Mekanik [25].....	7
Gambar 2. 5 <i>Gate Valve</i> [26] .....	8
Gambar 2. 6 <i>Siamese connection</i> [13].....	9
Gambar 2.7 Standar Peletakkan <i>Hydrant Pillar</i> [15].....	9
Gambar 2. 8 <i>Hydrant Halaman</i> [11] .....	10
Gambar 2. 9 <i>Hydrant Gedung</i> [28] .....	11
Gambar 2. 10 <i>Hydrant Kota</i> [29] .....	11
Gambar 2. 11 Jenis <i>Hydrant Pillar</i> [29] .....	12
Gambar 2. 12 <i>Water Tank</i> [12] .....	13
Gambar 2. 13 Instalasi Pipa <i>Fire Hydrant</i> [7] .....	13
Gambar 2. 14 <i>Hydrant Box Unit</i> [30] .....	15
Gambar 2. 15 Instalasi <i>Fire hydrant Pump</i> [9] .....	15
Gambar 2. 16 <i>Electric Main Pump</i> [31].....	16
Gambar 2. 17 <i>Diesel Pump</i> [31].....	16
Gambar 2. 18 <i>Jockey Pump</i> [31] .....	17
Gambar 2. 19 Klasifikasi Pompa [1].....	19
Gambar 2. 20 Komponen Pompa [10] .....	20
Gambar 2. 21 Cara Kerja Pompa [2].....	21
Gambar 2. 22 Jenis Aliran Fluida [3].....	23
Gambar 2. 23 Persamaan Kontinuitas [3] .....	24
Gambar 2. 24 <i>Head Tekanan</i> [2].....	25
Gambar 2. 26 <i>Head Efektif Instalasi Pompa</i> [6] .....	26
Gambar 2. 27 <i>Suction Lift</i> [6].....	27
Gambar 2. 28 <i>Suction Head</i> [6] .....	27
Gambar 2. 29 <i>Moody Diagram</i> [3].....	29
Gambar 2. 30 Kurva Karakteristik Utama [5].....	31
Gambar 2. 31 Kurva Karakteristik Kerja [5] .....	31
Gambar 2. 32 Kurva Karakteristik Universal [5].....	32
Gambar 2. 33 Titik Operasi Pompa [2].....	32
Gambar 2. 34 Instalasi Pompa Paralel [2].....	33
Gambar 2. 35 Pemilihan Pompa [16].....	34
Gambar 2. 36 Penentuan Putaran Spesifik dan Bentuk <i>Impeller</i> [2] .....	35
Gambar 2. 37 <i>Brake Horse Power</i> [2] .....	36
Gambar 2. 38 <i>Software Pipe Flow Expert</i> [17].....	38
Gambar 2. 39 Tampilan Awal <i>Pipe Flow Expert</i> [17].....	39
Gambar 2. 40 Pemilihan Jenis Fluida [17].....	40
Gambar 2. 41 Menambah Tangki [17].....	40
Gambar 2. 42 Menentukan Node dan Pipa [17].....	41
Gambar 2. 43 Menentukan Spesifikasi Pipa [17].....	42

Gambar 2. 44	Insert Kurva Pompa [17]	42
Gambar 2. 45	Hasil Memasukkan Data Pompa [17]	43
Gambar 2. 46	Ikon Penambah Aksesoris Pipa [17]	43
Gambar 2. 47	Memasukan Data Fitting Pipa [17]	44
Gambar 2. 48	Fluid Data <i>Pipe Flow Expert</i> [17]	44
Gambar 2. 49	<i>Pump</i> Data <i>Pipe Flow Expert</i> [17]	44
Gambar 3. 1	Instalasi Fire Hydrant	45
Gambar 3. 2	Diagram Alir Evaluasi <i>Hydrant Pillar</i> Standar NFPA & SNI	48
Gambar 3. 3	Diagram Alir Perancangan <i>Siamese Connection</i>	49
Gambar 3. 4	Diagram Alir Evaluasi Volume GWT Standar NFPA & SNI	50
Gambar 3. 5	Diagram Alir Analitis	52
Gambar 3. 6	Diagram Alir Numerik	53
Gambar 4. 1	Posisi <i>Hydrant Pillar</i> dan <i>Siammese Connection</i>	55
Gambar 4. 2	Instalasi Head Statis	67
Gambar 4. 3	Putaran Spesifik Pompa Terhadap Bentuk Impeller	68
Gambar 4. 4	Grafik Efisiensi Pompa	69
Gambar 4. 5	<i>Software Pipe Flow Expert</i>	70
Gambar 4. 6	<i>Units Software Pipe Flow Expert</i>	70
Gambar 4. 7	<i>Properties</i> Fluida	71
Gambar 4. 8	<i>Properties</i> Instalasi Perpipaian	71
Gambar 4. 9	Langkah Menggambar Instalasi Pipa	72
Gambar 4. 10	<i>Fitting</i>	72



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kapasitas Pompa[10] .....	17
Tabel 2. 2 Faktor Cadangan [2].....	36
Tabel 2. 3 Efisiensi Transmisi[2] .....	37
Tabel 3. 1 <i>Fitting</i> Aksesoris Instalasi Pipa <i>Fire hydrant</i> .....	46
Tabel 4. 1 Iterasi Colebrook Pipa <i>Suction</i> dengan Ms. Excel.....	58
Tabel 4. 2 <i>Headloss Minor</i> Pipa <i>Suction</i> .....	58
Tabel 4. 3 Iterasi <i>Colebrook</i> Pipa <i>Discharge</i> pada Ms. Excel .....	60
Tabel 4. 4 Headloss Minor Pipa <i>Discharge</i> .....	60
Tabel 4. 5 Iterasi <i>Colebrook</i> Pipa <i>Header</i> pada Ms. Excel.....	61
Tabel 4. 6 <i>Head Loss Minor</i> Pipa <i>Header</i> .....	62
Tabel 4. 7 Iterasi <i>Colebrook</i> Pipa Diameter 4 inch Pada Ms. Excel.....	63
Tabel 4. 8 <i>Headloss Minor</i> Pipa Diameter 4 inch.....	63
Tabel 4. 9 Iterasi <i>Colebrook</i> Pipa Diameter 2,5 inch Pada Ms. Excel.....	65
Tabel 4. 10 <i>Headloss Minor</i> Pipa Diameter 2,5 inch.....	65

## DAFTAR SIMBOL

$\rho$	= Massa Jenis ( $kg/m^3$ )
$\varepsilon$	= Roughness / Kekasaran pipa
$\bar{V}$	= Kecepatan aliran rata rata (m/s)
C	= Kecepatan rambat bunyi lokal (m/s)
$\nu$	= Viskositas kinematik zat cair ( $m^2/s$ )
Re	= Bilangan Reynold
D	= Diameter dalam pipa (m)
M	= Mach Number
$\dot{m}$	= Massa persatuan waktu (kg/s)
A	= Luas Penampang ( $m^2$ )
V	= Kecepatan aliran (m/s)
$\dot{Q}$	= Panas persatuan waktu (kJ/s)
$\dot{W}$	= Kerja persatuan waktu (kJ/s)
g	= percepatan gravitasi bumi ( $9,81 m/s^2$ )
L	= Panjang (m)
$\gamma$	= <i>Spesific Weight</i> ( $N/m^3$ )
P	= <i>pressure</i> atau tekanan (Pa)
Z	= Ketinggian (m)
f	= faktor gesekan
K	= Koefisien kerugian (minor losses) pipa
Q	= Kapasitas pompa ( $m^3/s$ )
H	= <i>Head</i> Pompa (m)
$\eta_p$	= Efisiensi Pompa
$\alpha$	= Faktor Cadangan (KW)
$\eta_t$	= Efisiensi Transmisi
$h_{LT}$	= <i>Head loss</i> total
$H_{st}$	= <i>Head statis</i> total (m)
$\Sigma H_{dn}$	= <i>head</i> dinamis (m)
$\Sigma H_{LT}$	= jumlah <i>head loss</i> total (m)
$P_a$	= Tekanan atmosfer (atm)
$P_v$	= Tekanan uap jenuh (atm)
$H_s$	= <i>Head</i> isap statis pada <i>suction</i> (m)
$\Sigma H_{ls}$	= <i>Head loss</i> suction (m)
$\dot{W}_{shaft}$	= kerja persatuan waktu yang diakibatkan oleh tegangan poros
$\dot{W}_{normal}$	= kerja persatuan waktu yang ditimbulkan oleh tegangan normal
$\dot{W}_{shear}$	= kerja persatuan waktu yang diakibatkan oleh tegangan geser
$\dot{W}_{other}$	= kerja persatuan waktu yang diakibatkan oleh kelistrikan

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada suatu kawasan industri terdapat sistem pembangkit listrik tenaga gas (PLTG), dimana sistem pembangkit ini menghasilkan energi listrik yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada satu wilayah kawasan industri, yang mana satu kawasan industri ini terdiri dari banyak perusahaan. Dalam sistem pembangkit maupun perusahaan tentunya tidak terlepas dari adanya bahan bakar dan energi listrik, kedua hal ini berpotensi menimbulkan kebakaran.

Kebakaran adalah sebuah peristiwa oksidasi bertemunya tiga buah unsur, yaitu bahan, oksigen, dan panas yang dapat menimbulkan kerugian material atau bahkan mengancam nyawa manusia <sup>[18]</sup>. Namun, selain menimbulkan korban jiwa dan kerugian material, kebakaran juga dapat merusak lingkungan serta gangguan kesehatan yang diakibatkan dari asap kebakaran tersebut. Oleh karena itu, dalam sebuah perusahaan diperlukan sistem proteksi yang berguna untuk mencegah dan meminimalisir dampak terjadinya kebakaran. Sistem proteksi kebakaran aktif terdiri dari sistem sprinkler, sistem *fire hydrant*, alat pemadam api ringan (APAR)/*fire extinguisher*, sistem pipa tegak, penyediaan air (*water tank*), sistem deteksi alarm kebakaran dan sistem komunikasi, ventilasi mekanik dan pengendalian asap <sup>[19]</sup>.

Sistem *fire hydrant* adalah suatu sistem pemadam kebakaran tetap yang menggunakan media pemadam air bertekanan, yang dialirkan melalui pipa-pipa dan slang kebakaran <sup>[20]</sup>. Sistem *fire hydrant* ini terdiri dari sistem perpipaan, *ground water tank* (GWT), selang dan *nozzle*, dan pompa. Instalasi *fire hydrant* ini diatur dalam NFPA dan SNI. Untuk standar *ground water tank* (GWT) diatur dalam NFPA 22, standar instalasi pipa *fire hydrant* diatur dalam SNI 03-6570-2001, dan instalasi pompa *fire hydrant* harus dilengkapi dengan 3 (tiga) jenis pompa kebakaran yang terdiri dari pompa pacu/ *jockey pump*, pompa utama/ *main pump*, dan pompa cadangan/ *diesel pump*. Standar ini diatur dalam SNI 03-3989-2000 dan NFPA 20

Sistem *power plant* pada *industrial estate* ini terdapat instalasi *fire hydrant* yang digunakan sebagai sistem proteksi bencana kebakaran. Instalasi *fire hydrant* ini mengacu pada standar NFPA dan SNI, namun dalam beberapa hal instalasi ini tidak sesuai dengan standar NFPA dan SNI. Permasalahan pada instalasi *fire hydrant* tersebut cukup membahayakan bagi pabrik dan manusia, sehingga pada proyek akhir ini penulis ingin mempelajari pentingnya melakukan perancangan ulang instalasi *fire hydrant* yang sesuai dengan standar NFPA dan SNI.

### 1.2 Perumusan Masalah

Sistem *fire hydrant* merupakan sebuah instalasi yang cukup penting dalam sebuah *power plant*. Berdasarkan pengamatan lapangan dan data layout pada sistem *power plant*, terdapat beberapa komponen *fire hydrant* yang tidak sesuai dengan standar. Diantaranya yaitu, posisi *hydrant pillar* yang berdekatan dan *siamese connection* yang tidak sesuai dengan standar. Ditunjukkan dengan penempatannya kurang mempertimbangkan keamanan dan mobilitas *fire brigade*. Apabila hal tersebut tidak segera dilakukan evaluasi maka dapat menghalangi proses

pemadaman api apabila terjadi kebakaran. Sehingga permasalahan dalam proyek akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang peletakan posisi *hydrant pillar* dan *siamese connection* yang sesuai dengan standar NFPA dan SNI?
2. Bagaimana merancang volume *raw water tank (reservoir)* yang sesuai dengan standar NFPA dan SNI?
3. Bagaimana cara melakukan perhitungan *head* pompa yang dibutuhkan pada instalasi *fire hydrant* baik secara analitik maupun numerik?
4. Bagaimana melakukan *analisis* pemilihan *fire hydrant pump* yang sesuai dengan standar NFPA dan SNI?

### 1.3 Batasan Masalah

Penulis menggunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Fluida yang digunakan adalah air tawar
2. Aliran didalam pipa diasumsikan *steady flow* dan *incompressible*.
3. Pembahasan membandingkan antara perhitungan analitis dan perhitungan numerik menggunakan *Software Pipe Flow Experts*.
4. Perhitungan didasarkan pada material pipa baru

### 1.4 Tujuan Penelitian

Penulis mempunyai tujuan dalam penulisan Proposal Proyek Akhir yaitu sebagai berikut :

1. Melakukan perancangan ulang peletakan *hydrant pillar* dan *siamese connection* pada area pabrik sesuai dengan standar NFPA / SNI.
2. Melakukan perancangan ulang volume *raw water tank* sesuai standar NFPA dan SNI.
3. Melakukan perhitungan *head* efektif pompa yang dibutuhkan pada instalasi *fire hydrant* terjauh baik secara analitik maupun numerik.
4. Melakukan *analisis* pemilihan pompa *fire hydrant* yang sesuai dengan standar NFPA dan SNI.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Dalam hal penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab, yang mana masing-masing bab memiliki hubungan satu dengan yang lainnya. Adapun penulisan tugas akhir ini, sebagai berikut:

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penulisan, perumusan masalah yang dipilih, batasan permasalahan, tujuan penulisan, manfaat penulisan, dan sistematika penulisan.

#### BAB II DASAR TEORI

Bab ini memaparkan tentang persamaan-persamaan yang mendasari perumusan masalah, teori internal flow, *head loss*, *head* efektif instalasi, dan kurva karakteristik pompa.

### BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan data-data yang diperoleh dari survey di lapangan dan diagram alir proses penulisan tugas akhir secara umum, perhitungan manual serta perhitungan numerik menggunakan *Software Pipe Flow Expert*.

### BAB IV PERHITUNGAN

Bab ini memuat tentang perhitungan-perhitungan pada sistem perpipaan, *head loss*, *head* efektif instalasi, daya, efisiensi, dan pemilihan pompa, serta perancangan ulang peletakan posisi hydrant pillar dan *Siamese connection* berdasarkan standard NFPA 850 dan SNI.

BAB V PENUTUP Berisikan penarikan kesimpulan dan pemberian saran. Kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat dari hasil perhitungan dan 5 pembahasan. Saran memuat masukan-masukan yang bermanfaat dan sebagai tinjauan untuk perancangan atau perhitungan berikutnya.

### LAMPIRAN

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Kebakaran**

Kebakaran adalah sebuah peristiwa oksidasi bertemunya tiga buah unsur, yaitu bahan, oksigen, dan panas yang dapat menimbulkan kerugian material atau bahkan mengancam nyawa manusia <sup>[18]</sup>. Kebakaran dapat menimbulkan berbagai macam kerugian seperti kerusakan alat produksi, bahan produksi, dan kerugian waktu kerja selama proses produksi. Penyebab kebakaran disebabkan oleh tiga faktor yaitu <sup>[21]</sup>:

- Faktor Manusia: Kebakaran mampu disebabkan oleh faktor manusia yaitu, menempatkan barang yang mudah terbakar tanpa perlindungan khusus, dan pemakaian listrik yang berlebihan
- Faktor Teknis: Melalui proses kimia dan melalui proses fisik seperti timbulnya panas akibat kenaikan suhu.
- Unsur Alam: Terjadinya kebakaran yang disebabkan oleh unsur alam yaitu sambaran petir, letusan gunung berapi

Kebakaran dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan tingkat bahayanya dalam sebuah bangunan <sup>[22]</sup>. Diantaranya yaitu:

##### A. Bahaya Kebakaran Ringan (*Ligth Hazard Occupancies*)

Bahaya kebakaran ringan adalah bahaya terbakar pada tempat dimana terdapat bahan-bahan yang mempunyai nilai kemudahan terbakar rendah dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas rendah dan kecepatan api saat menjalar lambat. Berikut merupakan hunian dengan bahaya kebakaran ringan diantaranya adalah :

- Rumah Ibadah
- Bangunan Pendidikan
- Rumah Sakit
- Perpustakaan

##### B. Bahaya Kebakaran Sedang (*Ordinary Hazard Occupancies*)

Hunian dengan bahaya kebakaran sedang ialah bahaya kebakaran pada tempat dimana terdapat bahan-bahan yang mempunyai nilai kemudahan terbakar sedang, penimbunan bahan yang mudah terbakar dengan tinggi tidak lebih dari 4meter dan apabila terjadi kebakaran, melepaskan panas sedang, sehingga menjalarnya api sedang. Berikut merupakan hunian bahaya kebakaran sedang kelompok 1 diantaranya adalah :

- Parkir untuk mobil dan ruang pameran
- Pabrik pembuat dan pemroses susu
- Pabrik elektronik
- Dan lain-lain.

##### C. Bahaya Kebakaran Sedang Kelompok 2 (*Ordinary Hazard Occupancies*)

Bahaya kebakaran sedang kelompok 2 ialah bahaya kebakaran pada tempat dimana terdapat bahan-bahan yang mempunyai nilai kemudahan terbakar sedang, penimbunan bahan yang mudah terbakar dengan tinggi tidak lebih dari 4 meter dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang, sehingga menjalarnya api sedang. Hunian Bahaya Kebakaran Sedang Kelompok 2 meliputi bangunan-bangunan:

- Penggilingan produk biji-bijian

- Pencucian dengan sistem kering / kimia
  - Pabrik pengerjaan kayu dengan mesin
  - Dan lain-lain.
- D. Hunian dengan bahaya kebakaran besar (*Extra hazard Occupancies*)  
Bahaya kebakaran berat ialah bahaya kebakaran pada tempat dimana terdapat bahan-bahan yang mempunyai nilai kemudahan terbakar tinggi dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sangat tinggi dan penjaran api yang sangat cepat. Kelompok hunian dengan bahaya kebakaran besar kelompok 1 meliputi:
- Hanggar pesawat terbang
  - Ruang fluida hidrolis yang mudah terbakar
  - Pabrik plywood dan papan partikel
  - Dan lain lain
- E. Bahaya kebakaran Besar Kelompok 2 (*Extra hazard Occupancies*)  
terdiri dari:
- Pabrik Asphalt Saturating
  - Pabrik yang mempunyai kegiatan penyemprotan dengan bahan cair yang mudah terbakar
  - Pabrik pemroses plastik
  - Solvent cleaning

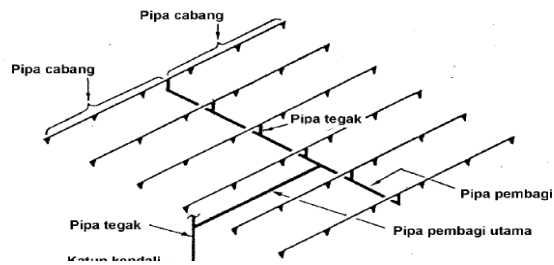
Berdasarkan klasifikasi diatas, sistem pembangkit termasuk dalam jenis bahaya kebakaran besar kelompok 2 sehingga diperlukan sistem proteksi kebakaran.

## 2.2 Sistem Proteksi Kebakaran

Sistem proteksi kebakaran adalah sistem yang terdiri atas peralatan, kelengkapan dan sarana, baik yang terpasang maupun terbangun pada bangunan yang digunakan baik untuk tujuan sistem proteksi aktif, sistem proteksi pasif maupun cara-cara pengelolaan dalam rangka melindungi bangunan dan lingkungannya terhadap bahaya kebakaran<sup>[19]</sup>. Sistem pemadam kebakaran ini termasuk sistem proteksi aktif dimana sistem ini terdiri atas, sistem sprinkler, sistem hydrant, alat pemadam api ringan (APAR)/*fire extinguisher*, sistem pipa tegak, penyediaan air (*Ground Water Tank*), sistem deteksi alarm kebakaran dan sistem komunikasi, ventilasi mekanik dan pengendalian asap, dan pompa pemadam kebakaran.

### 1. Sistem Springkler

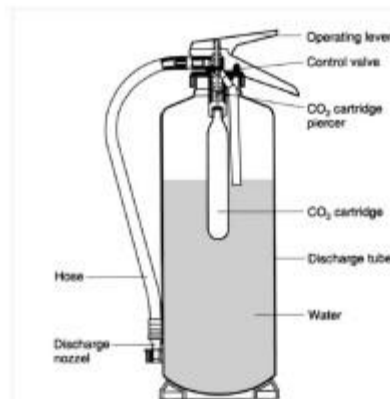
Sistem springkler merupakan suatu sistem instalasi pemadam kebakaran yang dipasang secara tetap/permanen di dalam bangunan yang dapat memadamkan kebakaran secara otomatis dengan menyemprotkan air di tempat mula terjadi kebakaran<sup>[23]</sup>



Gambar 2. 1 Springkler [23]

2. APAR.

Alat pemadam api ringan (APAR) / *Fire Extinguisher* adalah alat yang ringan serta mudah dibawa oleh satu orang untuk memadamkan api pada mula terjadi kebakaran [24]



Gambar 2. 2 APAR [24]

3. Sistem Pipa Tegak

Pipa tegak adalah bagian pipa yang naik keatas dari sistem instalasi yang menyalurkan pasokan air untuk sambungan slang, dan sprinkler pada sistem kombinasi tegak lurus dari lantai ke lantai. Pipa tegak ini dibagi menjadi dua jenis yaitu, pipa tegak kering dan pipa tegak basah [7]

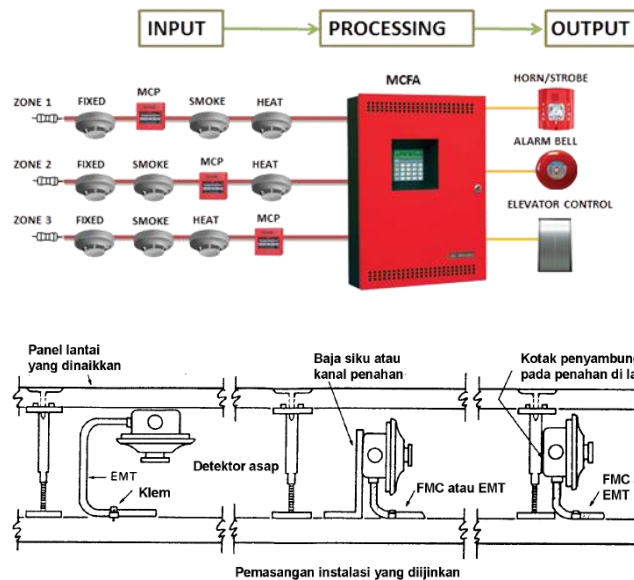
4. *Reservoir*.

*Reservoir* merupakan bak penampungan yang digunakan untuk menyimpan persediaan air. *Reservoir* ini bisa berada di bawah tanah (*ground water tank fire hydrant*) atau di atas tanah (*water tank*).



5. Sistem Deteksi Alarm Kebakaran.

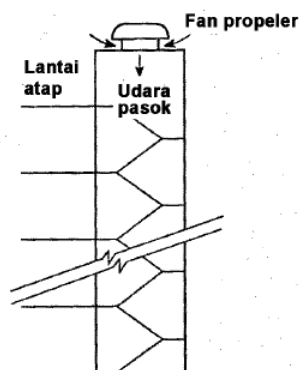
Sistem deteksi alarm kebakaran (*fire alarm system*) merupakan sistem yang didesain dan dibangun untuk mendeteksi adanya gejala kebakaran, lalu memberi peringatan dalam sistem evakuasi dan ditindaklanjuti secara otomatis maupun manual dengan sistem pemadam kebakaran [23]



Gambar 2. 3 Fire Alarm [23]

6. Sistem Ventilasi Mekanik.

Sistem ventilasi mekanik ini dilakukan dengan tujuan menyediakan kondisi di luar zona kebakaran yang memungkinkan petugas mengambil tindakan darurat untuk melakukan operasi penyelamatan dan untuk mengendalikan asap dari dampak kebakaran [25].

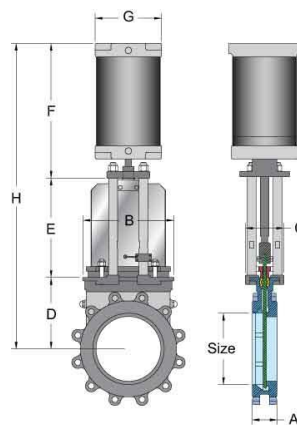


Gambar 2. 4 Sistem Ventilasi Mekanik [25]

7. Instalasi sistem *fire hydrant*. Seluruh instalasi *fire hydrant* tercantum dalam SNI 03-1745-2000. Dimana sistem instalasi ini meliputi *ground water tank*, *hydrant pillar*, *hydrant box*, dan pompa *fire hydrant*.

### 2.3 Hydrant Valve

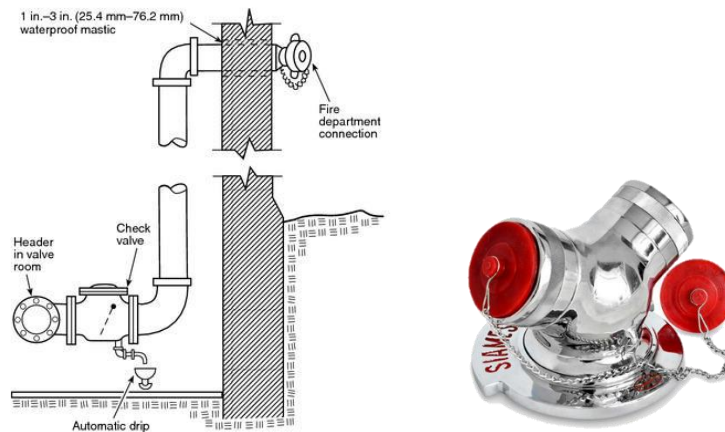
*Hydrant valve* merupakan sebuah katup yang berfungsi untuk membuka, menutup, serta mengontrol tekanan dan laju aliran air bertekanan dari pompa dalam instalasi pipa *fire hydrant*. *Hydrant valve* ini diatur dalam NFPA 24. Dimana *hydrant valve* ini meliputi *check valve*, *globe valve*, *ball valve*, *butterfly valve*, *pressure reducing valve*, dan *gate valve*. Salah satu katup hidran yang sangat penting dalam instalasi *fire hydrant* adalah *gate valve*, karena *gate valve* dipasang dengan tujuan untuk membuka dan menutup aliran pada pipa supaya air bertekanan dari pompa langsung menuju *hydrant pillar* yang digunakan dalam proses pemadaman api. Dengan demikian, mampu menghemat penggunaan air. *Gate valve* yang digunakan dalam instalasi *fire hydrant* menggunakan sistem elektropneumatik, dimana *gate valve* ini dikendalikan oleh operator dalam *control room*.



Gambar 2. 5 Gate Valve [26]

### 2.4 Siamese connection

*Siamese connection* atau *fire departemen connection* merupakan sebuah komponen sistem pemadam kebakaran atau sebuah saluran yang terhubung dengan *hydrant pillar* dengan tujuan untuk melengkapi pasokan air dari mobil pemadam kebakaran apabila persediaan air dalam *ground water tank* sudah habis dan pompa tidak mampu bekerja dengan optimal. *Siamese connection* digunakan pada sistem springkler dan *hydrant* dalam sebuah gedung atau perusahaan, dan tersambung dengan instalasi *hydrant pillar* <sup>[13]</sup>. Dalam peletakan posisi *siamese connection* ini juga dipertimbangkan secara segi K3, artinya *siamese connection* ini diletakkan pada tempat yang aman, sehingga operator atau *fireman* dapat bekerja dengan baik.



Gambar 2. 6 Siamese connection [13]

## 2.5 Sistem Fire hydrant

Sistem *fire hydrant* adalah suatu sistem pemadam kebakaran tetap yang menggunakan media pemadam air bertekanan, yang dialirkan melalui pipa-pipa dan slang kebakaran [20]. Sistem *hydrant* ini digunakan untuk memadamkan kebakaran dalam skala besar. Pasokan air untuk hidran halaman harus sekurang-kurangnya 1900 liter/menit [7.2.1 NFPA 850] serta mampu mengalirkan air minimal selama 30 menit. Standar tekanan yang keluar dari *hydrant* yaitu sebesar 6,9 bar [7.8.1 SNI 03-1745-2000]. Sistem ini terdiri dari sistem persediaan air, pompa, perpipaan, *coupling inlet* dan *outlet*, serta *nozzle* dan selang. Adapun standar yang harus diperhatikan dalam pemasangan dan *hydrant pillar* yaitu sebagai berikut:

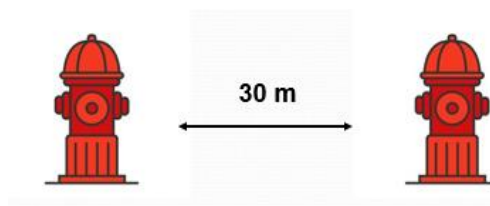
### 2.5.1 Standar Warna Hydrant Pillar

NFPA (*National Fire Protection Association*) secara spesifik menetapkan bahwa *hydrant pillar* harus diwarnai dengan *chrome red*, *chrome yellow* atau warna lain yang mudah terlihat diantaranya *white*, *bright red*, *chrome silver*, dan *lime yellow*. Disamping hal tersebut, aspek paling terpenting adalah warna tersebut harus konsisten terutama dalam satu wilayah tertentu. Khusus wilayah Indonesia umumnya menggunakan warna *bright red* pada *fire hydrant*.

### 2.5.2 Standar Peletakan dan Pemasangan Hydrant Pillar

Peraturan tentang sistem *fire hydrant* dalam pemasangan hidran pilar juga harus mengacu pada NFPA (*National Fire Protection Association*) dan SNI (Standar Nasional Indonesia) adalah sebagai berikut:

1. Posisi pemasangan *hydrant pillar* pada kawasan *power plant* yaitu dengan jarak minimal 30 meter dan jarak maksimal 91,4 meter antar *hydrant pillar* [15]



Gambar 2.7 Standar Peletakan Hydrant Pillar [15]

2. *Hydrant pillar* dan *hydrant box* diletakkan pada area yang mudah terlihat, mudah dijangkau tanpa halangan apapun sehingga sewaktu – waktu terjadi kebakaran *fire brigade* (petugas pemadam) akan dengan mudah mengakses tempat tersebut. Umumnya *hydrant pillar* dan *hydrant box* berada di ruang terbuka dekat dengan pintu darurat dan di depan pintu utama bangunan.
3. Setiap *hydrant* harus dilengkapi dengan katup pemutus (*shutoff valves*) secara terpisah pada cabang pipa utama.
4. *Hydrant* dipasang pada sekitar bangunan pabrik utama, penyimpanan material penting, kantor, dan bangunan luar yang mudah terbakar.

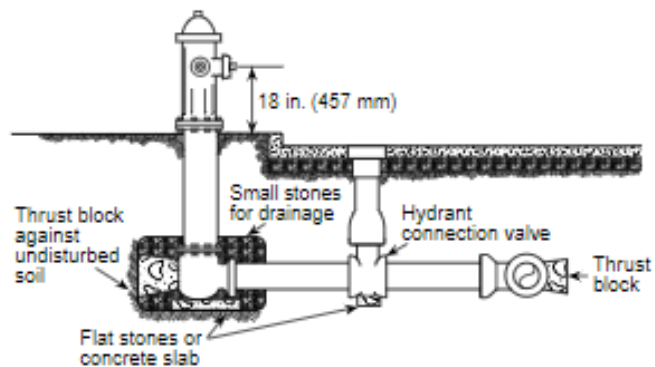
### 2.5.3 Klasifikasi *Fire hydrant*

1. Berdasarkan letak penempatannya, *fire hydrant* dibagi menjadi tiga yaitu :

#### A. *Hydrant* Halaman

*Hydrant pillar/hydrant* halaman merupakan suatu sistem pencegahan kebakaran yang membutuhkan pasokan air yang dipasang di luar bangunan lebih tepatnya dipasang di sepanjang jalan akses mobil pemadam kebakaran. *Supply* air yang menjadi kapasitas *hydrant pillar* atau *hydrant* halaman setidaknya harus mencapai kapasitas 1900 liter per menit <sup>[27]</sup>. Berikut merupakan 2 jenis *hydrant* halaman:

- *Hydrant* basah. Jenis *hydrant* ini dihubungkan langsung dengan sumber air bertekanan. Bagian atas atau barel dari *hydrant* ini selalu diisi dengan air, serta tiap tiap saluran memiliki katup tersendiri.
- *Hydrant* kering. Jenis *hydrant* ini, dipisahkan dengan sumber air bertekanan oleh katup utama di bagian bawah *hydrant* dibawah tanah.



Gambar 2. 8 *Hydrant* Halaman [11]

#### B. *Hydrant* Gedung

*Hydrant* gedung merupakan sistem pencegahan kebakaran yang menggunakan pasokan air yang dipasang didalam bangunan.



Gambar 2. 9 Hydrant Gedung [28]

C. *Hydrant Kota*

Merupakan sistem proteksi kebakaran, dimana *hydrant* ini dipasang di sepanjang jalan sebagai prasarana kota dan kebutuhan sumber air dipasok/disediakan oleh PDAM setempat.



Gambar 2. 10 Hydrant Kota [29]

2. Berdasarkan jenisnya, *fire hydrant pillar* dibagi menjadi tiga yaitu :
  - A. *Hydrant pillar one way* memiliki satu jalur untuk mengeluarkan air. *hydrant pillar* jenis ini memiliki lubang *inlet* berukuran 3 *inchi* dan lubang *outlet* berukuran 2,5 *inchi*. Batas maksimal tekanan *hydrant pillar one way* kurang lebih 10 bar.
  - B. *Hydrant Pillar two way* memiliki dua jalur untuk mengeluarkan air. *Hydrant pillar* jenis ini memiliki lubang *inlet* berukuran 4 *inchi* dan lubang *outlet* berukuran 2,5 *inchi*. Batas maksimal tekanan *hydrant pillar two way* adalah 20 bar.
  - C. *Hydrant pillar three way* memiliki tiga jalur untuk mengeluarkan air. *Hydrant pillar* jenis ini memiliki lubang *inlet* berukuran 4 *inchi* dan lubang *outlet* berukuran 2 x 2,5 *inchi*. Batas maksimal tekanan *hydrant pillar three way* kurang adalah 25 bar.



Gambar 2. 11 Jenis *Hydrant Pillar* [29]

3. Berdasarkan kelasnya, *Fire hydrant* dibagi menjadi :

**A. Kelas I.**

Merupakan suatu sistem *stand pipe* yang harus menyediakan *hose connection* berdiameter  $2\frac{1}{2}$  inchi untuk mensuplai airnya, khususnya digunakan oleh petugas pemadam kebakaran dan orang-orang yang terlatih untuk menangani kebakaran berat.

**B. Kelas II**

Merupakan suatu sistem *stand pipe* yang harus menyediakan *hose connection* berdiameter  $1\frac{1}{2}$  inchi untuk mensuplai airnya, digunakan oleh penghuni gedung atau petugas pemadam kebakaran selama tindakan pertama. Pengecualian dapat dilakukan dengan menggunakan *hose connection* 1 inchi jika kemungkinan bahaya sangat kecil dan telah disetujui oleh instalasi atau pejabat yang berwenang.

**C. Kelas III**

Merupakan suatu sistem yang harus menyediakan baik *hose connection* berdiameter  $1\frac{1}{2}$  inchi untuk digunakan oleh penghuni gedung maupun *hose connection* berdiameter  $2\frac{1}{2}$  inchi untuk digunakan oleh petugas pemadam kebakaran ada orang-orang yang telah terlatih untuk kebakaran berat.

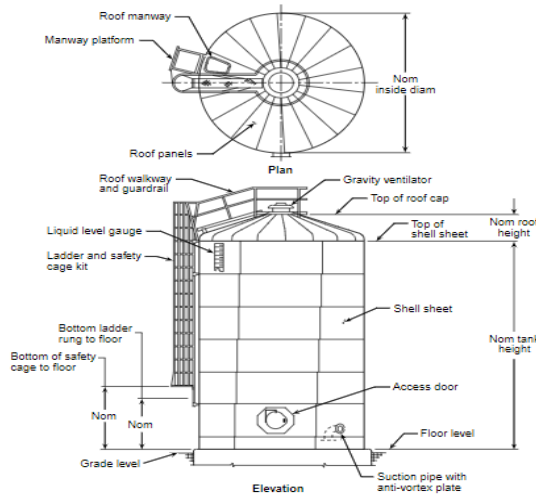
## 2.6 Komponen Sistem *Fire hydrant*

### 2.6.1 *Reservoir/ Water Tank*

*Reservoir* merupakan bak penampungan yang digunakan untuk menyimpan persediaan air. *Reservoir* ini bisa berada di bawah tanah (*ground water tank fire hydrant*) atau di atas tanah (*upper water tank*). Peletakan *reservoir* ini dapat disesuaikan dengan ketersediaan tempat dan instalasi. Proses pengisian kembali *reservoir* terdiri dari sistem pompa yang dihubungkan langsung dengan sumber air yang pasti misalnya, sungai, waduk, dan air laut <sup>[8]</sup>. *Reservoir* harus mampu menyimpan air dengan kapasitas berkisar  $37,85 \text{ m}^3$  sampai  $1892,05 \text{ m}^3$  untuk peletakan posisi *reservoir* tidak boleh terkena paparan api dan *reservoir* harus bisa menyediakan volume air minimal selama 2 jam waktu pemadaman api <sup>[15]</sup>. Adapun standar utama dalam perancangan *ground water tank*, yaitu *ground water tank* tidak boleh digunakan untuk keperluan lain. Jika GWT digunakan keperluan lain maka apabila terjadi kebakaran, hal tersebut mampu menghalangi proses pemadaman api. Penentuan volume *raw water tank* dapat dinyatakan sebagai berikut:

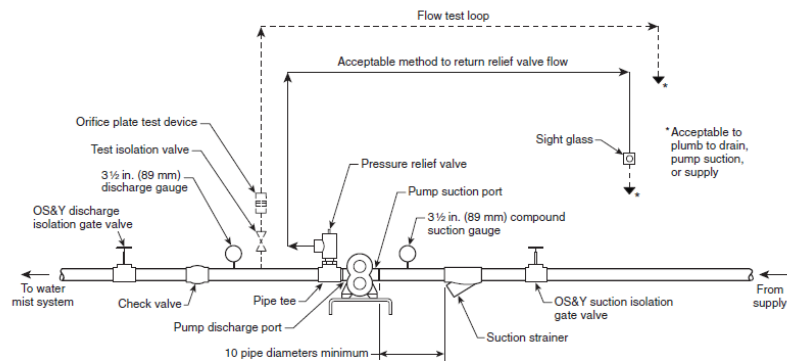
- Waktu pemadaman api (t)
- Standar kapasitas atau debit *hydrant pillar* 1900 L/min (Q)
- Penggunaan 2 buah *hydrant pillar*

$$\text{Volume}_{WT} = (\Sigma \text{HP}) \times (Q) \times (t)$$



Gambar 2. 12 *Water Tank* [12]

## 2.6.2 Instalasi Pipa *Fire hydrant*



Gambar 2. 13 Instalasi Pipa *Fire Hydrant* [7]

Sistem instalasi pipa *fire hydrant* adalah suatu sistem yang digunakan untuk fluida agar dapat bergerak dari suatu tempat ke tempat yang lain. Sistem perpipaan secara umum terdiri dari pipa, katup (*valve*), *fitting* (*elbow, reducer, tee*), *flange, nozzle*, instrumentasi (peralatan untuk mengukur dan mengendalikan parameter aliran fluida, seperti temperatur, tekanan, laju aliran massa, level ketinggian), penyangga pipa (*pipe support* dan *pipe hanger*), komponen khusus (*strainer, drain, vent*). Didalam instalasi pipa *fire hydrant*, tentunya harus berdasarkan standar yang telah ditetapkan. Berikut merupakan standar material pipa:

- ANSI (*American National Standard Institution*)



- b. API (*American Petroleum Institution*)
- c. ASME (*American Society of Mechanical Engineering*)
- d. ASTM (*American Society for Testing and Material*)
- e. MSS (*Manufacturers Standardization Society*)
- f. JIS (*Japanese Industrial Standard*)
- g. AWWA (*American Water Works Association*)
- h. Sedangkan untuk kode dan standar Negara Indonesia adalah SNI (Standar Nasional Indonesia).

Berikut merupakan standar dari instalasi pipa *fire hydrant* berdasarkan SNI 03-1745-2000 dan NFPA 14, NFPA 24:

- Bahan pipa *hydrant* menggunakan pipa *black steel pipe* (BSP) *schedule* 40 atau ASTM A.53-A atau sesuai dengan standar ASTM A570 grade A maka bahan material yang digunakan pada pipa *hydrant galvanized steel* dengan kekuatan yield minimum 30000 psi.
- Sistem pipa utama (*primary feeders*) dari pipa *hydrant* berukuran 8-16 *inch*. Pipa sambungan kedua (*secondary feeders*) berukuran 6-12 *inch*. Sedangkan untuk pipa cabang berukuran 4.5-6 *inch*.
- Galian pipa dalam tanah harus dibuat dengan kedalaman minimum 600 mm untuk pipa diameter 100 mm (Ø4") ke bawah dan 800 mm – 1000 mm untuk pipa diameter 125 mm (Ø5") ke atas. Dasar lubang galian harus cukup stabil dan rata sehingga seluruh panjang pipa terletak, tertumpu dengan baik dan merata. Jika pipa baja ditanam bawah tanah, harus dilindungi dengan lapisan anti korosi sebelum ditanam.
- Untuk instalasi pipa *fire hydrant* yang berada diatas tanah, harus berada pada ketinggian 500 mm diatas tanah. Serta dipasang penyangga pada jarak setiap 3 meter.
- *Fitting* (*elbow, reducer, tee*) *Fitting-fittings* yang digunakan dari bahan *Black Steel Pipe* class 20 K, steel butt-welding pipe fittings JIS.B.2311 atau ASME B1.20.1
- Pipa dengan diameter 2.5 *inch* harus menggunakan sambungan ulir dan jika diameter pipa melebihi 2.5 *inch* maka menggunakan sambungan las.

### 2.6.3 Hydrant Box Unit

*Hydrant box unit* merupakan sebuah kotak yang berfungsi untuk menyimpan perlengkapan peralatan pemadam kebakaran seperti *nozzle, fire hose, valve, dan hose rack*. *Hydrant box unit* terletak disamping *hydrant pillar*. Berikut merupakan beberapa jenis dari *hydrant box unit* berdasarkan ukuran:

- Tiper A1 (*indoor*) 66 cm x 52 cm x 15cm
- Tipe A2 (*indoor*) 100 cm x 80 cm x 18 cm
- Tiper B (*indoor*) 125 cm x 75 cm x 18 cm.
- Tiper C (*outdoor*) 95 cm x 66 cm x 20 cm

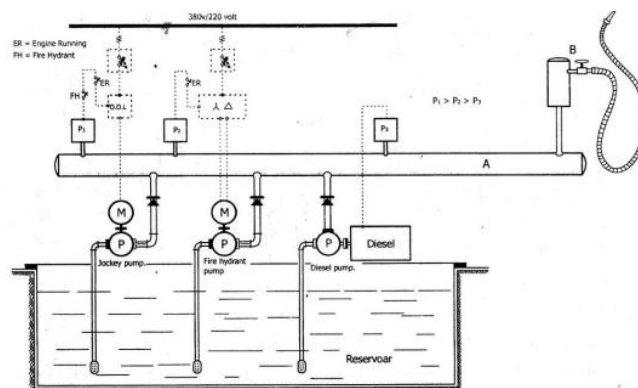




Gambar 2. 14 Hydrant Box Unit [30]

### 2.6.4 Fire Hydrant Pump

Instalasi sistem *fire hydrant* harus dilengkapi 3 (tiga) jenis pompa kebakaran yang terdiri dari pompa pacu (*jockey pump*), pompa utama (*main pump*), dan pompa cadangan (*diesel pump*) [10]. Ketiga pompa ini memanfaatkan tenaga pembangkit penggerak motor listrik pada pompa utama dan pompa pacu, sedangkan pada pompa cadangan motor penggerak menggunakan solar. Sehingga, apabila terjadi insiden dan memungkinkan memutuskan aliran listrik maka pompa pemadam kebakaran ini tetap dapat bekerja sesuai fungsinya. Standar ini berlaku untuk pompa sentrifugal *single stage* dan *multistage* dari poros horizontal atau vertikal, serta pompa perpindahan positif dari poros horizontal maupun poros vertikal.



Gambar 2. 15 Instalasi *Fire hydrant Pump* [9]

Berikut merupakan fungsi dari ketiga pompa tersebut :

- **Pompa Utama (*Electric Main Pump*)**

Pompa utama merupakan pompa yang digunakan untuk mensuplai kebutuhan air pada sistem springkler maupun sistem hidran. Dalam penggunaannya, pompa ini menggunakan sumber energi listrik dari PLN.



Gambar 2. 16 *Electric Main Pump* [31]

- **Pompa Diesel (*Diesel Pump*)**

Pompa diesel merupakan pompa yang digunakan untuk mensuplai kebutuhan air pada sistem *sprinkler* maupun sistem hydrant. Dalam penggunaannya, pompa ini digunakan sebagai pengganti peran pompa utama apabila terjadi kebakaran yang mengakibatkan instalasi listrik harus dimatikan. Pompa ini menggunakan penggerak motor bakar (*diesel engine*)



Gambar 2. 17 *Diesel Pump* [31]

- **Pompa Pacu (*Jockey Pump*)**

*Jockey pump* merupakan pompa yang berfungsi untuk menjaga stabilitas tekanan pada sistem hidran maupun springkler. Pompa ini digunakan pertama kali jika terjadi sebuah kebakaran. Kemudian apabila tekanan air pada instalasi pipa menurun, maka pompa utama / pompa diesel akan bekerja secara otomatis melalui sinyal dari *pressure switch*. Tekanan yang dihasilkan dari salah satu pompa yang digunakan (pompa diesel/ pompa elektrik) sangat besar, sehingga *jockey pump* ini harus menormalkan kembali tekanan air pada instalasi pipa sebelum dikeluarkan melalui *hydrant pillar*.



Gambar 2. 18 *Jockey Pump* [31]

Tabel 2. 1 Kapasitas Pompa [10]

gpm	Liter/menit
25	95
50	189
100	379
150	568
200	757
250	946
300	1.136
400	1.514
450	1.703
500	1.892
750	2.839
1.000	3.785
1.250	4.731
1.500	5.677
2.000	7.570
2.500	9.462
3.000	11.355
3.500	13.247
4.000	15.140
4.500	17.032
5.000	18.925

## 2.7 Pompa

### 2.7.1 Definisi Pompa

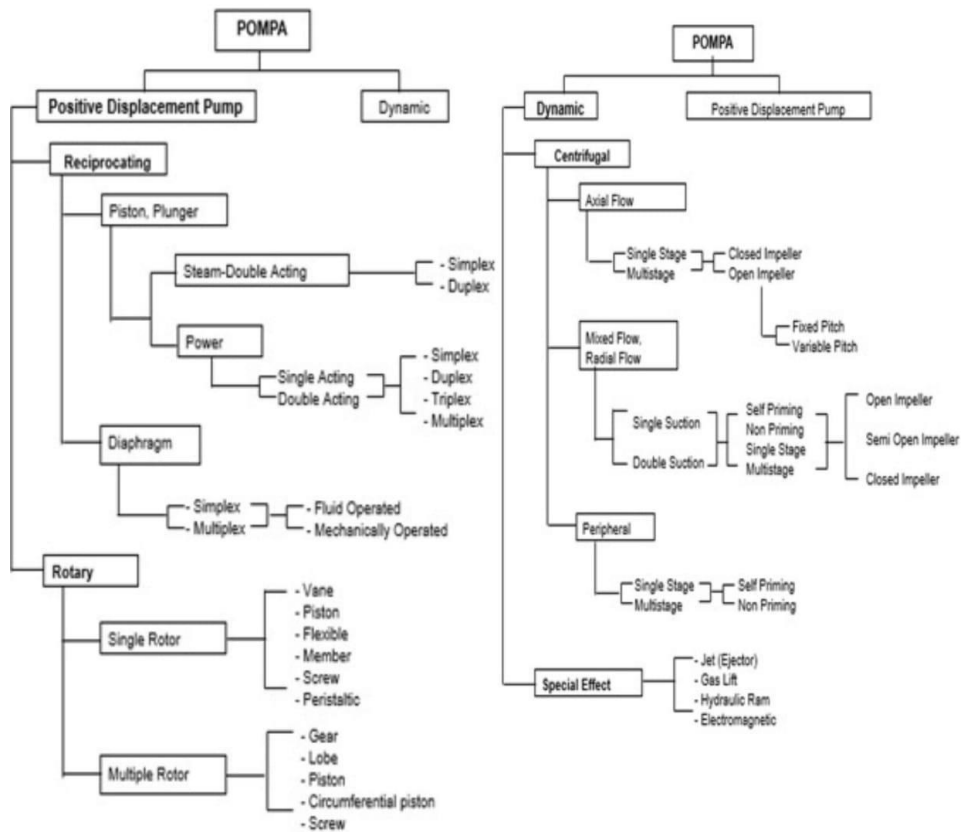
Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat rendah ke tempat lain yang lebih tinggi melalui sistem perpipaan atau dari tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan tinggi, atau dari tempat

ke tempat lain yang jauh serta untuk mengatasi tahanan hidrolis. Prinsip kerja pompa yaitu menaikkan energi cairan yang dilayani dengan cara mentransfer energi mekanis dari sumber energi luar (motor listrik, bensin, diesel, turbin) untuk dipindahkan ke fluida kerja melalui sistem perpipaan. Pada pengaplikasiannya, pompa mempunyai kegunaan yang sangat banyak. Contohnya, pompa rumah tangga untuk menaikkan air dari sumur, pompa dalam aplikasi sistem hidrolik, pompa pemadam kebakaran sebagai perlindungan aktif pencegahan kebakaran pada bangunan.

### **2.7.2 Klasifikasi Pompa**

Pompa dapat diklasifikasikan berdasarkan, prinsip kerja, perubahan energi, bentuk elemen yang bergerak, serta berdasarkan cara mentransfer fluida dari pipa uap (*suction*) ke pipa tekan (*discharge*). Namun pada umumnya, pompa diklasifikasikan berdasarkan prinsip kerjanya. Yaitu:

- A. *Positive displacement pump*. Pompa ini mempunyai prinsip kerja dengan memanfaatkan perubahan volume ruang kerja pompa yang diakibatkan oleh gerakan elemen pompa yaitu maju-mundur (*reciprocating*) atau berputar (*rotary*). Dengan perubahan volume tersebut maka zat cair pada bagian keluar (*discharge*) mempunyai tekanan yang lebih besar dibanding pada bagian masuk (*suction*) dan kapasitas yang dihasilkan sesuai volume yang dipindahkan.
- B. *Dynamic pump*. Pompa ini mempunyai prinsip kerja yaitu menaikkan energi fluida oleh *impeller* yang dihubungkan oleh poros yang berputar dari luar (motor listrik, diesel, bensin). Sehingga fluida di dalam *impeller* mengalami percepatan, yang menyebabkan energi kinetiknya meningkat. Energi kinetik ini selanjutnya secara berangsur dirubah menjadi energi potensial (energi tekan) baik pada *volute chamber* atau *diffuser* ring pada pompa centrifugal ataupun pada stator pada pompa aksial.



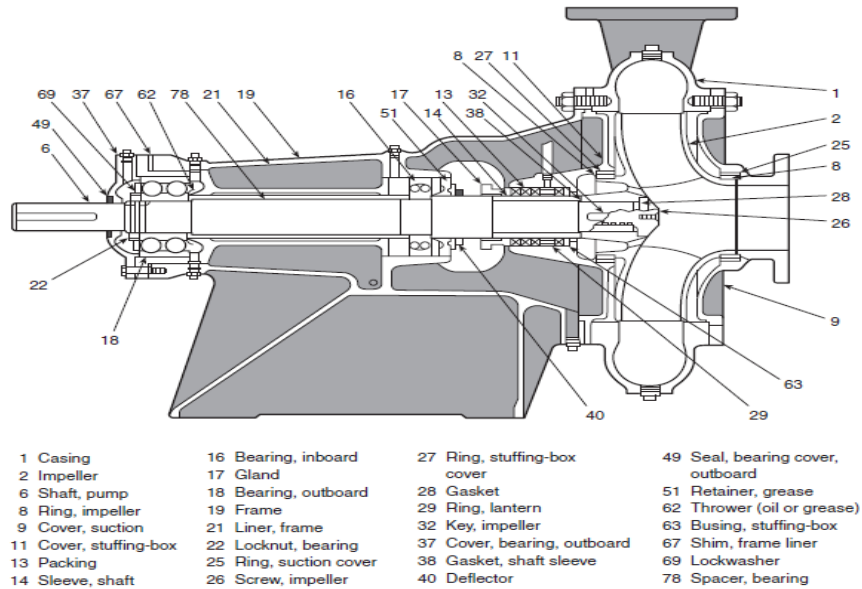
Gambar 2. 19 Klasifikasi Pompa [1]

## 2.8 Pompa Sentrifugal

### 2.8.1 Definisi Pompa sentrifugal.

Pompa sentrifugal merupakan sebuah mesin kinetis yang mengubah energi mekanik menjadi energi fluida menggunakan gaya sentrifugal [2]. Pompa sentrifugal ini memanfaatkan gaya sentrifugal, dimana gaya sentrifugal adalah gaya yang bergerak menjauhi dari titik pusatnya. Pompa ini terdiri dari sebuah *casing* dan satu *impeller*. Dimana *casing* ini menghubungkan antara saluran masuk (*suction*) dengan saluran buang (*discharge*). Sedangkan *impeller* terdiri dari sebuah cakram dan terdapat sudu-sudu, arah putaran sudu-sudu itu biasanya dibelokkan kebelakang terhadap arah putaran.

## 2.8.2 Komponen Pompa Sentrifugal



Gambar 2. 20 Komponen Pompa [10]

- *Impeller*, memiliki fungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa yang akan menjadi energi kecepatan pada fluida kerja berupa cairan yang akan dipompakan secara kontinyu, sehingga fluida pada sisi *suction* secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat adanya perbedaan tekanan di *suction* dengan *discharge*, dan bisa juga dikarenakan adanya perpindahan dari fluida yang masuk sebelumnya.
- *Casing* merupakan bagian terluar pompa untuk melindungi bagian dalam pompa. Selain itu *casing* juga mempunyai fungsi sebagai tempat memberikan arah aliran dari *impeller* serta mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis untuk pompa *single stage*.
- *Mechanical seal* adalah komponen pompa yang berfungsi untuk mencegah kebocoran yang berlebihan dari fluida kerja yang terjadi antara *casing* dan poros, baik ketika pompa tersebut sedang beroperasi maupun tidak.
- *Shaft* (poros pompa) adalah komponen yang mentransmisikan putaran dari sumber *penggerak* pompa ke impeler pompa
- *Bearing* (bantalan) berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban radial maupun beban aksial. *Bearing* juga memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil.
- *Wearing ring* berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan *impeller* maupun bagian belakang *impeller*, dengan cara memperkecil celah antara casing dengan *impeller*.
- *Stuffing box* berfungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus casing

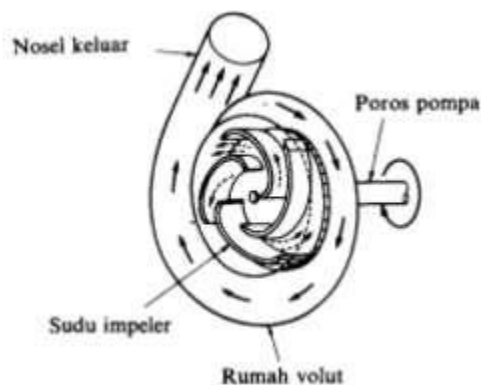
- *Shaft sleeve*, berfungsi untuk melindungi poros dari korosi, erosi dan juga keausan yang terjadi di *stuffing box*.
- *Gland packing* merupakan sistem *seal* yang berfungsi sebagai tumpuan sisi casing pompa dengan poros pompa. Sistem lainnya yaitu *mechanical seal*.
- *Vane* (sudu *impeller*) digunakan sebagai tempat lewatnya fluida pada impeler
- *Eye of impeller*, yaitu merupakan bagian dari sisi masuk pada arah isap impeler.
- *Discharge nozzle* merupakan sebuah bagian yang memiliki fungsi untuk mengeluarkan fluida kerja yang berasal dari *impeller*. Didalam *nozzle* ini sebagian dari *head* kecepatan aliran akan diubah menjadi *head* tekanan
- *Suction nozzle* memiliki fungsi sebagai saluran masuk fluida sebelum memasuki pompa

### 2.8.3 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal bekerja berdasarkan prinsip gaya sentrifugal yaitu bahwa benda yang bergerak secara melengkung akan mengalami gaya yang arahnya keluar dari titik pusat lintasan yang melengkung tersebut. Besarnya gaya sentrifugal yang timbul tergantung dari masa benda, kecepatan gerak benda, dan jari-jari lengkung lintasannya. Pompa sentrifugal dapat bekerja normal bila saluran *suction* sampai rumah pompa terisi cairan hingga penuh. Apabila poros diberikan daya dari luar, maka *impeller* akan berputar. Dengan berputarnya *impeller*, maka cairan yang ada di *impeller* akan terlempar keluar akibat mendapat gaya sentrifugal. Disana, fluida akan mendapat energi kinetik. Karena bentuk *impeller* yang seperti difusor, maka juga akan menghasilkan tekanan (fluida akan menghasilkan energi tekanan).

Setelah keluar dari *impeller*, cairan ditampung di *volute chamber*. Pada bagian ini sebagian energi kinetik diubah menjadi energi potensial berupa kenaikan tekanan. Sehingga keluar dari *volute chamber*, fluida memiliki energi tekanan dan energi kinetik yang besar. Apabila tekanan *discharge nozzle* lebih kecil, maka cairan akan keluar.

Setelah fluida di bagian *impeller eyes* keluar ke *exit impeller* (meninggalkan *impeller eyes*) maka ruangan akan vakum atau tekanan sangat rendah. Bila tekanan dalam *suction reservoir* lebih tinggi daripada inlet nozzle (*impeller eyes*) maka fluida akan mengalir dari *suction reservoir* ke pompa.



Gambar 2. 21 Cara Kerja Pompa [2]

#### 2.8.4 Keuntungan Pompa Sentrifugal

- Aliran yang dihasilkan lebih kontinyu (*continue*) bila dibandingkan dengan pompa *reciprocating* yang alirannya tidak kontinyu (*intermittent*).
- Harga pembelian pompa *centrifugal* lebih terjangkau dan lebih mudah dari segi *maintenance*.
- Mampu bergerak dengan putaran tinggi, sehingga dengan mudah dapat dikopling langsung dengan motor listrik.
- Karena tidak terjadi gesekan antara *impeller* dengan casingnya maka tingkat keausannya lebih kecil.

#### 2.8.5 Kekurangan Pompa Sentrifugal

- Tidak mampu beroperasi pada *suction* yang kering, sehingga saluran *suction* hingga *impeller* pompa harus terisi cairan penuh. Perlu dilakukan *self primming*
- Mempunyai *head* yang relative lebih rendah dibanding dengan kapasitas yang dihasilkan. Sehingga jika, *head* yang dihasilkan tidak sesuai dengan kebutuhan maka harus ditambah satu pompa lagi dan pompa harus dirangkai secara seri.

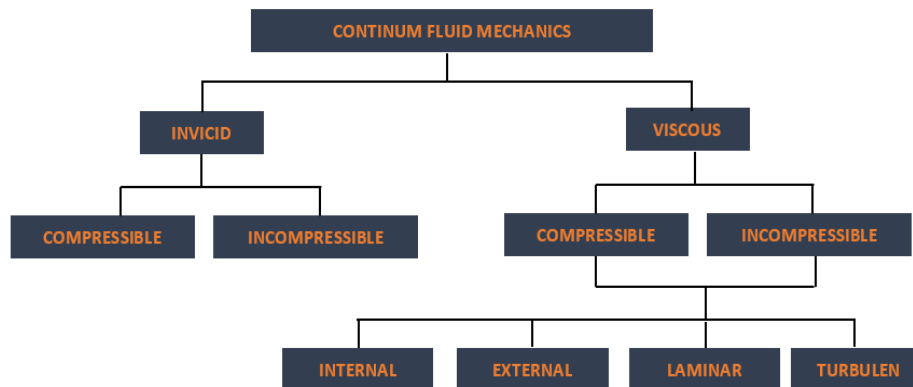
### 2.9 Jenis Aliran Fluida

Untuk membedakan zat padat dengan fluida yaitu dilihat dari karakteristik deformasi dari bahan-bahan tersebut. Pada zat padat dianggap sebagai bahan yang menunjukkan reaksi deformatis yang terbatas apabila saat menerima atau juga mengalami suatu gaya geser <sup>[2]</sup>. Untuk fluida memperlihatkan fenomena sebagai zat yang berubah bentuk secara terus menerus apabila ketika mengalami tegangan geser, dengan kata lain dapat dikategorikan sebagai fluida ialah suatu zat yang tidak mampu menahan tekanan geser tanpa berubah bentuk.

Bisa diambil kesimpulan, bahwa fluida merupakan sebuah zat yang dapat dengan mudah berubah bentuknya, tergantung dimana tempat fluida itu berada. Dikarenakan sulit untuk menganalisis partikel fluida berupa cairan secara mikroskopis, maka dari itu dilakukan pendekatan dengan cara makroskopis dengan anggapan sudah cukup memadai, dengan ini harus diasumsikan bahwa fluida yang *continuum*. Untuk sebagai konsekuensinya bahwa seluruh *properties fluida* yaitu merupakan suatu fungsi dari kedudukan dan juga waktu.

Maka dari itu dengan adanya *properties fluida*, akan mempengaruhi unjuk kerja pada pompa. Dikarenakan ada variasi dari bentuk aliran yang dihasilkan, keberadaan dari bentuk aliran ini menentukan pada perencanaan pompa. Pada Gambar 2.22 akan diklasifikasikan untuk jenis fluidanya <sup>[3]</sup>.





Gambar 2. 22 Jenis Aliran Fluida [3]

### 2.9.1 Aliran Laminar dan Turbulen

*Reynold* menemukan apabila aliran senantiasa menjadi laminar, jika kecepatan alirannya diturunkan sedemikian rupa sehingga bilangan *reynold* lebih kecil dari 2300 ( $Re < 2300$ ). Begitupula dikatakan alirannya turbulen, pada saat bilangan *Reynold* lebih besar dari 2300 ( $Re > 2300$ ). Untuk menentukan tipe aliran laminar atau turbulen dapat menggunakan rumus di bawah ini:

$$Re = \frac{\bar{v} \times D}{\nu}$$

Bila:

$Re < 2.300$ , aliran bersifat laminar

$Re > 2.300$ , aliran bersifat turbulen

$Re 2.300- 4000$  bersifat transisi

### 2.9.2 Aliran *Compressible* dan *Incompressible*

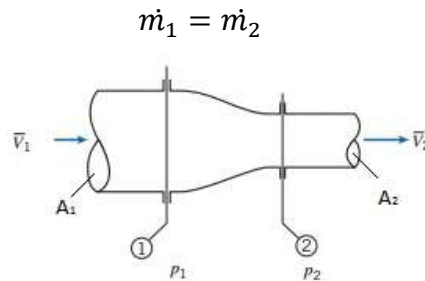
Aliran *compressible* adalah aliran yang melewati suatu benda padat dan apabila terjadi perubahan temperatur yang dapat berpengaruh pada *density* / massa jenis ( $\rho$ ). Sedangkan aliran *incompressible* adalah kebalikan dari aliran *compressible*. Contoh yang paling umum dari aliran *compressible* menyangkut fluida gas, sedangkan aliran berupa fluida cair sering dianggap sebagai aliran *incompressible*. (Fox,2011) Untuk dapat membedakan jenis aliran *compressible* atau *incompressible* tersebut, dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan bilangan Mach ( $M$ ).

$$M = \frac{\bar{v}}{c} \quad (\text{Jakob Ackeret, 1929})$$

Sehingga untuk mach number  $< 0,3$  adalah aliran *incompressible*. Sedangkan untuk mach number  $> 0,3$  adalah aliran *compressible*.

## 2.10 Persamaan Kontinuitas

Pada suatu sistem dapat didefinisikan sebagai kumpulan yang massanya tidak berubah sehingga dapat disederhanakan bahwa *mass flow rate* atau laju aliran massa fluida adalah konstan [3].



Gambar 2. 23 Persamaan Kontinuitas [3]

## 2.11 Tinggi – Tekan (*Head*)

*Head* atau tinggi tekan yaitu ketinggian kolom pada fluida yang harus dicapai oleh fluida untuk memperoleh jumlah energi yang sama dengan dikandung oleh satu bobot fluida yang sama. Untuk *head* ini terbagi menjadi tiga yaitu, *head* tekanan, *head* kecepatan, dan *head* ketinggian [2]. Untuk rumus *head* atau tinggi – tekan dapat ditulis sebagai berikut ini:

$$Head = \left( \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z \right)$$

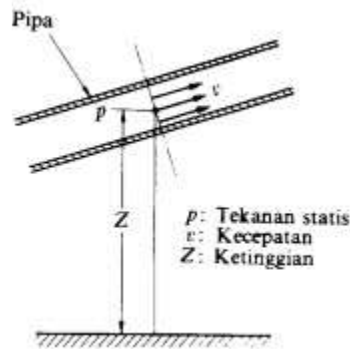
### 2.11.1 *Head* Kecepatan

*Head* kecepatan atau kinetik adalah suatu ukuran energi kinetik yang dikandung satu satuan bobot fluida yang disebabkan oleh kecepatan dan dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{\bar{V}^2}{2g}$$

### 2.11.2 *Head* Tekanan

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



Gambar 2. 24 *Head* Tekanan [2]

### 2.11.3 *Head* Ketinggian

*Head* ketinggian ini didasarkan pada ketinggian fluida di atas 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*).

### 2.12 Persamaan Energi

Pada persamaan ini didapat dari penurunan persamaan hukum termodinamika yang menyatakan tentang kekekalan energi (*conservation of energy*) (Moran, 2014). Untuk persamaannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

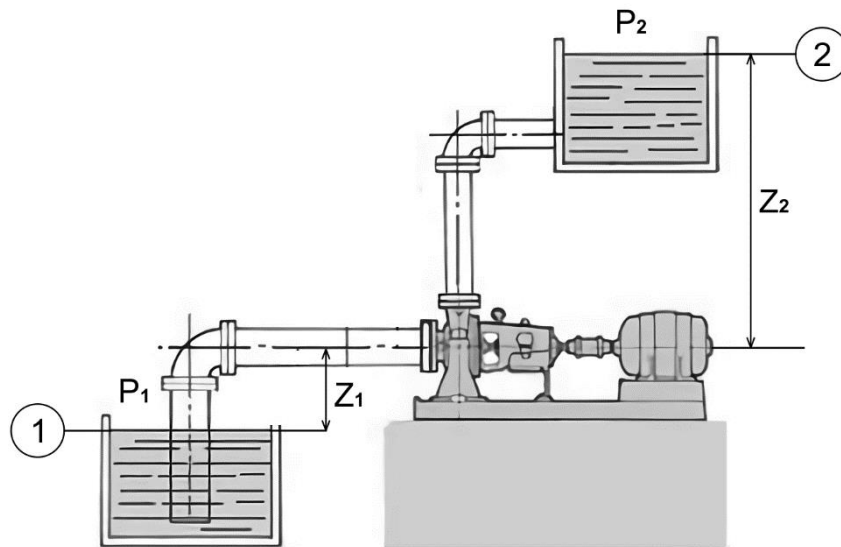
$$\left( \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\bar{V}_1^2}{2 \cdot g} + z_1 \right) - \left( \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\bar{V}_2^2}{2 \cdot g} + z_2 \right) = h_{LT}$$

### 2.13 *Head* Efektif Instalasi Pompa

*Head* efektif instalasi pompa merupakan besarnya *head* yang harus diatasi oleh pompa dari seluruh komponen yang ada, diantaranya adalah dikarenakan ada perbedaan tekanan, perbedaan kecepatan, perbedaan kerugian (kerugian mekanis, volumetris, dinamis, dan kerugian listrik). *Head* instalasi dapat diberikan persamaan sebagai berikut [2].

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

$$H_{\text{eff}} = \left( \frac{p_2 - p_1}{\gamma} \right) + (Z_2 + Z_1) + \left( \frac{\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2}{2g} \right) + H_{LT}$$



Gambar 2. 25 *Head* Efektif Instalasi Pompa [6]

### 2.13.1 *Head Statis / Static Head*

*Head* statis yaitu perbedaan tinggi permukaan pada fluida di bagian hisap dengan bagian tekan. *Head* statis ini tidak dipengaruhi oleh debit atau kapasitas, hanya saja pada perbedaan tekanan dan ketinggian. Berikut persamaan *head* statis:

$$\Sigma H \text{ statis} = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + Z_2 + Z_1$$

#### a. *Head Tekanan*

*Head* tekanan merupakan energi yang terdapat didalam fluida akibat adanya perbedaan tekanan antara *discharge reservoir* dan *suction reservoir*.

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma}$$

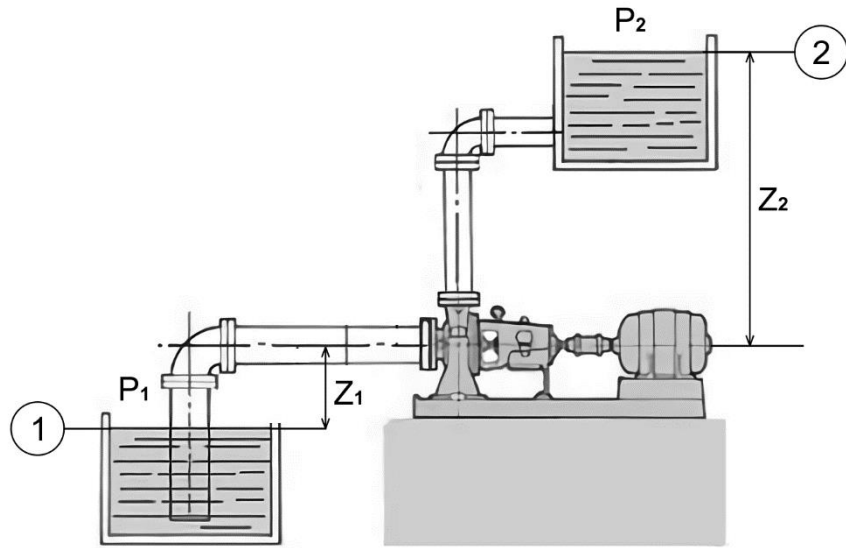
#### b. *Head Ketinggian*

*Head* ketinggian yaitu merupakan perbedaan ketinggian dari suatu permukaan pada fluida di sisi *discharge reservoir* dan *suction reservoir* dengan acuan garis sumbu tengah pompa.

$$H_z = Z_2 + Z_1$$

- ***Suction Lift***

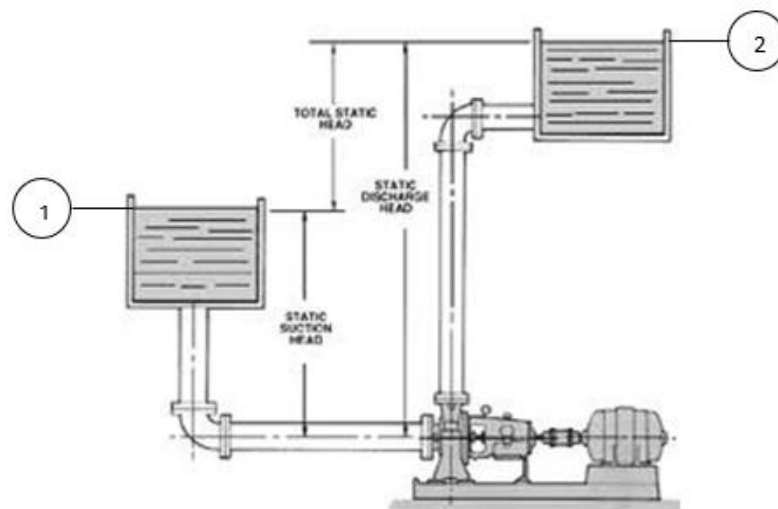
*Suction lift* adalah jarak vertikal dalam satuan *feet* atau meter dari permukaan fluida yang harus dipompakan terhadap garis sumbu tengah pompa. Nilai  $H_s$  bernilai negatif (-), karena permukaan zat cair pada sisi hisap lebih rendah dari sumbu tengah pompa. Gambar dibawah ini merupakan contoh instalasi *suction lift*.



Gambar 2. 26 *Suction Lift* [6]

- ***Suction Head***

*Suction head* adalah jarak vertikal dalam satuan *feet* atau meter dari garis sumbu tengah pompa hingga ketinggian fluida yang dipompakan. Gambar dibawah ini merupakan contoh instalasi *suction head*. Nilai  $H_s$  bernilai positif (+), karena permukaan zat cair pada sisi hisap lebih tinggi dari sumbu tengah pompa.



Gambar 2. 27 *Suction Head* [6]

### 2.13.2 *Head Dinamis*

*Head* dinamis yaitu *head* yang terdiri dari *velocity head* dan juga *headloss*. Untuk penjelasannya bisa dilihat pada persamaan dibawah ini [3].

$$\sum H_{dinamis} = \frac{\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2}{2g} + \sum H_{LT}$$

**a. Velocity Head**

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:

$$H_V = \frac{\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2}{2g}$$

**b. Head Loss**

Head loss merupakan jumlah dari suatu kerugian yang dialami aliran fluida selama bersikulasi yang mana kerugian itu tergantung dari pada geometri penampang saluran dan parameter-parameter fluida serta aliran itu sendiri. Head loss (kerugian tinggi tekan) dapat dibedakan, yaitu kerugian dalam pipa (*major losses*) dan kerugian pada perubahan geometri (*minor losses*). Untuk persamaan head loss adalah:

$$\sum H_{LT} = \sum HL_{Major} + \sum HL_{Minor}$$

- **Head Loss Major**

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:

Persamaan Darcy – Weisbac

$$Hl = \left( f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right)$$

Untuk aliran laminar, faktor gesekan dapat dinyatakan dengan rumus:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Untuk aliran turbulen, faktor gesekan dibedakan menjadi:

a. Untuk pipa halus, hubungan antara bilangan *reynold* dengan faktor gesekan:

$$f = \frac{0,316}{Re^{0.25}} \quad (Blasius)$$

Untuk  $3000 \leq Re \leq 100000$

b. Untuk pipa kasar dan halus, hubungan antara bilangan *reynold* dengan faktor gesekan

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

Untuk menggunakan persamaan ini dilakukan dengan menggunakan iterasi yang membuat harga f dapat lebih akurat. Adapun cara lain untuk



## 2.14 NPSH

*Net Positive Suction Head* (NPSH) yaitu merupakan ukuran dari *head suction* terendah yang memungkinkan bagi fluida berupa cairan untuk tidak mengalami kavitasi. Kavitasi akan terjadi bila tekanan statis suatu aliran zat cair turun sampai dibawah tekanan uap jenuhnya. Maka dari itu untuk menghindari kavitasi, harus diusahakan supaya tidak ada satu bagian pun dari aliran didalam pompa yang mempunyai tekanan statis lebih rendah dari tekanan uap jenuh cairan pada temperatur yang bersangkutan [2]. Maka dari itu NPSH digunakan sebagai ukuran keamanan pompa terhadap terjadinya kavitasi.

### 2.14.1 *Net Positive Suction Head Available* (NPSH<sub>A</sub>)

NPSH<sub>A</sub> merupakan *head* yang dimiliki oleh zat cair pada sisi isap pompa (ekivalen dengan tekanan mutlak pada sisi isap pompa), dikurangi dengan tekanan uap jenuh zat cair di tempat tersebut. Dalam hal pompa yang mengisap zat cair dari tempat terbuka (dengan tekanan atmosfer pada permukaan zat cair) seperti diperlihatkan dalam gambar, maka besarnya NPSH<sub>A</sub> dapat ditulis sebagai berikut:

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

### 2.14.2 *Net Positive Suction Head Required* (NPSH<sub>R</sub>)

Agar tidak terjadi penguapan zat cair, maka tekanan pada lubang masuk pompa dikurangi penurunan tekanan di dalam pompa, harus lebih tinggi daripada tekanan uap zat cair. *Head* tekanan yang besarnya sama dengan penurunan tekanan ini disebut NPSH yang diperlukan (NPSH<sub>R</sub>). NPSH<sub>R</sub> tergantung pada tipe pompa dan akan berubah menurut kapasitas dan putarannya. Maka syarat yang diperlukan agar pompa tidak terkena kavitasi adalah:

$$NPSH_A \geq NPSH_R$$

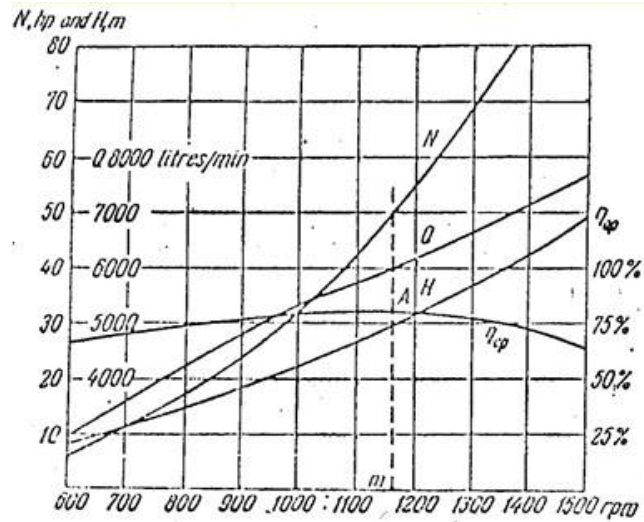
## 2.15 Kurva Karakteristik Pompa

Kurva karakteristik pompa merupakan beberapa kurva yang menghubungkan suatu performa dengan performa yang lainnya saat beroperasi. Performa pompa yaitu berupa *head* (H), kapasitas (Q), daya pompa, dan efisiensi ( $\eta$ ). Secara umum karakteristik pompa sentrifugal terbagi menjadi 3, yaitu:

### 2.15.1 Kurva Karakteristik Utama

Kurva karakteristik utama merupakan kurva karakteristik yang menunjukkan hubungan *head* dan kapasitas dengan perubahan putaran-putaran pompa yang dapat menyebabkan perubahan kecepatan *impeller*.

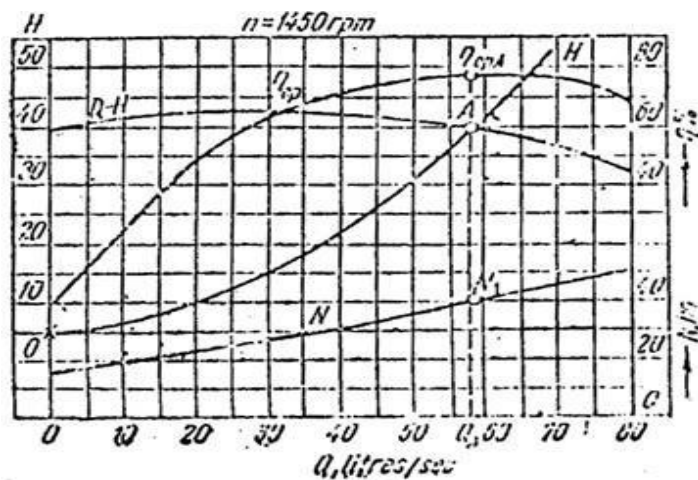




Gambar 2. 29 Kurva Karakteristik Utama [5]

### 2.15.2 Karakteristik Kerja

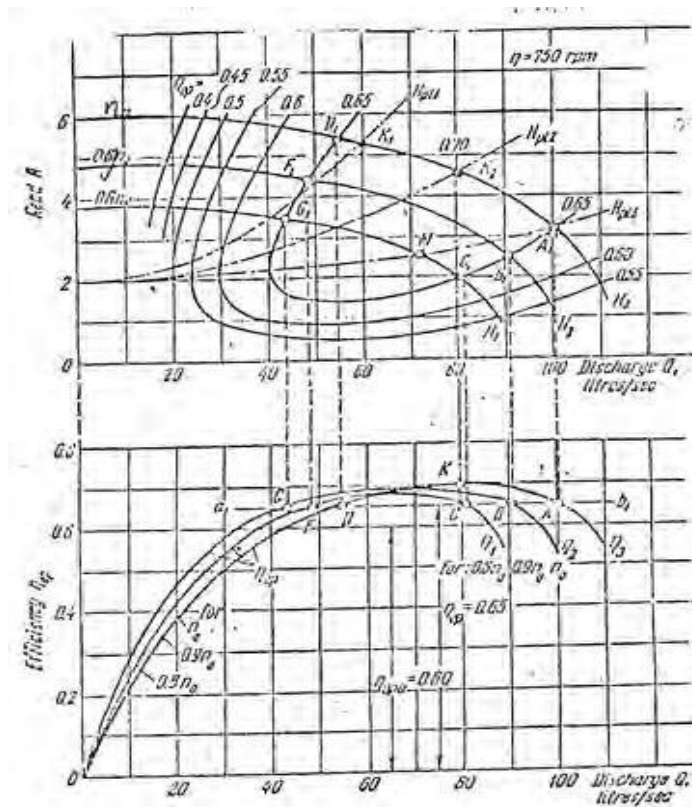
Kurva karakteristik kerja adalah kurva karakteristik yang diplot berdasarkan kecepatan *impeller* (putaran pompa) yang konstan. Kurva ini divariasikan harga kapasitasnya dengan membuka/menutup *valve* yang ada agar bisa mendapatkan titik kerja yang optimal dengan kurva kapasitas ( $Q$ ) fungsi *head*.



Gambar 2. 30 Kurva Karakteristik Kerja [5]

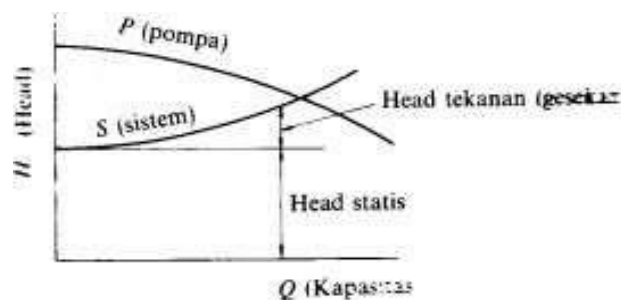
### 2.15.3 Karakteristik Universal

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



Gambar 2. 31 Kurva Karakteristik Universal [5]

### 2.15.4 Titik Operasi Pompa

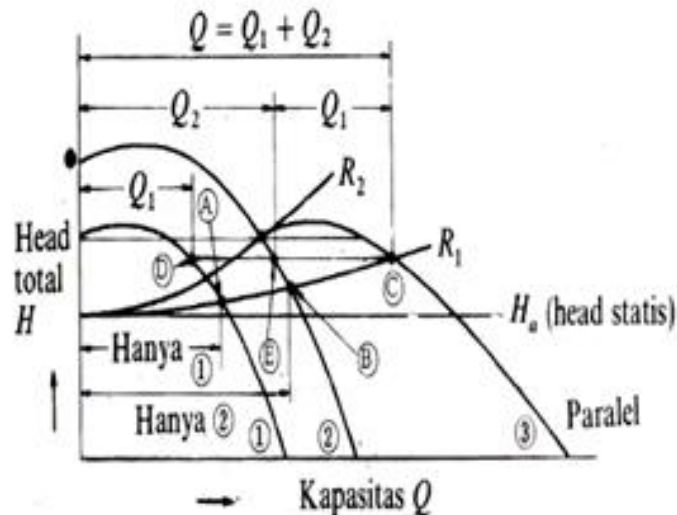


Gambar 2. 32 Titik Operasi Pompa [2]

Titik operasi pompa ialah titik yang 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 pada Gambar 2.23. Untuk titik operasi pada pompa ini harus sedapat mungkin dijaga supaya berada pada area efisiensi pompa tertinggi. Terkhususnya apabila pengoperasian pompa digunakan pada sistem yang memerlukan variasi *head* dan besar aliran pada fluida yang akan menggeser kurva sistem.

### 2.15.5 Karakteristik kerja pompa paralel

Susunan paralel dapat digunakan bila diperlukan kapasitas yang besar yang tidak dapat dihasilkan oleh satu pompa saja, atau bila diperlukan pompa cadangan yang akan dipergunakan bila pompa utama rusak/diperbaiki sehingga digunakan dua pompa yang disusun secara paralel. Pada susunan paralel terdapat dua saluran *suction/input* dan satu saluran *output/ discharge*.

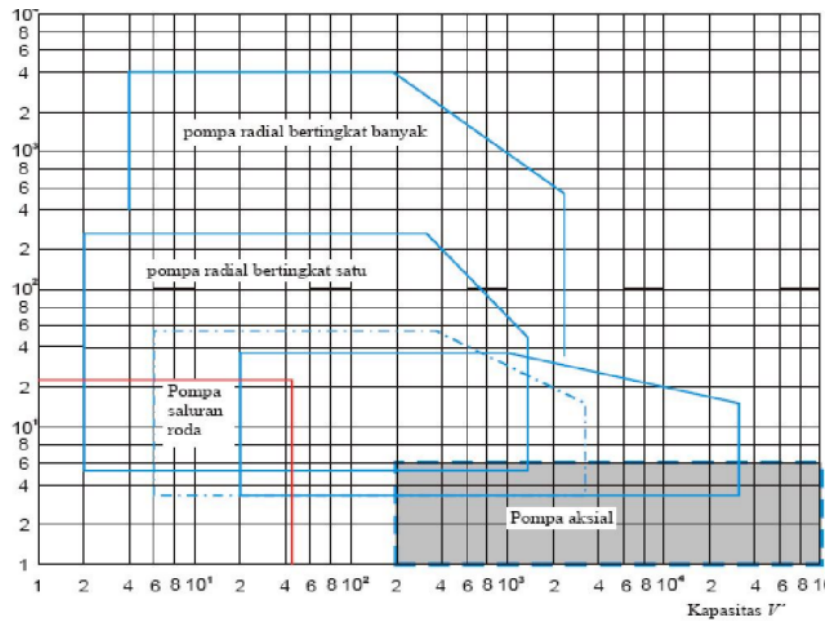


Gambar 2. 33 Instalasi Pompa Paralel [2]

Hal ini ditunjukkan dalam gambar 2. dimana pompa (1) mempunyai kapasitas kecil dan pompa (2) mempunyai kapasitas besar. Jika keduanya dipasang secara paralel maka akan menghasilkan kurva karakteristik (3). Disini untuk kurva *head*-kapasitas sistem R1, akan dicapai titik operasi paralel di (C) dengan laju aliran total sebesar Q. Dalam hal ini pompa (1) beroperasi dititik (D) dengan kapasitas Q1 dan pompa (2) beroperasi dititik (E) dengan kapasitas Q2. Laju aliran total  $Q=Q_1+Q_2$ . Apabila kurva *head*-kapasitas sistem naik lebih curam dari pada R2, maka pompa (1) tidak dapat lagi menghasilkan aliran keluar karena *head* yang dimiliki tidak tinggi untuk melawan *head* sistem. Bahkan jika *head* sistem lebih tinggi dari pada *head* ini maka aliran akan membalik masuk kedalam pompa (1). Untuk mencegah aliran balik ini pompa perlu dilengkapi dengan katup cegah (*check valve*) pada pipa keluarannya. Kondisi operasi seperti ini pada umumnya tidak dikehendaki. Jadi untuk operasi paralel sebaiknya dipakai pompa-pompa dengan *head* tertutup (*shut-offhead*) yang tidak terlalu berbeda.

### 2.16 Pemilihan Pompa Berdasarkan Perhitungan *Head* dan Kapasitas

Didalam beberapa hal, pada kapasitas dan *head* efektif pompa yang diperlukan, terdapat lebih dari satu jenis pada pompa yang bisa dipilih. Maka dari itu bisa dilihat dari diagram dibawah ini <sup>[16]</sup>



Gambar 2. 34 Pemilihan Pompa [16]

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*)

## 2.17 Daya Penggerak

### 2.17.1 Daya Fluida / *Water Horse Power (WHP)*

Merupakan energi yang diterima oleh fluida dari pompa dengan menghasilkan perubahan energi tekanan dan nantinya akan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

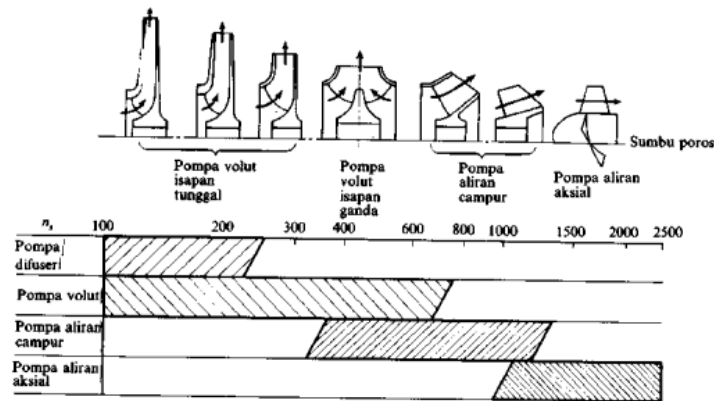
$$WHP = \gamma \times Q_{act} \times H$$

### 2.17.2 Penentuan Putaran Spesifik dan Bentuk *Impeller*

Dengan putaran pompa yang sudah diketahui dari penggerak motornya, sehingga dapat ditentukan putaran spesifiknya dengan menggunakan persamaan:

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

Dengan mengetahui putaran spesifik ini, dapat diketahui jenis pompa dan bentuk *impeller* seperti pada gambar di bawah ini



Gb. 1.3  $n_s$  dan bentuk impeler.

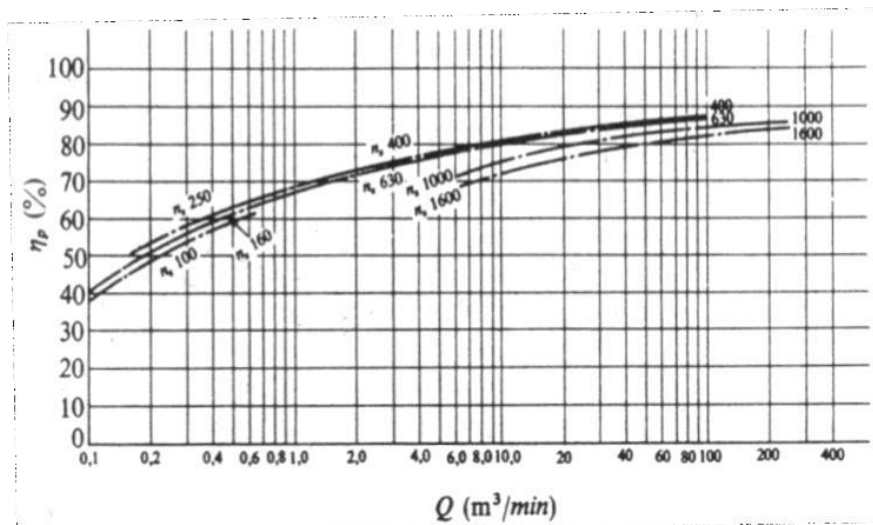
Gambar 2. 35 Penentuan Putaran Spesifik dan Bentuk *Impeller* [2]

Pada gambar diatas diperlihatkan bawah harga  $n_s$  dalam hubungannya dengan bentuk *impeller* yang bersangkutan. Disini juga diberi lihat untuk jenis pompa yang sesuai dengan harga  $n_s$  yang ada. Apabila harga  $n_s$  kecil, maka impeler akan berjenis centrifugal atau radial. Pada lebar saluran di dalam impeler akan bertambah besar apabila harga  $n_s$  bertambah besar. Jika  $n_s$  bertambah lebih lanjut, maka akan dicapai bentuk aliran campur. Dimana aliran ini melalui impeler akan mempunyai arah diagonal atau menyudut terhadap sumbu poros. Apabila  $n_s$  diperbesar lagi maka aliran akan berarah aksial atau sejajar dengan sumbu poros. Pada dasarnya bentuk impeler ditentukan oleh harga  $n_s$ -nya. Tetapi perlu diperhatikan bahwa tidak semua faktor tergantung pada  $n_s$ -nya saja, dikarenakan pada beberapa daerah tertentu dua buah pompa dengan jenis yang berbeda dapat dirancang dari harga  $n_s$  yang sama [2].

### 2.17.3 Daya Poros / *Brake Horse Power (BHP)*

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

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



Gambar 2. 36 Brake Horse Power [2]

Harga-harga standar efisiensi pompa  $\eta_p$  (diberikan dalam gambar diatas). Efisiensi pompa untuk pompa-pompa jenis khusus harus diperoleh dari pabrik pembuatnya.

#### 2.17.4 Daya Nominal Penggerak

Daya nominal dari penggerak yang dipakai untuk menggerakkan pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_m = \frac{p(1 + \alpha)}{\eta_p}$$

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

Tabel 2. 2 Faktor Cadangan [2]

Jenis Penggerak	$\alpha$
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 [2]

Jenis Transmisi		$\eta_T$
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

## 2.18 Pipe Flow Expert

*Pipe flow expert* merupakan sebuah program perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk mendesain perpipaan dan juga pemodelan sistem pipa. *Software* ini bisa digunakan untuk menghitung aliran fluida dalam jaringan pipa terbuka maupun tertutup dengan suatu kapasitas *reservoir* ganda, beberapa pompa yang dihubungkan secara seri dan juga paralel serta beberapa ukuran menghitung laju aliran pada setiap pipa. Dengan menggunakan *software pipe flow expert*, maka selain perhitungan secara manual perhitungan secara numerik pun juga dapat dilakukan.

Pada *software pipe flow expert* ini juga membantu untuk menganalisis dan memecahkan berbagai masalah aliran dan kerugian tekanan. Untuk hasil data input, tampilan informasi *sistem pada software pipe flow expert* dan juga hasil tabelnya dapat ditampilkan dalam satuan numerik ataupun imperial. *Software pipe flow expert* bertujuan untuk membantu *engineer* dalam menganalisis dan menyelesaikan permasalahan aliran dalam pipa *incompressible / fluid flow* mengenai seputar kecepatan aliran, perubahan tekanan dan lain-lain pada seluruh jaringan pipa. Jaringan pipa dapat tertutup maupun jaringan terbuka tidak jadi masalah. *Software pipe flow expert* dapat memungkinkan untuk merencanakan sistem pipa yang rumit dan menganalisis fitur dari sistem ketika aliran terjadi.

*Software pipe flow expert* juga dapat menghitung aliran setimbang dan kondisi tekanan pada sistem, hal ini memungkinkan untuk melakukan suatu analisis sistem alternatif diberbagai kondisi operasi. Hasil yang mampu ditampilkan meliputi:

- *Flow rates for each pipe*
- *Fluid velocities for each pipe*
- *Reynold numbers*
- *Friction factors*

- *Friction pressure losses*
- *Fitting pressure losses*
- *Component pressure losses*
- *Pressures at each node*
- *HGL (Hydraulic Grade Line) values*
- *Pump operating points*
- *NPSHa at pump inlet*

Pada data input dan tampilan informasi sistem dan tabel hasilnya pada *software pipe flow expert* bisa ditampilkan dalam satuan metrik atau imperial sesuai preferensi dan unit khusus untuk setiap item (seperti laju aliran) juga dapat dikonfigurasi dan diatur secara individual sesuai kebutuhan. Dengan menggunakan pemodelan dari *software pipe flow expert* maka disini pengguna diminta untuk melakukan input data seperti material pipa, panjang pipa, elevasi, sumber air, input air dan output air kemudian data *fitting* yang terdapat di pipa. Setelah data ini kita input ke pemodelan, maka pengguna bisa melakukan *calculate* untuk mendapatkan hasil dari pemodelan sistem perpipaan yang kita desain. Data yang dihasilkan dari *software* ini, berikut ini beberapa hasil yang diperoleh:

- Mendapatkan data *pressure drop* di pipa dengan panjang sampai puluhan kilometer.
- Mendapatkan informasi *pressure drop* akibat dari elevasi, *fitting*, sambungan pipa, *tipping* dan *output*.
- Memperoleh data *flowrate* dan *velocity* fluida yang melalui pipa.
- Memperoleh informasi mengenai data pompa seperti *power*, kapasitas pompa hingga pompa yang bisa kita gunakan.



Gambar 2. 37 *Software Pipe Flow Expert* [17]

### 2.18.1 Perhitungan Metode Numerik

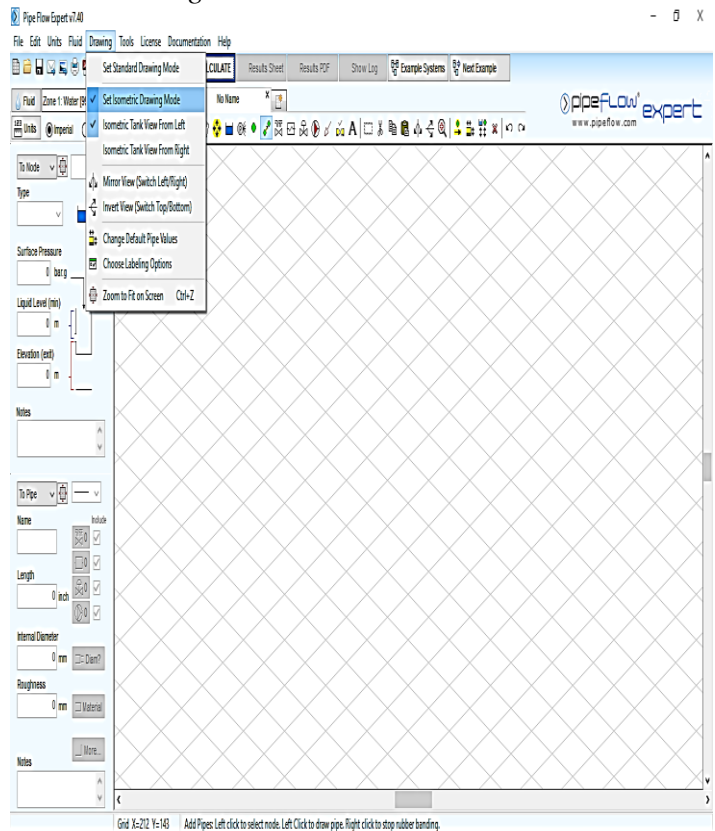
Dalam menghitung sistem suplai air dari telaga sengkung menuju sumur endapan dengan cara metode numerik digunakan *software pipe flow expert v7.40*.



Berikut dijelaskan tahapan – tahapan dalam perhitungan dengan *software pipe flow expert v7.40*.

a. Mengatur Tampilan Awal *Pipe Flow Expert*

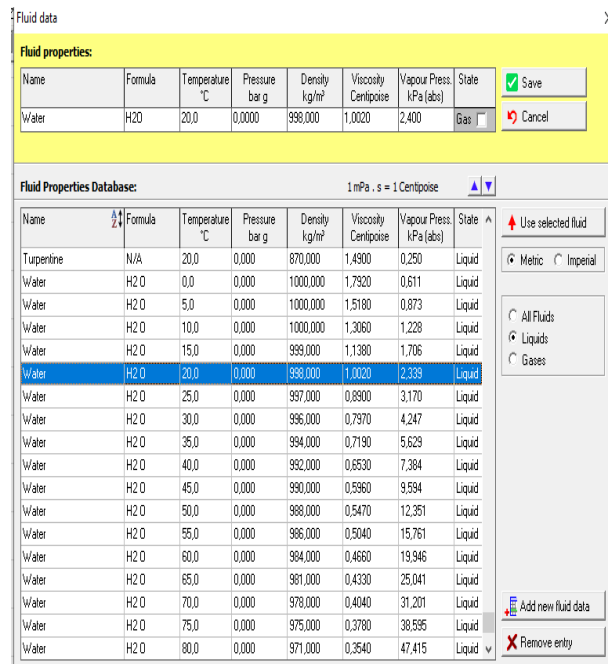
Langkah awal setelah membuka *software pipe flow expert* yaitu dengan mengatur tampilan *drawing pane*. Dalam penelitian ini, tampilan yang digunakan dalam mode isometrik dengan cara klik *drawing* pada menu bar dan pilih *set isometric drawing mode*.



Gambar 2. 38 Tampilan Awal *Pipe Flow Expert* [17]

b. Penentuan Data Fluida

Setelah pengaturan tampilan awal, maka langkah selanjutnya adalah menentukan jenis fluida. Untuk mengubah jenis fluida yang akan digunakan maka dapat diatur dengan cara klik *fluid* pada *menu bar* kemudian pilih *change fluid*. Setelah itu pilih fluida yang akan digunakan. Pada penelitian ini fluida H<sub>2</sub>O, berikut gambar hasil penambahan fluida.



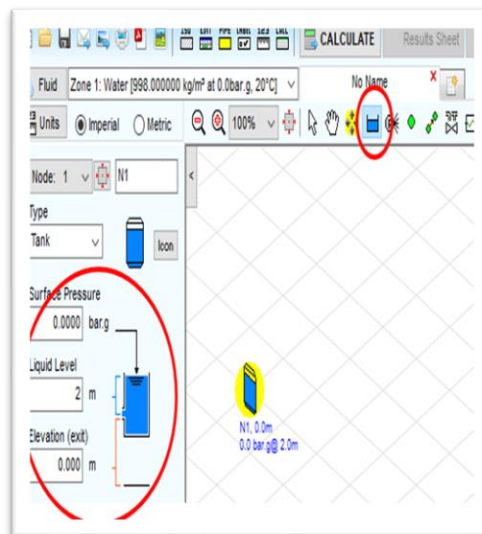
Gambar 2. 39 Pemilihan Jenis Fluida [17]

### 2.18.2 Menggambar Instalasi Perpipaan

Langkah dalam menggambar instalasi *Pipe Flow Expert* yaitu sebagai berikut:

a. Menentukan tangki pada *pipe flow expert*

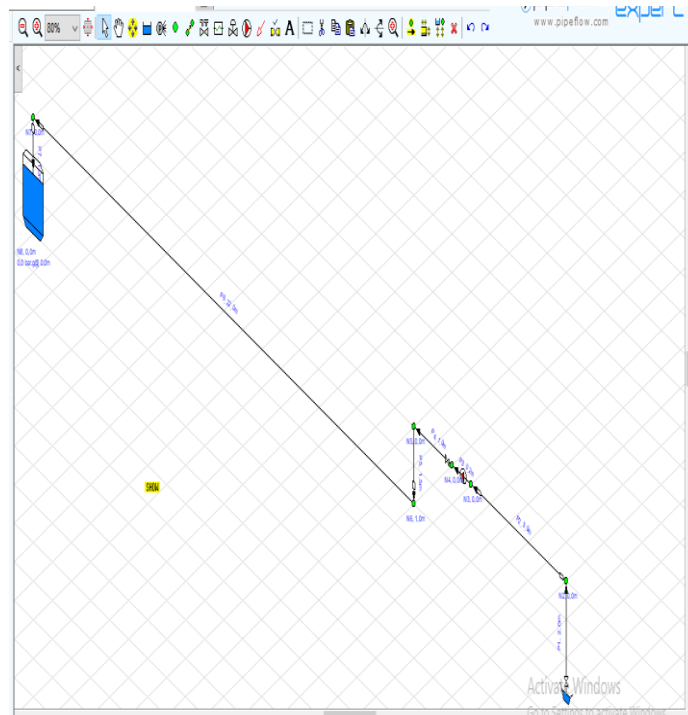
Masukan kapasitas telaga sebagai suplai air tawar dengan diasumsikan sebagai tangki yang direncanakan dengan mengklik ikon tangki pada *toolbar* dan tempatkan pada salah satu titik sebagai acuan awal dimulainya gambar instalasi pipa. Direncanakan titik awal adalah telaga yang diasumsikan sebagai tangki dalam *pipe flow expert*. Tangki di titik awal diatur elevasi dan ketinggian fluidanya. Direncanakan elevasinya 0 m dengan ketinggian fluida 2 m.



Gambar 2. 40 Menambah Tangki [17]

b. Menentukan *node* dan jalur pipa

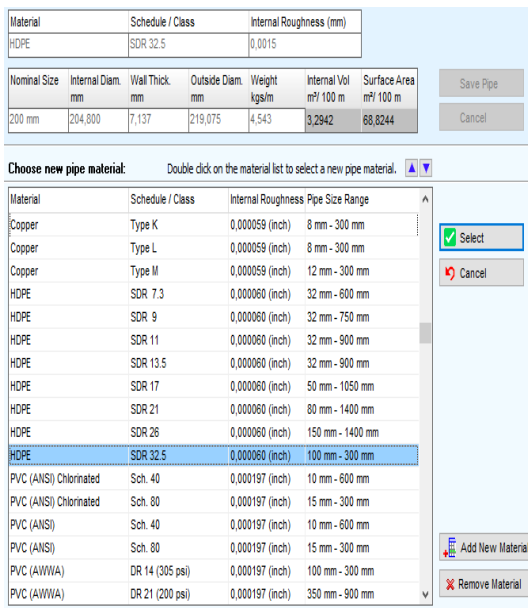
Untuk menggambar jalur pipa maka pilih *node* dan di tempatkan pada titik – titik yang direncanakan dari telaga yang diasumsikan sebagai tangki sampai di titik akhir yaitu sumur endapan yang diasumsikan sebagai tangki akhir. Kemudian titik tersebut disambungkan dengan menggambarkan pipa langsung memilih ikon *add pipe*.



Gambar 2. 41 Menentukan Node dan Pipa [17]

c. Menentukan ukuran, dimensi dan material pipa

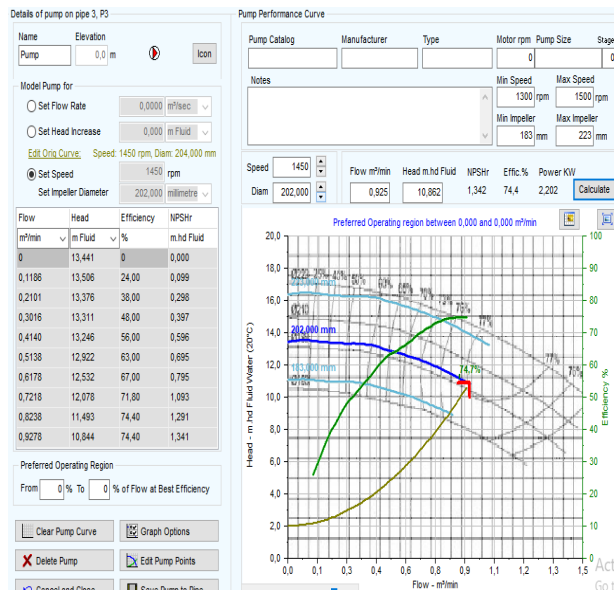
Setelah digambarkan jalur pipanya, maka masukan data pipa sesuai dengan panjang dan dimensi pipa yang direncanakan. Dalam penelitian ini, pipa *suction* memiliki diameter 8 inchi dan pipa *discharge* 6 inchi. Untuk material pipa disesuaikan dengan kebutuhan yang direncanakan sehingga dipilih jenis material pipa HDPE yang kemudian diinput bersama diameter dan panjang pipa sedangkan untuk panjang pipanya sendiri disesuaikan dengan ukuran perencanaan yang ada pada gambar.



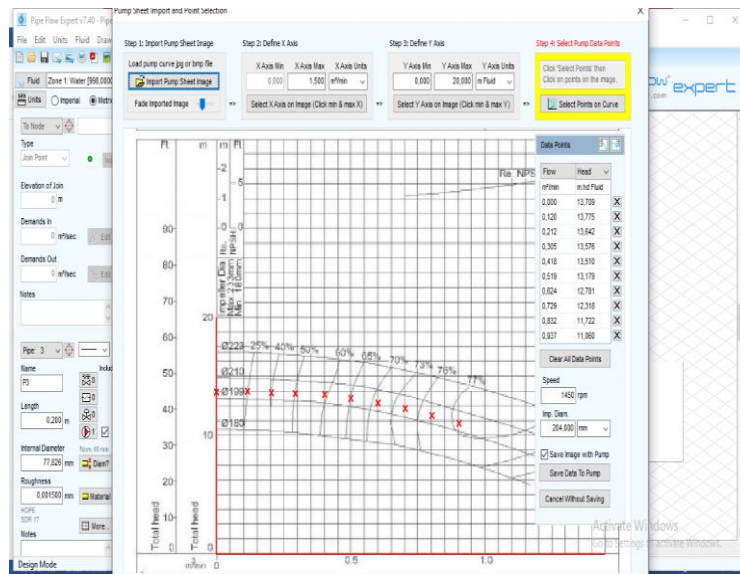
Gambar 2. 42 Menentukan Spesifikasi Pipa [17]

d. Memasukan data pompa

Dalam tahap ini, setelah instalasi pipa tergambar maka menentukan lokasi pompa yang direncanakan dengan cara klik ikon pompa pada menu bar dan klik pada pipa yang akan di beri pompa tersebut. Dalam memasukan data pompa, sebelumnya harus memiliki gambar atau curva karakteristik pompa yang di pilih untuk dimasukan ke dalam data pompa di *pipe flow expert*. Kemudian dilakukan pembuatan curva baru pada *tool box* data pompa dengan memasukan data kapasitas, *head*, efisiensi pompa, dan lain-lain. Hasil dari data pompa yang telah dibuat di *pipe flow expert* seperti pada gambar berikut.



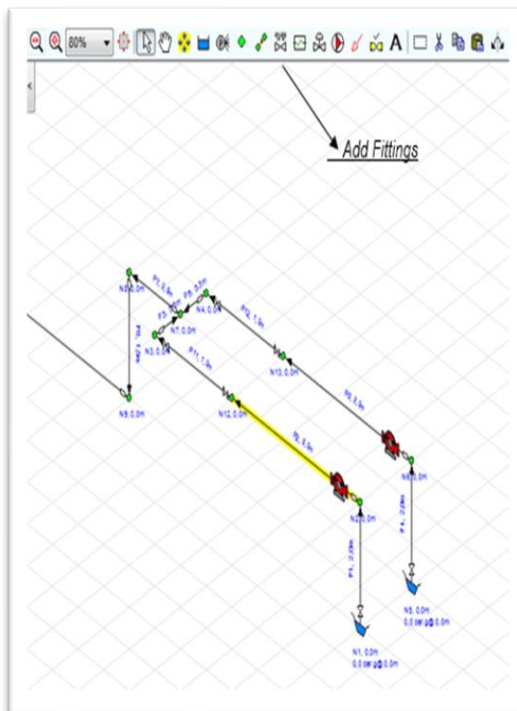
Gambar 2. 43 Insert Kurva Pompa [17]



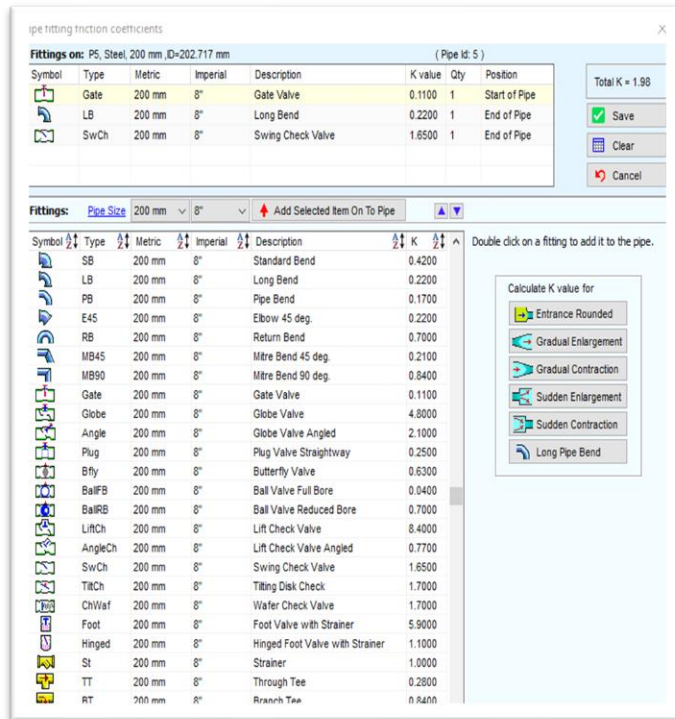
Gambar 2. 44 Hasil Memasukkan Data Pompa [17]

e. Menentukan aksesoris pipa

Untuk memasukan data aksesoris atau *fitting* pipa pada *software pipe flow expert* dengan cara klik ikon *add fitting* dan pilih jenis *fitting* yang direncanakan (mengikuti perencanaan instalasi perpipaan pada gambar 3.1) kemudian pilih lokasi *fitting* pada pipa yang sudah tergambar. Pada *tool box fitting* di *pipe flow expert* sudah tersedia berbagai jenis *fitting* standar dan spesifikasinya.



Gambar 2. 45 Ikon Penambah Aksesoris Pipa [17]



Gambar 2. 46 Memasukan Data Fitting Pipa [17]

F. Hasil Perhitungan *Pipe Flow Expert*

Setelah instalasi pipa sudah tergambar beserta komponen pendukungnya, maka bisa langsung memilih ikon “*CALCULATE*” pada menu bar sehingga software dengan otomatis akan melakukan analisa dan perhitungan. Berikut merupakan gambar hasil analisa dari *software pipe flow expert*.

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure bar.g	Density kg/m <sup>3</sup>	Centistokes	Centipoise	Vapour Pres bar.a	State
1	Water	H2O	20	0	998	1	1,002	0,024	Liquid

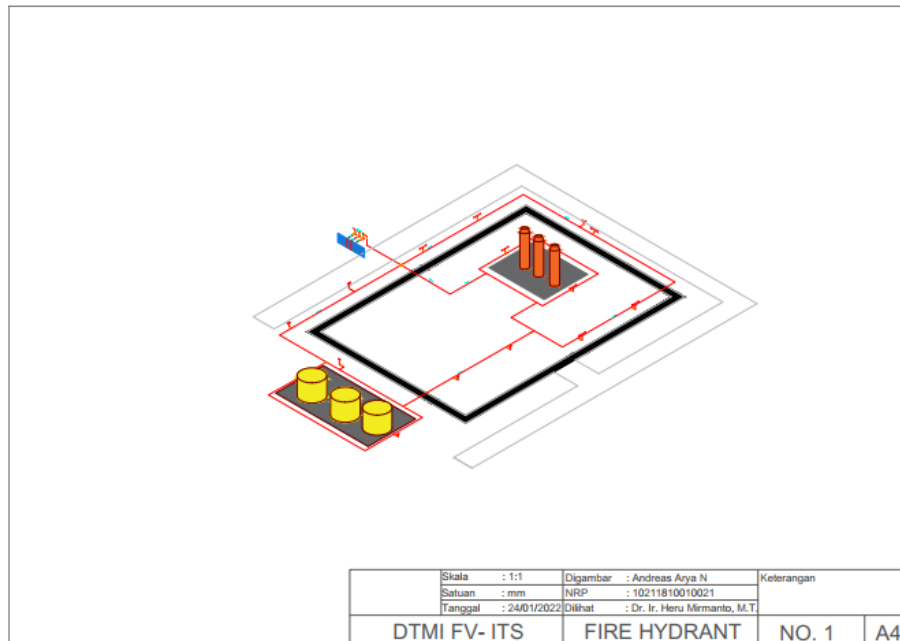
Gambar 2. 47 Fluid Data *Pipe Flow Expert* [17]

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed	Pref. Op From	Pref. Op To	Flow In/Out	Velocity	Suction Pressure	Discharge Pressure	Pump Head (+)	Pump NPSHr	Pump NPSHa	Pump Efficiency	Pump Power
			rpm	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m/sec	bar.g	bar.g	m.hd Fluid	m.hd (absolute)	m.hd (absolute)	Percentage	Kilowatts
3	P3	Pump	1450	0,0000	0,0000	0,0154	3,245	-0,2598	0,8024	10,853	1,341	7,453	74,42	2,2037

Gambar 2. 48 Pump Data *Pipe Flow Expert* [17]

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Gambar Isometri Instalasi *Fire hydrant*



Gambar 3. 1 Instalasi *Fire Hydrant*

### 3.2 Data Observasi

#### 3.2.1 Luas Area Sistem *Power Plant*

Berdasarkan studi lapangan yang dilakukan berdasarkan data existing atau data yang tersedia, didapatkan luas area sistem *power plant* sebesar 10.287 m<sup>2</sup>. Dengan panjang 127 meter dan lebar 81 meter.

#### 3.2.2 Data Jumlah *Hydrant Pillar*

Berdasarkan pengamatan lapangan pada sistem pembangkit ini terdapat 13 buah *hydrant pillar*.

#### 3.2.3 Data Instalasi Pipa *Fire Hydrant*

Berdasarkan studi lapangan yang dilakukan dengan data existing atau data yang tersedia, didapatkan :

- D Pipa *Suction* : DN 250
- D Pipa *Discharge* : DN 200
- L Pipa *Suction* : 10 meter



- L Pipa *Discharge* : 132,85 meter (Jarak terjauh *Hydrant Pillar*)
- Material Pipa : *Black Steel Pipe* ASTM A53 Sch 40
- D Pipa *Suction* (JP) 2” : (50mm)
- D Pipa *Discharge* (JP)2” : 2,5m
- L Pipa *Suction* (JP) : 10 m
- Fitting : Fitting pada sistem instalasi *Fire hydrant* berdasarkan *pipe flow expert* dapat ditunjukkan dibawah ini:

Tabel 3. 1 *Fitting* Aksesoris Instalasi Pipa *Fire hydrant*

Fitting	Diameter (Inch)	K
Elbow	10”	0,42
Elbow	8”	0,42
Gate Valve	8”	0,11
Swing Check Valve	10”	1,55
Swing Check Valve	8”	1,65
Flexible Joint	10”	2,53
Flexible Joint	8”	2,53
Reducer	10” to 5”	1,165
Reducer	10” to 8”	0,069
Foot Valve	10”	5,9
Strainer	10”	1
Hydrant Pillar <i>Discharge</i> <sup>[32]</sup>	2,5”	0,9
Pipe Enter Project	10”	0,78

### 3.2.4 Data Fluida

Berdasarkan data yang didapatkan pada perusahaan serta konsultasi dengan para pegawai, maka fluida yang digunakan pada *Fire hydrant* adalah air tawar. Data fluida terdapat pada (Tabel A-8) “*Introduction to Fluid Mechanics*”, 6<sup>th</sup> edition.

- Fluida kerja : Air
- $\rho$  (*density*) : 1000 kg / m<sup>3</sup>
- Temperatur kerja : 20°C
- Viskositas Kinematik : 1.01 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s

### 3.2.5 Data *Siamese connection*

Berdasarkan pengamatan lapangan dalam sistem pembangkit terdapat 2 buah *siamese connection*.

### 3.2.6 Data Volume Ground Water Tank

Berdasarkan pengamatan lapangan dan data layout instalasi *fire hydrant* pada sistem pembangkit, didapatkan *volume ground water tank* sebesar 700 m<sup>3</sup>

## 3.3 Persiapan Awal

- a. Penentuan tema pada saat awal Proposal Proyek Akhir mengenai “Perancangan Ulang Sistem *Fire hydrant* pada Sistem Pembangkit *Industrial Estate* Daerah Jawa Timur”
- b. Pengajuan tema serta permohonan mengenai persetujuan kepada dosen pembimbing Tugas Akhir atau Proyek Akhir.



- c. Memenuhi prosedur pengambilan data yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

### **3.4 Pengambilan Data**

Untuk pengambilan data dilakukan dengan berdasarkan pada data-data yang diperlukan dalam *analisis* perencanaan instalasi *fire hydrant*. Kegiatan pengambilan data meliputi:

- a. Studi Literatur

Didalam studi literatur ini dapat dipelajari dari buku-buku yang menjadi referensi dalam perencanaan instalasi pompa berdasarkan standar NFPA dan SNI serta literatur dari mata kuliah yang memiliki hubungan dengan tujuan pengambilan tugas akhir ini.

- b. Studi Lapangan

Pada kegiatan ini diartikan untuk mengetahui kondisi area sistem pembangkit untuk merancang system *Fire hydrant*. Dengan adanya pembimbing lapangan dapat diharapkan terjadi komunikasi dua arah yang dapat memberikan gambaran secara jelas data-data yang diperlukan untuk melakukan *analisis* perhitungan.

### **3.5 Perhitungan**

Untuk menyelesaikan pengerjaan Proposal Proyek Akhir ini, dilakukan beberapa perhitungan diantaranya perhitungan kecepatan aliran (V) pada masing-masing instalasi pipa, *head* instalasi pompa (*headloss mayor* (HI) dan *headloss minor* (Hlm), *net positive suction head available* (NPSHA), daya fluida (WHP), putaran spesifik pompa (ns), daya poros (Pshaft), daya motor (Pmotor), dan perhitungan volume *raw water tank*, serta *analisis* pemilihan pompa *fire hydrant*. Perhitungan pada tugas akhir ini menggunakan metode analitis dan juga numerik dengan menggunakan *software pipe flow expert*.

### **3.6 Pemilihan Fire hydrant Pump**

Pada pemilihan pompa ini dilakukan dengan cara memplot hasil dari diketahui kapasitas (Q), dan juga perhitungan *head* efektif instalasi (Heff) yang telah dilakukan kedalam kurva unjuk kerja pompa (kurva H-Q pompa).

### **3.7 Kesimpulan**

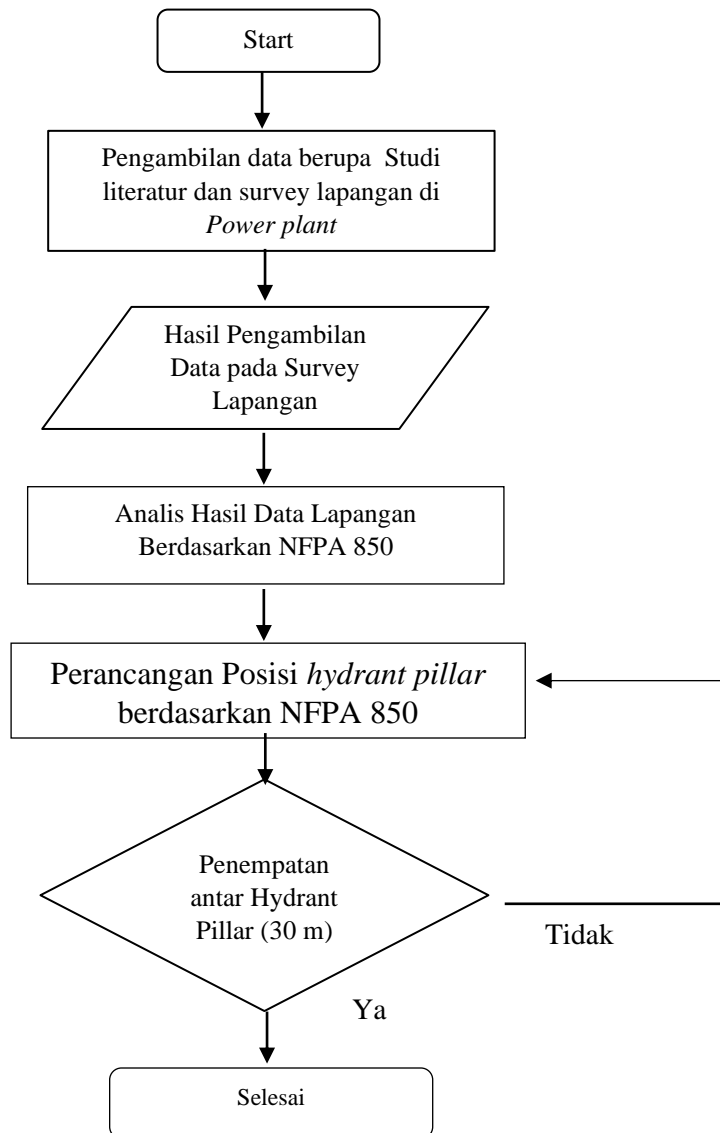
Untuk pengambilan kesimpulan dan juga saran dilakukannya berdasarkan *analisis* dan perhitungan pada instalasi perpipaan dan *analisis* pemilihan pompa *Fire hydrant*.

### **3.8 Urutan Pengerjaan Menggunakan Flow Chart**

Dalam perencanaan ulang *fire hydrant system* di sistem pembangkit, penulis menggunakan diagram alir perencanaan seperti dibawah ini :

### 3.8.1 Diagram Alir Perancangan Ulang Posisi *Hydrant Pillar* Berdasarkan Standar NFPA dan SNI

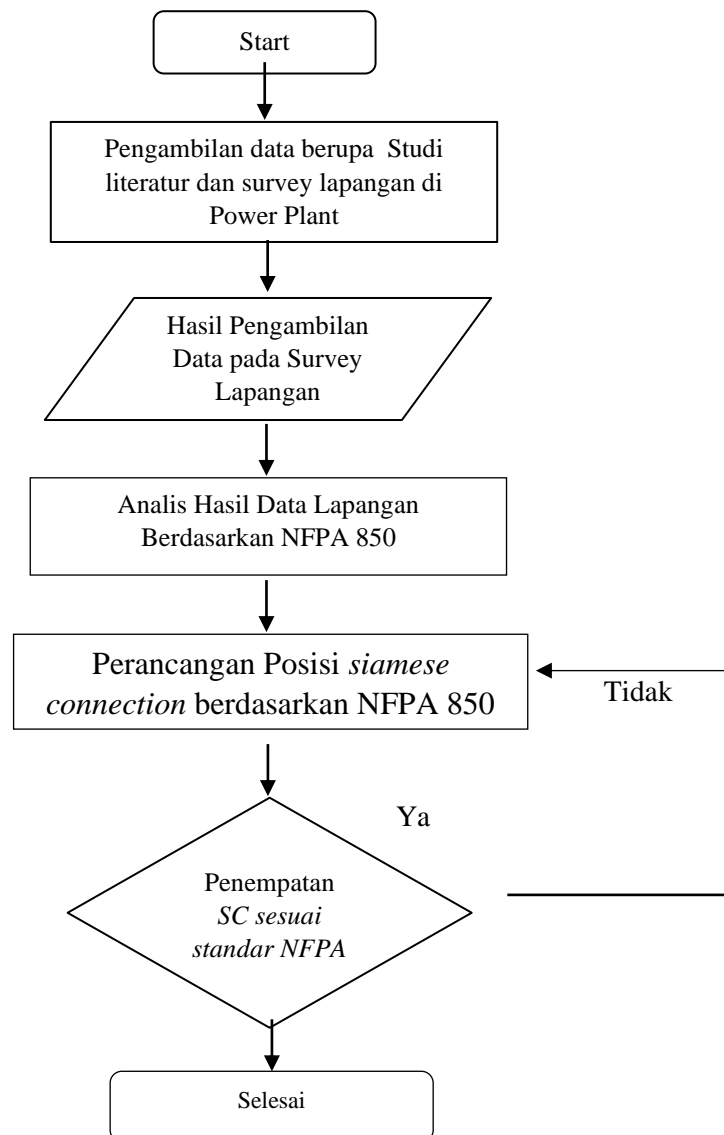
Berdasarkan pengamatan lapangan pada sistem *power plant*, jarak pemasangan antar *hydrant pillar* sangat dekat dan tidak terdapat *hydrant pillar* dalam suatu bagian yang dapat memicu terjadinya kebakaran. Berikut merupakan diagram alir peletakan *hydrant pillar* sesuai dengan standar NFPA 850 dan SNI



Gambar 3.2 Diagram Alir Evaluasi *Hydrant Pillar* Standar NFPA & SNI

### 3.8.2 Diagram Alir Perancangan Ulang Posisi *Siamese Connection* Berdasarkan Standar NFPA dan SNI

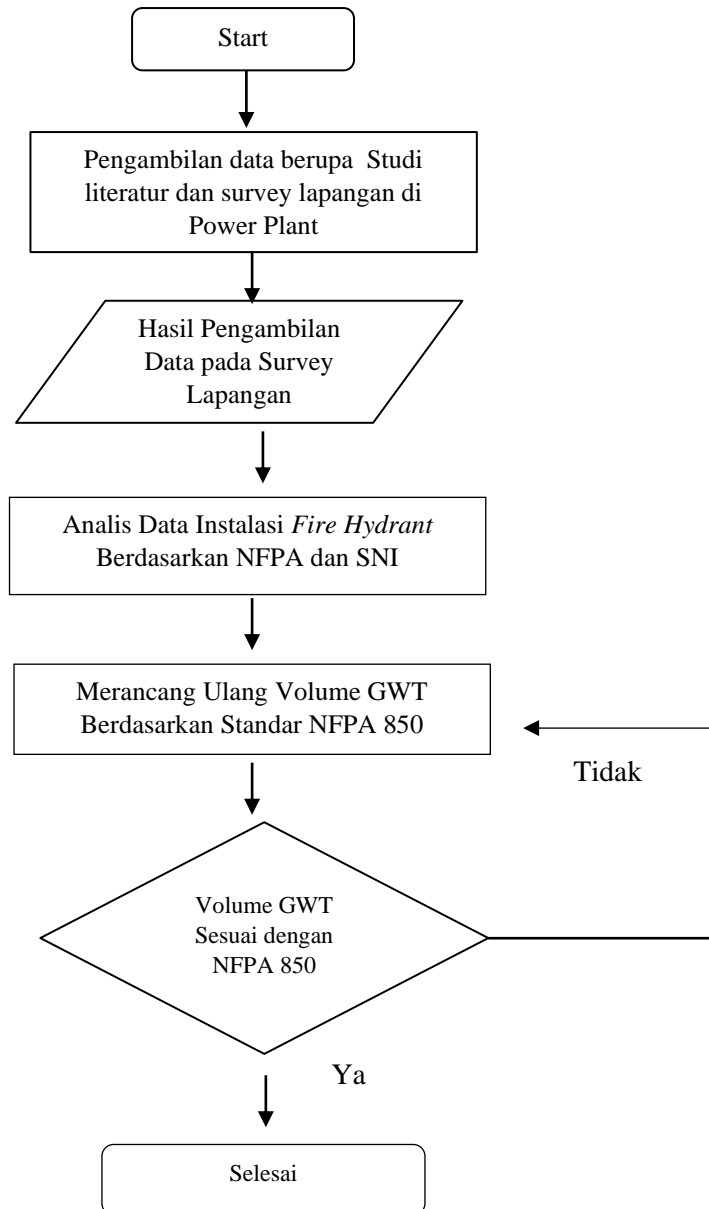
Berdasarkan pengamatan lapangan, didapatkan dua buah *siamese connection* dalam instalasi *fire hydrant*. Dimana *siamese connection* ini tidak terhubung dengan mobil dinas pemadam kebakaran setempat dan posisi penempatan *siamese connection* ini cukup susah untuk dijangkau oleh *fireman*. Berdasarkan standar NFPA dan SNI, peletakan posisi *siamese connection* harus diletakkan posisi yang aman agar mempermudah mobilitas *fireman* serta mobil pemadam kebakaran. Berikut merupakan diagram alir perancangan ulang posisi *siamese connection* :



Gambar 3. 3 Diagram Alir Perancangan *Siamese Connection*

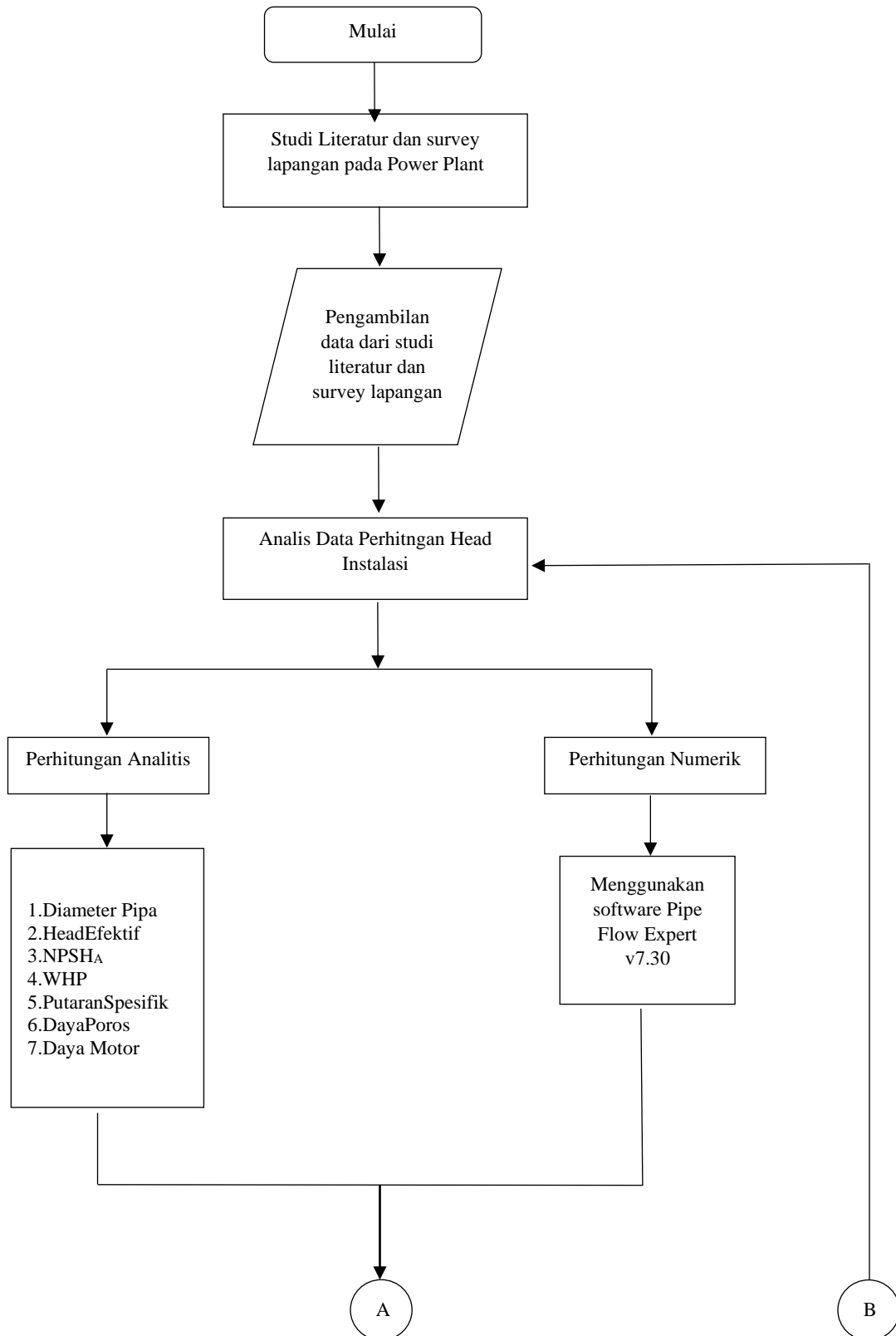
### 3.8.3 Diagram Alir Perancangan Ulang Volume GWT Berdasarkan Standar NFPA dan SNI

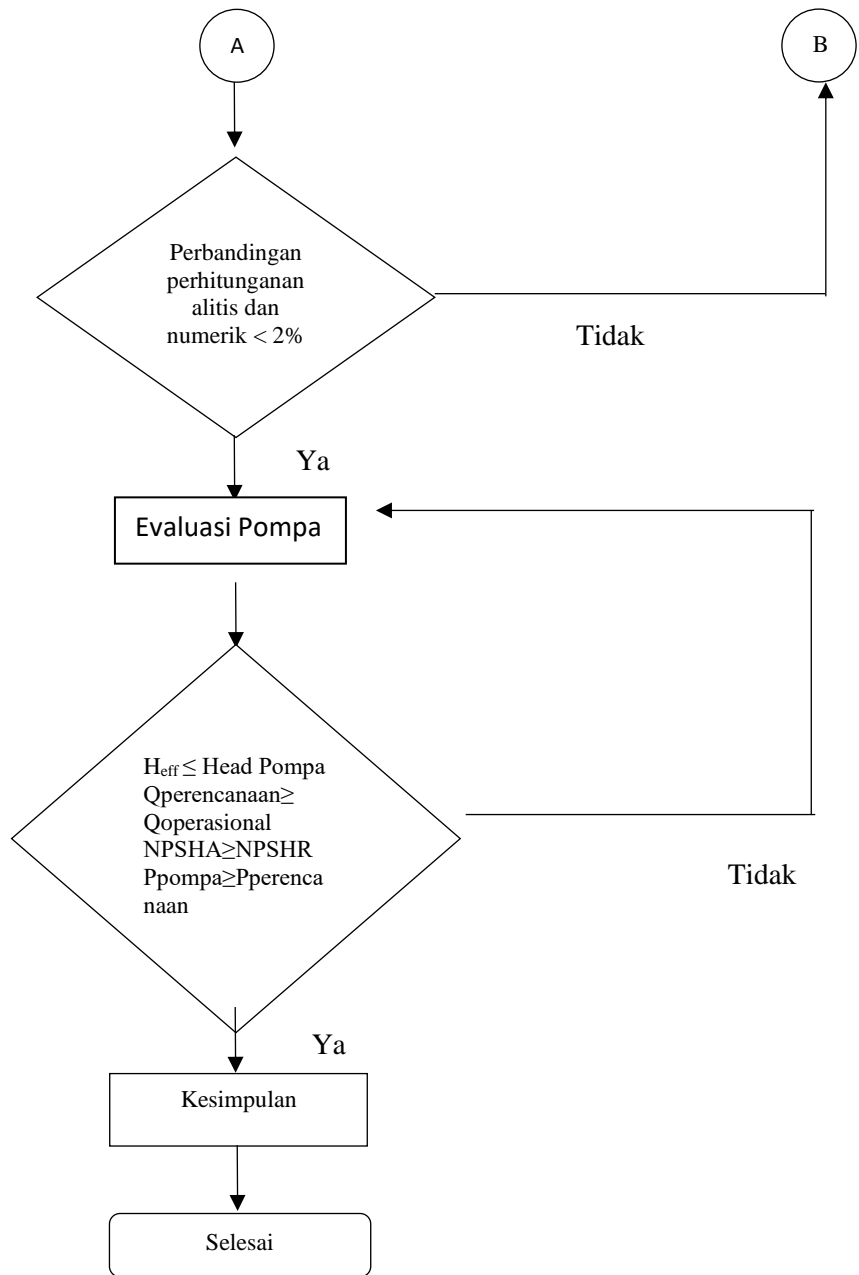
Berdasarkan pengamatan lapangan, didapatkan volume GWT dalam sistem *fire hydrant* sebesar 700m<sup>3</sup>. Berdasarkan standar NFPA 850, GWT ini harus mampu mencukupi kebutuhan air minimal selama 120 menit. Penulis melakukan perhitungan ulang pada GWT yang sesuai dengan standar NFPA 850.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Evaluasi Volume GWT Standar NFPA & SNI

### 3.8.4 Diagram Alir Perhitungan Analitis

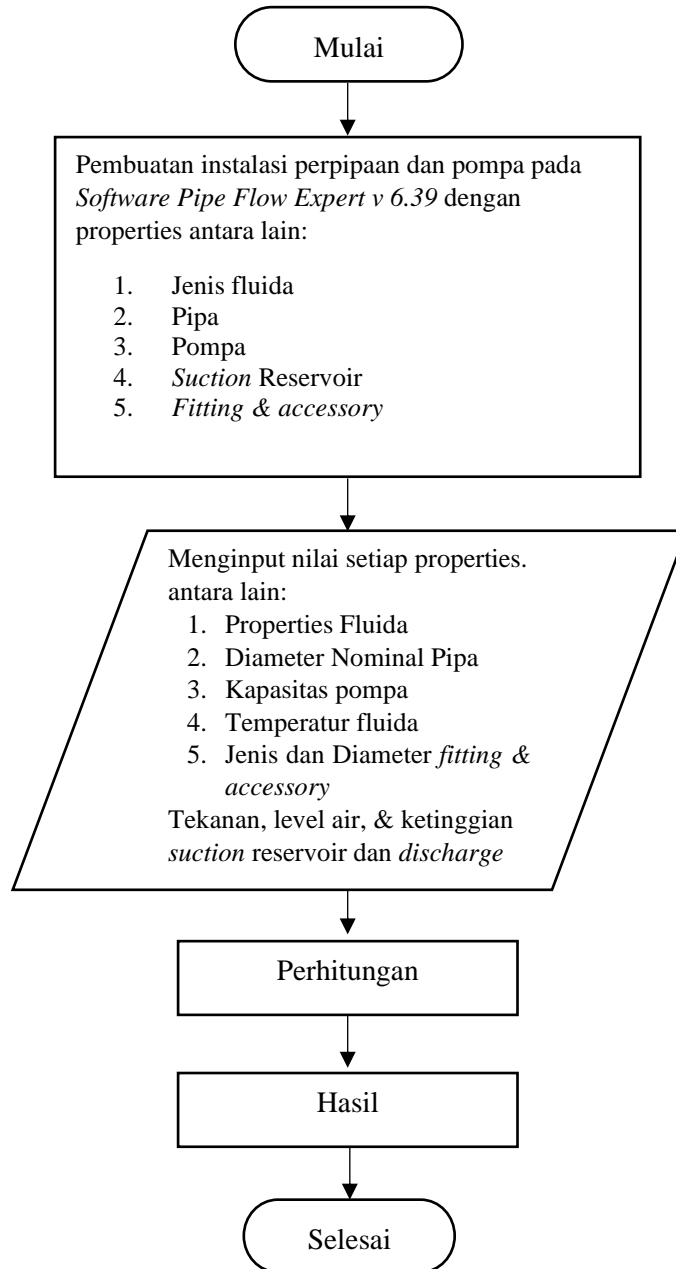




Gambar 3.5 Diagram Alir Analitis

### 3.8.5 Diagram Alir Perhitungan Numerik

Adapun langkah-langkah perhitungan numeric dengan software pipe flow expert dalam pengerjaan Proposal Proyek Akhir ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. 6 Diagram Alir Numerik

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Pada bab berikut ini akan diberikan analisa dan pembahasan tentang perancangan ulang sistem *fire hydrant* dalam sebuah *power plant*. Analisa dan pembahasan ini meliputi perancangan ulang posisi *hydrant pillar*, perancangan ulang posisi *siamese connection*, perancangan ulang volume *ground water tank* (*reservoir*), serta melakukan analisa pemilihan pompa *fire hydrant* berdasarkan standar sistem proteksi kebakaran NFPA dan SNI.

#### **4.1. Umum**

Dalam sebuah *power plant* ini mempunyai beberapa bagian yang cukup rawan untuk memicu terjadinya sebuah kebakaran diantaranya yaitu terdapat turbin gas dan tangki penyimpanan bahan bakar. Oleh karena itu dalam *power plant* ini, instalasi *fire hydrant* mempunyai fungsi untuk mencegah terjadinya kebakaran besar.

#### **4.2. Perancangan Ulang Instalasi Sistem Fire Hydrant**

##### **4.2.1. Perancangan Ulang Posisi Hydrant Pillar dan Siamese Connection**

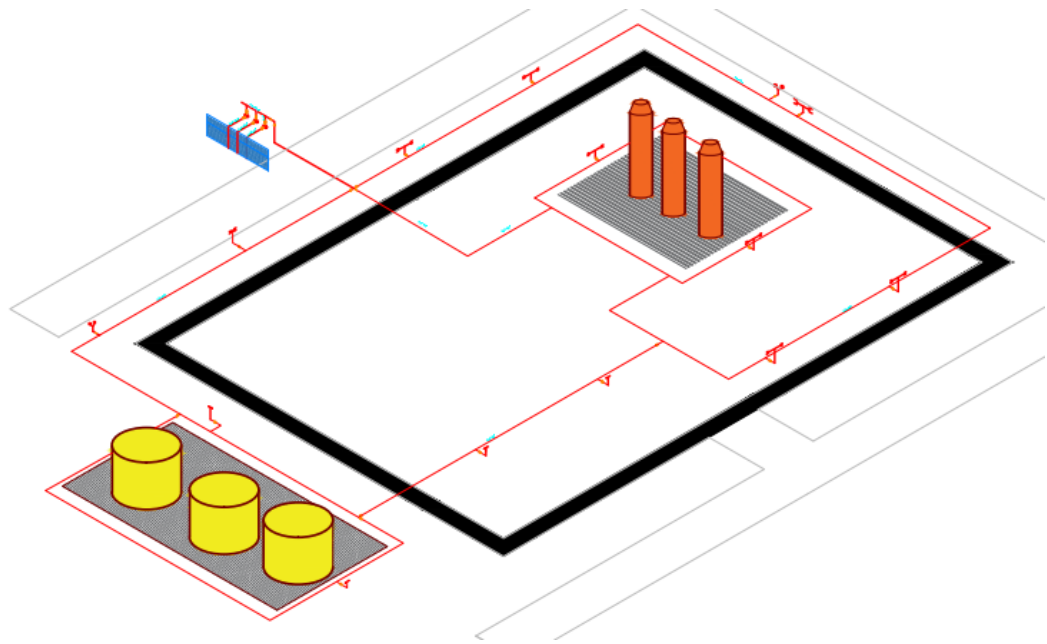
###### **A. Hydrant Pillar**

Berdasarkan data *layout instalasi fire hydrant power plant*, terdapat 12 buah *hydrant pillar*. Dimana posisi *hydrant pillar* ini sangat berdekatan dan jangkauan tidak merata. Tentunya hal ini tidak sesuai dengan standar NFPA 850, dimana jarak antar *hydrant pillar* harus mempunyai radius jangkauan antara 30-91 meter. Maka pada sistem instalasi *fire hydrant* ini, penulis menggunakan jarak 30 meter untuk peletakan posisi setiap *hydrant pillar* dengan posisi yang terbagi merata pada bagian yang rawan memicu terjadinya sebuah kebakaran. Namun penempatan serta banyaknya *hydrant pillar* disesuaikan dengan kondisi lapangan. Posisi penempatan *hydrant pillar* dapat dilihat pada gambar 4.1 Jadi untuk satu *power plant* dibutuhkan 12 buah *hydrant pillar*. Ketika terjadi sebuah kebakaran pada satu area, maka yang digunakan adalah 2 buah *hydrant pillar*. Dimana setiap *hydrant pillar* mempunyai kapasitas minimal 1900 L/min [7.2.1 NFPA 850] dan tekanan sebesar 6,9 bar [7.8.1 SNI 03-1745-2000]

###### **B. Posisi Siamese Connection**

Berdasarkan data lapangan, peletakan posisi *siamese connection* ini cukup sulit dijangkau dan lokasinya sangat tidak aman bagi *fire brigade* apabila dalam satu lokasi tersebut terjadi sebuah kebakaran. Sehingga dari hal tersebut, *siamese connection* harus diletakkan di pinggir jalan dan pada posisi yang cukup aman. Berikut merupakan gambar dari perancangan ulang posisi *siamese connection*.





Gambar 4. 1 Posisi Hydrant Pillar dan Siammese Connection

#### 4.2.2. Perancangan Ulang Volume *Ground Water Tank*

*Reservoir* harus mampu menyimpan volume air minimal selama 2 jam pada saat memadamkan api [7.2.1 NFPA 850]. Apabila saat terjadi kebakaran, kedua hydrant pillar yang beroperasi dengan kapasitas 1900 L/min maka volume GWT yang dibutuhkan sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume WT} &= \sum_{\text{HP}} Q \times t \\
 &= 2 \times 1900 \text{ L/min} \times 120 \text{ menit} \\
 &= 456.000 \text{ L} \\
 &= 456 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

#### 4.3. Perencanaan Sistem Distribusi *Fire Hydrant*

Instalasi sistem *fire hydrant* dalam *power plant* membutuhkan debit yang cukup besar untuk memadamkan api apabila terjadi kebakaran. Hal ini disebabkan karena dalam *power plant* ini terdapat turbin gas dan tangki penyimpanan bahan bakar, yang apabila terjadi kebakaran dapat menimbulkan kebakaran yang sangat besar dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk memadamkannya.

##### 4.3.1. Perhitungan Kapasitas

Apabila saat terjadi kebakaran, 2 hydrant pillar beroperasi dengan kapasitas setiap hydrant pillar 1900 L/min maka kapasitas yang dibutuhkan sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas} &= 2 \text{ hydrant Pillar} \times 1900 \text{ L/min} \\
 &= 3800 \text{ L/min}
 \end{aligned}$$

##### 4.3.2 Perhitungan Diameter Pipa

###### A. Perhitungan Diameter Pipa *Suction*

Diketahui data sebagai berikut:

- Kapasitas = 3800 L/min (2 Hydrant Pillar)

$$= 0,063 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Bahan Pipa = *Black Steel Pipe (Galvanized Iron)*

- Kecepatan Aliran Rekomendasi = 1,5 m/s

Sehingga untuk menghitung kecepatan aliran pada pipa *suction* dituliskan rumus sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,063 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 1,5 \text{ m/s}}}$$

$$D = 0,231 \text{ m}$$

$$= \frac{231 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} = 9,24 \text{ inch} = 10 \text{ inch} = 250 \text{ mm}$$

Dengan melakukan penyesuaian pipa yang terdapat di pasaran dan menurut standard Fire Hydrant, maka dipilih pipa dengan jenis Black Steel Pipe (ANSI) SCH 40 dengan *nominal size* 250mm dengan *internal diameter* 254mm.

Dengan demikian kecepatan aliran pada daerah *suction* dapat diketahui dari perhitungan berikut:

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

$$\bar{V} = \frac{4 \times 0,0633 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi \times (0,254 \text{ m})^2} = 1,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kecepatan aliran yang diizinkan untuk pipa *suction* minimal 0,6 m/s dan maksimal 1,5 m/s. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai kecepatan aliran pada pipa *suction* yang didapatkan sudah memenuhi batas kecepatan yang diizinkan.

## B. Perhitungan Diameter Pipa *Discharge*

Diketahui data sebagai berikut:

- Kapasitas = 3800 L/min (*2 Hydrant Pillar*)

$$= 0,063 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Bahan Pipa = *Black Steel Pipe (Galvanized Iron)*

- Kecepatan Aliran Rekomendasi = 3 m/s

Sehingga untuk menghitung kecepatan aliran pada pipa *suction* dituliskan rumus sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,063 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 3 \text{ m/s}}}$$

$$D = 0,16355 \text{ m}$$

$$= \frac{163,55 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} = 6,4 \text{ inch} = 8 \text{ inch}$$

Dengan melakukan penyesuaian pipa yang terdapat di pasaran dan menurut standard *fire hydrant*, maka dipilih pipa dengan jenis *Black Steel Pipe* (ANSI) SCH 40 dengan *nominal size* 200mm dengan *internal diameter* 202,7 mm.

Dengan demikian kecepatan aliran pada daerah *suction* dapat diketahui dari perhitungan berikut:

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

$$\bar{V} = \frac{4 \times 0,0633 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi \times (0,2027 \text{ m})^2} = 1,95 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Sesuai dengan kecepatan aliran yang diizinkan untuk pipa *discharge* minimal 1,5 m/s dan maksimal 3 m/s. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai kecepatan aliran pada pipa *discharge* yang didapatkan sudah memenuhi batas kecepatan yang diizinkan.

### C. Perhitungan Diameter Pipa Header

Diketahui kapasitas yang dibutuhkan dalam sebuah instalasi *Fire Hydrant* sebesar 3800L/min (0,063 m/s). Berikut merupakan rumus untuk menentukan ukuran diameter pipa *header* <sup>[1]</sup>

$$D_{\text{header}} = 0,87 \times \text{TotalQ}^{0,5}$$

$$= 0,87 \times (0,063)^{0,5}$$

$$= 218 \text{ mm}$$

Karena pada standard *Black Steel Pipe* Sch 40 tidak terdapat ukuran tersebut, maka dipilih pipa dengan ukuran 254,5mm (10 inch).

## 4.3.3 Perhitungan Head Loss Pipa Suction

### A. Head Loss Mayor Pipa Suction (10")

Besarnya *head loss major* didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut:

$$HL = \left( f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right)$$

Diketahui data data sebagai berikut:

- $L_{\text{suction}} = 10 \text{ m}$
- $D_{\text{suction}} = 0,2545 \text{ m}$
- $\bar{V} = 1,24 \text{ m/s}$

Untuk harga koefisien gesek dapat ditentukan dari *Reynold Number* (RE).

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

Temperatur air yang digunakan pada proses pemadaman api adalah 20 °C <sup>[14]</sup>. Diketahui bahwa viskositas kinematis  $1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  <sup>[3]</sup>

$$Re = \frac{1,24 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,2545 \text{ m}}{1,01 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Re = 3,1245 \times 10^5 \text{ (Turbulen)}$$

Untuk material pipa *fire hydrant* yaitu, *black steel pipe* didapatkan nilai kekasaran sebesar 0,046 mm ( $4,5 \times 10^{-5} \text{m}$ ) [3]. Maka besar *relative roughness* adalah sebagai berikut :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{4,5 \times 10^{-5} \text{m}}{0,2545 \text{ m}} = 1,771 \times 10^{-4}$$

Dengan mengetahui harga Re dan *relative roughness* dari *colebrook equation* maka untuk mendapatkan harga f menggunakan persamaan *colebrook* sebagai berikut:

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

Untuk menyelesaikan *colebrook equation*, dilakukan iterasi dengan menggunakan program Ms. Excel. Dapat ditunjukkan pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4. 1 Iterasi *Colebrook* Pipa Suction dengan Ms. Excel

Friction Factor Suction					
F <sub>asumsi</sub>	Re	$\frac{\varepsilon}{D}$	F <sub>akhir</sub>	$\Delta F$	Error
0,010000	312450	0,000177	0,016502403	0,00650240	39,40
0,016502	312450	0,000177	0,015965305	-0,00053710	-3,36
0,015965	312450	0,000177	0,015998322	0,00003302	0,21
0,015998	312450	0,000177	0,015996251	-0,00000207	-0,01
0,015996	312450	0,000177	0,015996380	0,00000013	0,00

Maka hasil dari iterasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 didapatkan nilai f = 0,014067162. Sehingga, untuk menghitung *head loss mayor suction* adalah

$$HI = \left( 0,015996380 \times \frac{10 \text{ m}}{0,2545 \text{ m}} \times \frac{(1,24 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$HI = 0,0492586 \text{ m}$$

### B. Head Loss Minor Pada Pipa Suction (10")

Harga K dalam *fitting pipa discharge*, diperoleh dari tabel 3.1 *minor losses coefficient* menggunakan *software pipe flow expert*. Untuk *nominal pipe size* diameter 10inch dengan internal diameter sebesar 0,2545 m. Diketahui beberapa *fitting* dalam pipa *suction* sebagai berikut :

Tabel 4. 2 *Headloss Minor* Pipa Suction

Jenis Fitting	Nilai Fitting	Jumlah	n x K
<i>Elbow 90°</i>	0,42	1	0,42
<i>Strainer</i>	1	1	1
<i>Pipe Enter Project</i>	0,78	1	0,78
<i>Foot Valve</i>	5,9	1	5,9
<i>Reducer 10" to 5"</i>	2,86	1	2,86
<i>Flexible Joint</i>	2,53	1	2,53
Total			13,49

Besarnya *head loss minor* pada pipa *suction* didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma H_{lm} &= K \frac{V^2}{2g} \\ \Sigma H_{lm} &= 13,49 \frac{(1,24 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} \\ \Sigma H_{lm} &= 1,057198 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 4.3.4. Head Loss Pada Pipa Discharge 8"

##### A. Head Loss Mayor

Besarnya *head loss mayor* didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut:

$$Hl = \left( f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right)$$

Diketahui data sebagai berikut :

- L = 122,8 m (Jarak Hydrant Pillar terjauh)
- $D_{discharge}$  = 0,2027 m (ASTM A-53 Pipe Schedule 40)
- $\bar{V}$  = 1,95 m/s

Untuk harga koefisien gesek dapat ditentukan dari *Reynould Number* (RE).

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

Temperatur air yang digunakan pada proses pemadaman api adalah 20 °C<sup>[14]</sup>. Diketahui bahwa viskositas kinematis  $1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ <sup>[3]</sup>

$$\begin{aligned}Re &= \frac{1,95 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,2027 \text{ m}}{1,01 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \\ Re &= 3,95265 \times 10^5 \text{ (Turbulen)}\end{aligned}$$

Untuk material pipa *fire hydrant* yaitu, *black steel pipe* didapatkan nilai kekasaran sebesar 0,045 mm ( $4.5 \times 10^{-5} \text{ m}$ ). Maka besar *relative roughness* adalah sebagai berikut :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{4,5 \times 10^{-5} \text{ m}}{0,2027 \text{ m}} = 2,2 \times 10^{-4}$$

Dengan mengetahui harga Re dan *relative roughness* dari *colebrook equation* maka untuk mendapatkan harga f menggunakan persamaan *colebrook* sebagai berikut :

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

Untuk menyelesaikan *colebrook equation*, dilakukan iterasi dengan menggunakan program Ms. Excel. Dapat ditunjukkan pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4. 3 Iterasi *Colebrook* Pipa *Discharge* pada Ms. Excel

Friction Factor (8")					
F <sub>asumsi</sub>	Re	$\frac{\epsilon}{D}$	F <sub>akhir</sub>	$\Delta F$	Error
0,010000	395265	0,000220000	0,01635065	0,00635065	38,84
0,016351	395265	0,000220000	0,01592541	-0,00042523	-2,67
0,015925	395265	0,000220000	0,01594644	0,00002103	0,13
0,015946	395265	0,000220000	0,01594539	-0,00000106	-0,01
0,015945	395265	0,000220000	0,01594544	0,00000005	0,00

Maka hasil dari iterasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 didapatkan nilai  $f = 0,015945585$ . Sehingga, untuk menghitung *head loss mayor discharge* adalah :

$$\begin{aligned}
 Hl &= \left( 0,015945544 \times \frac{123,1 \text{ m}}{0,2027 \text{ m}} \times \frac{(1,95 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) \\
 Hl &= 1,876787 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### B. Head Loss Minor Pipa Discharge 8"

Harga K dalam fitting pipa *discharge*, diperoleh dari tabel 3.1 *minor losses coefficient* menggunakan *software pipe flow expert*. Untuk nominal pipe size diameter 8 inch dengan *internal* diameter sebesar 0,2027 m. Diketahui beberapa *fitting* / aksesoris dalam pipa *discharge* sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Headloss Minor Pipa Discharge

Jenis Fitting	Nilai Fitting	Jumlah	n x K
<i>Elbow 90</i>	0,42	4	1,680
<i>Through Tee</i>	0,28	2	0,560
<i>Gate Valve</i>	0,11	2	0,220
<i>Swing Check Valve</i>	1,65	1	1,65
<i>Flexible Joint</i>	2,53	2	5,06
<i>Branch Tee</i>	0,84	3	2,520
Total			11,69

Besarnya *head loss minor* pada pipa *discharge* didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \sum H_{lm} &= K \frac{V^2}{2g} \\
 \sum H_{lm} &= 11,69 \frac{(1,95 \text{ m/s})^2}{2 (9,81 \text{ m/s}^2)} \\
 \sum H_{lm} &= 2,265 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.5. Head Loss Pipa Header 10"

##### A. Head Loss Mayor

Besarnya *head loss major* didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut:

$$HI = \left( f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right)$$

Diketahui data data sebagai berikut:

- $L_{Header} = 6 \text{ m}$
- $D_{Header} = 0,2545 \text{ m}$

Rumus kecepatan aliran adalah:

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

$$v = \frac{0,063 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \pi \times (0,2545 \text{ m})^2}$$

$$V = 1,25 \text{ m/s}$$

Untuk harga koefisien gesek dapat ditentukan dari *Reynold Number* (RE).

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

Temperatur air yang digunakan pada proses pemedaman api adalah  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  [14].

Diketahui bahwa viskositas kinematis  $1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  [3]

$$Re = \frac{1,25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,2545 \text{ m}}{1.01 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Re = 3,149 \times 10^5 \text{ (Turbulen)}$$

Untuk material pipa *fire hydrant* yaitu, *black steel pipe* didapatkan nilai kekasaran sebesar  $0,045 \text{ mm}$  ( $4,5 \times 10^{-5} \text{ m}$ ) [3]. Maka besar *relative roughness* adalah sebagai berikut :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{4,5 \times 10^{-5} \text{ m}}{0,2545 \text{ m}} = 1,771 \times 10^{-4}$$

Dengan mengetahui harga Re dan *relative roughness* dari *colebrook equation* maka untuk mendapatkan harga f menggunakan persamaan *colebrook* sebagai berikut:

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

Untuk menyelesaikan *colebrook equation*, dilakukan iterasi dengan menggunakan program Ms. Excel. Dapat ditunjukkan pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4. 5 Iterasi *Colebrook* Pipa Header pada Ms. Excel

Friction Factor Header					
F <sub>asumsi</sub>	Re	$\frac{\varepsilon}{D}$	F <sub>akhir</sub>	$\Delta F$	Error
0,010000	314970	0,0000177	0,016502403	0,00650240	39,40
0,016502	314970	0,0000177	0,015965305	-0,00053710	-3,36
0,015965	314970	0,0000177	0,015998322	0,00003302	0,21
0,015998	314970	0,0000177	0,015996251	-0,00000207	-0,01
0,015996	314970	0,0000177	0,015996380	0,00000013	0,00

Maka hasil dari iterasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.5 didapatkan nilai  $f = 0,014067162$ . Sehingga, untuk menghitung *head loss mayor suction* adalah

$$HI = \left( 0,015981518 \times \frac{6 \text{ m}}{0,2545 \text{ m}} \times \frac{(1,25 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$HI = 0,000795995 \text{ m}$$

### B. Head Loss Minor

Harga K dalam fitting pipa *discharge*, diperoleh dari tabel 3.1 *minor losses coefficient* menggunakan software pipe flow expert. Untuk nominal pipe size diameter 10" dengan *internal* diameter sebesar 0,2545 m. Diketahui beberapa fitting dalam pipa *discharge* sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Head Loss Minor Pipa Header

Jenis Fitting	Nilai Fitting	Jumlah	n x K
Through Tee	0,28	2	0,56
Reducer 10" to 8"	0,09	1	0,09
Total			0,65

Besarnya *head loss minor* pada pipa *discharge* didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut :

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

$$\sum H_{lm} = 0,65 \frac{(1,25 \text{ m/s})^2}{2 (9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$\sum H_{lm} = 0,051768 \text{ m}$$

### 4.3.6. Head Loss Pipa Discharge 4"

Berdasarkan standar NFPA 25 sebelum air masuk melalui hydrant pillar, maka terdapat pipa percabangan diameter 4" maka dari itu perlu dihitung besarnya nilai headloss yang melalui pipa diameter 4".

#### A. Head Loss Mayor

Besarnya *head loss mayor* didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut:

$$HI = \left( f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \right)$$

Diketahui data sebagai berikut :

- L = 3,25 m (Panjang pipa diameter 4 inch)
- $D_{discharge}$  = 0,1023 m (ASTM A-53 Pipe Schedule 40)

Kecepatan dalam aliran ini diperoleh dari rumus berikut:

$$Q_2 = v_2 A_2$$

$$v_2 = \frac{0,031667 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \pi \times (0,1023)^2}$$

$$V_2 = 3,85 \text{ m/s}$$

Untuk harga koefisien gesek dapat ditentukan dari *Reynoul Number* (RE).

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Temperatur air yang digunakan pada proses pemadaman api adalah 20 °C [14]. Diketahui bahwa viskositas kinematis  $1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  [3]



$$Re = \frac{3,85 \frac{m}{s} \cdot 0,1023 \text{ m}}{1,01 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 3,86 \times 10^5 \text{ (Turbulen)}$$

Untuk material pipa *fire hydrant* yaitu, didapatkan nilai kekasaran sebesar 0,045 mm ( $4.5 \times 10^{-5}m$ ). Maka besar *relative roughness* adalah sebagai berikut:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{4.5 \times 10^{-5} m}{0,1023 \text{ m}} = 4,38 \times 10^{-4}$$

Dengan mengetahui harga Re dan *relative roughness* dari *colebrook equation* maka untuk mendapatkan harga f menggunakan persamaan *colebrook* sebagai berikut :

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

Untuk menyelesaikan *colebrook equation*, dilakukan iterasi dengan menggunakan program Ms. Excel. Dapat ditunjukkan pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4. 7 Iterasi Colebrook Pipa Diameter 4inch Pada Ms. Excel

Friction Factor (4")					
F asumsi	Re	$\varepsilon/D$	Fakhir	$\Delta F$	Error
0,0100000	398000	0,000438	0,017905605	0,0079056	44,15
0,0179056	398000	0,000438	0,017485788	-0,0004198	-2,40
0,0174858	398000	0,000438	0,017499422	0,0000136	0,08
0,0174994	398000	0,000438	0,017498972	-0,0000004	0,00
0,0174990	398000	0,000438	0,017498987	0,0000000	0,00

Maka hasil dari iterasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.7 didapatkan nilai f = 0,017499118. Sehingga, untuk menghitung *head loss mayor discharge* adalah

$$Hl = \left( 0,017499118 \times \frac{3 \text{ m}}{0,1023 \text{ m}} \times \frac{(3,85 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$Hl = 0,4198 \text{ m}$$

### B. Head Loss Minor

Harga K dalam fitting pipa *discharge*, diperoleh dari tabel 3.1 minor losses coefficient menggunakan software pipe flow expert. Untuk nominal pipe size diameter 4 inch dengan *internal* diameter sebesar 0,1026 m. Diketahui beberapa fitting dalam pipa *discharge* sebagai berikut :

Tabel 4. 8 *Headloss Minor* Pipa Diameter 4 inch

Jenis Fitting	Nilai Fitting	Jumlah	n x K
<i>Gate Valve</i>	0,14	1	0,14
<i>Elbow</i>	0,51	1	0,51
<i>Reducer 4" to 2,5"</i>	0,67	1	0,67
Total			1,32

Besarnya *head loss minor* pada pipa *discharge* didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Sigma H_{lm} &= K \frac{v^2}{2g} \\ \Sigma H_{lm} &= 1,32 \frac{(3,85 \text{ m/s})^2}{2 (9,81 \text{ m/s}^2)} \\ \Sigma H_{lm} &= 0,99 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 4.3.7. Head Loss Hydrant Pillar

##### A. Head Loss Mayor

Besarnya *head loss major* didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut:

$$Hl = \left( f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \right)$$

Diketahui data sebagai berikut :

- L = 0,45 m (Panjang pipa diameter 4 inch)
- $D_{discharge}$  = 0,0627 m (ASTM A-53 Pipe Schedule 40)

Kecepatan dalam aliran ini diperoleh dari rumus berikut:

$$\begin{aligned}Q_2 &= v_2 A_2 \\ v_2 &= \frac{0,031667 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \pi \times (0,0627)^2} \\ v_2 &= 10,327 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Untuk harga koefisien gesek dapat ditentukan dari *Reynoul Number* (RE).

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Temperatur air yang digunakan pada proses pemadaman api adalah 20 °C [14]. Diketahui bahwa viskositas kinematis  $1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  [3]

$$\begin{aligned}Re &= \frac{10,27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,0627 \text{ m}}{1,01 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \\ Re &= 6,39 \times 10^5 \text{ (Turbulen)}\end{aligned}$$

Untuk material pipa *fire hydrant* yaitu, didapatkan nilai kekasaran sebesar 0,045 mm ( $4.5 \times 10^{-5} \text{ m}$ ). Maka besar *relative roughness* adalah sebagai berikut:

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{4.5 \times 10^{-5} \text{ m}}{0.1023 \text{ m}} = 7,2 \times 10^{-5}$$

Dengan mengetahui harga Re dan *relative roughness* dari *colebrook equation* maka untuk mendapatkan harga f menggunakan persamaan *colebrook* sebagai berikut :

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

Untuk menyelesaikan *colebrook equation*, dilakukan iterasi dengan menggunakan program Ms. Excel. Dapat ditunjukkan pada tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4. 9 Iterasi Colebrook Pipa Diameter 2,5 inch Pada Ms. Excel

Friction Factor (2,5")					
F <sub>asumsi</sub>	Re	$\frac{\epsilon}{D}$	F <sub>akhir</sub>	$\Delta F$	Error
0,010000000000	639047,03	0,000072	0,013964821	0,003964821	28,3914926
0,013964821178	639047,03	0,000072	0,013658854	-0,000305	-2,24007
0,013658853649	639047,03	0,000072	0,013678288	0,000019434	0,14208
0,013678287900	639047,03	0,000072	0,013677037	-0,00000125	-0,00915
0,013677036974	639047,03	0,000072	0,013677117	0,00000008	0,00

Maka hasil dari iterasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.9 didapatkan nilai  $f = 0,017499118$ . Sehingga, untuk menghitung *head loss mayor discharge* adalah

$$Hl = \left( 0,013677117 \times \frac{0,45 \text{ m}}{0,0625 \text{ m}} \times \frac{(10,327 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$Hl = 0,5335 \text{ m}$$

#### B. Head Loss Minor

Harga K dalam fitting pipa *discharge*, diperoleh dari tabel 3.1 minor losses coefficient menggunakan software pipe flow expert. Untuk nominal pipe size diameter 4 inch dengan *internal* diameter sebesar 0,0627 m. Diketahui beberapa fitting dalam pipa *discharge* sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Headloss Minor Pipa Diameter 2,5 inch

Jenis Fitting	Nilai Fitting	Jumlah	n x K
Smooth Hydrant Pillar	0,9	1	0,9
Total			0,9

Besarnya *head loss minor* pada pipa *discharge* didapatkan dari rumus perhitungan sebagai berikut :

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

$$\sum H_{lm} = 0,9 \frac{(10,327 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$\sum H_{lm} = 4,89 \text{ m}$$

#### 4.3.8. Head Loss Total

- **Head Loss Total Suction =**

$$\sum H_{LS} = 0,0492 \text{ m} + 1,057198 \text{ m}$$

$$= 1,101978 \text{ m}$$

- **Head Loss Total Discharge =**

$$\sum H_{LS} = (HL \text{ 8"}) + (HL \text{ 10"}) + (HL \text{ 4"}) + (HL \text{ 2,5"})$$

$$= (1,876787 \text{ m} + 2,395 \text{ m}) + (0,00079 \text{ m} + 0,051768 \text{ m}) + (0,4198 \text{ m} + 0,99 \text{ m}) + (0,5335 \text{ m} + 4,89 \text{ m})$$

$$= 11,1693 \text{ m}$$

- **Head Loss Total** =  
 $\sum H_{LS} = 1,101978 \text{ m} + 11,1693 \text{ m}$   
 $= 12,275 \text{ m}$

#### 4.4. Perhitungan Net Positive Suction Head Available (NPSHA)

$$NPSH_a = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - \sum H_{LS}$$

Perhitungan NPSH<sub>A</sub> dianggap benar apabila memenuhi syarat NPSH<sub>A</sub> ≥ NPSH<sub>R</sub> agar tidak terjadi kavitasi. Dimana :

- P<sub>a</sub> = 1 atm  
 $= 101325 \text{ Pa}$

Harga berat jenis air pada suhu 20 °C yaitu:

- $\gamma = \rho \times g$   
 $= 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   
 $= 9890,18 \frac{\text{N}}{\text{m}}$
- $\sum HLT_{suction} = 1,101978 \text{ m}$
- P<sub>v</sub> = 2,34 kPa (T = 20°C)
- h<sub>s</sub> = 3 m (Diukur dari tengah poros pompa hingga pipa paling dalam di GWT)

Maka :

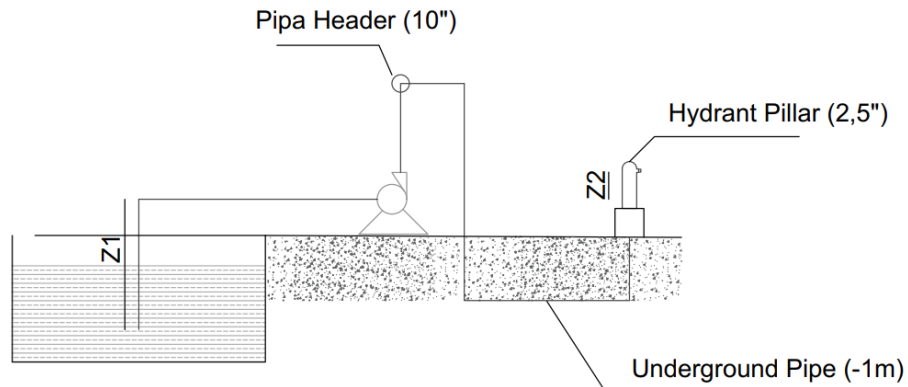
$$\begin{aligned} NPSH_a &= \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - \sum H_{LS} \\ &= \frac{101325 \text{ Pa}}{9890,19 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} - \frac{2340 \text{ Pa}}{9890,18 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} - (3 \text{ m}) - 1,101978 \text{ m} \\ &= 5,9019 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.5. Perhitungan Head Statis dan Head Dinamis

##### 4.5.1 Head Statis

Diketahui data sebagai berikut :

- P<sub>1</sub> = 1 atm (GWT diasumsikan posisi terbuka)
- P<sub>2</sub> = 6,9 bar <sup>[7.8.1 SNI 03-1745-2000]</sup>
- Z<sub>1</sub> = 3 meter (Poros pompa hingga pipa dengan kedalaman maksimal)
- Z<sub>2</sub> = 0,2 m (Dihitung ketinggian dari poros pompa hingga ke lubang *hydrant pillar*)



Gambar 4. 2 Instalasi *Head Statis*

$$\begin{aligned} \sum H_{statis} &= \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + Z_2 + Z_1 \\ &= \frac{690000 \frac{N}{m^2} - 100000 \frac{N}{m^2}}{9890,18 \frac{N}{m^2}} + 0,2\text{m} + 3 \text{ m} \\ &= 62,8551 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.5.2 Head Dinamis

$$\sum H_{dinamis} = \frac{\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2}{2g} + \sum H_{LT}$$

Diketahui data sebagai berikut:

- $Q = 1900 \text{ L/min}$  ( $0,031667 \text{ m}^3/\text{s}$ ) [7.2.1 NFPA 850].
- $V_1 = 0 \text{ m/s}$
- $H_{LT} = 12,271 \text{ m}$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$V_2$  merupakan kecepatan aliran yang keluar melalui hydrant pillar dengan diameter 2,5 inci. Berikut merupakan kecepatan  $V_2$ :

$$\begin{aligned} Q_2 &= v_2 A_2 \\ v_2 &= \frac{0,031667 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \pi \times (0,0625)^2} \\ V_2 &= 10,327 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \sum H_{dinamis} &= \frac{\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2}{2g} + \sum H_{LT} \\ &= \left( \frac{(10,327 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + 12,27568 \text{ m} \\ &= 17,71 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.6. Perhitungan Head Efektif Instalasi Pompa

Setelah dilakukan perhitungan head statis dan head dinamis maka besarnya head efektif instalasi pompa yaitu:

$$\begin{aligned} H_{\text{eff}} &= H_{\text{statis}} + H_{\text{Dinamis}} \\ &= 62,8551 \text{ m} + 17,71 \text{ m} \\ &= 80,56 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.7. Perhitungan Daya Fluida (Water Horse Power (WHP))

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \gamma \times Q_{\text{act}} \times H_{\text{eff}} \\ &= 9890,18 \text{ N/m}^2 \times 0,0633 \text{ m}^3/\text{s} \times 80,56 \text{ m} \\ &= 50199 \text{ Watt} \\ &= 50,199 \text{ kWatt} \end{aligned}$$

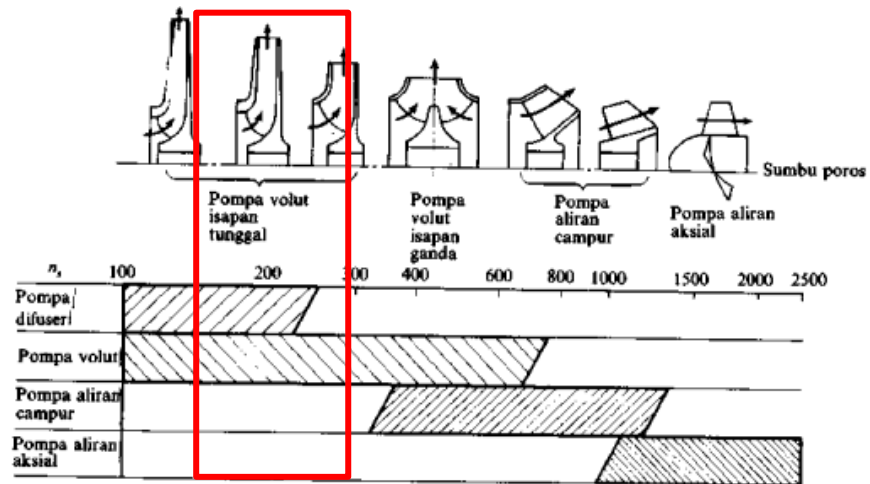
#### 4.8. Putaran Spesifik Pompa ( $n_s$ ) Terhadap Bentuk Impeller

Berdasarkan data data yang diketahui sebagai berikut:

- $n$  = 2900 rpm
- $Q$  = 0,0633 m<sup>3</sup>/s  
= 3,78 m<sup>3</sup>/menit
- $H$  = 80,56 m

Maka untuk mendapatkan nilai  $n_s$ , maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} n_s &= n \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \\ &= 2900 \text{ rpm} \times \frac{(3,78^{1/2})}{(80,56^{3/4})} \\ &= 209 \text{ rpm} \end{aligned}$$



Gb. 1.3  $n_s$  dan bentuk impeler.

Gambar 4. 3 Putaran Spesifik Pompa Terhadap Bentuk Impeller [2]

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai  $n_s$  sebesar 209 rpm. Dengan demikian, jenis impeller yang digunakan adalah pompa volut isap tunggal (sentrifugal / radial)

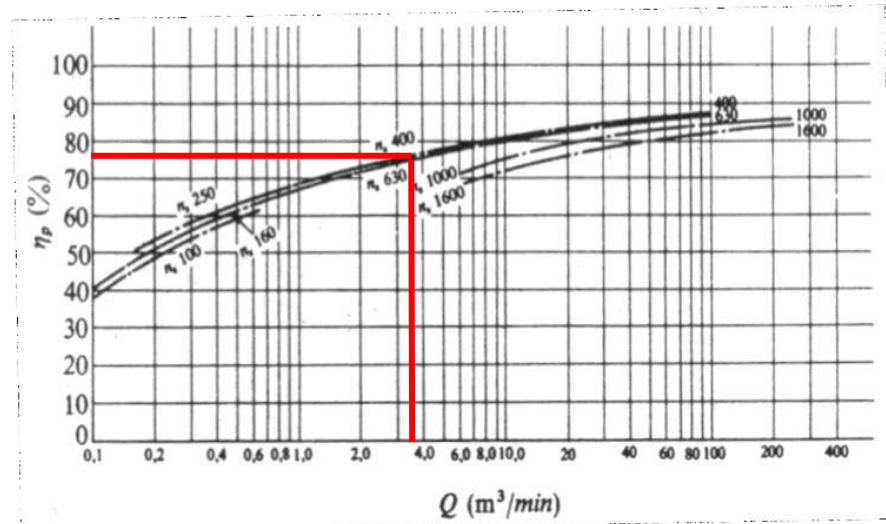
#### 4.9. Perhitungan Daya Poros

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

Berdasarkan data data yang diketahui sebagai berikut:

$$N_s = 209 \text{ rpm}$$

$$Q = 3,78 \text{ m}^3/\text{min}$$



Gambar 4. 4 Grafik Efisiensi Pompa [2]

Berdasarkan plottingan grafik diatas maka didapatkan efisiensi pompa sebesar 78%. Setelah didapatkan nilai efisiensi pompa, maka besarnya daya poros yaitu:

$$\begin{aligned} P_{\text{shaft}} &= \frac{50,199 \text{ kWatt}}{0,78} \\ &= 64,358 \text{ kWatt} \end{aligned}$$

#### 4.10. Perhitungan Daya Motor

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

Berdasarkan data yang diketahui dan tabel 2.2 dan 2.3 maka didapatkan data sebagai berikut:

- $P = 64,358 \text{ kW}$
- $\alpha = 0,1$  (motor bakar)
- $\eta_t = 0,95$

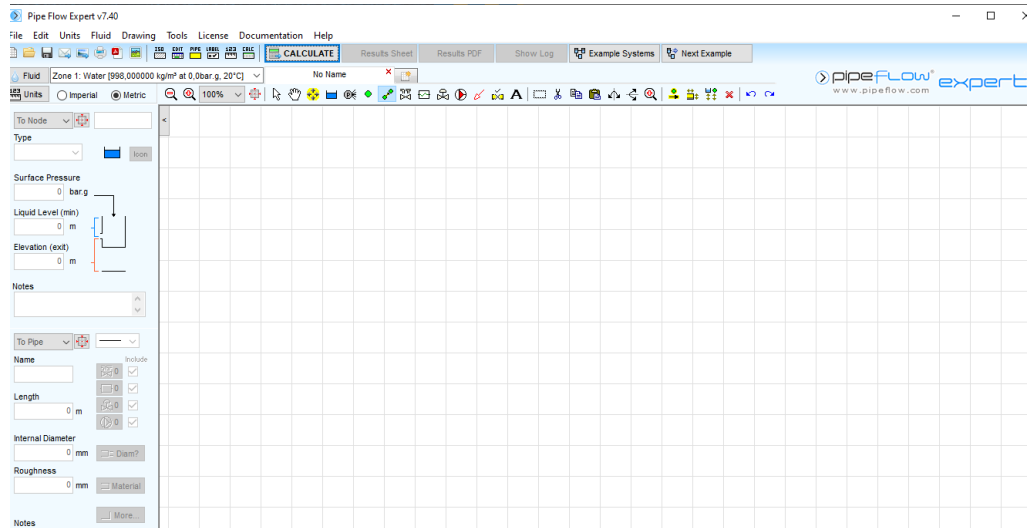
Untuk mendapatkan daya motor maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_m &= \frac{P (1 + \alpha)}{\eta_t} \\ &= \frac{64,354 (1 + 0,1)}{0,95} \\ &= 74,5 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### 4.11. Perhitungan Menggunakan Pemodelan Numerik

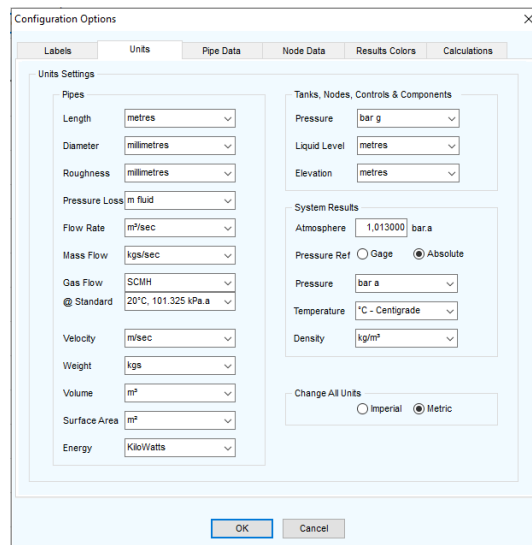
Setelah dilakukan perhitungan secara analitis, maka dilakukan perhitungan secara numerik dengan menggunakan *software pipe flow expert*. Berikut merupakan langkah langkah penggunaannya:

1. Membuka program *software pipe flow expert*



Gambar 4. 5 *Software Pipe Flow Expert*

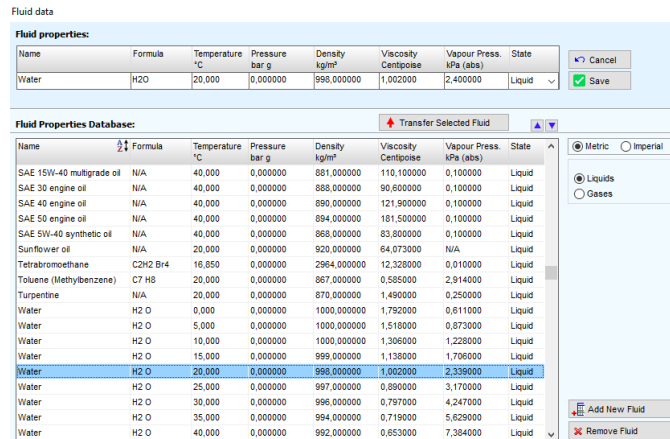
2. Menentukan satuan (*units*) yang digunakan dalam proses perhitungan



Gambar 4. 6 *Units Software Pipe Flow Expert*

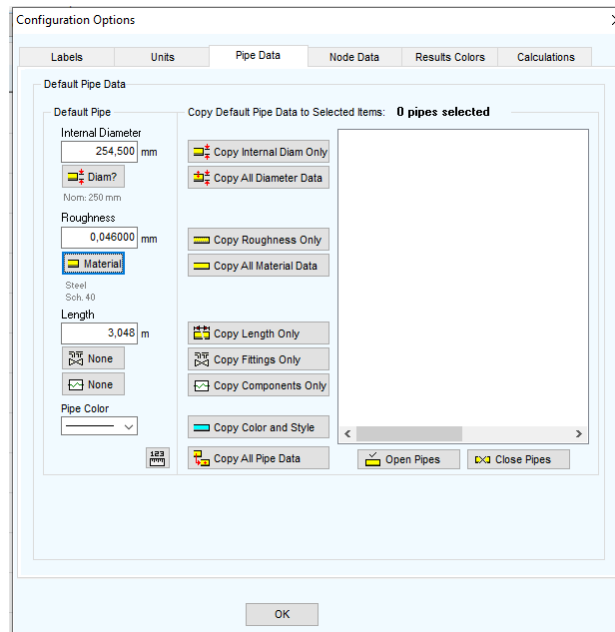


- Menentukan jenis fluida dan properties fluida yang akan digunakan dalam proses perhitungan. Seperti temperatur, tekanan (*density*), viskositas absolut, vapor pressure.



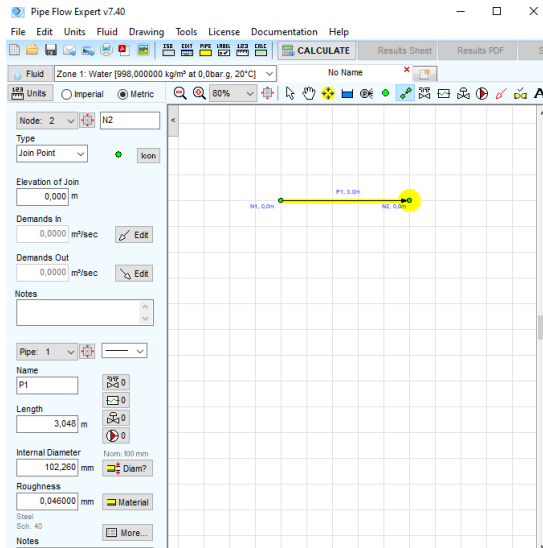
Gambar 4. 7 *Properties* Fluida

- Mengatur properties instalasi perpipaan seperti panjang pipa (L), diameter pipa (D), dan elevasi (Z) lengkap dengan satuannya.



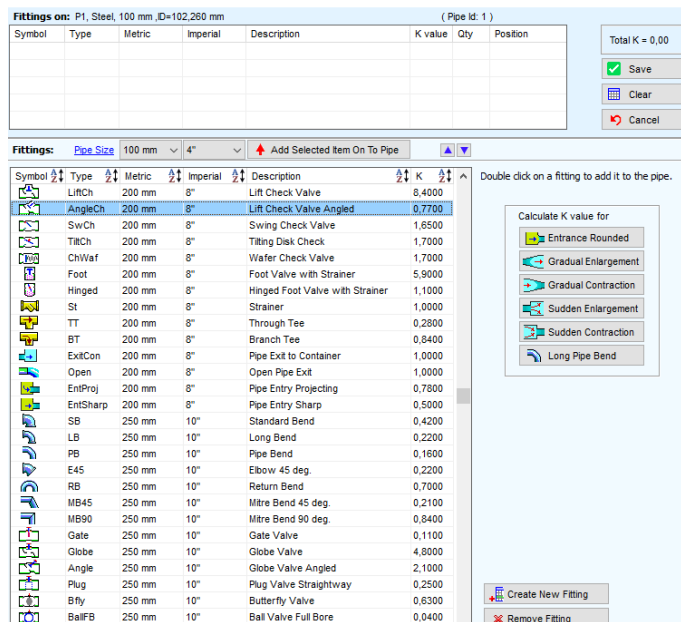
Gambar 4. 8 *Properties* Instalasi Perpipaan

- Menggambar instalasi perpipaan dengan langkah, klik kursor pada layer dan menariknya sehingga terbentuk sebuah garis sesuai dengan data pipa pada yang sudah ditentukan.



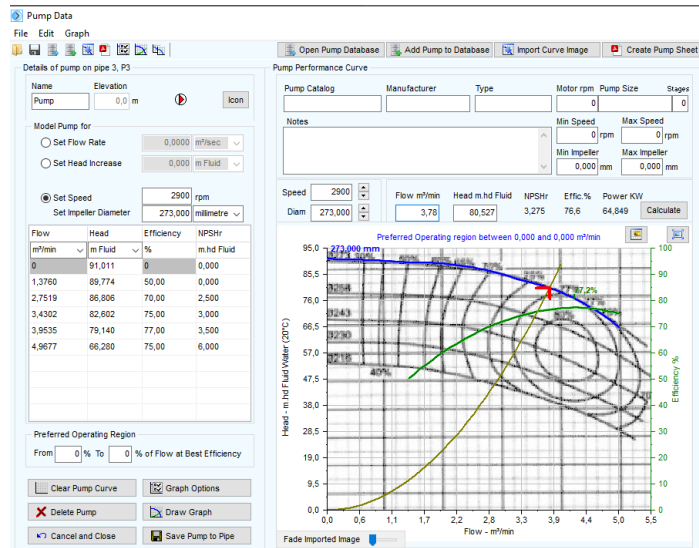
Gambar 4. 9 Langkah Menggambar Instalasi Pipa

- Memberikan aksesoris pada instalasi pipa seperti fitting, valve, elbow, flange, serta memberikan harga koefisien K dari setiap aksesoris tersebut.



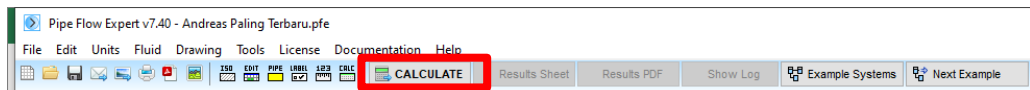
Gambar 4. 10 Fitting

- Mengatur data pendukung pompa dengan lengkap, seperti kapasitas (Q), putaran pompa (rpm), dan yang lain-lain. Langkah penggunaannya yaitu, klik import curve memasukkan gambar kurva pompa. Lalu mengatur sumbu x dan y nya. Kemudian membuat kurva baru dengan memasukkan data kapasitas (Q), head (H), efisiensi pompa ( $\eta$ ), dan NPSH<sub>R</sub>. Hasil data pompa yang telah dibuat dapat dilihat gambar dibawah ini.



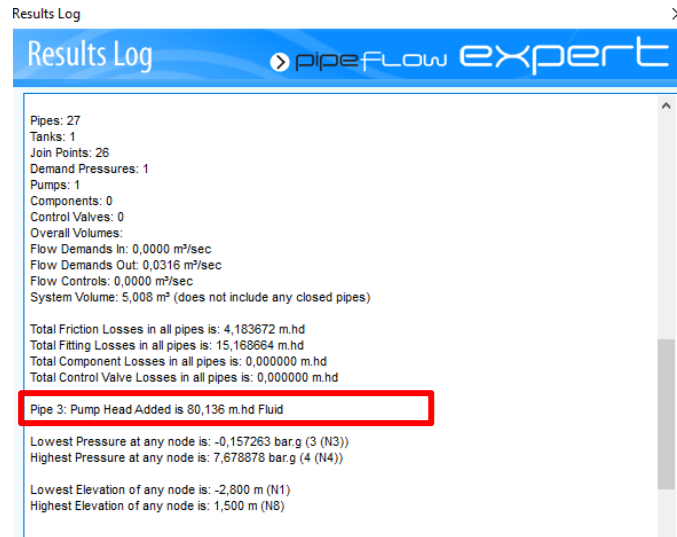
Gambar 4. 11 Data Pendukung Pompa

- Kemudian melakukan plotting antara *head* pompa dengan *head pipeline* yang *output*-nya adalah *head* statis dengan cara klik *calculate* dan masuk ke bagian pompa masuk ke *graph option*, lalu isi kolom *static* dan centang *system curve*.



Gambar 4. 12 Calculate Pipe Flow Expert

9. Hasil dari perhitungan (*calculate*) akan muncul dilayar.



Gambar 4. 13 Hasil *Calculate* pada *Pipe Flow Expert*

#### 4.12. Perbandingan Perhitungan Head Effektiv Analitis dengan Head Effektiv Numerik

Berdasarkan hasil kedua perhitungan head efektif instalasi diatas maka didapatkan dua nilai yang berbeda. Dengan demikian tingkat kesalahan perhitungan dapat diketahui melalui rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Selisih Perhitungan} &= \frac{\text{Head Eff Analitis} - \text{Head Eff PFE}}{\text{Head Eff Analitis}} \times 100\% \\ &= \frac{80,566 - 80,136}{80,562} \\ &= 0,005343\% \end{aligned}$$

Dengan demikian syarat hasil perbandingan analitis dan numerik <2% maka dengan hasil 0,0053343% < 2% masih didalam batas yang diizinkan.

#### 4.13. Rekomendasi Pemilihan Pompa

Berdasarkan dari perhitungan analitis dan numerik diatas, pompa eksisting yang digunakan saat ini sudah tepat dan memenuhi standard instalasi *fire hydrant* menurut NFPA/ SNI. Berikut merupakan spesifikasi pompa yang direkomendasikan:

- a. Jenis Pompa : Centrifugal End Suction, Single Stage
- b. Tipe : 125x100 FS2JCA
- c. Putaran : 2900 rpm
- d. Total Head : 91 m
- e. D Impeller : 273 mm
- f. Kapasitas : 226,8 m<sup>3</sup>/h
- g. Daya Motor : 75 Kw
- h. Merk : Ebara Pump

#### 4.14. Pemilihan Pompa Jockey

Pompa pacu atau *jockey pump* merupakan pompa yang terdapat dalam sebuah instalasi fire hydrant yang berfungsi untuk menjaga tekanan. Apabila tekanan pada pompa utama menurun yang diakibatkan adanya kebocoran pada instalasi pipa, maka pompa *jockey* ini akan bekerja untuk menstabilkan tekanan dalam instalasi sesuai dengan setingan. Pompa *jockey* ini harus memiliki tekanan/head yang lebih besar dari pompa utama, namun kapasitasnya lebih kecil dari pompa utama (*main pump*). Berikut merupakan rekomendasi spesifikasi dari pompa jockey:

- A. Head Pompa Jockey : 106 m > H Main Pump
- B. Kapasitas Pompa Jockey : 17 m<sup>3</sup>/h
- C. Jenis Pompa : Sentrifugal Multistage
- D. Merk : Grundfos CR 15-9 A-F-A-E -HQQE
- E. Daya Motor : 7,5 kWatt
- F. Putaran : 2900 rpm

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

Pada bab berikut ini menjelaskan kesimpulan dan saran hasil perhitungan dan perancangan ulang instalasi fire hydrant pada Sistem Pembangkit di Kawasan Industri Gresik.

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan dan perancangan ulang instalasi fire hydrant dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dengan adanya perancangan ulang posisi hydrant pillar, maka didapatkan hydrant pillar sebanyak 12 buah. Penempatan posisi *hydrant pillar* ini disesuaikan dengan kondisi lapangan dan tetap memperhatikan standard NFPA/SNI
2. Didapatkan volume *ground water tank* melalui perhitungan menurut standard NFPA 22 dan NFPA 850 sebesar 456 m<sup>3</sup>
3. Head efektif pompa dari perhitungan analitis didapatkan nilai sebesar 80,566 m sedangkan dari perhitungan numerik didapatkan nilai sebesar 80,136 m dengan tingkat kesalahan 0,5%
4. Kapasitas pompa yang dibutuhkan dalam power plant ini sebesar 3800 liter/menit, *head* 80 meter, dengan daya motor sebesar 74,5kWatt dengan merk Ebara FS2JCA 125x 100. Dan didapatkan spesifikasi pompa *jockey* dengan *head* 106 m dengan kapasitas 17m<sup>3</sup>/h dengan merk Grundfos CR-15-9-A-F-A-E-HQQE.

#### **5.2.Saran**

Saran yang dibutuhkan penulis untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu adanya perhitungan untuk memilih spesifikasi pompa jockey berdasarkan standard NFPA/SNI.
2. Untuk kedepannya gambar instalasi fire hydrant dapat di gambar dengan jelas dan baik, sehingga memudahkan pembaca untuk memahaminya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Karassik, Igor J. 1960, "Pump Handbook", McGraw-Hill, New York
2. Sularso; Tahara Haruo, 2006, "Pompa dan Kompresor", PT Pradnya Paramita, Jakarta.
3. Fox, Robert W and Mc Donald. 2010, "Introduction to Fluid Mechanics", 8<sup>th</sup> edition. John Wiley and Sons, New York.
4. Moran, Michael J and Howard N Shapiro. 2014. "Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 8<sup>th</sup> edition". John Wiley and Sons, New York.
5. M. Khetagurov, 1954 "*Marine Auxiliary Machinery and Systems*"
6. Hick, Tyler G. 1971, "*Pump Application Engineering*", Harahap, Z. (penerjemah). 1996, Erlangga, Jakarta.
7. SNI 03-1745-2000 "Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung"
8. SNI 03-6570-2001 "Instalasi Pompa yang Dipasang Tetap untuk Proteksi Kebakaran"
9. Kemenaker RI, 2019 "Memelihara dan Memperbaiki Instalasi Listrik Pompa (Hydrant, Springkler, Air Bersih, dan Air Kotor atau Limbah)"
10. NFPA 20, 2019, "*Standard for the Instalation of Stationary Pumps for Fire Protection*"
11. NFPA 14, 2010, "*Standards for the Instalation of Private Hydrant, and Hose Systems 2000 Edition*"
12. NFPA 22, 1998, "*Standard for Water Tanks for Private Fire Protection*"
13. NFPA 24, "*Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances*"
14. NFPA 25, "*Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection System*"
15. NFPA 850, 2020, "*Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Curent Converter Stations*"
16. Dietzel, Fritz. 1993. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Penerbit Erlangga
17. www.Pipeflow.Co.Uk. Pipe Flow Expert. Software. 2010
18. <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/Press-Room/Reporters-Guide-to-Fire-and-NFPA/All-about-fire#what>
19. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008, "Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Dan Lingkungan"
20. Depnaker RI, 1995, "Peraturan dan Undang-Undang Ketenaga Kerjaan Departemen Tenaga Kerja RI"
21. Depnaker, 1987, "Himpunan Peraturan Perundang-undangan Keselamatan dan Kesehatan Kerja". Jakarta.
22. KEPUTUSAN MENTERI TENAGA KERJA R.I, 1999 "Tentang Unit Penanggulangan Kebakaran Di Tempat Kerja"
23. SNI 03-3989-2000 "Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Springkler Otomatik untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung"

24. NFPA 10, 2013 “*Standard for Portable Fire Extinguishers*”
25. SNI 03-6571-2000, “Sistem Pengendalian Asap Kebakaran pada Bangunan Gedung”
26. <https://www.sureflowequipment.com/solution/pneumatic-actuator-on-knife-gate-valve/>
27. SNI 03-1735-2000, “Tata Cara Perencanaan Akses Bangunan dan Akses Lingkungan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung”
28. <https://www.envi-c.com/2016/08/>
29. <https://firehydrant.id/cara-kerja-hydrant/>
30. *Fire Hydrant Equipment Hooseki*
31. *Sffeco Fire Hydrant Pump Catalog*
32. NFPA 291-2007, *Recommended Practice for Fire Flow Testing and Marking of Hydrants*



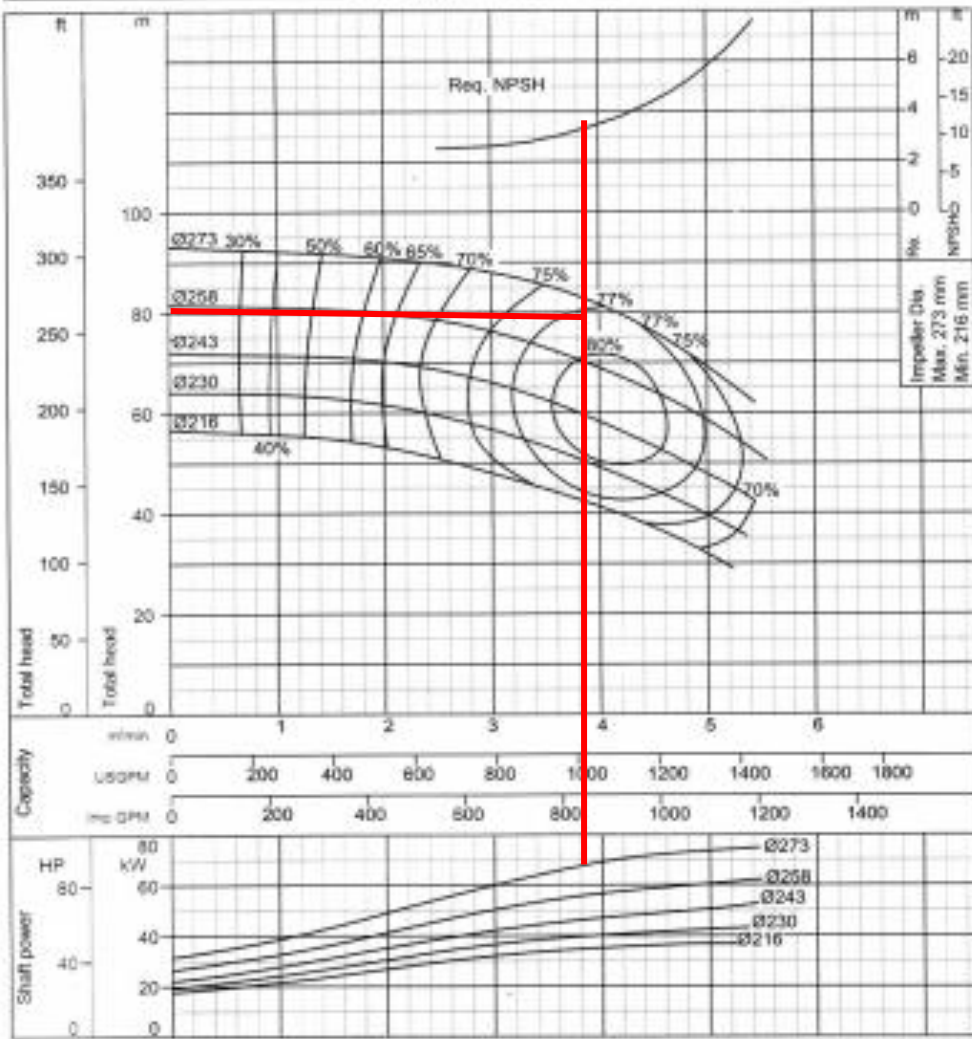
# LAMPIRAN

## BROSUR / KATALOG REKOMENDASI POMPA

### Ebara End Suction Volute Pump Model **FSA**

Performance Curve 2 Poles (13/14) 50 Hz

<b>125 x 100 FS2JCA</b>	According to ISO testing code 2548 Class C
50Hz (Approx. speed 2900 min <sup>-1</sup> )	S.G. = 1.0 Vls. = 1.0 cSt

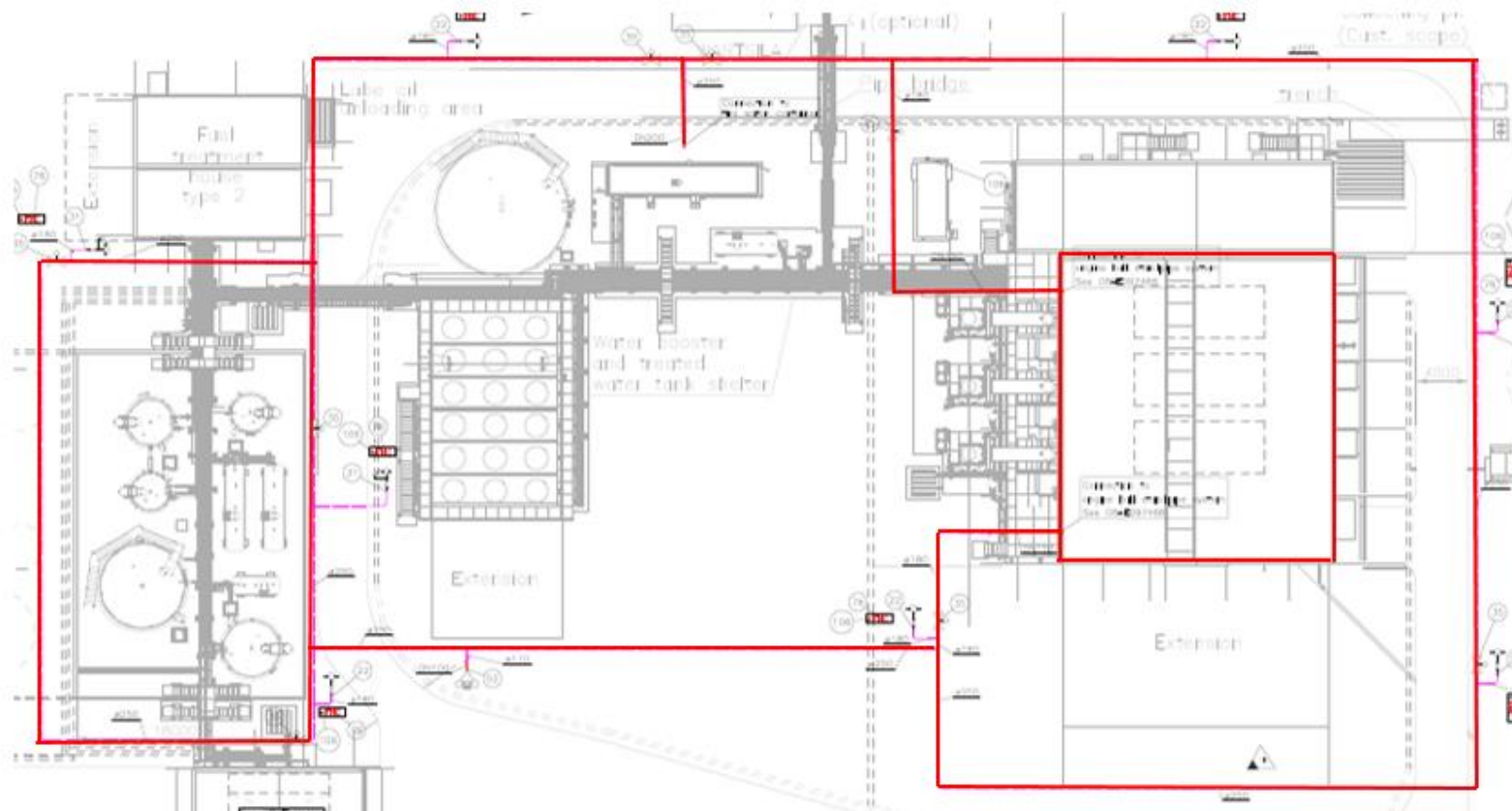


**TABEL A-8**

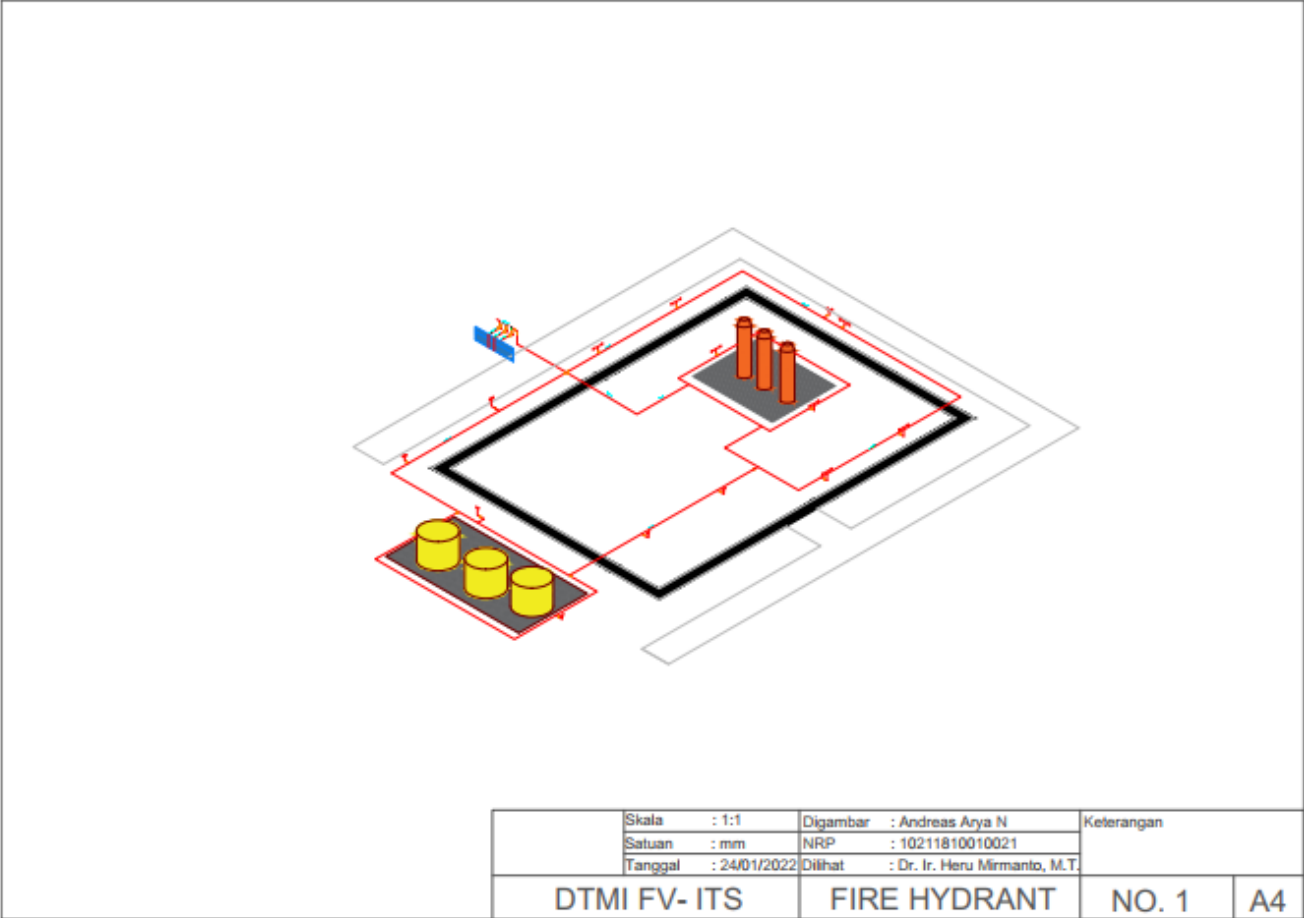
**Table A.8** Properties of Water (SI Units)

Temperature, $T(^{\circ}\text{C})$	Density, $\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Dynamic Viscosity, $\mu$ ( $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ )	Kinematic Viscosity, $\nu$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	Surface Tension, $\sigma$ ( $\text{N}/\text{m}$ )	Vapor Pressure, $p_v$ ( $\text{kPa}$ )	Bulk Modulus, $E_v$ ( $\text{GPa}$ )
0	1000	1.76E-03	1.76E-06	0.0757	0.661	2.01
5	1000	1.51E-03	1.51E-06	0.0749	0.872	
10	1000	1.30E-03	1.30E-06	0.0742	1.23	
15	999	1.14E-03	1.14E-06	0.0735	1.71	
20	998	1.01E-03	1.01E-06	0.0727	2.34	2.21
25	997	8.93E-04	8.96E-07	0.0720	3.17	
30	996	8.00E-04	8.03E-07	0.0712	4.25	
35	994	7.21E-04	7.25E-07	0.0704	5.63	
40	992	6.53E-04	6.59E-07	0.0696	7.38	
45	990	5.95E-04	6.02E-07	0.0688	9.59	
50	988	5.46E-04	5.52E-07	0.0679	12.4	2.29
55	986	5.02E-04	5.09E-07	0.0671	15.8	
60	983	4.64E-04	4.72E-07	0.0662	19.9	
65	980	4.31E-04	4.40E-07	0.0654	25.0	
70	978	4.01E-04	4.10E-07	0.0645	31.2	
75	975	3.75E-04	3.85E-07	0.0636	38.6	
80	972	3.52E-04	3.62E-07	0.0627	47.4	
85	969	3.31E-04	3.41E-07	0.0618	57.8	
90	965	3.12E-04	3.23E-07	0.0608	70.1	2.12
95	962	2.95E-04	3.06E-07	0.0599	84.6	
100	958	2.79E-04	2.92E-07	0.0589	101	

## LAYOUT INSTALASI FIRE HYDRANT



### ISOMETRI INSTALASI FIRE HYDRANT





## BIODATA PENULIS



Penulis tugas akhir bernama Andreas Arya Nugroho. Untuk tugas akhir ini diselesaikan sebagai salah satu persyaratan untuk kelulusan Sarjana Terapan di Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Fakultas Vokasi Surabaya. Penulis dilahirkan di Wonosobo, 31 Juli 2000, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK PIKPG Petro Pongangan, SDN Pongangan, SMP Semen Gresik, SMAN 1 Manyar Gresik. Pada tahun 2018 penulis diterima di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 10211810010021. Konversi

Energi merupakan bidang studi yang telah dipilih penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir. Pada saat duduk di bangku perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah mengikuti beberapa kegiatan pelatihan dan bergabung dalam organisasi. Untuk kegiatan dan organisasi yang pernah diikutinya antara lain: Kepala Biro Desain dan Marketing BSO Bengkel HMDM FV ITS 2020-2021, Staff Ahli Persekutuan Mahasiswa Kristen PMK ITS 2020-2022, dan Asisten Laboratorium Material Teknik & Metalurgi Teknik Mesin Industri FV-ITS (2019-2022). Kemudian untuk pelatihan yang pernah diikuti oleh penulis: LKMM Pra-TD FV-ITS 2018, LKMM TD FV-ITS 2018, PKTI HMDM FV-ITS 2018, Spiritual dan Kerohanian ITS 2018, *Basic Media Schooling* FV-ITS 2018. Penulis pernah melaksanakan Magang Industri di PT. PAL Indonesia selama 4 bulan

