LAPORAN MAGANG INDUSTRI – VW231905

ANALISIS PEMILIHAN *DRAINAGE PUMP* (SISTEM PENGURASAN AIR) DI LANTAI B3 PT. PLN NUSANTARA POWER – PLTA SUTAMI

PT. PLN NUSANTARA POWER – PLTA SUTAMI
Karangkates, Kec. Sumberpucung, Kabupaten Malang, Jawa Timur – Indonesia 65165

Penulis:
Siti Fatimah
NRP. 2039221026

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2025

LAPORAN MAGANG INDUSTRI – VW231905

ANALISIS PEMILIHAN *DRAINAGE PUMP* (SISTEM PENGURASAN AIR) DI LANTAI B3 PT. PLN NUSANTARA POWER – PLTA SUTAMI

PT. PLN NUSANTARA POWER – PLTA SUTAMI
Karangkates, Kec. Sumberpucung, Kabupaten Malang, Jawa Timur – Indonesia 65165

Penulis:
Siti Fatimah
NRP. 2039221026

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Magang di

PT. PLN NUSANTARA POWER - PLTA SUTAMI

Karangkates, Kec. Sumberpucung, Kabupaten Malang, Jawa Timur, Indonesia 65165

Surabaya, 02 Juli 2025

Peserta Magang,

Siti Fatimah
NRP. 2039221026

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi ITS

Dr. Atria Pradityana, S.T., M.T.
NIP. 198511242009122008

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Muhammad Lukman Hakim, S.T., M.T.
NIP. 1994201911070

PLN
Nusantara Power

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Magang di

PT. PLN NUSANTARA POWER - PLTA SUTAMI

Karangkates, Kec. Sumberpucung, Kabupaten Malang, Jawa Timur, Indonesia 65165

Malang, 03 Juni 2025

Peserta Magang,

Siti Fatimah
NRP. 2039221026

Mengetahui,
Assistant Manager PLTA Distrik A PT PLN Nusantara Power

Hasman Hasan
NID. 8106037F

Menyetujui,
Pembimbing Lapangan 1

Muhammad Muthohari
NID. 8305068JA

Menyetujui,
Pembimbing Lapangan 2

Nuris Mahmuda
NID. 9115340ZJY

ABSTRAK

ANALISIS PEMILIHAN *DRAINAGE PUMP* (SISTEM PENGURASAN AIR) DI LANTAI B3 PT. PLN NUSANTARA POWER – PLTA SUTAMI

Nama Mahasiswa / NRP : Siti Fatimah / 2039221026
Departemen : Departemen Teknik Mesin Industri
Dosen Pembimbing : Muhammad Lukman Hakim, S.T., M.T.

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Sutami merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga air terbesar di Jawa Timur dengan kapasitas terpasang sebesar 3 × 35 MW. Keandalan operasional pembangkit sangat dipengaruhi oleh kinerja sistem pendukung, salah satunya adalah *drainage system* yang berfungsi menguras air rembesan dan kebocoran di area *power house*. Sistem pengurasan yang tidak bekerja secara optimal dapat menyebabkan genangan air, meningkatkan risiko kerusakan peralatan, serta mengganggu kontinuitas operasi pembangkit. Laporan magang ini bertujuan untuk menganalisis dan menentukan jenis pompa yang paling sesuai untuk sistem pengurasan air di lantai B3 PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data lapangan, identifikasi karakteristik fluida, analisis kapasitas aliran, perhitungan head statis dan dinamis, perhitungan *Net Positive Suction Head Available* (NPSHA), serta evaluasi kurva karakteristik pompa dan efisiensi sistem. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem membutuhkan head efektif sebesar 19,07 m dengan nilai NPSHA sebesar 10,31 m sehingga memenuhi persyaratan operasi dan meminimalkan potensi kavitasi. Berdasarkan perhitungan kapasitas, putaran spesifik, efisiensi, dan titik operasi pompa, direkomendasikan penggunaan pompa sentrifugal *Closed Coupled Series 3* merek EBARA tipe 65-160/11. Pompa ini memiliki kapasitas sebesar 126 m^3/h dan head sebesar 20 m, sehingga mampu memenuhi kebutuhan sistem pengurasan air yang membutuhkan kapasitas 120 m^3/h. Selain itu, pompa ini memiliki konfigurasi *single stage* dan dapat diintegrasikan dengan *Variable Frequency Drive* (VFD) untuk meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas operasi. Hasil analisis ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan dan optimalisasi sistem pengurasan air pada fasilitas pembangkit listrik tenaga air serta mendukung peningkatan keandalan operasional PLTA Sutami.

Kata Kunci: ***Drainage Pump; Pompa Sentrifugal; EBARA 65-160/11; NPSHA; Kavitasi.***

ABSTRAC

ANALYSIS OF DRAINAGE PUMP SELECTION (WATER DRAINAGE SYSTEM) ON THE B3 FLOOR OF PT. PLN NUSANTARA POWER – SUTAMI HYDROELECTRIC POWER PLANT

Student Name / NRP : Siti Fatimah / 2039221026
Department : Department of Industrial Mechanical Engineering
Advisor : Muhammad Lukman Hakim, S.T., M.T.

Abstract

Sutami Hydroelectric Power Plant (PLTA Sutami) is one of the largest hydroelectric power plants in East Java, with an installed capacity of 3 × 35 MW. The operational reliability of the power plant is highly influenced by the performance of its supporting systems, one of which is the drainage system responsible for removing seepage and leakage water from the powerhouse area. An inadequately functioning drainage system may result in water accumulation, increase the risk of equipment damage, and disrupt the continuity of power generation operations. This internship report aims to analyze and determine the most suitable pump type for the water drainage system located on the B3 floor of PT. PLN Nusantara Power – Sutami Hydroelectric Power Plant. The methodology employed includes field data collection, fluid characteristic identification, flow capacity analysis, static and dynamic head calculations, Net Positive Suction Head Available (NPSHA) analysis, and evaluation of pump characteristic curves and system efficiency. The analysis results indicate that the system requires an effective head of 19.07 m and an NPSHA value of 10.31 m, which satisfies operational requirements and minimizes the potential for cavitation. Based on calculations of capacity, specific speed, efficiency, and pump operating point, the recommended pump is the EBARA Closed Coupled Series 3 centrifugal pump, model 65-160/11. This pump provides a capacity of 126 m³/h and a head of 20 m, adequately fulfilling the drainage system requirement of 120 m³/h. Furthermore, the pump features a single-stage configuration and can be integrated with a Variable Frequency Drive (VFD) to enhance energy efficiency and operational flexibility. The findings of this analysis are expected to serve as a reference for the development and optimization of water drainage systems in hydroelectric power generation facilities while contributing to the improvement of operational reliability at PLTA Sutami.

Keywords: Drainage Pump; Centrifugal Pump; EBARA 65-160/11; NPSHA; Cavitation.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan magang dengan judul "Analisis Pemilihan *Drainage Pump* (Sistem Pengurasan Air) di Lantai B3 PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami". Dalam penyelesaian laporan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami yang telah memberikan kesempatan dan pengalaman magang industri, selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Atria Pradityana, S.T., M.T. sebagai Kepala Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi ITS.
2. Bapak Muhammad Lukman Hakim, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Magang Industri Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi ITS.
3. Bapak Hasman Hasan selaku Assistant Manager Distrik A PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami.
4. Bapak Nuris Mahmuda, Bapak Muhammad Muthohari, Bapak Misbakhuddin, Bapak Hari, Bapak Arfaan Rochmanu, dan Bapak Bagus Afif selaku pembimbing magang industri PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami.
5. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi ITS yang sudah membekali ilmu pengetahuan kepada kami.
6. Kedua orang tua saya yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan.
7. Seluruh karyawan PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami yang telah membantu dan mengarahkan dalam melakukan magang industri.
8. Teman-teman sekelompok magang yaitu Yeyen Nur Fhadila dan Sandy Krisna Maulana sebagai teman belajar dan berjuang bersama di tempat magang.
9. Keluaga Bapak Purwito dan Ibu Aninglarasati yang telah menjadi keluarga asuh saya selama magang.
10. Teman-teman Departemen Teknik Mesin Industri angkatan 2022 yang sudah saling membantu dan mendukung.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari sempuma. Untuk itu saran serta kritik yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan ini bermanfaat dan dapat menjadi referensi untuk pembacanya.

Malang, 14 Februari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
ABSTRAK ..... **iii**
ABSTRAC ..... **iv**
KATA PENGANTAR ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **vi**
DAFTAR GAMBAR ..... **ix**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan Magang 2
1.2.1 Tujuan Umum 2
1.2.1 Tujuan Khusus 3
1.3 Manfaat 3
1.3.1 Bagi Mahasiswa 3
1.3.2 Bagi Perguruan Tinggi 3
1.3.3 Bagi Perusahaan 3
BAB II GAMBARAN UMUM PT. PLN NUSANTARA POWER – PLTA SUTAMI **5**
2.1 Sejarah PLN Nusantara Power – PLTA Sutami 5
2.1.1 Sejarah PT. PJB 5
2.1.2 UP Brantas 6
2.1.3 PLTA Sutami 7
2.2 Struktur Organisasi 8
2.3 Visi dan Misi Perusahaan 8
BAB III PELAKSANAAN MAGANG **11**
3.1 Pelaksanaan Magang 11
3.2 Metodologi Penyelesaian Tugas Khusus 22
BAB IV HASIL MAGANG **23**
4.1 *Power House* PLTA Sutami 23
4.2 Proses Pembangkit PLTA Sutami 23
4.3 Komponen Utama PLTA Sutami 24
4.3.1 Waduk 24
4.3.2 Saluran Pelimpah *(Spillway)* 25
4.3.3 Pintu-pintu Air (*Water Way*) 25
4.3.3.1 Saluran Atas (*Head Race*) 25
4.3.3.2 Saluran Bawah *(Tail Race)* 26
4.3.4 *Surge Tank* 27
4.3.5 Pipa Pesat *(Penstock)* 28
4.3.6 Turbin 29
4.3.7 *Inlet Valve* 30
4.3.8 Generator 30
4.4 Komponen Pendukung PLTA Sutami 31

4.4.1 Governor 32
4.4.2 Baterai 32
4.4.3 Mesin Diesel Darurat (*Gen-Set*) 33
4.4.4 *OverHEAD Travelling Crane* (OHTC) 34
4.4.5 *Admintion Valve* 34
4.4.6 Kompresor *Indoor* 35
4.4.7 Sistem Air Pendingin 36
4.4.8 Sistem Pengurasan *(Drainage System)* 37
4.4.9 Transformator 38
4.5 Realisasi Kegiatan Magang 39
4.5.1 *Safety Briefing* atau *Safety Induction* 39
4.5.2 *Briefing* atau Meeting Pagi 39
4.5.3 Pengenalan Ruang *Center Control Room* (CCR) 40
4.5.4 Pengambilan Data Laporan Harian 41
4.5.5 Pengambilan Data Massa Jenis Cairan Baterai di Ruang Baterai 41
4.5.6 Pengosongan Air Sisa Pendingin di Radiator untuk Pemasangan *Cooler* 42
4.5.7 Melakukan *Coating* pada Sisi Bagian *Cooler* 43
4.5.8 Pembongkaran dan Pembersihan Radiator di Unit 1, 2, dan 3 44
4.5.9 Pengecekan Sambungan pada *Circuit Braker* di Transformator 45
4.5.10 Penggantian *Level Transmiter* 46
4.5.11 Pemasangan *Ultrasonic Flow Meter* di *Trust Bearing* Unit 1 Generator 47
4.5.12 Pengambilan Data *On Load* pada *Pressure Tank* Unit 1, 2, dan 3 di PLTA Sutami 48
4.5.13 Pendataan Spesifikasi Alat Bantu PLTA 48
4.5.14 Pengerjaan Dokumen *Preventive Maintenance* dan Kondisi Peralatan PLTA . 49
4.5.14 Pengecakan APAR dan Kegiatan Izzat Bersama K3 50
4.5.15 Kegiatan Simulasi Tanggap Darurat PLTA Distrik A Tahun 2025 di PLTA Sutami 51
4.5.16 Pengerjaan Dokumen Intruksi Kerja *Preventive Maintenance* (IK PM) 53
4.5.17 Rapat Evaluasi dan Soliasisa Penyelenggaraan Pengawasan Perusahaan 53
4.5.18 *Knowledge Sharing Forum* (KSF) di PLTA Sengguruh 54
4.5.19 Pengamatan *Overhaul* di PLTA Sengguruh 55
4.5.20 *Sharing* dengan Visitor Mahasiswa Universitas Brawijaya 56
4.5.21 Pengerjaan Laporan Magang 56
4.6 Penyelesaian Tugas Khusus 58
4.6.1 Pompa 58
4.6.1.1 Pompa *Positive Displacement* 58
4.6.1.1.1 *Reciprocating* 59
4.6.1.1.2 *Rotary* 59
4.6.1.2 Pompa *Dynamic* 60
4.6.1.2.1 Pompa *Centrifugal* 60
4.6.1.2.2 Pompa *Special Effect* 60
4.7 *Drainage Pump* 61
4.7.1 *Sump Pit* 62

4.8 Jenis Aliran Fluida 62
4.8.1 Aliran *Viscous* 63
4.8.2 Aliran Laminar dan Turbulen 63
4.8.3 Aliran Internal 63
4.8.4 Aliran Compressible dan Incompressible 64
4.9 Persamaan Kontinuitas 64
4.10 Hukum Pertama Termodinamika 66
4.11 Tinggi – Tekan (*Head*) 67
4.11.1 *Head* Potensial 67
4.11.2 *Head* Kecepatan atau Kinetik 67
4.11.3 *Head* Tekanan 67
4.12 Persamaan *Bernouli* 67
4.13 *Head* Effektif Instalasi Pompa 69
4.13.1 *Head Statis* 70
4.13.2 *Head Dinamis* 71
4.14 *Net Positive Suction Head* (NPSH) 73
4.14.1 *Net Positive Suction Head Available* ($NPSH_A$) 73
4.14.2 *Net Positive Suction Head Available* ($NPSH_R$) 74
4.15 Kurva Karakteristik Pompa 74
4.15.1 Karakteristik Utama 74
4.15.2 Karakteristik Kerja 75
4.15.3 Karakteristik *Universal* 75
4.15.4 Titik Operasi Pompa 76
4.16 Pemilihan Pompa Berdasarkan Perhitungan *Head* dan Kapasitas 76
4.16.1 Penentuan Putaran Spesifik dan Bentuk *Impeller* 77
4.16.2 Efisiensi Standar Pompa (η_p) 77
4.17 Daya Penggerak 78
4.17.1 Daya Fluida (WHP) 78
4.17.2 Daya Poros (P_{shaft}) 78
4.17.3 Daya Nominal Penggerak Mula 78
4.18 Data Hasil *Survey* 79
4.18.1 Data Fluida 79
4.18.2 Data *Reservoir* 79
4.18.3 Data Pompa 79
4.18.4 Data Pipa 79
4.18.5 Data *Fitting* dan *Accessory* 79
4.19 Perhitungan 80
4.20 Rekomendasi *Drainage Pump* 91
BAB V PENUTUP 95
5.1 Kesimpulan 95
5.2 Saran 96
DAFTAR PUSTAKA 97
LAMPIRAN 99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Logo PT Pembangkitan Jawa Bali 5
Gambar 2.2 *Peta Lokasi Pembangunan PJB* 5
Gambar 2.3 Logo PT. PLN Nusantara Power 6
Gambar 2.4 Bangunan PLTA Sutami Tampak Halaman Depan..... 7
Gambar 2.5 Struktur Organisasi PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami 8
Gambar 3.1 Alur Pengerjaan Tugas Khusus 22
Gambar 4.1 Waduk Karangkates..... 24
Gambar 4.2 *Spillway* Kondisi Air Waduk Normal (Kiri) Kondisi Banjir di Waduk (Kanan) 25
Gambar 4.3 Saluran Atas (*Head Race*) 25
Gambar 4.4 Saluran Bawah (*Tail Race*)..... 26
Gambar 4.5 *Surge Tank* 27
Gambar 4.6 *Penstock* (kanan) dan Spesifikasi Penstok (kiri) 28
Gambar 4.7 Turbin 29
Gambar 4.8 *Inlet Valve* 30
Gambar 4.9 Generator..... 30
Gambar 4.10 Governor 32
Gambar 4.11 Baterai 32
Gambar 4.12 Mesin Diesel Darurat (*Gen-Set*)..... 33
Gambar 4.13 *OverHEAD Travelling Crane* (OHTC) 34
Gambar 4.14 *Admition Valve* 34
Gambar 4.15 Kompresor *Indoor* 35
Gambar 4.16 Sistem Pengurasan (*Drainage System*) 37
Gambar 4.17 Transformator..... 38
Gambar 4.18 Kegiatan *Safety Induction* 39
Gambar 4.19 *Briefing* atau Meeting pagi 39
Gambar 4.20 Ruang *Center Control Room* (CCR) 40
Gambar 4.21 Pemantauan Parameter Kerja Generator (Kiri) dan Turbin (Kanan) 41
Gambar 4.22 Pengambilan Data Baterai dengan *Density Meter* 41
Gambar 4.23 Proses Pengosongan Air Sisa Pendinginan di Radiator 42
Gambar 4.24 *Cooler* yang sedang di *Coating* 43
Gambar 4.25 Pembersihan Radiator Generator 1, 2, dan 3..... 44
Gambar 4.26 Pengecekan Sambungan *Circuit Breaker* oleh Teknikal Listrik 45
Gambar 4.27 Spesifikasi *Air Blast Circuit Breaker* 45
Gambar 4.28 Proses Penggantian *Level Transmitter* bersama Teknikal Listrik 46
Gambar 4.29 Sensor *Ultrasonic Flow Meter* yang sudah Terpasang..... 47
Gambar 4.30 Pengambilan Data *On Load* Menggunakan *Stopwatch* 48
Gambar 4.31 Pengecekan Kartu Gantung 48
Gambar 4.32 Tampilan Dokumen Pengisian Dokumen *Preventive Maintenance* 49
Gambar 4.33 Tampilan Dokumen Pengisian Dokumen *Preventive Maintenance* 50
Gambar 4.34 Pengecekan APAR menggunakan Aplikasi Izzat di *Intake Gate* 50
Gambar 4.35 Kegiatan Simulasi Tanggap Darurat 51

Gambar 4.36 Tampilan Dokumen IK PM 53
Gambar 4.37 Suasana Rapat Evaluasi Berlangsung 53
Gambar 4.38 Suasana *Knowledge* Sharing Forum 54
Gambar 4.39 Kegiatan Proses Pembongkaran Total Generator 55
Gambar 4.40 Sesi Penjelasan Alur Kerja Sistem PLTA Sutami kepada Mahasiswa Universitas Brawijaya 56
Gambar 4.41 Proses Penyusunan Laporan Magang di Perpustakaan PLTA Sutami 56
Gambar 4.42 Proses Assistensi Laporan dengan Pembimbing Lapangan Magang...…….57
Gambar 4.43 Presentasi Akhir dengan Manager Distrik A dan Jajarannya……..…….57
Gambar 4.44 Klasifikasi Pompa 58
Gambar 4.45 Jenis Pompa *Reciprocating* 59
Gambar 4.46 Jenis Pompa *Rotary* 59
Gambar 4.47 *Drainage Pump* 61
Gambar 4.48 *Sump Pit* 62
Gambar 4.49 Klasifikasi Pompa 62
Gambar 4.50 Profil Kecepatan Aliran Memasuki Pipa 63
Gambar 4.51 Kontinuitas 65
Gambar 4.52 Metode Mengukur *Head* 67
Gambar 4.53 *Control Volume* dan Koordinat untuk Analisis Aliran Energi yang Melewati elbow 90° 67
Gambar 4.54 Instalasi *Suction Lift* 71
Gambar 4.55 Instalasi *Suction Head* 71
Gambar 4.56 Karakteristik Utama 74
Gambar 4.57 Karakteristik Kerja 75
Gambar 4.58 Karakteristik Universal 75
Gambar 4.59 Titik Operasi Pompa 76
Gambar 4.60 Daerah Kerja beberapa Jenis Konstruksi Pompa 76
Gambar 4.61 Putaran Spesifik dan Bentuk Impeller 77
Gambar 4.62 Efisiensi Standar Pompa 77
Gambar 4.63 Skema Instalasi *Drainage Pump Head* Efektif 81
Gambar 4.64 Skema Instalasi *Drainage Pump* ($NPSH_A$) 86
Gambar 4.65 Grafik Efisiensi Pompa Terhadap Putaran Spesifik dan Kapasitas (P_{shaft}) .. 88
Gambar 4.66 Grafik Efisiensi Pompa Terhadap Putaran Spesifik dan Kapasitas 89
Gambar 4.67 Hubungan Putaran Spesifik Dengan Jenis Impeller Pompa 90
Gambar 4.68 Harga Putaran Spesifik 90
Gambar 4.69 Jenis Pompa Rekomendasi 88
Gambar 4.70 Pengaplikasian dari Pompa Rekomendasi 89
Gambar 4.71 Grafik *Head* dan Kapasitas Pompa Rekomendasi 90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daya yang dihasilkan PT. PJB UP Brantas 6
Tabel 3.1 Pelaksanaan Kegiatan Magang 11
Tabel 4.1 Range Kerja Turbin 29
Tabel 4.2 Faktor Cadangan 78
Tabel 4.3 Efisiensi Transmisi 78
Tabel 4.4 Jenis *Accessory* 79
Tabel 4.5 Faktor Cadangan 88
Tabel 4.6 Spesifikasi dari Pompa Rekomendasi 92

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Penerimaan Magang dari Perusahaan 99
Lampiran 2. Nilai dari Pembimbing Lapangan 101
Lampiran 3. Form Asistensi Dosen Pembimbing..... 103
Lampiran 4. Data..... 104
Lampiran 5. Hasil Magang..... 105

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan teknologi telah meningkatkan tuntutan akan keterampilan dan kualifikasi di dunia industri, sehingga perguruan tinggi dituntut untuk menghasilkan lulusan yang tidak hanya kompetitif, tetapi juga mahir dalam menghadapi kemajuan teknologi dan memiliki keterampilan yang unggul, berkepribadian disipilin, berkualitas, serta memiliki intelektual yang dapat berpikir secara kritis. Sebagai respons terhadap pesatnya perkembangan IPTEK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya berupaya mengimplementasikan kemajuan tersebut sebagai sarana untuk mengembangkan sumber daya manusia yang adaptif, peka terhadap perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan, serta mampu mengembangkan keilmuan sesuai bidang keahliannya. Untuk mencapai tujuannya dalam menghasilkan lulusan yang kompeten dan adaptif, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya menjalin kerjasama dengan pusat riset dan komponen pengembangan lainnya. Melalui berbagai program seperti, studi ekskursi, kerja praktik, magang, dan penelitian bersama. Optimalisasi pengetahuan mahasiswa terkait implementasi dan pengembangan teknologi sesuai bidangnya menjadi fokusan utama, dengan didukung pemerintah sebagai jembatan antara perguruan tinggi dan dunia kerja. Magang industri, sebagai kurikulum wajib bagi mahasiswa D4 Teknologi Rekayasa Konversi Energi Departemen Teknik Mesin Industri ITS, diharapkan dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang dunia industri dan memperkaya pengetahuan teoritis yang diperoleh di perkuliahan melalui pengalaman praktis di lapangan.

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, tentunya selaras dengan kebutuhan energi listrik. Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan potensi sumber daya alam yang melimpah, menghadapi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Pertumbuhan ekonomi dan populasi yang pesat mendorong permintaan energi yang signifikan, sementara upaya untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca menjadi semakin mendesak. Dalam konteks ini, energi terbarukan memainkan peran penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di Indonesia. Seperti terlampir pada Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), peran EBT ditargetkan minimal sebesar 23% dari total kebutuhan energi pada tahun 2025. Ketersediaan energi yang cukup, terjangkau, dan berkelanjutan menjadi faktor krusial dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, kemajuan industri, dan kesejahteraan masyarakat. Dalam era globalisasi dan perkembangan teknologi yang pesat, sektor energi menghadapi tantangan kompleks. Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan modern. Pertumbuhan populasi dan perkembangan industri menyebabkan peningkatan permintaan energi listrik yang signifikan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan sumber energi yang andal, efisien, dan ramah lingkungan. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu solusi energi terbarukan yang potensial. Indonesia memiliki kapasitas dari tenaga air yakni 6.784,2 MW atau 51,6% dari total kapasitas terpasang pembangkit listrik energi baru terbarukan nasional (Kementerian ESDM, 2023). Besaran potensi pembangkitan listrik tenaga air adalah sebesar 75.000 MW dimana baru 9% dari potensi tersebut yang telah dimanfaatkan baik dalam pembangkit skala kecil maupun besar. Berdasarkan data potensi

energi terbarukan Indonesia tahun 2015, potensi energi air menduduki peringkat kedua setelah surya dengan besar potensi 75.000 MW (Kurniawan *et al,* 2021).

Dalam menyediakan energi listrik, Indonesia memiliki PT. PLN sebagai salah satu BUMN terbesar di Indonesia yang bergerak dalam bidang penyediaan tenaga listrik. Salah satu anak perusahaannya adalah PT. PLN Nusantara Power (PT. PLN NP). PLN Nusantara Power – PLTA Sutami, yang terletak di Kabupaten Malang, Jawa Timur, merupakan salah satu PLTA terbesar di Indonesia. PLTA ini memiliki peran penting dalam memasok kebutuhan listrik di wilayah Jawa Timur dan sekitarnya. Melihat dari pentingnya keberadaan PLN Nusantara Power – PLTA Sutami, maka saya sebagai mahasiswa Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Departemen Teknik Mesin Industri ITS, memilih perusahaan tersebut sebagai tempat magang industri dengan harapan dapat memberikan kesempatan bagi saya untuk mempelajari teknologi dan operasi PLTA skala besar. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami memiliki sejarah panjang dan pengalaman yang kaya dalam mengelola sumber daya air untuk pembangkitan listrik, yang sangat berharga bagi mahasiswa magang dalam memahami praktik terbaik di industri ini. Dengan demikian mahasiswa juga dapat lebih mengetahui terkait kontribusi energi terbarukan dan keberlanjutan pada transisi energi yang bersih dan ramah lingkungan.

1.2 Tujuan Magang

Pelaksanaan magang industri memiliki beberapa tujuan umum dan khusus, di antaranya sebagai berikut:

1.2.1 Tujuan Umum

1. Melaksanakan program dari perguruan tinggi yakni magang industri.
2. Memenuhi beban satuan kredit semester (SKS) yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademis di Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi.
3. Memberikan pengalaman dan bekal pengetahuan kepada mahasiswa mengenai pengaplikasian ilmu dalam suatu permasalahan serta mencari solusi yang tepat.
4. Menumbuhkan pola berpikir konstruktif kepada mahasiswa.
5. Mengetahui dan memahami implementasi Teknologi Rekayasa Konversi Energi di dunia industri sekaligus mampu mengadakan pendekatan masalah serta menganalisa kekurangan dan kelebihannya.
6. Mahasiswa mengenal lebih jauh kondisi lingkungan kerja terkait ilmu yang sedang ditekuni.
7. Perguruan tinggi melalui mahasiswa magang industri, dapat terus memantau perkembangan teknologi yang digunakan oleh perusahaan sehingga, pendidikan yang diberikan kepada mahasiswa dapat terus diperbaharui sesuai perkembangan zaman.
8. Menjalin dan membangun hubungan yang sinergis, jelas, dan terarah antara dunia perguruan tinggi dengan dunia kerja.
9. Penyerapan tenaga kerja dengan membuka kesempatan bagi industri sebagai pengguna dari *output* perguruan tinggi sehingga mampu mengetahui kemampuan mahasiswa sebagai calon tenaga kerja.

1.2.1 Tujuan Khusus

1. Mengenali lingkungan serta proses dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Sutami terutama pada Sistem *Drainage Pump*.
2. Mahasiswa dapat menganalisa suatu masalah ataupun membuat inovasi baru untuk PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami.
3. Memahami teknis operasional suatu alat atau sistem dalam permasalahan tertentu di PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami.
4. Mengetahui dan mempelajari sistem *Drainage Pump* pada project di PLN Nusantara Power – PLTA Sutami dengan melakukan pengamatan secara langsung.
5. Menjalin hubungan yang saling menguntungkan antara Departemen Teknik Mesin Industri dengan PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami.

1.3 Manfaat

Ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan magang industri ini baik dari pihak mahasiswa, perusahaan, maupun perguruan tinggi, yaitu:

1.3.1 Bagi Mahasiswa

1. Meningkatkan kemampuan *soft skill* maupun *hard skill* mahasiswa.
2. Menambah pengalaman sekaligus mengaplikasikan ilmu yang telah didapatkan selama masa perkuliahan.
3. Mempelajari teknis permasalahan yang ada di dunia perusahaan serta mencari solusi yang tepat, efektif, dan efisien.

1.3.2 Bagi Perguruan Tinggi

1. Tercipta pola kerjasama yang baik dengan perusahaan tempat mahasiswa melaksanakan magang industri.
2. Memiliki sumber daya mahasiswa yang berkarakter dan memiliki *skill* mumpuni di bidangnya.

1.3.3 Bagi Perusahaan

Mendapat masukan dan saran sebagai upaya meningkatkan produktivitas perusahaan sesuai dengan hasil pengamatan yang dilakukan mahasiswa selama magang industri.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II
GAMBARAN UMUM PT. PLN NUSANTARA POWER – PLTA SUTAMI

2.1 Sejarah PLN Nusantara Power – PLTA Sutami

Terdapat beberapa pembagian sejarah dalam Perusahaan PLN Nusantara Power – PLTA Sutami, hal tersebut disebabkan karena faktor kepemilikan. Adapun sejarahnya sebagai berikut:

2.1.1 Sejarah PT. PJB

Gambar 2.1 Logo PT Pembangkitan Jawa Bali
(sumber:koranbumn, 2021)

Persero Terbatas Pembangkit Jawa Bali atau disingkat dengan nama PT. PJB berawal ketika dibentuk perusahaan listrik dan gas pada tahun 1945. Setelah itu, pada tahun 1965, perusahaan listrik dipisah dari perusahaan gas. Pada tahun 1972, perusahaan tersebut menjadi nama Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan status perusahaan umum. Di tahun 1982 restrukturisasi dimulai di Jawa – Bali dengan pemisahan unit sesuai fungsinya, yaitu unit PLN pembangkitan dan penyaluran. Kemudian, status PLN diubah menjadi Persero pada tahun 1994. Pada tahun berikutnya yaitu 1995 dilakukan rekontruksiasi di dalam PT. PLN (Persero) dengan membentuk dua anak perusahaan di bidang pembangkitan yang bertujuan memisahkan misi sosial dan misi komersial yang sesuai. Di tahun yang sama yaitu 1995 pada tanggal 3 Oktober PT. Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa – Bali II atau yang lebih dikenal dengan nama PLN PJB II dibentuk.

Gambar 2.2 *Peta Lokasi Pembangunan PJB*
(sumber: www.ptpjb.com, 2011)

Tujuan utama dibentuknya PT. PJB II adalah untuk menyelenggarakan usaha ketenagalistrikan bermutu tinggi serta andal berdasarkan prinsip industri dan niaga yang sehat dan efisien. Pada tahun 2000 PLN PJB II berubah nama menjadi PT. Pembangkitan Jawa – Bali dengan jumlah unit yang dimiliki 13 yang menghasilkan kapasitas 6.536 MW dan aset setara kurang lebih 41,5 Triliun. Tentunya kondisi tersebut

didukung oleh karyawan-karyawan yang bermutu, handal, dan layanan yang diberikan mampu memenuhi standar internasional.

2.1.2 UP Brantas

Gambar 2.3 Logo PT. PLN Nusantara Power
(Sumber: plnnusantarapower, 2023)

Unit Pembangkit (UP) Brantas, salah satu unit PT. PJB, mengoperasikan 13 PLTA yang tersebar di 5 kabupaten di Jawa Timur. Meskipun kapasitas yang dihasilkan hanya 281 MW atau setara dengan 4,1% dari total kapasitas pembangkit PT. PJB yang berkontribusi pada sistem JAMALI (Jawa, Madura, dan Bali), keberadaannya lebih berfungsi sebagai *initial charging*. Artinya, pembangkit ini berperan sebagai cadangan saat Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) mengalami perbaikan atau sistem kehilangan daya (*blackout*). Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang termasuk dalam sistem operasi Unit Pembangkit (UP) Brantas adalah sebagai berikut:

1. PLTA Sengguruh
2. PLTA Sutami
3. PLTA Selorejo
4. PLTA Ledoyo
5. PLTA Ngebel
6. PLTA Tulangagung
7. PLTA Wlingi
8. PLTA Medalan
9. PLTA Giringin
10. PLTA Wonorejo
11. PLTA Ampelgading
12. PLTA Siman
13. PLTA Golang

Pada tahun 2008 – 2009, UP Brantas dinobatkan sebagai unit pembangkit *hydro* terbaik diantara unit pembangkit PT. PJB. Berikut ini merupakan tabel daya yang dihasilkan dan tahun mulai beroperasi serta lokasi kabupaten dari pembangkit-pembangkit listrik tenaga air yang berada diatas.

Tabel 2.1 Daya yang dihasilkan PT. PJB UP Brantas

PLTA	Daya yang Dihasilkan (MW)	Mulai Operasi (Tahun)		Kabupaten
Sutami	3 x 35	Unit 1 & 2	1973	Malang
		Unit 3	1976	
Sengguruh	2 x 14,5	1988		
Ampel Gading	2 x 5,05	2011		
Mendalan	3 x 5,8	Unit 1	1930	
	1 x 4,6	Unit 2, 3, & 4	1976	
Siman	3 x 3,5	Unit 1 & 2	1973	
		Unit 3	1976	
Selorejo	1 x 4,48	1973		
Wlingi	2 x 27	Unit 1	1978	Blitar
		Unit 2	1979	

Lodoyo	1 x 4,5	1983		
Tulungagung	2 x 18	1993		Tulungagung
Wonorejo	1 x 6,5	2002		
Golang	3 x 0,9	1959		Madiun
Giringan	2 x 0,9	Unit 1	1955	
	1 x 1,4	Unit 2	1979	
Ngebel	1 x 2,2	1968		Ponorogo
Total	**290,55**	**1930 – 2011**		**5 Kabupaten**

2.1.3 PLTA Sutami

Gambar 2.4 Bangunan PLTA Sutami Tampak Halaman Depan
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Sutami didirikan pada tahun 1970 dan saat ini berada di bawah pengelolaan PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkit Brantas. Pada awalnya, pembangkit ini dinamakan PLTA Karangkates hingga pada tahun 1981 berganti nama menjadi PLTA Sutami dan diserahterimakan dari proyek ke PLN. Nama Sutami sendiri diambil dari nama Menteri Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik (PUTL) era Presiden Soeharto, yaitu Prof. Dr. Ir. Sutami. PLTA Sutami kini memiliki tiga unit pembangkit dan memanfaatkan energi potensial dari Sungai Brantas yang terletak pada ketinggian sekitar 272 mdpl. Perusahaan ini merupakan PLTA terbesar di Jawa Timur dengan daya yang dihasilkan 3 x 35 MW dan melayani transmisi selama 24 jam.

Aliran air yang dimanfaatkan untuk PLTA Sutami sebenarnya merupakan air yang dikelola oleh Perum Jasa Tirta (PJT), yaitu perusahaan yang mengelola waduk se-Indonesia. Oleh karena itu, pihak PLTA Sutami membeli air dari PJT sesuai dengan volume air yang diubah menjadi energi listrik. Waduk Karangkates atau waduk yang dikelola PJT merupakan waduk tahunan, yang berarti air harus mengalir terus-menerus selama 24 jam untuk mengantisipasi banjir dan menjadi sarana irigasi bagi persawahan maupun perkebunan. Fungsi utama PLTA Sutami sendiri bukan sebagai sistem pembangkit tenaga listrik, melainkan sebagai penyedia cadangan air yang nantinya akan

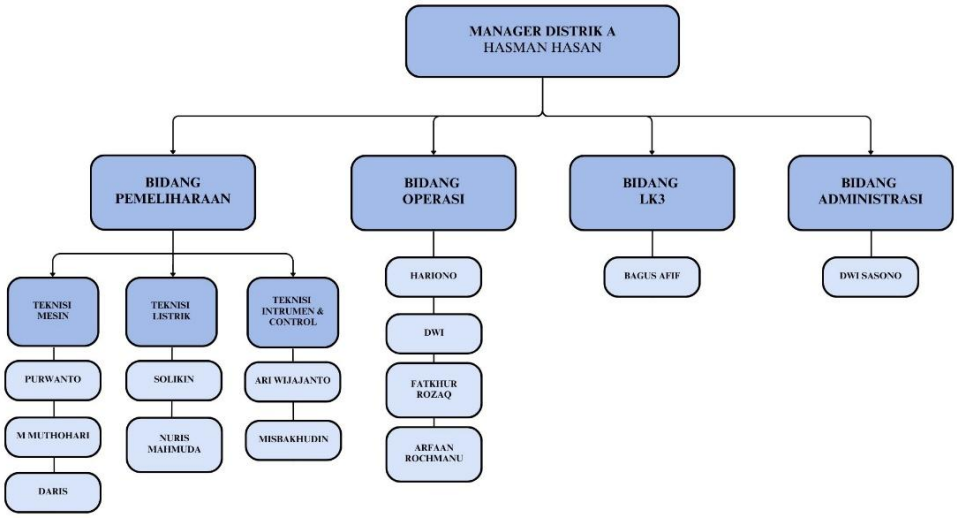
digunakan oleh masyarakat sekitar. Secara lebih lengkap, prioritas fungsi PLTA Sutami sebagai berikut:

1. Pengendali banjir.
2. Meningkatkan keandalan penyediaan air untuk minum dan irigasi.
3. Memproduksi listrik, mendorong kegiatan ekonomi masyarakat sekitar.
4. Mengembangkan usaha perikanan, pertanian, dan perkebunan.
5. Mengembangkan pariwisata.
6. Menyediakan lapangan pekerjaan baru.

Walaupun demikian, sebagai PLTA terbesar di Jawa Timur, PLTA Sutami memiliki peran penting yaitu sebagai tulang punggung jika terjadi *black out* listrik di wilayah Jawa – Bali.

2.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan aspek fundamental bagi setiap perusahaan karena berperan penting dalam menjamin kelancaran seluruh aktivitas operasional. Melalui struktur ini, tugas dan tanggung jawab setiap bagian dapat dirinci secara jelas, sekaligus membangun hubungan kerja yang harmonis antar individu dalam organisasi. Dengan merepresentasikan pembagian fungsi secara sistematis, struktur organisasi memastikan setiap unit dapat bekerja secara tertata dan terarah, sehingga target dan tujuan perusahaan dapat tercapai secara efektif. Adapun struktur organisasi PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami adalah sebagai berikut:



Gambar 2.5 Struktur Organisasi PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami
(sumber: Dokumen Penulis, 2025)

2.3 Visi dan Misi Perusahaan

PLN Nusantara Power (PLN NP) adalah perusahaan pembangkit listrik terbesar di Asia Tenggara dengan kapasitas lebih dari 23.000 MW. Kami hadir sebagai tulang punggung ketahanan energi nasional:

Visi:

Menjadi Perusahaan Pembangkitan yang Terdepan dan Terpercaya untuk Energi Berkelanjutan di Indonesia dan Pasar Global.

Misi:

1. Menjaga Kinerja Pembangkit Listrik yang Unggul Sebagai Kompetensi Inti.
2. Membangun Bisnis Inovatif yang terdepan untuk melakukan Diversifikasi dan Pertumbuhan yang Berkelanjutan.
3. Mengakselerasi Portofolio Bisnis EBT Untuk Mendukung Tercapainya Nol Emisi Karbon.
4. Mengakuisisi dan Membangun Talenta Terbaik Untuk Menjalankan Organisasi yang Responsif dan Adaptif.

Halaman ini sengaja dikosongka

BAB III
PELAKSANAAN MAGANG

3.1 Pelaksanaan Magang

Adapun kegiatan magang industri selama 3 Februari – 3 Juni 2025 di PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami, sebagai berikut:

Tabel 3.1 Pelaksanaan Kegiatan Magang

Hari ke-	Hari, Tanggal, & Waktu	Jam Mulai (WIB)	Jam Selesai (WIB)	Kegiatan
1	Senin, 3 Februari 2025	08.00	09.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		09.00	12.00	*Safety briefing*, mengenal K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja)
		13.00	15.00	Mengenal profil PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami
2	Selasa, 4 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau meeting pagi
		10.00	12.00	Pengenalan Ruang Control atau CCR (*Center Control Room*)
		13.00	15.30	Pengenalan ruang baterai dan membantu pengambilan data massa jenis cairan baterai dengan *density meter*
3	Rabu, 5 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Analisis permasalahan di CCR (*Center Control Room*)
		13.00	15.30	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
4	Kamis, 6 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	15.30	Membantu melakukan pengosongan air sisa

				pendinginan di radiator untuk pemasangan *cooler*
5	Jumat, 7 Februari 2025	08.00	09.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		09.00	11.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	15.30	Melakukan *coating* pada sisi *cooler* salah satu unit PLTA Sutami yang sudah terkikis
6	Senin, 10 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	16.00	Belajar mandiri cara kerja komponen-komponen yang ada di PLTA Sutami
7	Selasa, 11 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Analisis permasalahan di CCR (*Center Control Room*)
		13.00	15.30	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
8	Rabu, 12 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Analisis permasalahan di CCR (*Center Control Room*)
		13.00	15.30	*Preventive maintenance*: pembersihan lumpur yang tersangkut pada air radiator unit 2 PLTA Sutami
9	Kamis, 13 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Analisis permasalahan di CCR (*Center Control Room*)
		13.00	15.30	Belajar mandiri mempelajari cara kerja komponen-

				komponen yang ada di PLTA Sutami
10	Jumat, 14 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Analisis permasalahan di CCR (*Center Control Room*)
		13.00	15.30	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
11	Senin, 17 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.30	Belajar mandiri di perpustakaan
12	Selasa, 18 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Analisis permasalahan di (*Generator Circuit Breaker*) pada transformator
		13.00	15.30	Pengecekan sambungan pada *circuit breaker*
13	Rabu, 19 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.30	Belajar mandiri di perpustakaan
14	Kamis, 20 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.30	Penggantian *level transmiter*
15	Jumat, 21 Februari 2025	08.00	09.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		09.00	12.00	Pengamplasan pada permukaan pipa *trust bearing* agar tidak berpengaruh ke tranducer saat pengukuran *flow meter*. Dilanjutkan pemasangan *ultrasonic flow* meter di *trust bearing* unit 1 generator
		13.00	15.30	Belajar mandiri
16	Senin, 24 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.30	Belajar mandiri
17	Selasa, 25 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Analisis permasalahan di CCR (*Center Control Room*)
		13.00	15.30	*Preventive maintenance*: pembersihan lumpur yang tersangkut pada air radiator unit 3 PLTA Sutami

18	Rabu, 26 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.30	Belajar mandiri
19	Kamis, 27 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.30	Belajar mandiri
20	Jumat, 28 Februari 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.30	Belajar mandiri
21	Senin, 3 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.00	Belajar mandiri
22	Selasa, 4 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.00	Belajar mandiri
23	Rabu, 5 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.00	Belajar mandiri
24	Kamis, 6 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.00	Belajar mandiri
25	Jumat, 7 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Pengambilan data *on load* pada pressure tank unit 1, 2, dan 3 di PLTA Sutami
		13.00	15.00	Belajar mandiri
26	Senin, 10 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Mengerjakan laporan
		13.00	15.00	Belajar mandiri
27	Selasa, 11 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	15.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
28	Rabu, 12 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure*

				tank, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	15.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
29	Kamis, 13 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	15.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
30	Jumat, 14 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	15.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
31	Senin, 17 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	15.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
32	Selasa, 18 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Pemeriksaan dan Pembersihan kompresor
		13.00	15.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
33	Rabu, 19 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membuat daftar alat bantu yang ada di PLTA beserta spesifikasi dan *standard job* pemeliharaannya

		13.00	15.00	Mengisikan ke spreadsheet *preventive maintenance* kondisi peralatannya
34	Kamis, 20 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membuat daftar alat bantu yang ada di PLTA beserta spesifikasi dan *standard job* pemeliharaannya
		13.00	15.00	Mengisikan ke spreadsheet *preventive maintenance* kondisi peralatannya
35	Jumat, 21 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membuat daftar alat bantu yang ada di PLTA beserta spesifikasi dan *standard job* pemeliharaannya
		13.00	15.00	Mengisikan ke spreadsheet *preventive maintenance* kondisi peralatannya
36	Senin, 24 Maret 2025	08.00	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Pembersihan Panel AVR (*Automatic Voltage Regulator*)
		13.00	15.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
37	Selasa, 25 Maret 2025	08.00	15.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
38	Rabu, 26 Maret 2025	08.00	15.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
39	27 Maret – 7 April 2025	-	-	Cuti bersama Idul Fitri
40	Selasa, 8 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
		13.00	16.00	Pemantauan kebocoran pada *Drainage Pump*
41	Rabu, 9 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Pemantauan kebocoran pada *Drainage Pump*
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
42	Kamis. 10 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Pemantauan kebocoran pada *Drainage Pump*

		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
43	Jumat, 11 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
		13.00	16.00	Pemantauan kebocoran pada *Drainage Pump*
44	Senin 14 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Pemantauan kebocoran pada *Drainage Pump*
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
45	Selasa, 15 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang.
46	Rabu, 16 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Pengecekan peralatan K3 berupa APAR di lantai 1, 2, dan 3 PLTA Sutami
		13.00	16.00	Pengecekan kondisi APAR di *intake gate* dan gudang material
47	Kamis, 17 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Kegiatan Simulasi Tanggap Darurat PLTA Distrik A Periode 2025 di PLTA Sutami
		13.00	16.00	Kegiatan Simulasi Tanggap Darurat PLTA Distrik A Periode 2025 di PLTA Sutami
48	Jumat, 18 April 2025	-	-	Libur Hari Wafat Yesus Kristus
49	Senin, 21 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
50	Selasa, 22 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang

		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
51	Rabu, 23 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Penggantian Ulang Isi kotak K3 dan pengecekan APAR
		13.00	16.00	Penggantian Ulang Isi kotak K3 dan pengecekan APAR
52	Kamis, 24 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Pengecekan APAR
		13.00	16.00	Pengecekan APAR
53	Jumat, 25 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
54	Senin, 28 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
55	Selasa, 29 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Melakukan pembuatan dokumen instruksi kerja
		13.00	16.00	Melakukan pembuatan dokumen instruksi kerja
56	Rabu, 30 April 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Melakukan pembuatan dokumen instruksi kerja
		13.00	16.00	Melakukan pembuatan dokumen instruksi kerja
57	Kamis, 1 Mei 2025	-	-	Libur Hari Buruh Nasional
58	Jumat, 2 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Pengecekan APAR
		13.00	16.00	Melakukan pembuatan dokumen instruksi kerja
59	Senin, 5 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Rapat Penyuluhan LHK3
		13.00	16.00	Melakukan pembuatan dokumen instruksi kerja
60		07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi

	Selasa, 6 Mei 2025	10.00	12.00	Melakukan pembuatan dokumen instruksi kerja
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
61	Rabu, 7 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Melakukan aktivitas sebagai Pembina lapangan PLTA Sutami untuk kunjungan SMK 6 Malang
		13.00	16.00	Melakukan kegiatan izzat bersama pengawas K3
62	Kamis, 8 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Melakukan pembuatan dokumen instruksi kerja
		13.00	16.00	Melakukan pembuatan dokumen instruksi kerja
63	Jumat, 9 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Melakukan pembuatan dokumen instruksi kerja
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
64	Senin, 12 Mei 2025	-	-	Libur Hari Raya Waisak
65	Selasa, 13 Mei 2025	-	-	Cuti Bersama
67	Rabu, 14 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Pengecekan peralatan K3 berupa APAR di lantai 1, 2, dan 3 PLTA Sutami
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
68	Kamis, 15 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	16.00	Pengecekan peralatan K3 berupa APAR di lantai B1, B2, dan B3 PLTA Sutami.
69		07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi

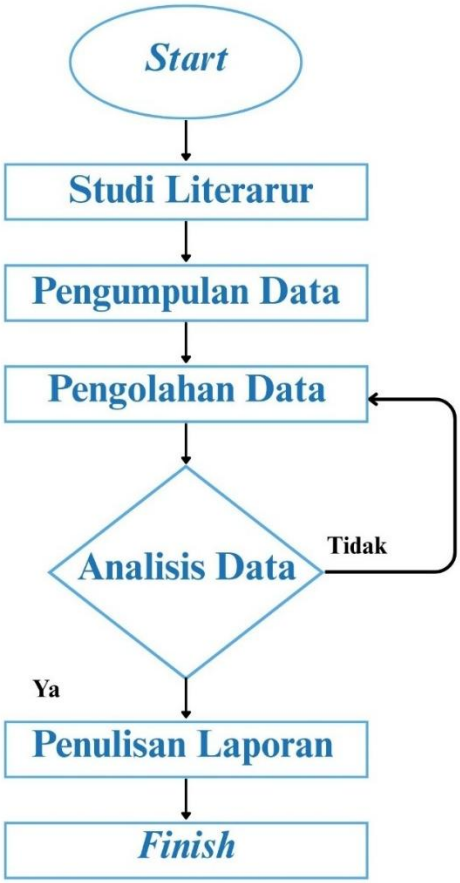
	Jumat, 16 Mei 2025	10.00	12.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
70	Senin, 19 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
71	Selasa, 20 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
72	Rabu, 21 Mei 2025	07.30	10.00	*Knowledge Sharing Forum* (KSF) di PLTA Sengguruh.
		10.00	12.00	Mengikuti pemantauan kegiatan *overhaul* di PLTA Sengguruh
		13.00	16.00	Mengikuti pemantauan kegiatan *overhaul* di PLTA Sengguruh
73	Kamis, 22 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Sharing terkait alur kerja PLTA dengan visitor mahasiswa Universitas Brawijaya.
		13.00	16.00	Mengikuti pemantauan kegiatan *overhaul* di PLTA Sengguruh
74	Jumat, 23 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure*

				tank, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
75	Senin, 26 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
76	Selasa, 27 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	16.00	Belajar mandiri dan mengerjakan laporan magang
77	Rabu, 28 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator
		13.00	16.00	Asistensi laporan magang dengan pembimbing lapangan
78	Kamis, 29 Mei 2025	-	-	Libur Kenaikan Yesus Kristus
79	Jumat, 30 Mei 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Membantu pengambilan data laporan harian pada komponen yang terdapat di 3 unit PLTA Sutami, seperti data *pressure tank*, turbin, *oil pump*, dan transformator.
		13.00	16.00	Asistensi laporan magang dengan pembimbing lapangan

80	Senin, 2 Juni 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	12.00	Presentasi Hasil Laporan
		13.00	16.00	Mengikuti pemantauan kegiatan *overhaul* di PLTA Sengguruh
81	Selasa, 3 Juni 2025	07.30	10.00	*Briefing* atau *meeting* pagi
		10.00	13.00	Presentasi Akhir Magang
		14.00	15.00	Penyerahan *ID Card* ke kantor PT PLN Nusantara Power

3.2 Metodologi Penyelesaian Tugas Khusus

Selama magang penulis mendapatkan tugas khusus, salah satunya adalah menganalisis pemilihan *drainage pump* (sistem pengurasan) di lantai B3 PLTA Sutami. Adapun metode penulis yang digunakan untuk menyelsaikan tugas ini yaitu:



Gambar 3.1 Alur Pengerjaan Tugas Khusus
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025

BAB IV
HASIL MAGANG

4.1 *Power House* PLTA Sutami

Dalam sistem pembangkit, *power house* berfungsi sebagai pusat pengoperasian dan pengendalian utama, tak terkecuali pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Selain itu, *power house* juga berperan penting sebagai pelindung bagi peralatan vital agar terhindar dari kerusakan. *Power house* PLTA Sutami sendiri memiliki enam lantai, yang terdiri atas tiga lantai di atas tanah dan tiga lantai di bawah tanah, dengan rincian sebagai berikut:

Lantai 1 di atas tanah	:	dengan elevasi 188,1 m terdiri dari ruang pertemuan, ruang AC, ruang ventilasi, dan mushola.
Lantai 2 di atas tanah	:	dengan elevasi 192,6 m terdiri dari CCR (*Center Control Room*), ruang baterai, dan ruang telekomunikasi.
Lantai 3 di atas tanah	:	dengan elevasi 197,1 m terdiri dari ruang rapat, ruang kantor, dan *Over Head Travelling Center* (OHTC) dengan penggeraknya.
Lantai 1 di bawah tanah	:	dengan elevasi 183,6 m terdiri dari *cubicle room* 11 kV untuk generator *excitation cubicle*, *cubicle* 6 kV dan 220/380 Volt.
Lantai 2 di bawah tanah	:	dengan elevasi 180,8 m terdiri dari ruang generator, turbin pit, tangki udara, pompa oli, galeri, dan ruang bengkel.
Lantai 3 di bawah tanah	:	dengan elevasi 174,1 m terdiri dari ruang turbin.

4.2 Proses Pembangkit PLTA Sutami

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Sutami merupakan salah satu unit pembangkitan yang memanfaatkan air sebagai bahan baku utama untuk menggerakkan turbinnya. Energi yang dimanfaatkan adalah energi potensial air, yaitu energi yang timbul akibat perbedaan ketinggian air, khususnya dari Bendungan Sungai Brantas. Energi potensial ini terbentuk ketika air mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Di PLTA Sutami, air dari Sungai Brantas ditampung dalam bendungan, kemudian dialirkan melalui pipa pesat (*penstock*) menuju turbin dengan memanfaatkan perbedaan ketinggian tersebut. Kapasitas pembangkitan dari PLTA merupakan fungsi dari *head* (tinggi hidrolik air) dan debit air yang dilepaskan melalui turbin hidrolik, yang dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$P = 9{,}8 \cdot n \cdot Q\,H$$

Dimana:

P : daya (kW)
n : efisiensi pembangkit (%)
Q : debit air (m^3/s)
H : head/tinggi jatuh air (m)

Energi aliran air dimanfaatkan untuk memutar turbin air yang dihubungkan seporos dengan rotor generator. Putaran rotor, yang diberi aliran arus searah (DC), akan menimbulkan medan magnet. Medan magnet pada belitan rotor menghasilkan fluks magnet

yang kemudian akan memotong kumparan atau belitan pada stator. Apabila belitan stator terpotong oleh fluks magnet, maka akan timbul tegangan induksi atau Gaya Gerak Listrik (GGL). Karena belitan stator merupakan rangkaian tertutup, maka akan muncul arus, dan dari stator inilah tegangan keluaran (*output*) generator dihasilkan.

Untuk menunjang proses pembangkitan listrik secara optimal di PLTA Sutami, peran peralatan utama dan peralatan bantu sangat krusial. PLTA Sutami dilengkapi dengan sistem pengontrolan unit pembangkit menggunakan tipe *master controller*, yang memungkinkan pengendalian unit pembangkit dari ruang kontrol (*control room*). *Master controller* ini memiliki enam posisi pengaturan, yaitu *stop*, *inlet valve*, *start*, *excite*, *parallel*, dan *load*. Dalam pengoperasiannya, unit pembangkit dapat dikontrol secara otomatis pada setiap tahap operasi dengan menempatkan *master controller* pada posisi yang bersangkutan.

4.3 Komponen Utama PLTA Sutami

Adapun peralatan atau komponen utama yang dibutuhkan dalam pengoperasian PLTA Sutami di antaranya, sebagai berikut:

4.3.1 Waduk

Gambar 4.1 Waduk Karangkates
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Waduk atau bendungan berfungsi sebagai tempat penyimpanan atau tandon air. Waduk PLTA Sutami, yang juga dikenal sebagai Waduk Karangkates, merupakan waduk tahunan yang operasionalnya harus dilakukan setiap hari. Waduk ini dikategorikan sebagai waduk serbaguna, dengan fungsi utama meliputi pencegahan banjir, keperluan irigasi, pembangkitan energi listrik, perikanan darat, dan jasa tirta. Adapun data terkait Waduk Karangkates adalah sebagai berikut:

- Kapasitas : 343 x 10 m^3
- Kapasitas Efektif : 253 x 10 m^3
- Daerah Terendam : 1,5 km^2
- Daerah Pengaliran : 2,05 km^2
- Tinggi Muka Air Normal (*HWL*) : el. 272,50 m
- Tinggi Muka Air Rendah (*LWL*) : el. 246,00 m
- Muka Air Banjir (*FWL*) : el. 277,00 m

- Debit Masuk Rata-rata : 55,20 m^3/detik

4.3.2 Saluran Pelimpah *(Spillway)*

Gambar 4.2 *Spillway* Kondisi Air Waduk Normal (Kiri) Kondisi Banjir di Waduk (Kanan)
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Spillway atau saluran pelimpah, merupakan komponen penting pada bendungan. Berfungsi untuk mengalirkan kelebihan air waduk yang melampaui elevasi maksimal pada kondisi normal. Fungsi utamanya adalah mencegah terjadinya banjir dan melindungi bendungan dari kerusakan akibat luapan air melalui puncak bendungan. Oleh karena itu, *spillway* harus dirancang dengan kapasitas debit banjir yang besar, sehingga mampu mengalirkan volume air berlebih tanpa menyebabkan kerusakan pada struktur bendungan maupun bangunan pelengkap di sekitarnya. Selain sebagai pengendali banjir, *spillway* juga berperan penting dalam menjaga kestabilan elevasi air waduk agar tetap berada di bawah ketinggian maksimum yang aman. Data terkait *spillway* adalah sebagai berikut:

- Tipe : *Open chute* memakai pintu air
- Panjang Saluran : 460 m
- Kapasitas : 1.600 m^3/detik
- Jembatan Beton Panjang : 12 m
- Jembatan Beton Lebar : 9,30 m
- Jembatan Baja Panjang : 22 m
- Jembatan Baja Lebar : 9,30 m

4.3.3 Pintu-pintu Air (*Water Way*)

4.3.3.1 Saluran Atas (*Head Race*)

Gambar 4.3 Saluran Atas (*Head Race*)
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Saluran atas atau dikenal juga sebagai *head race*, berfungsi untuk mengalirkan air dari waduk menuju *penstock* (pipa pesat). Saluran tersebut terdiri atas tiga pipa baja yang masing-masing berdiameter 3,4 meter dan seluruhnya terbungkus beton. Pipa-pipa ini terletak pada kedalaman 47 meter di bawah puncak bendungan, dengan rincian sebagai berikut:

a. *Intake Tower*

Intake tower sendiri dilengkapi dengan motor penggerak dan adapun spesifikasinya sebagai berikut:

- *Wire Rope* : 80 m
- Drum : 800 m
- Daya : 15 HP
- Tegangan : 380 volt
- Frekuensi : 50 Hz
- *Phase* : 3

b. *Intake Gate*

Intake gate terdiri dari tiga set yaitu, *gate leaf* dengan *bypass,* dan *house guide frame*. Adapun spesifikasinya sebagai berikut:

- *Type* : *Fixed Gradien*
- Lebar dan Tinggi : 3,4 m
- Bahan : SM.SL-B-SS41
- Berat : 80,816 ton
- Maksimum *Head* : 43,9 m
- Tinggi Angkat : 47 m
- *Operation Speed* Normal : 1^{m}/menit
- *Operation Speed* Darurat : 4 ^{m}/menit

c. *Intake Trash Rack*

Adapun spesifikasi dari *intake trash rack* sebagai berikut:

- *Type* : *Fixed Gradien*
- Lebar : 8 m
- Maksimum *Head* : 3 m
- Bar Pitch : 75 m
- Tinggi : 13,9 m

4.3.3.2 Saluran Bawah *(Tail Race)*

Gambar 4.4 Saluran Bawah (*Tail Race*)
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025*)*

Tail race yang ditujukan merupakan saluran pembuangan air setelah turbin beroperasi. Data *tail race* adalah sebagai berikut:

- Tinggi Elevasi Waduk : 272,5 m
- Tinggi Elevasi *Tail Race* :182 m
- Tinggi Elevasi 1 Unit Operasi : 181,8 m (normal)
- Tinggi Elevasi 2 Unit Operasi : 182 m (normal)
- Tinggi Elevasi 3 Unit Operasi : 182,8 m (normal)

4.3.4 *Surge Tank*

Gambar 4.5 *Surge Tank*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Surge tank pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah sebuah tangki atau wadah yang secara strategis dipasang di antara saluran air utama (*penstock*) dan turbin. Tangki ini memiliki permukaan air bebas karena terbuka ke atmosfer dan berperan vital dalam mengamankan sistem perpipaan PLTA dari perubahan tekanan air yang mendadak. Sebagai salah satu elemen pengaman utama PLTA, *surge tank* berfungsi melindungi sistem dari berbagai jenis gangguan, seperti berikut:

a) Perubahan tekanan karena elevasi waduk.
b) Perubahan tekanan karena gelombang.
c) Adanya *water hammer* yang disebabkan benturan air dari waduk dengan air yang kembali karena penutupan *guide vane* saat generator berhenti operasi. Ketika katup turbin ditutup secara tiba-tiba, aliran air yang memiliki momentum akan menghasilkan lonjakan tekanan yang sangat tinggi dalam *penstock*. Fenomena ini disebut *water hammer* dan dapat merusak pipa. *Surge tank* berfungsi sebagai ruang ekspansi yang memungkinkan air naik dan turun, sehingga meredam lonjakan tekanan ini.

d) Menampung air saat beban menurun. Ketika beban listrik menurun, turbin mengurangi kebutuhan air. *Surge tank* dapat menampung kelebihan air sementara waktu sebelum aliran air dari waduk utama disesuaikan.

4.3.5 Pipa Pesat *(Penstock)*

Gambar 4.6 *Penstock* (kanan) dan Spesifikasi *Penstock* (kiri)
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Penstock atau dikenal juga sebagai pipa pesat, memiliki fungsi vital sebagai penyalur air dari waduk menuju turbin pada pembangkit listrik tenaga air. Air yang mengalir melalui *penstock* awalnya membawa energi potensial yang tinggi, disebabkan oleh perbedaan ketinggian air dari waduk. Energi potensial ini kemudian secara efisien diubah menjadi energi kinetik seiring dengan peningkatan kecepatan aliran air saat meluncur menuju turbin. Energi kinetik inilah yang penting, karena akan memutar turbin dan selanjutnya, menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Oleh karena perannya yang strategis, *penstock* dirancang untuk mampu menahan tekanan mendadak yang dapat timbul akibat perubahan beban atau fenomena *water hammer* (yaitu benturan antara air dan udara di dalam pipa). Selain itu, *penstock* juga harus mampu menanggung tekanan statisnya sendiri. Adapun spesifikasi dari *penstock* atau pipa pesat adalah sebagai berikut:

- Dimater Dalam : 3,2 m
- Jumlah : 3 buah
- Berat : 616,175 ton
- Tinggi Tekanan Air Maksimal : 133,069 m
- Tebal Pipa : 11 – 19 mm
- Panjang Pipa Pesat no.1 : 288,7888 m
- Panjang Pipa Pesat no.2 : 223,789 m
- Panjang Pipa Pesat no.3 : 217,45 m

4.3.6 Turbin

Gambar 4.7 Turbin
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Turbin adalah perangkat utama yang berfungsi mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanis. Energi mekanis ini kemudian ditransmisikan melalui poros vertikal ke generator yang terpasang seporos di atas turbin. PLTA Sutami sendiri menggunakan jenis turbin *Francis* untuk ketiga unit operasinya. Turbin *Francis* memiliki konstruksi khas, dimana air mengalir menuju *runner* (sudu putar) dengan arah radial, dan keluar dengan arah aksial, dengan perubahan arah yang signifikan terjadi saat melewati *runner*. Pengendalian operasi turbin ini dilakukan secara presisi oleh *governor hidraulis*. Bagian penting lainnya adalah rumah siput (*scroll case*) yang berfungsi menahan bagian terbesar dari beban tekanan hidraulis yang diterima oleh turbin. Rumah siput ini umumnya dibuat dari plat baja, baja cor, atau besi cor, disesuaikan dengan tinggi terjun air dan kapasitas yang harus ditahan. Adapun data turbin yang digunakan di PLTA Sutami adalah sebagai berikut:

- *Type and From* : VF – IRS, *vertical shaft francis reaction type, single wheel, single flow*
- Efektif *Head* : 85,40 m
- *Max Discharge* : 51,80 m^3/detik
- *Max Output* : 36 MW
- Putaran : 250 rpm
- Jumlah : 3 unit
- Jumlah Sudu Penggerak : 17 buah
- Jumlah Sudu Pengatur : 20 buah
- Diameter Turbin : 3,2 m
- Diameter *Shaft* Turbin : 0,56 m

Dan berikut ini merupakan *range* kerja turbin sebagai berikut:

Tabel 4.1 *Range* Kerja Turbin

Range	**Nominal**	**Minimum**	**Maksimum**
Daya	36 MW	22,6 MW	36 MW
Head	78 m	60,5 m	89,7 m
Debit	53,5 m^3/detik	46 m^3/detik	45,7 m^3/detik

4.3.7 *Inlet Valve*

Gambar 4.8 *Inlet Valve*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Inlet valve berfungsi sebagai pengatur aliran air yang menuju turbin. Ketika turbin akan beroperasi, *inlet valve* harus terbuka penuh untuk memungkinkan aliran air maksimal. Sebaliknya, pada saat turbin tidak beroperasi, *inlet valve* akan tertutup guna menghentikan aliran air. Sistem kerja untuk membuka dan menutup *inlet valve* ini digerakkan oleh *servo motor* yang beroperasi secara hidrolis. Selain itu, pemasangan *bypass valve* secara paralel dengan *inlet valve* bertujuan untuk memastikan tekanan air yang sama di bagian depan dan belakang *inlet valve*. Ketika *inlet valve* mulai dibuka, *bypass valve* ini memungkinkan sejumlah kecil fluida mengalir melalui jalur alternatif terlebih dahulu, membantu menyeimbangkan tekanan. Adapun spesifikasi data dari *inlet valve* adalah sebagai berikut:

- Tipe : *Butterfly*
- Diameter : 3,2 m
- Panjang : 1,2 m
- Kapasitas Servo Motor : 61.000 kg/m
- Pergeseran Volume : - Katup Utama : 246 lt
  - Katup *Bypass* : 4,15 lt

4.3.8 Generator

Gambar 4.9 Generator
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Generator adalah perangkat yang berfungsi memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, umumnya melalui prinsip induksi elektromagnetik. Mekanisme kerjanya mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sirkuit listrik eksternal, perlu ditekankan bahwa generator tidak menciptakan listrik, melainkan menggerakkan elektron yang sudah ada dalam konduktor lilitannya. PLTA Sutami memiliki tiga unit generator pembangkit utama yang berlokasi di lantai B2, tepat di atas turbin yang berada di bawah lantai tersebut. Generator dapat diamati secara langsung dari ruang operator (*control room*). Setiap generator dilengkapi dengan dua jenis bantalan utama, *upper bearing* yang terletak di atas rotor dan *lower bearing* yang berada di bawahnya. Keduanya berfungsi sebagai bantalan poros yang menahan gaya radial. Selain itu, terdapat pula *trust bearing* yang posisinya di bawah rotor, bertugas mendukung beban maksimal dari mesin utama dan gaya hidrolik (*hydraulic force*). Adapun spesifikasi data dari generator adalah sebagai berikut:

- *Type and From* : *TAK – 24 vertical shaft semi umbrella type with spring type thrust bearing*
- Merk : TOSHIBA
- Kapasistas : 39.000 kVA
- Tegangan : 11 kV
- Frekuensi : 50 Hz
- Putaran : 250 rpm
- Jumlah : 3 unit
- *Pole* : 24 *pole, salient pole*
- Pendingin : *Recirculating Air Cooler*
- Fase : 3 fasa
- Faktor Daya : 0,9
- *Rating* : *Continue*
- *Ambien Tempt* : 40^0 C
- *Ambien Tempt Rise* : 75^0 C
- *Field Ampere* : 720 A
- *Field Tempt Rise* : 75^0 C
- Tegangan Eksitasi : 220 V
- *Stator Installation Class* : B
- *Rotor Installation Class* : B
- Standar Spesifikasi : JEC-114 (1964)

4.4 Komponen Pendukung PLTA Sutami

Adapun peralatan atau komponen pendukung yang dibutuhkan dalam pengoperasian PLTA Sutami di antaranya, sebagai berikut:

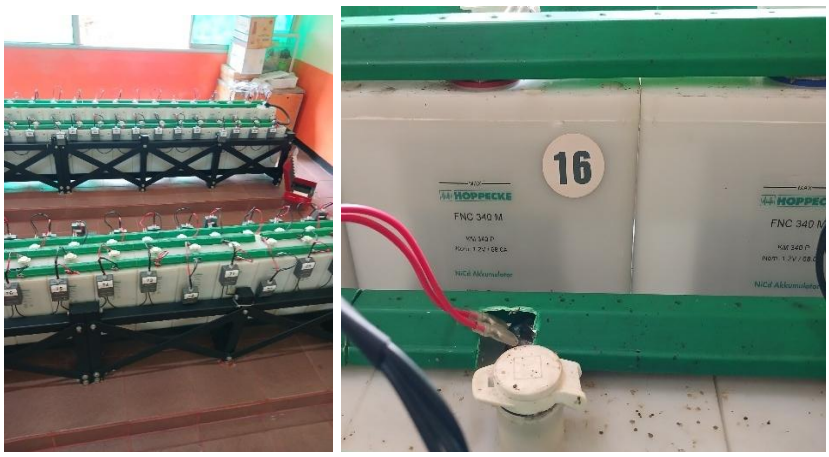
4.4.1 Governor

Gambar 4.10 Governor

(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Governor merupakan peralatan dari generator yang bertugas menjaga kestabilan kecepatan putar pada nilai nominalnya, sehingga frekuensi listrik yang dihasilkan tetap normal (50 Hz). Cara kerjanya adalah dengan mengonversi besaran listrik menjadi besaran mekanis, yang kemudian digunakan untuk mengatur debit air yang masuk ke turbin sesuai dengan kebutuhan pembangkitan. Proses ini umumnya melibatkan *servomotor* sebagai penguat gerakan mekanis, yang digerakkan oleh poros turbin melalui perantara roda gigi atau sabuk. *Servomotor* sendiri memerlukan suplai aliran oli dari pompa roda gigi, dan pengaturannya dilakukan melalui katup kontrol yang menggerakkan governor.

4.4.2 Baterai



Gambar 4.11 Baterai

(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Di PLTA baterai memegang peranan sebagai sumber arus searah (DC) yang handal, terutama pada tahap awal *start-up*. Ketika unit pembangkit baru diaktifkan, baterai menyediakan daya listrik yang diperlukan untuk proses eksitasi generator. Proses ini sangat penting untuk membangkitkan medan magnet awal dalam generator, yang menjadi fondasi bagi produksi energi listrik. Satu set baterai yang terdiri dari 80 sel ini ditempatkan dalam ruang baterai khusus, dirancang untuk memastikan kondisi operasional yang optimal dan aman bagi sistem penyimpanan energi vital ini. Dengan demikian, baterai menjadi fondasi

penting yang memungkinkan PLTA memulai operasinya dan menyalurkan energi listrik ke jaringan. Adapun data teknis baterai sebagai berikut:

- *Type* : SCM 319
- Kapasitas : 300 Ah pada 10 jam *discharge*
- Jumlah Sel : 80 buah
- Tegangan : 110 V
- Pabrik : SAFT

4.4.3 Mesin Diesel Darurat (*Gen-Set*)

Gambar 4.12 Mesin Diesel Darurat (*Gen-Set*)
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Mesin diesel di PLTA memiliki peran krusial yaitu sebagai sumber daya listrik cadangan yang sangat andal, terutama saat terjadi gangguan pada pasokan listrik utama atau selama periode pemeliharaan unit pembangkit utama. Dengan model JOHN DEERE, mesin ini mampu menghasilkan *output* daya sebesar 250 kVA pada putaran 1500 rpm. Daya yang dihasilkan ini kemudian disalurkan ke generator model UCD 1274K dari STAMFORD. Generator ini bertipe saringan terbuka dengan sistem pendinginan dan eksitasi mandiri yang dilengkapi *voltage regulator* serta *single bearing* dengan *brush*, dirancang untuk *rating continuous*, yang berarti mampu beroperasi secara terus-menerus. Kombinasi antara mesin diesel yang tangguh dan generator yang andal ini memastikan ketersediaan listrik untuk kebutuhan vital PLTA Sutami, seperti sistem kontrol, penerangan darurat, dan peralatan penting lainnya, sehingga menjaga keamanan dan kelancaran operasional pembangkit secara keseluruhan. Adapun data spesifikasi dari mesin diesel sebagai berikut:

a) Mesin Diesel
   - Model : JOHN DEERE
   - *Output* : 250 kVA
   - Putaran : 1500 rpm

b) Generator
   - Model : UCD 1274K, STAMFORD
   - *Type* : Saringan terbuka, pendinginan sendiri, eksitasi sendiri dengan *voltage regulator, single bearing* dilengkapi *brush.*
   - *Rating* : *Continuous*
   - *Output* : 250 KVA

- *Voltage* : 220/380 V
- Putaran : 1500 rpm
- Fasa : 3 fasa, 4 kawat
- Hubungan belitan : Bintang (Y) dengan kawat netral
- Faktor daya : 0,8 *lagging*

4.4.4 *OverHEAD Travelling Crane* (OHTC)

Gambar 4.13 *OverHEAD Travelling Crane* (OHTC)
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

OverHead Traveling Crane (OHTC) merupakan peralatan penting dalam pembangkit tenaga listrik ini, di mana terdapat satu unit utama sebagai penggerak utama, satu unit penggerak rel-rel tunggal, dan satu penggerak tambahan yang semuanya dioperasikan menggunakan tenaga listrik. Keberadaan OHTC ini memegang peranan vital dalam proses pemeliharaan dan penanganan peralatan berat di dalam area pembangkit, terutama di PLTA Sutami yang memungkinkan pergerakan dan pengangkatan komponen-komponen besar secara efisien dan aman. Adapun data teknis terkait OHTC sebagai berikut:

- Tipe : *Single Trolley Type*
- Kapasitas : Utama 110 ton, tambahan 30 ton, rel tunggal 5t
- Lebar *Crane* : 14,1 m
- Kecepatan Berjalan : 20 m/menit
- Kecepatan Melintang : 10 m/menit
- Kecepatan Rel Tunggal : 20 m/menit

4.4.5 *Admintion Valve*

Gambar 4.14 *Admition Valve*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Admintion Valve atau sering disebut juga *air admission valve* atau katup pemasukan udara, memegang fungsi penting dalam operasional PLTA, khususnya pada bagian *spiral casing* atau rumah keong turbin. Katup ini dirancang khusus untuk menghisap dan mengeluarkan gelembung-gelembung udara yang mungkin terperangkap di dalam aliran air. Keberadaan gelembung udara dalam *spiral casing* dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan. Pertama, gelembung udara yang melintas melalui turbin dapat menyebabkan vibrasi atau getaran yang tidak diinginkan pada mesin. Getaran berlebihan ini tidak hanya mengurangi efisiensi operasional tetapi juga berpotensi mempercepat keausan komponen turbin, bahkan menyebabkan kerusakan struktural dalam jangka panjang. Kedua, adanya udara dalam air juga dapat memicu atau mempercepat proses korosi pada *runner* turbin, yaitu bagian yang berputar dan berinteraksi langsung dengan aliran air. Korosi dapat mengurangi kekuatan material *runner* dan menurunkan efisiensi hidrodinamiknya.

4.4.6 Kompresor *Indoor*

Gambar 4.15 Kompresor *Indoor*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Di PLTA Sutami, kompresor memiliki peran ganda yang sangat penting dalam operasional sistem. Fungsi utamanya adalah untuk memampatkan udara luar dan menyimpannya dalam *pressure tank*. Udara bertekanan tinggi inilah yang kemudian digunakan untuk menekan minyak hidrolik menuju berbagai peralatan yang memerlukan tekanan oli, seperti *main valve* (katup utama) untuk mengatur aliran air ke turbin, *servomotor* yang vital dalam sistem governor untuk pengaturan kecepatan, dan komponen hidrolik lainnya. Dengan demikian, kompresor memastikan ketersediaan tekanan yang stabil untuk menggerakkan sistem kontrol hidrolik PLTA. Selain itu, kompresor juga berfungsi sebagai bagian integral dari sistem pengereman (*brake system*). Udara bertekanan yang dihasilkan kompresor dapat digunakan untuk menggerakkan mekanisme rem pada turbin atau generator, memungkinkan penghentian putaran secara aman dan terkontrol saat diperlukan, baik untuk pemeliharaan rutin maupun dalam kondisi darurat. Peran ganda ini menjadikan kompresor sebagai komponen yang tak terpisahkan dalam menjaga efisiensi, keandalan, dan keselamatan operasional di PLTA Sutami.

4.4.7 Sistem Air Pendingin

Sistem pendinginan di PLTA ini mengandalkan sirkulasi air yang memanfaatkan *gravity head*. Komponen utamanya meliputi *head cooling water tank* yang berlokasi di belakang gedung sentral, sebuah *reducing valve* yang melayani tiga unit pembangkit, dan untuk setiap unit dilengkapi dengan dua buah *main strainer*. Keseluruhan sistem terhubung melalui jaringan pipa saluran dan berbagai *valve* untuk mengatur aliran air pendingin. Adapun spesifikasi data peralatan pendingin sebagai berikut:

a) *Cooling Water Tank*
   - Kapasitas : 288 m^3
   - *Max Static Head* : 3 m

b) *Head Reducing Valve*
   - *Inlet Pressure* : 6,05 – 9,35 kg/cm^2
   - *Outlet Pressure* : 4,20 kg/cm^2
   - *Discharge* Volume : 15.600 lt/menit
   - *Size of Valvel* : 0 – 250 m

c) *Main Strainer*
   - *Type* : *Vertical Shaft, Manual Rotary*

Dengan cara kerja pada sistem sirkulasi air pendingin, sebagai berikut:

1. Air pendingin diambil dari *penstock* sebelum *inlet valve* melalui pipa dengan diameter 20 mm, disalurkan menuju *cooling water tank* melewati *reducing valve* dan *floating valve*. *Reducing valve* berfungsi untuk menurunkan tekanan air dari *penstock*, dan *floating valve* berfungsi *valve* pengatur *outlet* pipa pemasukan yang terletak di *cooling water tank*.
2. Air dari *cooling water tank* didistribusikan ke tiga set *main strainer*, masing-masing set terdiri dari dua buah *main strainer* untuk sistem pendingin satu unit pembangkit. *Main strainer* bekerja saling bergantian dan berfungsi untuk menyaring air pendingin sebelum didistribusikan ke masing-masing peralatan yang memerlukan.
3. Dan pipa *outlet main strainer*, air disalurkan ke *cooler water supply* untuk mendinginkan *oil sump tank* dan *water cooling valve*, air yang disalurkan ke *cooler water supply* untuk pendingin *oil sump tank* (*pressure oil system*), menggunakan pipa dengan diameter 25 mm keempat buah *oil cooler* seterusnya melewati *water flow relay*, dan air dibuang menuju *sump pit.*

Air yang disalurkan ke *water cooling valve* didistribusikan keempat bagian yaitu:

- *Air cooler* generator
- *Oil cooler* untuk minyak pelumas *upper guide bearing* dan turbin *guide bearing.*
- *Oil cooler* untuk minyak pelumas *trush bearing* dan *lower guide bearing*.
- *Water shaft seal (Sealing Box).*

Untuk *oil cooler* setelah *air cooler* dibuang di *outlet draft tube* yang sebelumnya melewati *water flow relay*. *Water shat seal* adalah suatu sistem penyekat air pada *head cover* dan *main shaft* yang menggunakan *bushing* dan semprotan air bersih berfungsi sebagai real. Adapun sistem distribusi air pendingin sebagai berikut:

- *Sealing Box* : 30 lt/menit

- *Oil cooler (sump tank)* : 90 lt/menit
- *Oil cooler (lbret oil tank)* : 60 lt/menit
- *Gen oil cooler* : 300 lt/menit

4.4.8 Sistem Pengurasan *(Drainage System)*

Gambar 4.16 Sistem Pengurasan *(Drainage System)*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Sistem pengurasan di PLTA merupakan infrastruktur penting yang dirancang untuk pengelolaan air buangan dan kebocoran secara efektif, menjaga lingkungan operasional yang aman dan kering di dalam gedung sentral. Jantung dari sistem ini adalah dua unit pompa sentrifugal berkinerja tinggi, yang dipilih berdasarkan kapasitas dan head yang sesuai dengan kebutuhan pengurasan. Kedua pompa ini tidak beroperasi secara simultan sepanjang waktu, melainkan diatur untuk bekerja secara bergantian berdasarkan sinyal dari *level control switch* yang terpasang di dalam *sump pit*. *Sump pit* sendiri adalah sebuah bak penampungan khusus yang terletak di titik terendah gedung sentral, berfungsi sebagai kolektor air buangan dan kebocoran.

Air yang secara rutin dialirkan ke dalam *sump pit* dan menjadi prioritas untuk dikuras adalah air pendingin yang berasal dari *oil cooler* dan *pressure sump tank*. Proses pendinginan komponen-komponen penting ini menghasilkan air buangan yang perlu segera dikeluarkan untuk mencegah genangan dan potensi kerusakan. Selain itu, sistem pengurasan ini memiliki fungsi spesifik dan sangat penting dalam konteks pemeliharaan. Terdapat saluran *drainase* khusus yang terhubung langsung dengan *draft tube*, yaitu saluran pembuangan air setelah melewati turbin. Saluran ini digunakan secara eksklusif pada saat pengosongan *spiral casing* (rumah keong turbin) dan *draft tube* untuk memungkinkan personel melakukan inspeksi, perbaikan, atau pemeliharaan rutin dengan aman dan efektif.

Pengoperasian *drainage pump* dikendalikan secara otomatis oleh *level control switch*. Ketika ketinggian air di dalam *sump pit* mencapai level tertentu, *switch* akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan salah satu pompa. Pompa akan terus bekerja hingga

level air surut ke titik yang aman, kemudian *switch* akan menonaktifkannya. Sistem ini dirancang dengan redundansi, di mana pompa kedua akan secara otomatis aktif jika pompa pertama mengalami gangguan atau jika volume air buangan melebihi kapasitas satu pompa. Jaringan pipa saluran yang terhubung dengan pompa dan titik-titik pengurasan dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan aliran dan pencegahan penyumbatan. Material pipa dipilih agar tahan terhadap korosi dan tekanan air buangan. Dengan demikian, sistem pengurasan yang handal ini memastikan bahwa air buangan dan kebocoran tidak mengganggu operasional normal PLTA Sutami dan memfasilitasi kegiatan pemeliharaan yang aman dan efisien. Adapun spesifikasi pompa penguras (*drainage pump*) sebagai berikut:

- *Type* : *Vertical Shaft, Centrifugal*
- Kapasitas : 20 lt/menit
- *Rated Head* : 22 m
- Motor : 22 kW, 6 pole, 380 V, 50 Hz
- Putaran : 1450 rpm

4.4.9 Transformator

Gambar 4.17 Transformator

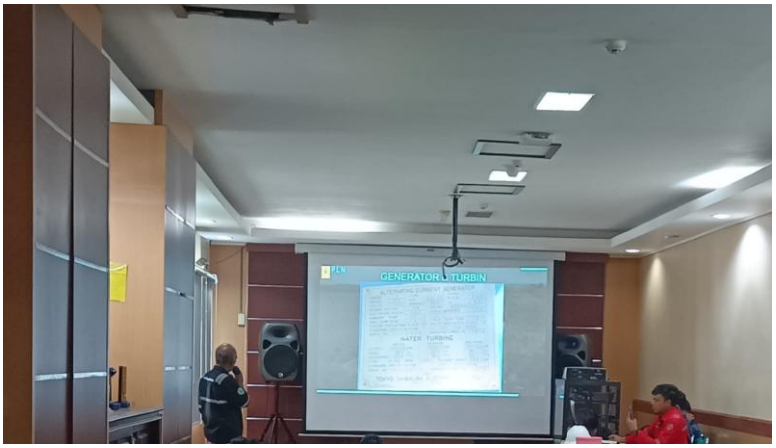
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Transformator merupakan suatu mesin listrik yang berfungsi untuk mentransfer daya dari sisi primer ke sisi sekunder. Di PLTA Sutami sendiri, transformator terdiri atas transformator utama (*main transformator*), transformator layanan lokal (*Local Service Transformator* atau LST), dan transformator layanan (*Service Transformator* atau SST). Pembagian ini menunjukkan spesialisasi fungsi masing-masing transformator dalam mendukung operasional keseluruhan sistem kelistrikan PLTA.

Adapun transformator utama (*main transformator*) di PLTA Sutami terdiri dari tiga transformator satu fasa yang lilitannya terendam dalam minyak. Fungsi utama dari transformator ini adalah menaikkan tegangan yang dihasilkan oleh generator utama dari level pembangkitan ke tegangan transmisi sebesar 154 kV. Peningkatan tegangan ini sangat krusial untuk mengurangi kerugian daya selama proses transmisi listrik jarak jauh menuju konsumen.

4.5 Realisasi Kegiatan Magang

4.5.1 *Safety Briefing* atau *Safety Induction*

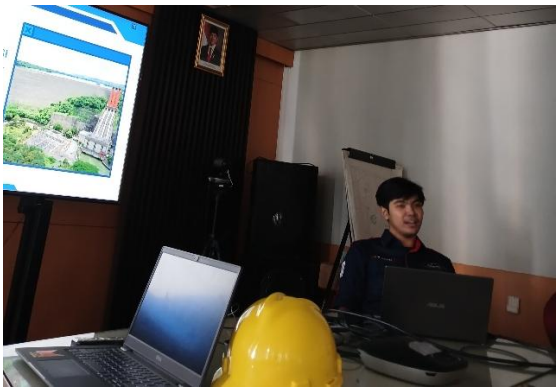


Gambar 4.18 Kegiatan *Safety Induction*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Safety Briefing atau *Safety Induction* merupakan pembekalan awal yang esensial, disampaikan oleh tenaga ahli K3 kepada mahasiswa yang akan melaksanakan magang industri di PLTA Sutami. Kegiatan ini berfungsi sebagai penyampaian informasi dasar terkait K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) dengan tujuan utama memberikan pemahaman fundamental mengenai potensi bahaya dan risiko yang mungkin dihadapi di lingkungan operasional PLTA. Melalui pembekalan ini, diharapkan mahasiswa memiliki kesadaran akan pentingnya keselamatan serta mampu mengidentifikasi dan menghindari potensi kecelakaan kerja selama masa magang. Adapun materi yang diberikan antara lain meliputi:

1) Peraturan dan kebijakan di PT PLN Nusantara Power – PLTA Sutami.
2) Pengenalan lingkungan kerja.
3) Posedur K3 (penggunaan alat pelindung diri).
4) Pengenalan alat-alat K3.
5) Cara evakuasi diri serta penanganan jika terjadi kecelakaan.
6) Potensi bahaya dan risiko di kawasan vital, antara lain bahaya listrik tegangan tinggi, bahaya mekanik seperti dari turbin dan generator, bahaya zat kimia, dan pekerjaan berbahaya lain (ketinggian, kebisingan, dan pekerjaan berhubungan dengan api).

4.5.2 *Briefing* atau Meeting Pagi



Gambar 4.19 *Briefing* atau Meeting pagi
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Briefing atau rapat pagi senantiasa dilaksanakan setiap hari kerja sebelum memulai rangkaian aktivitas harian. Kegiatan ini telah menjadi praktik umum di banyak perusahaan. Rapat singkat ini bertujuan untuk menyelaraskan tim, menginformasikan perkembangan terkini, dan menetapkan prioritas untuk hari tersebut. Dalam suasana yang biasanya ringkas dan efisien, setiap tim berkesempatan untuk menyampaikan status pekerjaan mereka, mengidentifikasi potensi hambatan, serta berkolaborasi dalam mencari solusi. Rapat pagi ini membangun rasa kebersamaan dan tanggung jawab kolektif, memastikan bahwa setiap individu bergerak menuju tujuan yang sama dengan pemahaman yang jelas mengenai peran dan kontribusi masing-masing.

Di PLTA Sutami sendiri, rapat ini dilaksanakan menggunakan platform daring (*online*) melalui *zoom meeting*, sehingga lebih efektif dan dapat dilaksanakan sesuai lokasi kerja masing-masing. Mahasiswa turut mengikuti kegiatan ini dengan tujuan untuk mengetahui sistem kerja perusahaan secara lebih jelas serta mendapatkan informasi terkini mengenai aktivitas kerja.

4.5.3 Pengenalan Ruang *Center Control Room* (CCR)

Gambar 4.20 Ruang *Center Control Room* (CCR)
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Selama dua minggu pertama magang industri, mahasiswa mendapatkan pengenalan mendalam di *Center Control Room* (CCR), sebuah area vital yang menjadi jantung operasional PLTA Sutami. CCR memegang peranan sentral dalam memastikan kelangsungan pembangkitan listrik melalui pemantauan dan pengendalian waktu nyata (*real-time*) terhadap seluruh parameter krusial PLTA. Di ruangan ini, operator dapat mengamati secara langsung dan terus-menerus kondisi tingkat air waduk yang menjadi sumber energi utama, besaran tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator, temperatur berbagai komponen mekanikal dan elektrikal untuk mendeteksi potensi panas berlebih (*overheating*), serta parameter-parameter penting lainnya yang mengindikasikan kinerja dan kondisi PLTA secara menyeluruh. Lebih dari sekadar pemantauan, CCR juga dilengkapi dengan sistem keamanan dan perlindungan otomatis yang dirancang untuk mendeteksi dan merespons secara cepat terhadap kondisi abnormal, seperti kebocoran air yang dapat mengganggu operasional turbin atau gangguan listrik yang berpotensi merusak peralatan.

Operator di CCR memiliki kemampuan untuk melakukan koordinasi dengan berbagai unit lapangan guna memastikan stabilitas pasokan listrik ke jaringan. Selain itu, CCR

berfungsi sebagai pusat pengelolaan seluruh data operasional PLTA, mencakup catatan historis parameter, laporan kejadian, dan data pemeliharaan. Dalam sesi pengenalan ini, mahasiswa diajak untuk mengenali secara langsung berbagai komponen fisik dan sistem antarmuka yang terdapat di CCR, memahami fungsi spesifik dari masing-masing komponen, serta mendapatkan gambaran menyeluruh (*general overview*) mengenai mekanisme kerja PLTA Sutami secara keseluruhan, mulai dari aliran air hingga transmisi energi listrik. Pengenalan mendalam ini membekali mahasiswa dengan pemahaman fundamental tentang bagaimana PLTA dioperasikan dan dikelola dari pusat kendali.

4.5.4 Pengambilan Data Laporan Harian

Gambar 4.21 Pemantauan Parameter Kerja Generator (Kiri) dan Turbin (Kanan)
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Kegiatan patroli dan pengecekan rutin, yang menghasilkan laporan harian, dilaksanakan setiap hari oleh operator CCR. Pada beberapa kesempatan, mahasiswa ditugaskan untuk membantu pengambilan data komponen-komponen pada ketiga unit di PLTA Sutami yang terletak di lantai B1 dan B2. Komponen yang datanya dikumpulkan dari ketiga unit PLTA Sutami tersebut antara lain:

1) Data *pressure tank*
2) Data turbin
3) Data *oil pump*
4) Data transformator.

Adapun, pengambilan data ini mencakup pencatatan parameter seperti tekanan, suhu, level oli, dan kondisi visual untuk memastikan seluruh sistem beroperasi dalam batas normal dan mendeteksi potensi anomali secara dini.

4.5.5 Pengambilan Data Massa Jenis Cairan Baterai di Ruang Baterai

Gambar 4.22 Pengambilan Data Baterai dengan *Density Meter*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Didampingi oleh seorang *electrical engineer assistant*, mahasiswa mendapatkan pengenalan komprehensif mengenai ruang baterai PLTA. Ruang ini memiliki fungsi krusial sebagai sumber daya cadangan saat terjadi gangguan pada sumber listrik utama dan berperan penting dalam menjaga stabilitas sistem kelistrikan PLTA. Fungsi ini sangat vital untuk memastikan keberlanjutan operasi sistem kontrol dan proteksi, seperti pada turbin dan generator, harus tetap berfungsi meskipun terjadi pemadaman listrik. Dengan demikian, keberadaan baterai ini secara efektif mencegah terjadinya kerusakan peralatan dan memastikan keamanan operasional.

Dalam kegiatan ini, mahasiswa ditugaskan untuk membantu pengambilan data massa jenis cairan baterai menggunakan *density meter*. Massa jenis elektrolit dalam baterai merupakan indikator penting dari kondisi pengisian dan kesehatan baterai, sehingga menjadi bagian dari upaya pemeliharaan preventif. Pengukuran massa jenis baterai secara berkala memungkinkan operator memantau perubahan kondisi baterai dari waktu ke waktu. Perubahan massa jenis yang signifikan dapat mengindikasikan adanya masalah pada baterai, sehingga pengambilan data ini berperan dalam mendeteksi dini masalah dan memungkinkan tindakan perbaikan sebelum terjadi hal fatal pada baterai.

4.5.6 Pengosongan Air Sisa Pendingin di Radiator untuk Pemasangan *Cooler*

Gambar 4.23 Proses Pengosongan Air Sisa Pendinginan di Radiator
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Kegiatan ini didampingi oleh *mechanical engineer* dan *electrical engineer*. Mahasiswa ditugaskan untuk mengosongkan air sisa pendinginan di radiator dengan menggunakan keran air pada pipanya, yang kemudian ditampung menggunakan timba untuk selanjutnya dibuang. Pengosongan air sisa pendinginan pada radiator ini merupakan tahap persiapan pemasangan *cooler* baru. Hal ini bertujuan untuk memastikan tidak ada air yang tersisa di dalam sistem yang dapat mengganggu proses pemasangan. Selain itu, langkah ini juga bertujuan untuk membersihkan sistem dari kotoran atau endapan yang mungkin ada sebelum *cooler* baru dipasang. Pemasangan *cooler* baru memerlukan koneksi yang tepat dengan sistem pendingin. Dengan mengosongkan air, teknisi dapat memastikan koneksi yang bersih dan aman, sehingga mencegah kebocoran atau masalah lainnya. Pengosongan air pendinginan yang lama memungkinkan pengisian air baru yang akan meningkatkan efisiensi pendinginan.

4.5.7 Melakukan *Coating* pada Sisi Bagian *Cooler*

Gambar 4.24 *Cooler* yang sedang di *Coating*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Mahasiswa ditugaskan untuk membantu melakukan pelapisan (*coating*) pada sisi *cooler* salah satu unit PLTA Sutami yang sudah terkikis. *Coating* merupakan langkah penting dalam perawatan preventif berupa proses pelapisan suatu bahan dengan bahan lain untuk memberikan lapisan pelindung. Hal ini memiliki beberapa tujuan penting, antara lain:

1) Mencegah korosi lebih lanjut. Permukaan *cooler* yang terkikis sering kali disebabkan oleh korosi, dan *coating* berfungsi sebagai lapisan pelindung yang menghambat kontak langsung antara material *cooler* dengan zat-zat korosif seperti air, bahan kimia, atau udara lembap.
2) Memperpanjang umur pakai peralatan. Dengan melindungi permukaan dari korosi dan erosi, *coating* membantu memperpanjang umur pakai *cooler*, sehingga mengurangi kebutuhan penggantian peralatan yang mahal dan sering, serta menghemat biaya perawatan.
3) Meningkatkan efisiensi perpindahan panas. Permukaan yang terkikis dapat mengurangi efisiensi perpindahan panas *cooler*, *coating* yang tepat dapat mengembalikan atau bahkan meningkatkan efisiensi perpindahan panas sehingga *cooler* dapat beroperasi lebih efektif.
4) Mencegah kebocoran. Kikisan dapat menyebabkan lubang atau celah pada dinding *cooler*, dan *coating* dapat menutup celah tersebut sehingga mencegah kebocoran.
5) Memulihkan integritas struktural. Kikisan yang parah dapat melemahkan struktur *cooler*, dan *coating* dapat membantu memulihkan integritas struktural dengan mengisi area yang terkikis dan memberikan lapisan pelindung yang kuat.

4.5.8 Pembongkaran dan Pembersihan Radiator di Unit 1, 2, dan 3

Gambar 4.25 Pembersihan Radiator Generator 1, 2, dan 3
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Pembongkaran dan pembersihan radiator generator di PLTA merupakan bagian penting dari perawatan rutin untuk menjaga kinerja optimal dan mencegah kerusakan. Mahasiswa ditugaskan untuk membantu membersihkan kotoran atau lumpur yang menumpuk pada radiator. Kegiatan ini termasuk salah satu perawatan yang paling banyak membutuhkan tenaga kerja. Oleh karena itu, pembongkaran dan pembersihan unit 1, 2, dan 3 tidak dilakukan secara bersamaan pada hari yang sama, namun bergiliran setiap unit. Adapun tujuan dari kegiatan ini antara lain:

1) Mencegah panas berlebih (*overheating*). Panas berlebih dapat merusak komponen generator dan menyebabkan gangguan operasional. Radiator sendiri berfungsi untuk mendinginkan generator; jika terdapat kotoran dan endapan yang menumpuk di radiator, hal itu dapat menghambat aliran udara dan air pendingin, sehingga menyebabkan panas berlebih.
2) Meningkatkan efisiensi pendinginan. Pembersihan rutin membantu menjaga efisiensi pendinginan dan memastikan generator beroperasi pada suhu yang optimal, karena radiator yang bersih dapat mentransfer panas dengan lebih efisien.
3) Memperpanjang umur pakai alat. Pembersihan rutin membantu menghilangkan zat-zat korosif dan melindungi radiator dari kerusakan. Hal ini tentunya juga mengurangi biaya penggantian peralatan dan waktu henti (*downtime*).

Adapun langkah-langkah pembongkaran dan pembersihan radiator generator secara umum sebagai berikut:

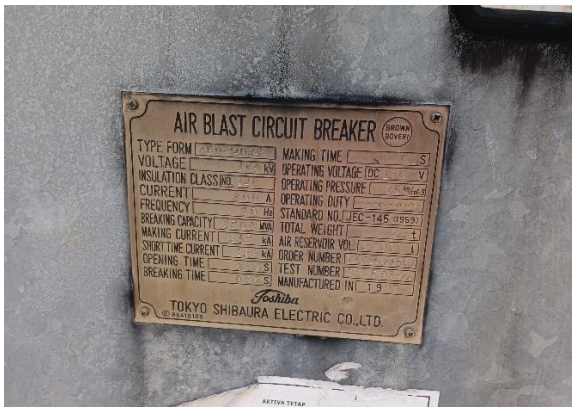
1) Mengosongkan air pendingin di dalam radiator.
2) Pembongkaran radiator, dengan cara melepasnya dari generator. Biasanya, jika kesulitan mengangkatnya karena berat, proses ini dibantu dengan *crane*.
3) Pembersihan bagian luar dan dalam radiator dari debu, kotoran, atau endapan dengan menggunakan air.
4) Pemeriksaan radiator dari kebocoran atau kerusakan lainnya.
5) Pemasangan kembali radiator yang bersih dan telah diperbaiki ke generator.
6) Pengisian kembali air pendingin yang baru pada radiator.

7) Pemeriksaan akhir pada sistem pendingin dan memastikan generator beroperasi secara normal kembali.

4.5.9 Pengecekan Sambungan pada *Circuit Braker* di Transformator

Gambar 4.26 Pengecekan Sambungan *Circuit Breaker* oleh Teknikal Listrik
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Pengecekan sambungan pada Pemutus Daya (*Circuit Breaker* atau CB) di transformator sangat penting untuk memastikan keandalan sistem proteksi dan mencegah terjadinya gangguan yang lebih besar. Sambungan ini merujuk pada titik-titik koneksi elektrikal dan mekanikal yang menghubungkan CB dengan bagian lain dari sistem proteksi dan tenaga listrik transformator. Sambungan ini krusial untuk memastikan CB dapat berfungsi dengan baik dalam mengamankan transformator dari berbagai gangguan. Mahasiswa ditugaskan untuk membantu menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam pemeriksaan, seperti kotak peralatan (*tools box*).



Gambar 4.27 Spesifikasi *Air Blast Circuit Breaker*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Beberapa sambungan utama pada CB di transformator di antaranya adalah:

1) Koneksi Daya (*Power Connections*)
   a. Sambungan ke sisi transformator
      CB terhubung ke salah satu sisi belitan transformator, bisa di sisi primer (tegangan tinggi) maupun sekunder (tegangan rendah), tergantung pada desain sistem proteksi. Sambungan ini biasanya menggunakan kabel berukuran besar atau konduktor khusus yang dikencangkan dengan baut dan mur.

b. Sambungan ke sistem jaringan
Sisi lain dari CB terhubung ke sistem jaringan listrik, baik ke gardu induk, gardu distribusi, atau langsung ke beban.

2) Sambungan Kontrol dan Proteksi
a. Sambungan ke *current transformator* (CT)
CT dipasang pada jalur arus utama transformator dan menghasilkan arus sekunder yang proporsional dengan arus beban atau gangguan. Arus sekunder dari CT dialirkan ke terminal input relai proteksi yang terhubung dengan CB.
b. Sambungan ke potential transformer (PT) atau *voltage transformer* (VT)
PT/VT mengukur tegangan pada sisi transformator dan menghasilkan tegangan sekunder yang proporsional. Tegangan sekunder ini dialirkan ke terminal input relai proteksi yang juga terhubung dengan CB.
c. Sambungan ke *coil trip* dan *coil close*
Relai proteksi, ketika mendeteksi gangguan, akan mengirimkan sinyal ke *coil trip* pada CB untuk membuka rangkaian. Selain itu, terdapat juga *coil close* untuk menutup kembali CB (baik secara manual maupun otomatis).
d. Sambungan ke *auxiliary contact*
CB sering dilengkapi dengan kontak bantu (*auxiliary contact*) yang statusnya mengikuti posisi CB (ON/OFF). Kontak ini digunakan untuk berbagai keperluan, seperti indikasi status CB di panel kontrol, interlocking dengan peralatan lain, atau sinyal alarm.
e. Sambungan tegangan kontrol
CB memerlukan sumber tegangan kontrol untuk mengoperasikan mekanisme trip dan *close*. Sambungan ini menghubungkan CB ke sumber tegangan DC atau AC melalui kabel kontrol dan terminal yang sesuai.

3) Sambungan Mekanikal
a. Mekanisme penggerak
Sambungan mekanikal menghubungkan mekanisme penggerak CB (misalnya pegas, motor, pneumatik) dengan kontak utama CB.

4.5.10 Penggantian *Level Transmiter*

Gambar 4.28 Proses Penggantian *Level Transmitter* bersama Teknikal Listrik
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Penggantian pemancar ketinggian (*level transmitter*) pada PLTA merupakan pekerjaan pemeliharaan atau perbaikan yang dilakukan untuk mengganti perangkat sensor yang digunakan untuk mengukur ketinggian air di berbagai lokasi penting dalam sistem PLTA. *Level transmitter* sendiri adalah instrumen krusial yang memantau ketinggian air pada titik-titik vital sistem, seperti waduk, saluran masuk (*intake*), atau pipa pesat (*penstock*). Informasi yang akurat dari *level transmitter* ini sangat penting untuk mengoptimalkan efisiensi pembangkitan listrik, mencegah potensi kerusakan akibat fluktuasi ketinggian air yang ekstrem, serta menjaga keamanan operasional PLTA secara keseluruhan.

4.5.11 Pemasangan *Ultrasonic Flow Meter* di *Trust Bearing* Unit 1 Generator

Gambar 4.29 Sensor *Ultrasonic Flow Meter* yang sudah Terpasang
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Pengukur aliran ultrasonik (*Ultrasonic flow meter*) digunakan untuk mengukur aliran pelumas secara akurat, memastikan bahwa bantalan menerima jumlah pelumas yang cukup. Bantalan aksial (*thrust bearing*) pada generator membutuhkan pelumasan yang memadai untuk mencegah keausan dan kerusakan. Data aliran pelumas yang diperoleh dari *ultrasonic flow meter* dapat digunakan untuk mengoptimalkan jadwal pemeliharaan dan mengurangi biaya perbaikan. Perubahan aliran pelumas dapat mengindikasikan adanya masalah pada sistem pelumasan, seperti penyumbatan, kebocoran, atau kerusakan pompa. Dengan memantau aliran pelumas secara terus-menerus, masalah dapat dideteksi secara dini, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah. Adapun Langkah pemasangan ini antara lain sebagai berikut:

1) Memastikan generator dalam keadaan tidak beroperasi dan terisolasi.
2) Menyiapkan peralatan yang diperlukan untuk pemasangan, seperti alat pemasangan, kabel, dan *ultrasonic flow meter*.
3) *Ultrasonic flow meter* biasanya menggunakan transduser yang dipasang di luar pipa pelumas (*clamp-on*).
4) Memasang transduser sesuai dengan instruksi pabrikan, memastikan bahwa transduser terpasang dengan kuat, sejajar, dan memperhatikan jarak antara transduser.
5) Memasang unit pemrosesan *ultrasonic flow meter* di lokasi yang mudah diakses.
6) Menghubungkan kabel dari transduser ke unit pemrosesan, kemudian menghubungkan unit pemrosesan ke sistem pemantauan atau sistem kontrol.

4.5.12 Pengambilan Data *On Load* pada *Pressure Tank* Unit 1, 2, dan 3 di PLTA Sutami

Gambar 4.30 Pengambilan Data *On Load* Menggunakan Stopwatch
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Kondisi *"on load"* pada tangki merujuk pada saat tangki tersebut aktif digunakan untuk menampung dan menyalurkan air yang akan menggerakkan turbin, demi menghasilkan energi listrik. Dalam konteks ini, *on load* dapat diartikan bahwa tangki sedang berada dalam kondisi menerima beban tekanan air. Semakin lama *pressure tank* mampu mempertahankan kondisi *on load* dengan stabil, performanya dinilai semakin baik. Sebaliknya, jika durasi *on load* terlalu cepat, hal itu dapat mengindikasikan penggunaan minyak (*oil*) yang berlebihan, yang berdampak pada efisiensi operasional. Dalam kegiatan ini, mahasiswa ditugaskan untuk mengamati dan mencatat durasi waktu serta nilai batas atas dan bawah pada gelas penduga *pressure tank* unit 1, 2, dan 3 di PLTA Sutami. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa *pressure tank* unit 2 memerlukan waktu lebih lama, yaitu 13 menit, untuk mencapai kondisi *on load*, sedangkan unit 1 dan 3 hanya membutuhkan waktu sekitar 3 menit. Perbedaan signifikan ini menjadi temuan awal yang mengindikasikan perlunya evaluasi lebih lanjut terhadap kondisi dan kinerja masing-masing unit.

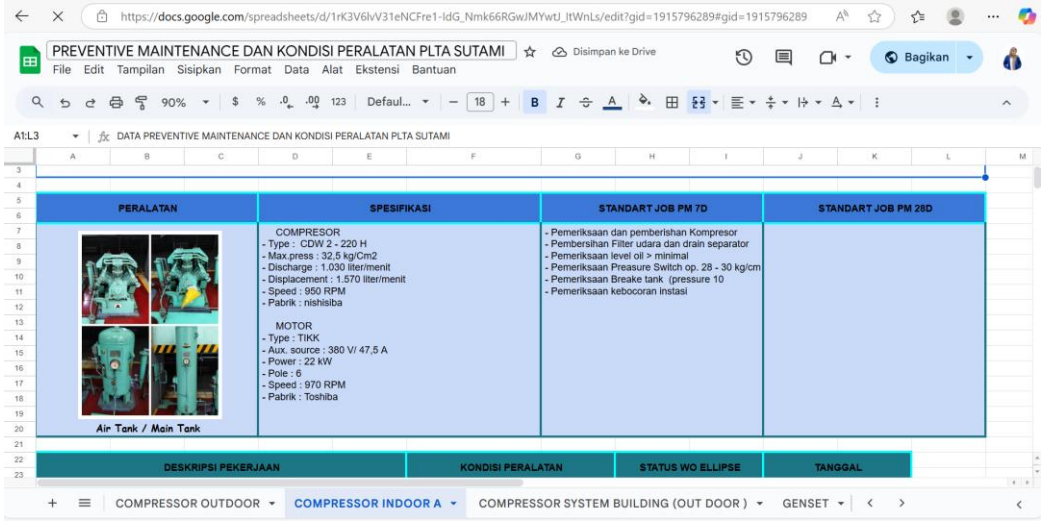
4.5.13 Pendataan Spesifikasi Alat Bantu PLTA

Gambar 4.31 Pengecekan Kartu Gantung
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Mahasiswa magang ditugaskan untuk mendata spesifikasi seluruh komponen alat bantu PLTA sesuai yang tertulis pada alatnya atau berdasarkan buku pegangannya. Kegiatan ini merupakan proses sistematis untuk mengumpulkan informasi detail mengenai setiap peralatan pendukung operasional PLTA. Pendataan spesifikasi mencakup informasi teknis seperti jenis alat, merek, model, kapasitas, material konstruksi, tanggal pemasangan, dan riwayat perbaikan. Informasi ini menjadi fondasi penting untuk memahami karakteristik dan kebutuhan pemeliharaan setiap alat, yang pada gilirannya memfasilitasi perencanaan

perawatan preventif, pengadaan suku cadang, dan pengambilan keputusan operasional yang lebih efektif demi menjaga keandalan dan efisiensi PLTA secara keseluruhan

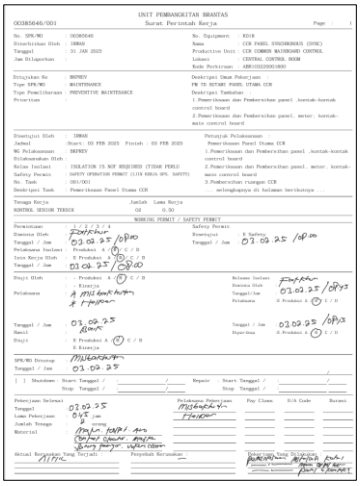
4.5.14 Pengerjaan Dokumen *Preventive Maintenance* dan Kondisi Peralatan PLTA



Gambar 4.32 Tampilan Dokumen Pengisian Dokumen *Preventive Maintenance*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Pengerjaan dokumen pemeliharaan preventif (*preventive maintenance* atau PM) peralatan PLTA adalah proses pembuatan dan penyusunan rencana pemeliharaan terjadwal yang sistematis dan terdokumentasi untuk seluruh peralatan. Dokumen PM ini berfungsi sebagai panduan komprehensif yang merinci tindakan pemeliharaan rutin yang perlu dilakukan secara berkala guna mencegah terjadinya kerusakan atau kegagalan fungsi peralatan. Proses penyusunan dokumen PM tentunya dimulai dengan mengidentifikasi seluruh peralatan PLTA yang memerlukan pemeliharaan preventif, mulai dari turbin, generator, transformator, sistem kontrol, hingga peralatan bantu seperti pompa, kompresor, dan sistem pendingin. Selain itu, penyusunan ini juga mencakup prosedur langkah demi langkah (*standard job*) untuk setiap kegiatan PM.

Dalam konteks PM peralatan PLTA, istilah 7D, 28D, dan 84D merujuk pada interval waktu pelaksanaan kegiatan pemeliharaan yang berbeda. Semakin kecil angka, semakin sering pemeliharaan dilakukan. PM 7D dilaksanakan setiap 7 hari sekali atau seminggu sekali, PM 28D setiap 28 hari sekali atau sekitar sebulan sekali dan PM 84D setiap 84 hari sekali atau sekitar tiga bulan sekali. Semakin panjang interval waktu, cenderung semakin mendalam dan kompleks pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan. PM 7D biasanya bersifat ringan, PM 28D menengah, dan PM 84D lebih komprehensif. Dilihat dari tujuannya, PM 7D fokus pada deteksi dini masalah kecil, PM 28D menjaga kondisi operasional, dan PM 84D memastikan keandalan jangka panjang.


UNIT PEMBANGKITAN BRANTAS
Surat Perintah Kerja

Gambar 4.33 Tampilan Dokumen Pengisian Dokumen *Preventive Maintenance*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Mahasiswa ditugaskan untuk mengisi dokumen pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) dan kondisi peralatan PLTA Sutami pada lembar kerja (*spreadsheet*). Data-data yang diisikan didapatkan dari dokumen *jobcard* dan juga hasil pendataan spesifikasi peralatan yang telah mahasiswa lakukan sebelumnya. Tujuan pendataan pada lembar kerja ini adalah untuk mendukung keterbaruan sistem kerja, yaitu pengalihan bentuk pengecekan PM yang semula penulisannya masih menggunakan kertas dan pulpen, selanjutnya akan diubah menjadi dalam bentuk kode QR sehingga setiap jadwal PM dapat diakses secara daring (*online*). Hal ini tentunya juga memudahkan para staf untuk dapat mengontrol secara langsung dan efisien.

Dokumen PM yang lengkap dan terstruktur dengan baik menjadi acuan utama dalam pelaksanaan pemeliharaan preventif. Dokumen ini membantu memastikan bahwa seluruh peralatan PLTA terpelihara dengan baik, mengurangi risiko kerusakan tak terduga, meningkatkan keandalan dan ketersediaan pembangkit, memperpanjang umur pakai peralatan, serta mengoptimalkan efisiensi operasional secara keseluruhan. Selain itu, dokumen PM juga penting untuk keperluan audit, pelaporan, dan sebagai dasar untuk perbaikan berkelanjutan dalam strategi pemeliharaan PLTA.

4.5.14 Pengecekan APAR dan Kegiatan Izzat Bersama K3

Gambar 4.34 Pengecekan APAR menggunakan Aplikasi Izzat di *Intake Gate*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Alat Pemadam Api Ringan (APAR) adalah perangkat *portabel* yang dirancang untuk memadamkan api kecil atau tahap awal kebakaran. Berdasarkan media pemadamnya, APAR terdiri dari beberapa jenis, seperti air, serbuk kimia kering (*dry chemical powder*), busa (*foam*), karbon dioksida (CO2), *clean agent*, dan *wet chemical*. Untuk di PLTA sendiri, umumnya menggunakan APAR dengan media serbuk kimia kering, busa, *clean agent*, dan CO2. APAR di PLTA memiliki jadwal pengecekan bulanan untuk memastikan keselamatan dan kesiapsiagaan dalam menghadapi potensi kebakaran. APAR memiliki masa kedaluwarsa, dan penggunaan APAR yang sudah kedaluwarsa dapat menimbulkan berbagai dampak negatif. Masa kedaluwarsa APAR berkisar 3-5 tahun (tergantung jenisnya) sejak pengisian terakhir.

Dalam kegiatan ini, mahasiswa diminta untuk mengecek masa kedaluwarsa setiap APAR yang tersedia di PLTA Sutami menggunakan aplikasi izzat, yang khusus digunakan untuk mengoordinasi pemeliharaan (*maintenance*) peralatan K3 di seluruh PLTA yang berada di bawah naungan PLN Nusantara Power UP Brantas. Selain itu, mahasiswa juga diminta untuk mengecek data yang tersedia pada label yang tercantum pada setiap APAR. Pengecekan APAR ini dilakukan di lokasi-lokasi seperti gerbang masuk (*intake gate*) dan gudang material, memastikan semua APAR dalam kondisi siap pakai dan sesuai standar keselamatan yang berlaku.

4.5.15 Kegiatan Simulasi Tanggap Darurat PLTA Distrik A Tahun 2025 di PLTA Sutami

Gambar 4.35 Kegiatan Simulasi Tanggap Darurat
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Kegiatan simulasi tanggap darurat di lingkungan PLTA Sutami diikuti oleh seluruh karyawan organik dan non organik PLTA Distrik A, dan mahasiswa magang PLTA Sutami. Tujuan kegiatan ini adalah untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan kemampuan personel Distrik A dalam menghadapi potensi kondisi darurat di lingkungan Distrik A PLTA Sutami. *Rundown* inti acara ini meliputi:

a. Upacara Pembukaan
   Upacara pembukaan ini sebagai seremoni awal yang menandai dimulainya kegiatan simulasi tanggap darurat. Dalam upacara ini disampaikan sambutan-sambutan yang menekankan pentingnya kesiapsiagaan dalam menghadapi kondisi darurat, tujuan dan manfaat dari simulasi, serta arahan-arahan teknis terkait pelaksanaan kegiatan.

b. Penjelasan teori dan praktik PPGD (Pertolongan Pertama Gawat Darurat)
Sesi ini memberikan pemahaman mendasar mengenai prinsip-prinsip dan teknik-teknik pertolongan pertama dalam situasi gawat darurat. Penjelasan teori mencakup materi mengenai penilaian kondisi korban, penanganan luka, dan gangguan pernapasan. Setelah pemaparan teori, dilanjutkan dengan sesi praktik di mana peserta akan berkesempatan untuk mempraktikkan langsung teknik-teknik PPGD menggunakan alat peraga atau simulasi kasus. Tujuannya adalah membekali peserta dengan pengetahuan dan keterampilan dasar untuk memberikan bantuan awal yang efektif kepada korban sebelum bantuan medis profesional tiba.

c. Penjelasan teori dan praktik PMK (APAR, APAT, *Hydrant*)
Tahapan ini fokus pada penanggulangan kebakaran, yang merupakan salah satu potensi risiko besar di lingkungan industri seperti PLTA. Penjelasan teori meliputi pemahaman tentang segitiga api, klasifikasi kebakaran, cara kerja berbagai jenis alat pemadam api ringan (APAR), alat pemadam api berat (APAT), dan sistem *hydrant*. Peserta diajarkan cara memilih dan menggunakan alat pemadam yang tepat sesuai dengan jenis kebakaran. Sesi praktik memberikan kesempatan bagi peserta untuk mencoba langsung penggunaan APAR, APAT, serta pengoperasian *hydrant*. Tujuannya adalah agar peserta mampu bertindak cepat dan tepat dalam memadamkan api pada tahap awal serta memahami cara menggunakan fasilitas pemadam kebakaran yang tersedia di PLTA.

d. Simulasi Tanggap Darurat
Dalam sesi ini, disimulasikan skenario kondisi darurat yang mungkin terjadi di lingkungan PLTA Sutami, yaitu skenario tragedi kebakaran dengan cara penanganan menggunakan *hydrant*. Seluruh peserta berperan sesuai dengan fungsi dan tanggung jawab dalam prosedur tanggap darurat PLTA. Simulasi ini menguji kemampuan komunikasi, koordinasi antara tim, kecepatan dan ketepatan dalam pengambilan keputusan, serta efektivitas penggunaan peralatan dan prosedur yang telah ditetapkan. Pelaksanaan simulasi ini dipandu oleh tim pengawas yang mengamati lapangan.

e. Evaluasi
Dalam sesi ini, seluruh peserta dan tim fasilitator berkumpul untuk membahas jalannya simulasi. Hal-hal yang dievaluasi meliputi efektivitas respons tim, identifikasi kekuatan dan kelemahan dalam pelaksanaan prosedur, kendala yang dihadapi, serta pelajaran yang dapat diambil.

4.5.16 Pengerjaan Dokumen Intruksi Kerja *Preventive Maintenance* (IK PM)

Gambar 4.36 Tampilan Dokumen IK PM
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Instruksi kerja pemeliharaan preventif (*preventive maintenance* atau PM) ini bertujuan untuk melakukan pemeriksaan rutin dan tindakan pemeliharaan ringan pada interval waktu yang ditentukan. Hal ini esensial untuk mendeteksi dini potensi masalah, menjaga kondisi operasional peralatan, dan mencegah terjadinya kerusakan yang lebih besar yang dapat menyebabkan gangguan pada operasional PLTA. Pelaksanaan PM sesuai dengan instruksi kerja ini sangat penting untuk menjamin keandalan dan efisiensi pembangkit listrik. Dalam konteks ini, mahasiswa ditugaskan untuk membongkar dan menganalisis dokumen instruksi kerja PM sesuai dengan masing-masing komponen peralatan, memahami setiap langkah dan standar yang harus dipenuhi dalam proses pemeliharaan.

4.5.17 Rapat Evaluasi dan Soliasisa Penyelenggaraan Pengawasan Perusahaan

Gambar 4.37 Suasana Rapat Evaluasi Berlangsung
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Rapat evaluasi ini terkait dengan peninjauan kinerja PLTA Sutami dalam memberikan manfaat selama beberapa waktu terakhir. Pengawasan perusahaan terhadap aspek lingkungan di sekitar PLTA Sutami merupakan elemen krusial dalam memastikan operasional yang berkelanjutan dan bertanggung jawab. Evaluasi yang sistematis dan sosialisasi yang efektif menjadi pilar utama dalam penyelenggaraan pengawasan ini. Contohnya adalah evaluasi terhadap prosedur pengelolaan limbah padat dan cair yang dihasilkan dari operasional PLTA, yang bertujuan untuk memastikan tidak ada pembuangan yang merugikan lingkungan hijau. Selain itu, evaluasi juga mencakup pemantauan dampak terhadap keanekaragaman hayati lokal, penggunaan sumber daya alam secara efisien, serta kepatuhan terhadap regulasi lingkungan yang berlaku, demi mewujudkan operasional PLTA yang ramah lingkungan dan lestari.

4.5.18 *Knowledge Sharing Forum* (KSF) di PLTA Sengguruh

Gambar 4.38 Suasana *Knowledge Sharing Forum*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Forum Berbagi Pengetahuan (*Knowledge Sharing Forum* atau KSF) yang diselenggarakan secara luring (*offline*) ini mengangkat topik terkait Pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) PLTA Sengguruh melalui Pengisian Deduksi *Losses* Akibat Limpas. PLTA Sengguruh memiliki kapasitas terpasang awal sebesar 2 x 14,5 MW, dengan total daya 29 MW. Inti dari topik yang disampaikan ini mengenai potensi energi yang terbuang, yaitu berupa limpasan atau limpahan air berlebih. Penurunan daya tampung akibat sedimentasi telah berkurang hampir sembilan puluh persen. Secara spesifik, *losses* merujuk pada limpasan atau luapan (*overflow*). Ini adalah volume air yang tidak termanfaatkan untuk pembangkitan listrik dan terbuang melalui saluran pelimpah (*spillway*) atau karena ketidaksesuaian antara debit air yang tersedia dan kapasitas operasional turbin. Limpas merupakan representasi dari kehilangan energi potensial air yang tidak dikonversi menjadi listrik. Akibatnya, kapasitas tampungan efektif waduk menurun drastis, yang secara langsung berkorelasi dengan penurunan produksi listrik.

4.5.19 Pengamatan *Overhaul* di PLTA Sengguruh

Gambar 4.39 Kegiatan Proses Pembongkaran Total Generator
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Kegiatan perbaikan menyeluruh (*overhaul*) di PLTA merupakan pemeliharaan besar-besaran yang dilaksanakan secara berkala untuk menjaga keandalan dan efisiensi unit pembangkit. Proses *overhaul* ini melibatkan serangkaian tahapan komprehensif, mulai dari pemeriksaan mendalam, pembongkaran total, perbaikan, pengukuran presisi, penyetelan ulang, hingga penggantian komponen-komponen penting seperti turbin, generator, dan sistem bantu lainnya. Umumnya, *overhaul* dilaksanakan setiap 5 tahun sekali, dan pada periode Mei-Juni 2025 atau 65 hari ini, PLTA Sengguruh yang menjalani jadwal *overhaul* tersebut. Mahasiswa magang dari PLTA Sutami ditugaskan untuk turut mengamati atau membantu kegiatan *overhaul* di PLTA Sengguruh. Keterlibatan ini dimungkinkan karena PLTA Sutami dan PLTA Sengguruh tergabung dalam satu Distrik A, yang mengakibatkan mayoritas teknisi dari PLTA Sutami juga turut serta dalam kegiatan *overhaul* di PLTA Sengguruh. Kesempatan ini memberikan pengalaman praktis yang berharga bagi mahasiswa untuk memahami secara langsung kompleksitas dan skala pekerjaan pemeliharaan major pada pembangkit listrik tenaga air. Tujuan utama dilakukannya *overhaul* pada PLTA antara lain:

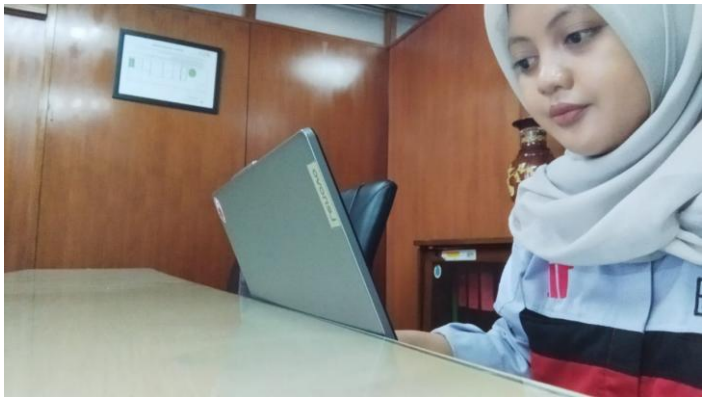
a. Mempertahankan dan meningkatkan kinerja, hal ini untuk memastikan PLTA beroperasi secara optimal, menghasilkan energi listrik maksimal dengan biaya minimal.
b. Memperpanjang usia pakai peralatan dan umur mesin.
c. Meningkatkan keandalan dan efisiensi, mengurangi risiko kerusakan, meminimalisir waktu henti (*downtime*), dan meningkatkan ketersediaan unit.
d. Menjamin keselamatan kerja, memastikan semua komponen berfungsi dengan baik sehingga aman bagi operator.
e. Mengurangi biaya jangka panjang dengan mencegah kerusakan besar dan memastikan efisiensi, biaya pemeliharaan secara keseluruhan dapat ditekan.

4.5.20 *Sharing* dengan Visitor Mahasiswa Universitas Brawijaya

Gambar 4.40 Sesi Penjelasan Alur Kerja Sistem PLTA Sutami kepada Mahasiswa Universitas Brawijaya
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Pada kesempatan tersebut, dilaksanakan kegiatan *sharing* dengan kunjungan mahasiswa Universitas Brawijaya dari program studi kelistrikan. Sesi pemaparan utama disampaikan oleh mahasiswa magang PLTA Sutami, yang didampingi oleh tenaga ahli K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) serta teknisi kelistrikan dari PLTA. Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan penjelasan mendatail mengenai alur kerja sistem PLTA Sutami kepada para mahasiswa Universitas Brawijaya. Setelah sesi pemaparan di dalam ruangan, kegiatan dilanjutkan dengan keliling PLTA Sutami untuk mengamati secara langsung berbagai komponen dan sistem operasional di lapangan, guna memperkaya pemahaman mahasiswa Universitas Brawijaya dari program studi kelistrikan secara lebih jelas dan dalam.

4.5.21 Pengerjaan Laporan Magang



Gambar 4.41 Proses Penyusunan Laporan Magang di Perpustakaan PLTA Sutami
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Sebagai hasil akhir dari kegiatan magang industri yang telah berlangsung, setiap mahasiswa magang memiliki kewajiban untuk menyusun laporan akhir magang. Laporan ini memuat seluruh detail aktivitas dan pengalaman yang telah dijalani selama periode magang. Penyerahan laporan akhir magang ini ditujukan kepada dua pihak utama: pertama, kepada Departemen Teknik Mesin Industri sebagai institusi pendidikan yang menaungi mahasiswa; dan kedua, kepada PT. PLN Nusantara Power – PLTA Sutami sebagai pihak tempat pelaksanaan magang. Adanya laporan ini berfungsi sebagai bentuk pertanggungjawaban

akademik dan profesional, sekaligus menjadi dokumentasi tertulis dari kontribusi serta pembelajaran yang diperoleh mahasiswa selama magang.

4.5.22 Asistensi Laporan Magang dengan Pembimbing Lapangan Magang

Gambar 4.42 Proses Asistensi Laporan dengan Pembimbing Lapangan Magang
(Sumber Dokumen Penulis, 2025)

Proses asistensi ini dilakukan bersama seorang *mechanical engineer* dimana isi diskusi intensif tersebut berpusat pada pemberian saran terkait analisis dan pengolahan data yang telah rampung dikerjakan. Pembimbing secara cermat memberikan arahan untuk memastikan keakuratan hasil analisis, menyarankan metode validasi data yang lebih andal, serta memberikan masukan tentang teknik visualisasi data agar informasi teknis tersaji secara lebih jelas dan komprehensif. Perhatian khusus juga tertuju pada interpretasi hasil yang relevan dengan prinsip-prinsip *mechanical* dan implikasinya terhadap temuan permasalahan yang ada.

4.5.23 Presentasi Akhir Magang

Gambar 4.43 Presentasi Akhir dengan Manager Distrik A dan Jajarannya
(Sumber Dokumen Penulis, 2025)

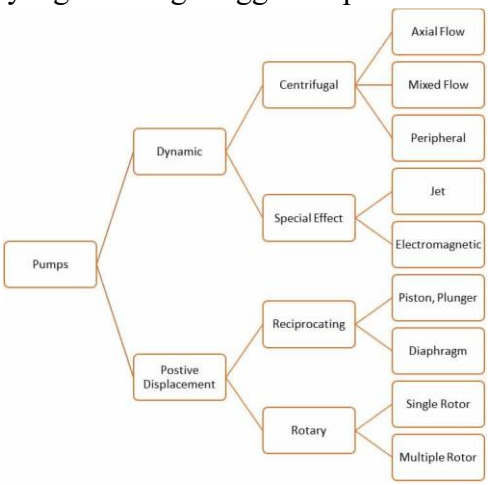
Dalam sesi presentasi akhir magang ini, mahasiswa memaparkan hasil tugas khusus di hadapan Manajer Distrik A beserta jajarannya. Diskusi berfokus pada analisis mendalam mengenai permasalahan kebocoran pada *drainage pump* yang menjadi isu krusial di lokasi magang. Menjelaskan temuan terkait penyebab kebocoran, dampak yang ditimbulkan, dan solusi teknis yang telah dikaji. Manajer dan jajaran distrik kemudian mengajukan pertanyaan mendalam terkait pertimbangan pemilihan solusi yang tepat, meliputi aspek efisiensi, biaya, dan keberlanjutan. Selain itu, mereka juga memberikan pertanyaan alternatif lain jika pembelian pompa baru tidak memungkinkan.

4.6 Penyelesaian Tugas Khusus

Dalam rangka penyelesaian tugas khusus selama kegiatan magang, perhatian diarahkan pada salah satu permasalahan operasional yang terjadi di PLTA Sutami, yaitu gangguan pada *drainage pump*. Pompa ini memiliki fungsi vital untuk menguras air kebocoran-kebocoran yang mungkin terjadi pada sistem perpipaan, termasuk saluran air dan penstock, keluar dari area gedung sentral, guna mencegah genangan dan menjaga lingkungan kerja tetap aman serta kering. Namun, sering kali terjadi kendala berupa penurunan efisiensi pompa atau bahkan kegagalan fungsi total akibat berbagai faktor, seperti penyumbatan, keausan komponen, atau masalah kelistrikan. Oleh karena itu, tugas khusus ini berfokus pada analisis rekomendasi pemilihan *drainage pump* dan pemeliharaan yang spesifik. Hasil dari penyelesaian tugas khusus ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan keandalan sistem drainase PLTA Sutami.

4.6.1 Pompa

Pompa adalah suatu alat atau pesawat yang digunakan untuk memindahkan fluida cair (*liquid*) dari suatu tempat yang rendah ke tempat lain yang lebih tingi melalui suatu sistem perpipaan. Secara sederhana dapat diartikan memindahkan dari suatu tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan tinggi, atau dari satu tempat ke tempat lain yang jauh, dengan tujuan untuk mengatasi tahanan hidrolisnya. Dengan prinsip kerja pompa yaitu menaikan energi cairan yang dilayani dengan cara mentransfer energi mekanis dari suatu sumber energi luar (motor listrik, motor bensin, atau diesel, ataupun turbin) untuk dipindahkan ke fluida kerja. Sehingga cairan tersebut dapat mengalir dari suatu tempat yang berenergi rendah ke tempat yang berenergi tinggi. Adapun klasifikasi pompa sebagai berikut:



Gambar 4.44 Klasifikasi Pompa

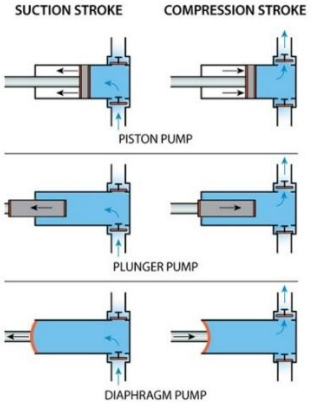
(Sumber: Jurnal Teknik Mesin Vol. 05, No. 03, 2016)

4.6.1.1 Pompa *Positive Displacement*

Perpindahan zat cair disebabkan perubahan volume ruang kerja pompa yang diakibatkan oleh gerakan elemen pompa, yaitu maju-mundur (bolak-balik) 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 konsekuensinya kapasitas yang dihasilkan sesuai volume yang dipindahkan. Karakteristik utama pompa *positive displacement* adalah kemampuannya menghasilkan tekanan yang lebih tinggi pada sisi keluar dibandingkan sisi masuk. Hal ini terjadi karena energi mekanik dari penggerak pompa secara langsung ditransfer untuk menekan fluida. Konsekuensinya, kapasitas atau laju aliran fluida yang dihasilkan oleh pompa ini berbanding lurus dengan

volume ruang kerja yang dipindahkan per satuan waktu, dan relatif tidak terpengaruh oleh perubahan tekanan sistem. Pompa *positive displacement* ini sering digunakan ketika dibutuhkan aliran yang konstan pada berbagai tekanan, seperti dalam aplikasi hidrolik, injeksi kimia, dan pemindahan fluida kental.

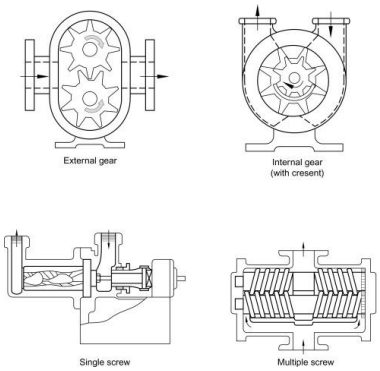
4.6.1.1.1 *Reciprocating*



Gambar 4.45 Jenis Pompa *Reciprocating*
(Sumber: Blog Chesterton, 2025)

Pompa *reciprocating* bekerja dengan prinsip mengubah energi mekanis dari penggeraknya menjadi energi aliran fluida melalui gerakan bolak-balik sebuah elemen di dalam silinder. Elemen yang bergerak ini bisa berupa piston, plunger, atau diafragma. Gerakan maju elemen akan memperbesar volume ruang kerja, menciptakan tekanan rendah yang menghisap fluida masuk ke dalam silinder. Kemudian, gerakan mundur elemen akan memperkecil volume ruang kerja, mendorong fluida keluar dari silinder menuju sisi *discharge*. Siklus gerakan bolak-balik ini secara kontinu menghasilkan aliran fluida. Pompa *reciprocating* dikenal mampu menghasilkan tekanan yang sangat tinggi dan sering digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan tekanan besar seperti pemompaan lumpur kental, injeksi tekanan tinggi, dan sistem hidrolik.

4.6.1.1.2 *Rotary*



Gambar 4.46 Jenis Pompa *Rotary*
(Sumber: knowpipingfield, 2024)

Pompa *rotary* bekerja dengan memanfaatkan mekanisme rotasi untuk memindahkan fluida. Proses pemindahan ini diawali dengan timbulnya efek vakum pada sisi *inlet* akibat pergerakan elemen-elemen berputar di dalam pompa. Vakum ini memungkinkan fluida kerja terhisap masuk ke dalam ruang pompa. Selanjutnya, fluida yang terperangkap di antara elemen-elemen berputar tersebut dipindahkan secara mekanis menuju sisi *outlet* pompa.

Secara alami, desain pompa *rotary* memungkinkan pelepasan udara yang mungkin terperangkap di dalam fluida. Beberapa contoh umum dari pompa rotary meliputi pompa roda gigi (*gear pump*), pompa ulir (*screw pump*), pompa lobus (*lobe pump*), dan pompa sudu geser (*guide vane pump*).

4.6.1.2 Pompa *Dynamic*

Pompa *dynamic* (pompa dinamis), atau sering juga disebut sebagai pompa kinetik, bekerja dengan mentransfer energi mekanis dari penggeraknya menjadi energi kinetik (kecepatan) pada fluida yang mengalir melalui *impeller* pompa. *Impeller* yang berputar akan mempercepat fluida, dan desain casing pompa kemudian mengubah sebagian energi kinetik ini menjadi energi potensial berupa tekanan tambahan. Mekanisme ini sangat berbeda dengan pompa *positive displacement* yang memindahkan fluida dengan cara memerangkap volume fluida dan kemudian menekannya. Karakteristik utama pompa dinamis adalah kemampuannya menghasilkan laju aliran yang tinggi, namun tekanan yang dihasilkan sangat bergantung pada kecepatan putaran impeller dan tahanan sistem. Perubahan tahanan sistem dapat secara signifikan mempengaruhi laju aliran dan tekanan yang dihasilkan oleh pompa dinamis. Contoh umum pompa dinamis adalah pompa sentrifugal dan pompa aksial.

4.6.1.2.1 Pompa *Centrifugal*

Pompa sentrifugal adalah jenis pompa dinamis yang mengandalkan gaya sentrifugal untuk memindahkan fluida. *Impeller* yang berputar cepat di dalam casing akan memberikan energi kinetik kepada fluida yang masuk melalui bagian tengahnya. Fluida kemudian bergerak ke arah luar *impeller* dan keluar dengan kecepatan tinggi. Desain casing, yang sering berbentuk spiral (*volute*) atau dilengkapi dengan sudu-sudu pengarah (*diffuser*), berperan penting dalam mengubah sebagian energi kinetik ini menjadi tekanan. Proses perlambatan kecepatan fluida di dalam casing akan meningkatkan tekanannya sebelum akhirnya dialirkan keluar melalui saluran pembuangan. Pompa sentrifugal dikenal mampu menghasilkan laju aliran yang relatif tinggi dan beroperasi secara kontinu, menjadikannya pilihan utama untuk berbagai aplikasi seperti sistem penyediaan air bersih, irigasi, sirkulasi air, dan proses industri yang membutuhkan pemindahan volume fluida yang besar dengan tekanan sedang. Keunggulan pompa ini meliputi desain yang sederhana, keandalan operasional, dan kemudahan perawatan, terutama untuk memompa fluida dengan viskositas rendah. Adapun bagaian dari pompa *centrifugal* ini seperti *axial flow, mixed flow*, dan *pheriperal*.

4.6.1.2.2 Pompa *Special Effect*

Istilah pompa *special effect* mencakup beragam jenis pompa yang dirancang untuk aplikasi spesifik dengan kondisi operasi yang unik. Dalam ranah teknik dan industri, kategori ini meliputi pompa jet yang memanfaatkan prinsip *venturi*, pompa gas *lift* untuk mengangkat cairan dari sumur menggunakan injeksi gas, pompa *hydraulic ram* yang bekerja tanpa sumber energi eksternal, serta pompa elektromagnetik yang mengandalkan interaksi medan magnet dan arus listrik pada fluida konduktif. Dalam konteks Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), meskipun istilah pompa *special effect* tidak secara langsung merujuk pada komponen utama pembangkit, terdapat beberapa jenis pompa dengan fungsi dan manfaat spesifik yang dapat dikategorikan sebagai *special* karena perannya yang krusial, namun tidak selalu menjadi sorotan utama. Salah satunya adalah pompa untuk sistem pendingin.

Pompa ini berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin yang menjaga suhu generator, turbin, dan komponen listrik lainnya agar tetap dalam batas operasional yang aman dan efisien. Manfaatnya sangat vital dalam mencegah *overheating* yang dapat menyebabkan kerusakan peralatan dan gangguan operasional PLTA. Selain itu, pompa untuk sistem *drainase* dan *dewatering* juga memiliki peran penting. Pompa ini digunakan untuk mengeluarkan air yang mungkin bocor atau terakumulasi di area tertentu dalam struktur PLTA, seperti ruang turbin atau terowongan air. Fungsinya menjaga area kerja tetap kering dan aman, serta mencegah kerusakan akibat kelembaban berlebih.

4.7 *Drainage Pump*

Gambar 4.47 *Drainage Pump*
(Sumber: Dokumen Penulis 2025)

Sistem *drainage pump* pada PLTA Sutami memiliki peran krusial dalam menjaga kondisi operasional yang optimal di gedung sentral unit pembangkit, yang terdiri dari unit A dan unit B. *Drainage pump*, yang berjenis pompa sentrifugal, berfungsi sebagai alat bantu utama untuk mengalirkan buangan air pendingin serta mengatasi kebocoran-kebocoran yang mungkin terjadi pada sistem perpipaan, termasuk saluran air dan penstock, keluar dari area gedung sentral. Meskipun jenis pompa yang digunakan pada kedua unit adalah identik, terdapat perbedaan signifikan dalam penempatannya; pompa unit A terinstal di dalam *sump pit*, sementara pompa unit B terletak di luar *sump pit*, tepatnya di ruangan B3. Kedua pompa ini memiliki fleksibilitas dalam pengoperasian, di mana dapat diaktifkan secara lokal (manual) melalui *control box* yang tersedia di dekat masing-masing unit, maupun secara otomatis melalui sistem kontrol terpusat yang berada di ruang kontrol, yaitu melalui *Motor Control Center* (MMC). Sistem pengurasan ini secara keseluruhan terdiri dari dua unit pompa sentrifugal, jaringan pipa saluran pembuangan, level *control switch* yang berfungsi untuk mendeteksi ketinggian air, serta *sump pit* sebagai penampungan sementara air buangan sebelum dipompa keluar. Sistem *drainage pump* yang efektif ini esensial untuk mencegah akumulasi air yang berpotensi mengganggu operasional dan merusak peralatan di dalam gedung sentral PLTA Sutami.

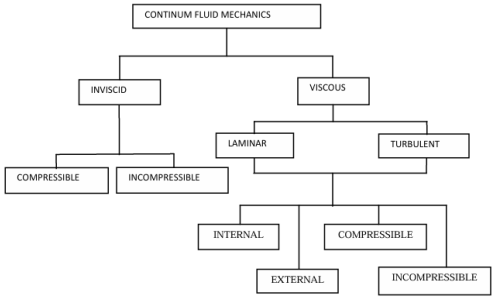
4.7.1 *Sump Pit*

Gambar 4.48 *Sump Pit*
(Sumber: Dokumen Penulis 2025)

Sump pit atau dikenal juga sebagai *sump tank*, merupakan sebuah komponen integral dalam sistem instalasi pembuangan air kotor, khususnya pada bangunan seperti gedung sentral PLTA. Secara fisik, *sump pit* berfungsi sebagai kolam penampungan yang terletak di bagian bawah gedung. Area ini menjadi titik penerimaan pertama bagi berbagai jenis air kotor yang dihasilkan dari aktivitas operasional, termasuk buangan air pendingin, dan potensi kebocoran dari sistem perpipaan. Setelah air kotor tertampung dalam *sump tank*, selanjutnya akan diproses lebih lanjut dengan dipompa menggunakan pompa *sump pit*. Pompa ini bertugas mendorong air kotor tersebut menuju pos pembuangan berikutnya, yang dalam konteks PLTA Sutami adalah *tailrace* (saluran pembuangan air setelah turbin). Dengan demikian, *sump pit* memegang peranan penting sebagai titik sentral pengumpulan awal limbah cair sebelum dialirkan keluar dari area gedung pembangkit.

4.8 Jenis Aliran Fluida

Dalam menganalisis perilaku cairan yang terdapat dalam aliran fluida memiliki keterbatasan dalam pengamatan partikel secara mikroskopis, sehingga mendorong dilakukannya pendekatan makroskopis yang dianggap representatif. Pendekatan ini mengasumsikan fluida sebagai medium yang kontinu, yang berimplikasi bahwa seluruh properti fluida, seperti tekanan, suhu, dan kecepatan, dapat didefinisikan sebagai fungsi kontinu dari posisi dan waktu dalam ruang. Keberadaan properti-properti fluida ini memiliki pengaruh signifikan terhadap unjuk kerja pompa, karena variasi dalam karakteristik aliran yang dihasilkan akan secara langsung memengaruhi kinerja pompa dalam mentransfer energi ke fluida. Pemahaman mendalam mengenai berbagai bentuk aliran yang mungkin terjadi menjadi faktor krusial dalam perencanaan instalasi pompa, memastikan pemilihan jenis pompa dan konfigurasi sistem yang tepat untuk mencapai efisiensi dan kinerja yang optimal sesuai dengan kebutuhan aplikasi.



Gambar 4.49 Klasifikasi Pompa
(Sumber: knowpipingfield, 2024)

4.8.1 Aliran *Viscous*

Aliran *viscous* adalah jenis aliran fluida yang memiliki kekentalan atau *viscous* ($\mu > 0$). Viskositas fluida sangat berpengaruh saat fluida mengalir di suatu plat datar ataupun pipa yang dapat menghasilkan tegangan geser di dinding saluran tersebut.

4.8.2 Aliran Laminar dan Turbulen

Aliran suatu fluida dibedakan menjadi dua tipe, yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran dikatakan laminar bila partikel-partikel fluida yang bergerak secara teratur mengikuti lintasan yang sejajar pipa dan bergerak dengan kecepatan yang sama. Aliran ini terjadi bila kecepatan kecil dan kekentalan yang besar. Sedangkan aliran disebut turbulen bila tiap partikel fluida bergerak mengikuti lintasan sembarang di sepanjang pipa dan hanya gerakan rata-rata saja yang mengikuti sumbu pipa. Aliran ini terjadi apabila kecepatan besar dan kekentalan fluida yang kecil.

Kekentalan (viskositas) berpengaruh besar sehingga dapat meredam gangguan yang mengakibatkan aliran menjadi turbulen. Dengan berkurangnya kekentalan dan bertambahnya kecepatan aliran maka daya redam terhadap gangguan akan berkurang yang sampai pada batas tertentu akan menyebabkan terjadinya perubahan aliran dari laminar menjadi turbulen. Koefisien gesekan untuk suatu pipa silindris merupakan Bilangan *Reynold* (Re). Untuk menentukan tipe aliran apakah laminar atau turbulen dapat digunakan rumus dibawah ini:

$$Re = \frac{\bar{V}.D}{\upsilon} \tag{4.1}$$

Dimana:

Re : Bilangan *Reynold*

$\bar{V}$: Kecepatan aliran fluida (m/s)

D : Diameter dalam pipa (m)

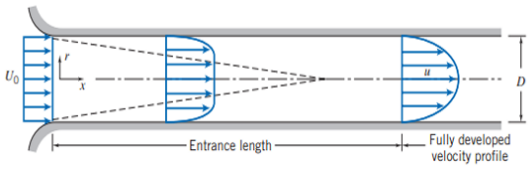
υ : Viskositas kinematik zat cair (m2/s)

Bila : Re ≤ 2300, aliran bersifat laminar 2300 ≤ Re ≤ 4000, aliran bersifat transisi Re ≥ 4000, aliran bersifat turbulen.

Aliran transisi merupakan dimana aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung dari kondisi pipa dan aliran.

4.8.3 Aliran Internal

Aliran internal adalah aliran dimana fluida yang mengalir yang dibatasi oleh suatu batasan atau *boundary* berupa benda *solid*, seperti aliran yang berada di dalam pipa. Aliran *external* adalah aliran yang tidak dibatasi oleh suatu permukaan zat lainnya atau aliran yang melintasi suatu permukaan benda seperti plat. Batasan kontrol volume yang biasanya digunakan adalah hingga fluida yang melewati suatu benda *solid* (padat).



Gambar 4.50 Profil Kecepatan Aliran Memasuki Pipa

(Sumber: Fox and McDonalds, Introduction to Fluid Mechanics 8th Edition)

Aliran yang masuk pada pipa adalah aliran *uniform* dengan kecepatan U_0. Karena aliran merupakan aliran *viscous*, maka pada dindingnya terjadi lapisan batas (*boundary layer*). Aliran *viscous* yang ada di dalam *boundary layer* tersebut pengaruh viskositasnya relatif besar, sehingga profil kecepatannya tidak *uniform* lagi. Perubahan profil kecepatan dalam aliran ini memiliki batas tertentu, apabila *boundary layer* tersebut bertemu pada satu titik, maka profil kecepatannya akan tetap. Aliran yang telah berkembang penuh ini dinamakan aliran *fully developed*. Jarak dari saat mula-mula aliran masuk sampai menjadi *fully developed* disebut dengan *Extrance Length*. Kecepatan aliran rata-rata yang terjadi adalah: $\bar{V}$ ini tentunya harus bernilai sama dengan U_0. Jadi, nilai $\bar{V} = U_0$ = konstan. Panjang *extrance length* (L) untuk aliran *laminar* merupakan fungsi bilangan *reynold*:

$$\frac{L}{D} \cong 0{,}06\ \frac{\rho.\bar{V}.D}{\mu}$$

Dimana:

$\bar{V} = \frac{Q}{A}$ adalah kecepatan rata-rata, karena laju aliran (*flow rate*)

$Q = A.\bar{V} = A.U_0$, dimana $\bar{V} = U_0$

Untuk aliran laminar dalam pipa Re < 2300, maka *extrance length* (L) didapat:

$$L \cong 0{,}06\text{Re}.D \leq (0{,}06)\ (2300)\ D = 138D$$

Sedangkan untuk aliran turbulen, karena *boundary layer* muncul lebih cepat maka panjang *extrance length* akan menjadi lebih pendek yaitu ± 25 sampai 40 kali diameter pipa.

4.8.4 Aliran Compressible dan Incompressible

Aliran compressible adalah aliran yang apabila melewati suatu benda padat mengalami kenaikan atau penurunan temperatur, sehingga mempengaruhi massa jenis fluidanya (ρ=$density$) secara signifikan dan tidak dapat diabaikan ($\rho 1 \neq \rho 2$). Contoh fluidanya yaitu udara, gas alam, dan lain-lain. Aliran incompressible adalah aliran yang apabila melewati suatu benda padat mengalami kenaikan atau penurunan temperatur yang dapat mempengaruhi massa jenis fluidanya (ρ=$density$) tetapi tidak secara signifikan sehingga perbuhan *density* dapat diabaikan ($\rho 1 = \rho 2$). Contoh fluidanya yaitu air, minyak, dan lain-lain. Untuk dapat membedakan apakah suatu aliran fluida tersebut merupakan aliran compressible atau aliran incompressible. Dapat dilakukan dengan cara menghitung bilangan *Mach* (M).

$$M = \frac{\bar{V}}{c}$$

Dimana:

M : Bilangan *Mach*

$\bar{V}$: Kecepatan rata-rata aliran

c : Kecepatan rambut bunyi lokal

Untuk aliran compressible, *Mach Number* < 0,3. Sedangkan untuk aliran incompressible, *Mach Number* > 0,3.

4.9 Persamaan Kontinuitas

Suatu sistem dapat didefinisikan sebagai kumpulan yang massanya tidak berubah, sehingga prinsip kekekalan massa dapat ditulis secara sederhana, sebagai berikut:

$$\left.\frac{dM}{dt}\right)_{system} = 0$$

Dimana laju perubahan massa terhadap waktu adalah 0. Umumnya massa *system* (M_{sys}) dapat dinyatakan sebagai berikut dengan pengintegralan meliputi seluruh volume sistem:

$$M_{sys} = \int_{M\,(sys)} dm = \int_{M\,(sys)} \rho . d\forall$$

Hubungan persamaan antara sistem dan control volume dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\left.\frac{dN}{dt}\right)_{system} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{CV} \eta . \rho . d\forall + \int_{CS} \eta . \rho . \bar{V} . dA$$

Dimana,

$$N_{system} = \int_{M\,(system)} \eta . dm + \int_{\forall\,(system)} \eta . \forall$$

Untuk sebuah persamaan control volume dari konservasi, maka dapat ditulis dengan N = M dan η = 1. Sehingga bila disubtitusikan akan menjadi persamaan:

$$\left.\frac{\partial M}{\partial t}\right)_{system} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{CV} \rho . d\forall + \int_{CS} \rho . \bar{V} . dA$$

Sehingga persamaan kontinyuitas atau konversi massa, dapat ditulis sebagai berikut:

$$0 = \frac{\partial}{\partial t}\int_{CV} \rho . d\forall + \int_{CS} \rho . \bar{V} . dA$$

Dengan asumsi:

- Aliran fluida adalah *incompressible*
- Aliran fluida kerjanya adalah *steady state*

  Sehingga persamaan diatas menjadi:

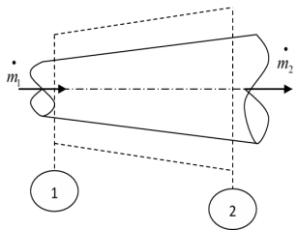
$$0 = \int_{CS} \rho . \bar{V} . dA$$

Dengan mengintegralkan persamaan di atas, maka di dapat persamaan kontinuitas sebagai berikut:

$$0 = -[\rho_1 . \bar{V}_1 . A_1] + [\rho_2 . \bar{V}_2 . A_2]$$

Atau

$$\dot{M}_1 = \dot{M}_2 \tag{4.2}$$



Gambar 4.51 Kontinuitas

(Sumber: Fox and McDonalds, Introduction to Fluid Mechanics 8th Edition)

Dimana:

ρ : *Density* (kg/m3)

V : Kecepatan aliran fluida (m/s)

A : Luas penampang (m2).

4.10 Hukum Pertama Termodinamika

Hukum pertama termodinamika menyatakan tentang kekekalan energi (*conservation of energy*). Persamaannya sebagai berikut:

$$\left(\dot{Q} - \dot{W}\right) = \left[\frac{dE}{dt}\right]_{system} \tag{4.3}$$

Dimana energi total:

$$E_{system} = \int_{M\,(system)} e.dm = \int_{\forall\,(system)} e.\rho.d\forall$$

Dengan nilai dari energi dalam adalah:

$$e = u + \frac{\overline{V^2}}{2} + g.z$$

Dengan $\dot{Q}$ bernilai positif bila panas yang diberikan ke sistem dan sekelilingnya, sedangkan $\dot{W}$ bernilai positif bila kerja diberikan dari sistem ke sekelilignya. Hubungan antara sistem dan kontrol volume adalah:

$$\left[\frac{dN}{dt}\right]_{system} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{CV} \eta.\rho.d\forall + \int_{CS} \eta.\rho.\bar{V}.dA \tag{4.4}$$

Dimana:

$$N_{system} = \int_{m\,(system)} \eta.dm + \int_{\forall\,(system)} \eta.\rho.d\forall$$

Untuk menurunkan perumusan volume dari hukum pertama termodinamika **N** = **E** dan **n** = **e** sehingga diperoleh persamaan:

$$\left[\frac{dN}{dt}\right]_{system} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{CV} e.\rho.d\forall + \int_{CS} e.\rho.\bar{V}.dA$$

Pada saat t_0 sistem berhimpit dengan kontrol volume, sehingga:

$$\left(\dot{Q} - \dot{W}\right)_{CS} = \left(\dot{Q} - \dot{W}\right)_{CV}$$

Didapatkan dari persamaan 4.3 dan 4.4 diatas, sebagai berikut:

$$\left(\dot{Q} - \dot{W}\right) = \frac{\partial}{\partial t}\int_{CV} e.\rho.d\forall + \int_{CS} e.\rho.\bar{V}.dA \tag{4.5}$$

Besarnya kerja pada volume atur dibagi menjadi empat kelompok, yaitu:

$$\dot{W} = \dot{W}_s + \dot{W}_{normal} + \dot{W}_{shear} + \dot{W}_{other}$$

Maka hukum pertama termodinamika menjadi:

$$\left(\dot{Q} - \dot{W}_s - \dot{W}_{normal} - \dot{W}_{shear} - \dot{W}_{other}\right) = \frac{\partial}{\partial t}\int_{CV} e.\rho.d\forall + \int_{CS} e.\rho.\bar{V}.dA \tag{4.6}$$

Dimana:

$\dot{W}shaft$: 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.

4.11 Tinggi – Tekan (*Head*)

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

4.11.1 *Head* Potensial

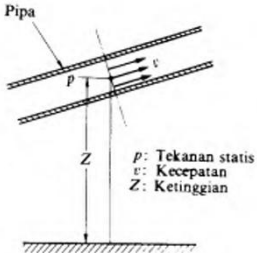
Didasarkan pada ketinggian fluida di atas bidang datar. Jadi suatu kolomfluida setinggi 1 meter mengandung jumlah energi yang disebabkan oleh posisinya dan dikatakan fluida tersebut memiliki head sebesar 2 meter kolom air (Z).

4.11.2 *Head* Kecepatan atau Kinetik

Suatu ukuran energi kinetik yang dikandung satu satuan bobot fluida yang disebabkan oleh kecepatan dan dinyatakan dengan persamaan $\frac{\bar{V}^2}{2.g}$

4.11.3 *Head* Tekanan

Energi yang dikandungfluida 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. Berikut ini adalah gambar yang memperjelas untuk tinggi tekan (*Head*) yang dimiliki aliran:

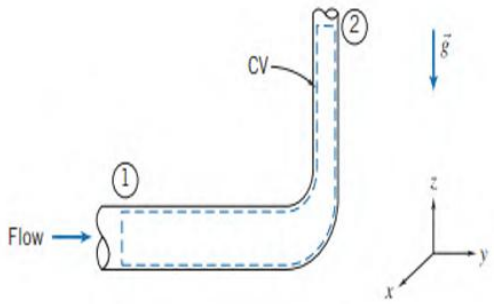


Gambar 4.52 Metode Mengukur Head

(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan Pertama Halaman 4)

4.12 Persamaan *Bernouli*

Persamaan ini didapat dari penurunan persamaan Hukum Termodinamika I yaitu persamaan 4.6



Gambar 4.53 *Control Volume* dan koordinat untuk analisis aliran energi yang melewati elbow 90°

(Sumber: Fox and McDonald, Introduction to Fluid Mechanics)

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

$$\left(\dot{Q} - \dot{W}_s - \dot{W}_{normal} - \dot{W}_{shear} - \dot{W}_{other}\right) = \frac{\partial}{\partial t}\int_{CV} e.\rho.d\forall + \int_{CS}(e + Pv).\rho.\bar{V}.dA \tag{4.7}$$

Dimana:

$$e = u + \frac{\overline{V^2}}{2} + g.z$$

Dimana asumsi:

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

Dengan asumsi diatas, maka persamaan 4.7 menjadi:

$$\dot{Q} = \dot{m}.(U_2 - U_1) + \dot{m}\left(\frac{P_2}{\rho} - \frac{P_1}{\rho}\right) + \dot{m}.\ g.(Z_2 - Z_1) + \left(\int_{A_2}\frac{\overline{V^2}}{2}.\rho.\bar{V}_2.dA_2 - \int_{A_1}\frac{\overline{V^1}}{2}.\rho.\bar{V}_1.dA_1\right)$$

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

$$\dot{Q} - \dot{W}_{shaft} = \dot{m}.(U_2 - U_1) + \dot{m}\left(\frac{P_2}{\rho} - \frac{P_1}{\rho}\right) + \dot{m}.g.(Z_2 - Z_1) + \dot{m}\left(\alpha_2\frac{\bar{V}_2^{\,2}}{2} - \alpha_1\frac{\bar{V}_1^{\,2}}{2}\right) \tag{4.8}$$

Dimana:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = (U_2 - U_1) + \left(\frac{P_2}{\rho} - \frac{P_1}{\rho}\right) + (g.z_2 - g.z_1) + \left(\alpha_2\frac{\bar{V}_2^{\,2}}{2} - \alpha_1\frac{\bar{V}_1^{\,2}}{2}\right)$$

dan, $u = h + P.v$

$$(U_2 - U_1) - \frac{\partial Q}{\partial m} = H_{loss}$$

Maka persamaan 4.8 menjadi:

$$\left(\frac{P_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{\overline{V_2}^2}{2} + g.z_2\right) + \left(\frac{P_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{\overline{V_1}^2}{2} + g.z_1\right) = (U_2 - U_1) - \frac{\partial Q}{\partial m} \tag{4.9}$$

Dimana:

$$(U_2 - U_1) - \frac{\partial Q}{\partial m}$$

Merupakan kerugian energi dalam karena energi panas yang timbul disebabkan oleh gesekan fluida cair dengan dinding saluran (H_{loss}). Bila persamaan 4.9 dikalikan dengan $\frac{1}{g}$, maka persamaan menjadi:

$$\left(\frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{\overline{V_2}^2}{2.g} + z_2\right) - \left(\frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{\overline{V_1}^2}{2.g} + z_1\right) = Head \tag{4.10}$$

Dengan asumsi aliran uniform pada tiap penampang, maka: α_2= α_1= 0, sehingga persamaan menjadi:

$$Head = \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right) + \left(\frac{\overline{V_1}^2 - \overline{V_1}^2}{2.g}\right) + (z_2 - z_1) \tag{4.11}$$

Untuk laluan yang aktual, tinggi-tekan tidak selalu bernilai konstan. Hal ini dikarenakan oleh rugi-rugi turbulensi yang dapat ditulis, sebagai berikut:

$$Head = \left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\overline{V_1}^2}{2.g} + z_1\right) = \left(\frac{P_2}{\gamma} + \frac{\overline{V_2}^2}{2.g} + z_2\right) + \sum H_{LT} \tag{4.12}$$

Dimana:

P_1 : Tekanan pada kondisi awal (*suction*)
P_2 : Tekanan pada kondisi akhir (*discharge*)
$\overline{V_1}$: Kecepatan pada kondisi awal (*suction*)
$\overline{V_2}$: Kecepatan pada kondisi akhir (*discharge*)
$\sum H_{LT}$: Jumlah *head loss* total

Energi total yang diberi tanda H sama dengan ketinggian tinggi tekan , atau:

$$\left(\frac{P}{\gamma} + \frac{\overline{V}^2}{2.g} + z\right) = H$$

karena energi tidak dapat muncul atau hilang begitu saja, H adalah konstan (dengan mengabaikan rugi-rugi). Persamaan ini disebut dengan persamaan *Bernoulli*.

4.13 *Head* Effektif Instalasi Pompa

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

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

$$H_{eff} = \left(\left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right) + (H_d - H_s)\right) + \left(\left(\frac{\overline{V_d}^2 - \overline{V_s}^2}{2.g}\right) + \sum H_{LT}\right)$$

(4.13)

4.13.1 *Head Statis*

Head statis adalah perbedaan tinggi permukaan fluida pada bagian hisap dengan bagian tekan. *Head* statis tidak dipengaruhi oleh debit, hanya pada perbedaan tekanan dan ketinggian.

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

(4.14)

Dimana:

H_{st} : *Head statis* total (m)
P_1 : Tekanan pada kondisi *suction* (Pa)
P_2 : Tekanan pada kondisi *discharge* (Pa)
γ : Berat jenis fluida ($\frac{N}{m^3}$)
H_d : Jarak atau ketinggian sisi *discharge* (m)
H_s : Jarak atau ketinggian sisi *suction* (m)

- *Head statis* terdiri dari:
  1. *Head* tekanan (*Pressure Head*)

     Merupakan energi yang terdapat di dalam fluida akibat perbedaan tekanan antara *discharge reservoar* dan *suction reservoar*.

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

     (4.15)

     Dimana:
     H_p : *Head statis* total (m)
     P_1 : Tekanan pada kondisi *suction* (Pa)
     P_2 : Tekanan pada kondisi *discharge* (Pa)
     γ : Berat jenis fluida ($\frac{N}{m^3}$)
  2. *Head* ketinggian (*Elevation Head*)

     Merupakan perbedaan ketinggian dari permukaan fluida pada sisi *discharge reservoar* dan *suction reservoar* dengan acuan garis sumbu tengah pompa.

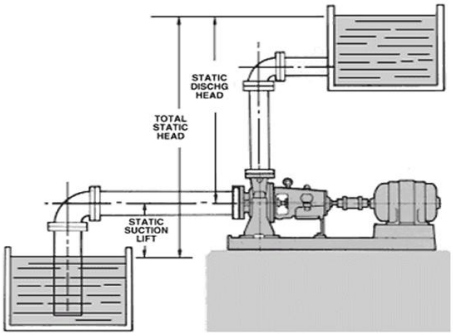
     $$H_z = H_d - H_s$$

     (4.16)

     Dimana:
     H_z : *Head* elevasi (m)
     H_d : Jarak atau ketinggian sisi *discharge* (m)
     H_s : Jarak atau ketinggian sisi *suction* (m)
     Terdapat dua macam ketinggian *head* instalasi, yaitu:

c) *Suction Lift*

Suction lift adalah jarak vertikal dalam satuan *feet* atau meter dari permukaan fluida yang harus dipompakan terhadap garis sumbu tengah pompa. *Suction Lift* di peroleh mulai dari garis tengah sumbu pompa sampai permukaan sumber suplai (*suction tank*). Nilai (H_d – H_s) bernilai positif, karena permukaan zat cair pada sisi hisap lebih rendah dari sumbu tengah pompa.

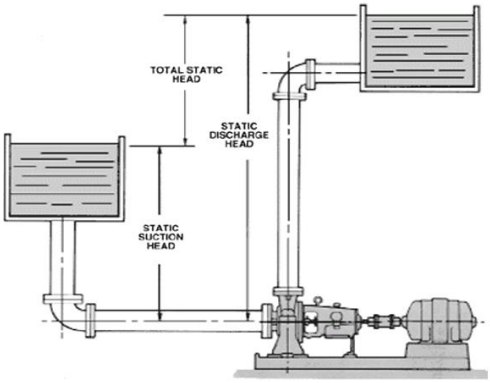


Gambar 4.54 Instalasi *Suction Lift*

(SumberFox and McDonald, Introduction to Fluid Mechanics)

d) *Suction Head*

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



Gambar 4.55 Instalasi *Suction Head*

(SumberFox and McDonald, Introduction to Fluid Mechanics)

4.13.2 *Head Dinamis*

Head dinamis adalah *head* yang terdiri dari *velocity head* dan *headloss*. Untuk penjelasannya dapat dilihat pada persamaan di bawah ini:

$$\sum H_{din} = \left(\frac{\overline{V_d}^2 - \overline{V_s}^2}{2.g}\right) + \sum H_{LT} \tag{4.17}$$

Dimana:

$\sum H_{din}$: *Head* dinamis (m)
$\sum H_{LT}$: Kerugian tinggi tekan (m)
$\overline{V_d}$: Kecepatan aliran *discharge* (m/s)
$\overline{V_s}$: Kecepatan aliran *suction* (m/s)
g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s^2)

Adapun *head dinamis* terdiri dari:

1. *Velocity Head*

   Velocity Head adalah head yang disebabkan karena adanya perbedaan kecepatan yang keluar dari *suction reservoar* dan masuk ke dalam *discharge reservoar. Velocity head* ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$H_v = \frac{\overline{V_d}^2 - \overline{V_s}^2}{2.g} \tag{4.18}$$

   Dimana:
   $\overline{V_d}$: Kecepatan aliran *discharge* (m/s)
   $\overline{V_s}$: Kecepatan aliran *suction* (m/s)
   g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s^2)

2. *Head Loss* Total

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

$$\sum H_{LT} = H_1 + \sum H_{lm}$$

$$\sum H_{LT} = \left(f\ x\ \frac{L}{D}\ x\ \frac{V^2}{2g}\right) + \left(K\ .\frac{V^2}{2g}\right) \tag{4.19}$$

3. *Head Loss* Mayor

   Merupakan 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-Weisbach*: $H_1 = f\ x\ \frac{L}{D}\ x\ \frac{V^2}{2g}$ (4.20)

   Dimana:
   H_l : Kerugian head karena gesekan (m)
   f : Faktor gesekan
   D : Diameter pipa (m)
   $\bar{V}$: Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)
   g : Gravitasi bumi (9,81 m/s^2)

   Untuk aliran laminar, faktor gesekan dapat dinyatakan dengan rumus

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

(4.21)

sedangkan untuk aliran turbulen, faktor gesekan dibedakan menjadi:

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

  Blasius : $f = \frac{0{,}316}{\mathrm{Re}^{0{,}25}}$

  (4.22)

  Untuk 3000 ≤ Re ≤ 1000
- Untuk pipa kasar dan halus , hubungan antara bilangan reynold dengan faktor gesekan:

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

  (4.23)

Untuk menggunakan persamaan ini dilakukan dengan menggunakan literasi yang membuat harga f dapat lebih akurat. Adapun cara lain untuk mempermudah mencari harga *friction factor* (f), dapat menggunakan *moody* diagram dengan fungsi *reynold number* (Re) dan e/d terhadap *friction factor* (f). Persamaan *Colebrook-White* berlaku untuk seluruh kisaran aliran non laminar dalam diagram *moody*.

4. *Head Loss* Minor

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

$$\sum H_{lm} = K.\frac{\bar{V}^2}{2g}$$

(4.24)

Dimana:

$\bar{V}$: Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g : Gravitasi bumi (9,81 m/s^2)

K : Koefisien kerugian (*minor losses*) pipa

Dimana harga K dapat dicari dengan menggunakan persamaan $K = f.\frac{L_e}{D}$

(4.25)

4.14 *Net Positive Suction Head* (NPSH)

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

4.14.1 *Net Positive Suction Head Available* (NPSH$_A$)

NPSH$_A$ merupakan NPSH yang tersedia pada instalasi pompa yang besarnya dapat ditulis:

$$NPSH_A = \frac{Pa}{\gamma} - \frac{Pv}{\gamma} - h_s - \sum H_1 s$$

Dimana:

NPSH$_A$: Yang tersedia pada instalasi (m kolom minyak)

$\frac{Pa}{\gamma}$: Tekanan absolut diatas permukaan cairan pada *suction reservoir* (m kolo minyak)

$\frac{Pa}{\gamma}$: Tekanan uap cairan yang dipompa pada *temperature* pemompaan (m kolom minyak)

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

$\sum H_{1\,S}$: *Head loss* pada pipa hisap (m kolom minyak)

4.14.2 *Net Positive Suction Head Available* (NPSH$_R$)

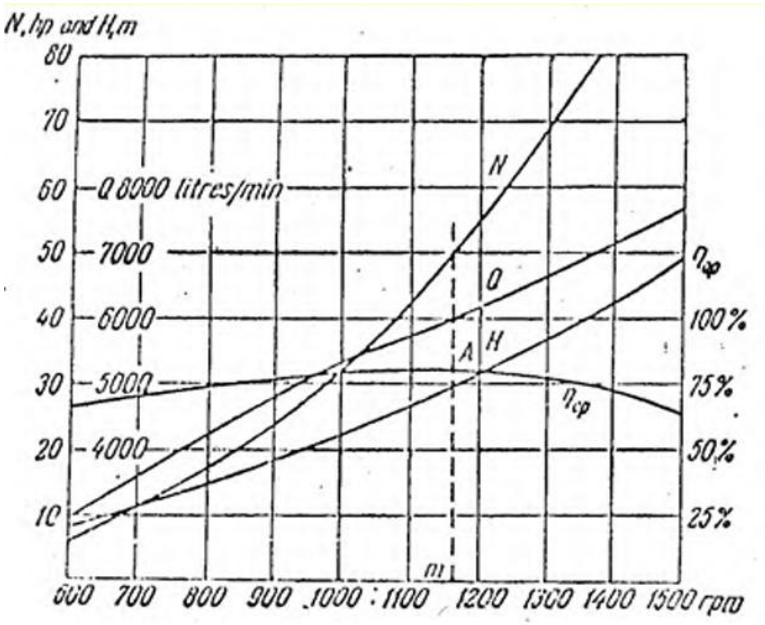
NPSHR adalah NPSH yang di isyaratkan pompa yang bersangkutan supaya bisa bekerja. NPSHR ini ditentukan oleh pabrik pembuat pompa tersebut yang besarnya tergantung dari banyak faktor antara lain, desain impellernya, kecepatan putaran, sifat fluida yang dipompa. Agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut: NPSH$_A$ >NPSH$_R$.

4.15 Kurva Karakteristik Pompa

Karakteristik pompa adalah kurva yang menghubungkan suatu performa dengan performa yang lainnya saat beroperasi. Performa pompa yaitu *head* (H), kapasitas(Q), daya pompa danefisiensi (η). Secara umum karakteristik pompa sentrifugal terbagi menjadi 3, yaitu:

4.15.1 Karakteristik Utama

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

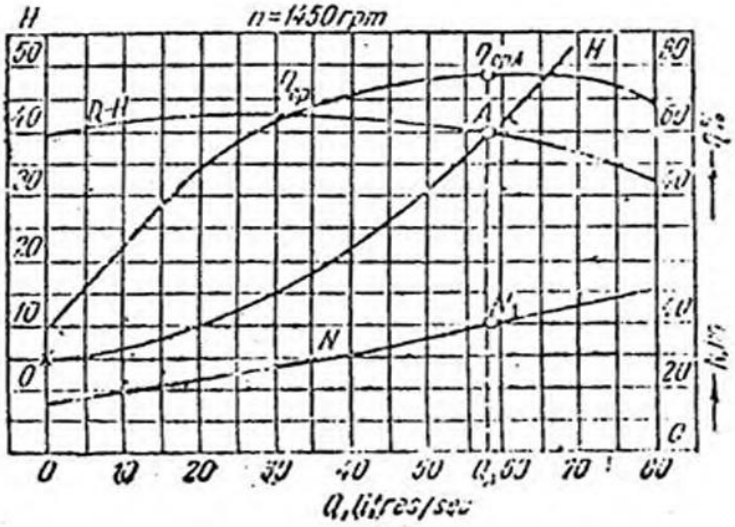


Gambar 4.56 Karakteristik Utama

(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

4.15.2 Karakteristik Kerja

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

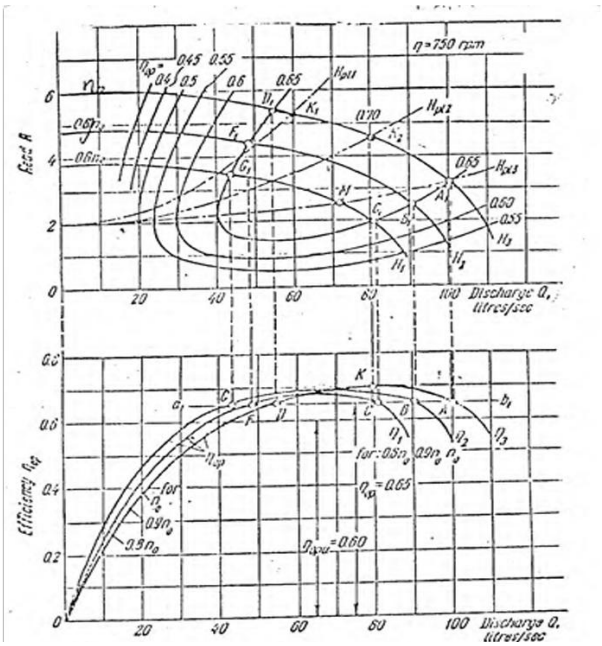


Gambar 4.57 Karakteristik Kerja

(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

4.15.3 Karakteristik *Universal*

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

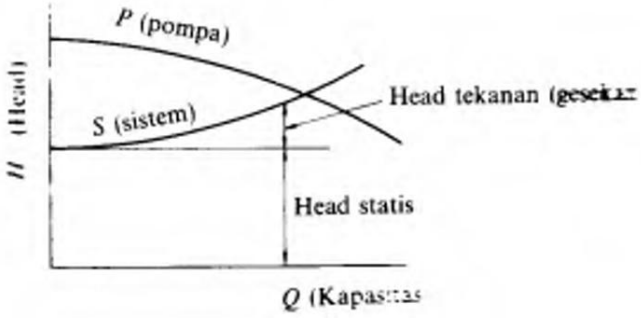


Gambar 4.58 Karakteristik Universal

(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

4.15.4 Titik Operasi Pompa

Titik operasi pompa adalah titik dimana menunjukkan kapasitas aliran pada *head* tertentu yang bekerja dengan performa yang baik.



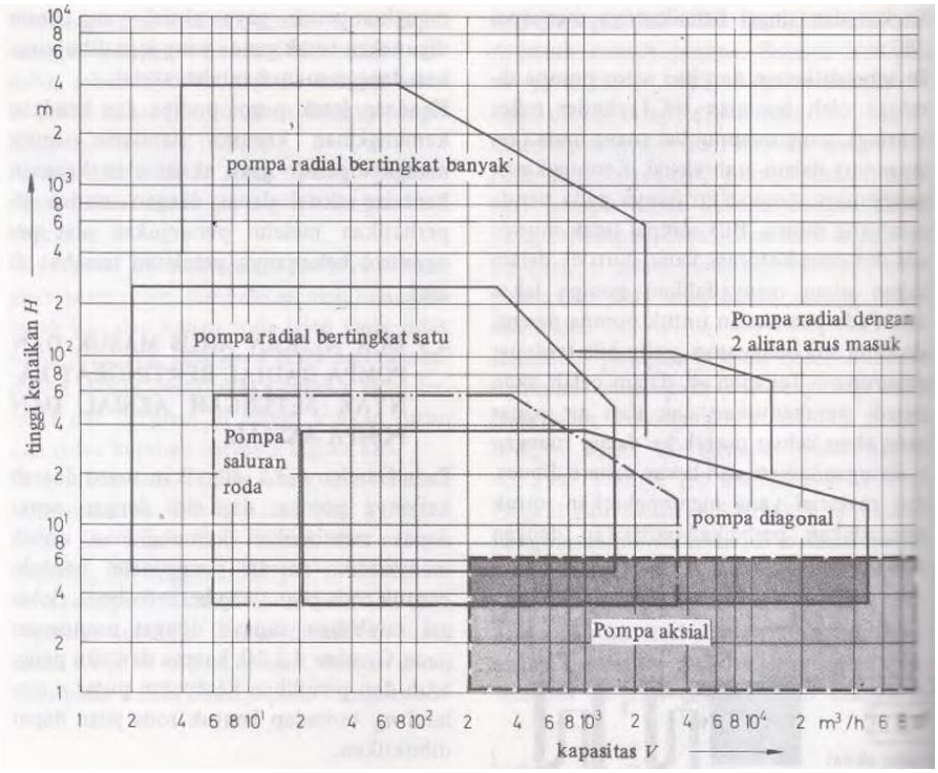
Gambar 4.59 Titik Operasi Pompa

(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

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

4.16 Pemilihan Pompa Berdasarkan Perhitungan *Head* dan Kapasitas

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



Gambar 4.60 Daerah Kerja beberapa Jenis Konstruksi Pompa

(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

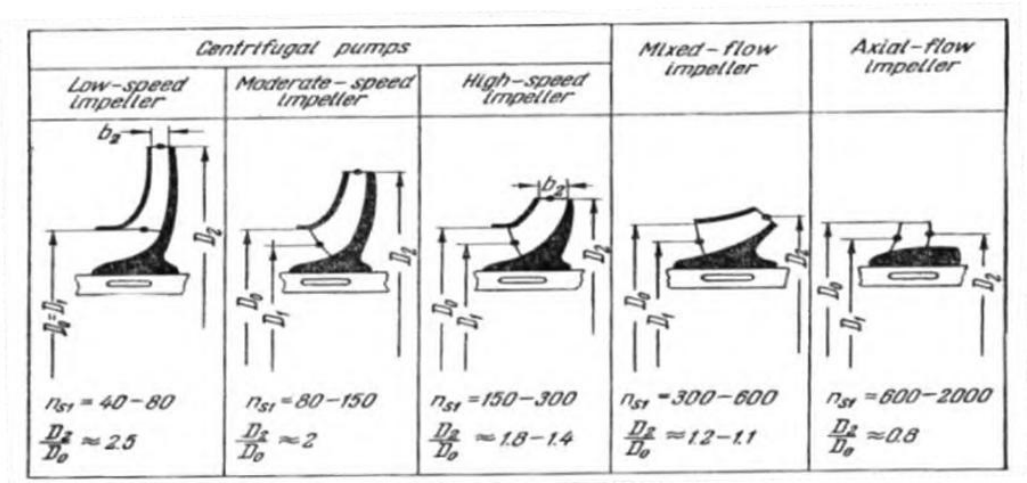
Untuk menentukan pompa sentrifugal yang tepat yang digunakan pada sebuah sistem, maka kurva karakteristik pompa dan kurva karakteristik sistem digabungkan. Titik pertemuan antara kedua kurva tersebut merupakan titik operasional. Titik operasional paling optimal adalah jika titik pertemuan antara kedua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

4.16.1 Penentuan Putaran Spesifik dan Bentuk *Impeller*

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

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

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

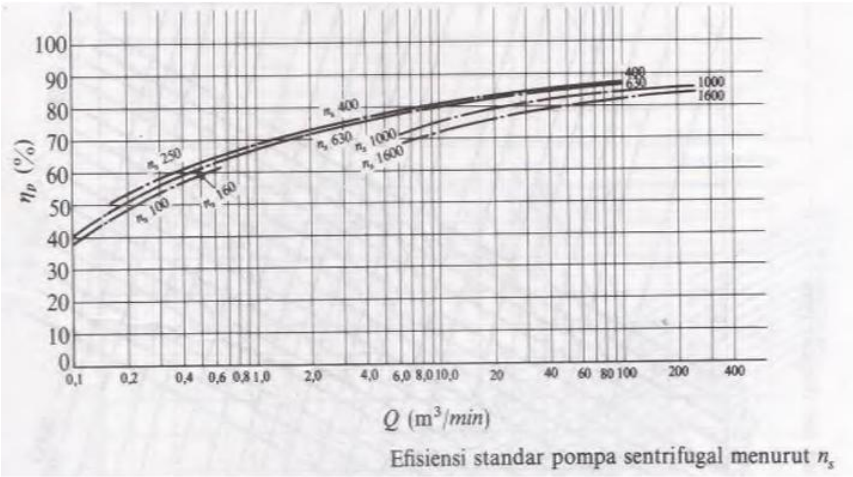


Gambar 4.61 Putaran Spesifik dan Bentuk *Impeller*

(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

4.16.2 Efisiensi Standar Pompa (η_p)

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



Gambar 4.62 Efisiensi Standar Pompa

(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

4.17 Daya Penggerak

4.17.1 Daya Fluida (WHP)

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

$$WHP = \gamma \; x \; Q_{act} \; x \; H$$

Dimana:

WHP : Daya Pompa (watt)

γ : Berat spesifik fluida (N/m^3)

Q_{act} : Kapasitas Aktual Pompa (m^3/s)

H : *Head* pompa (m)

4.17.2 Daya Poros (P_{shaft})

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

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

Dimana:

P_{shaft} : Daya Poros (Watt)

WHP : Daya Pompa / Daya Air (Watt)

η_p : Efisiensi Pompa (desimal)

4.17.3 Daya Nominal Penggerak Mula

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

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

Dimana:

P_m : Daya Nominal Penggerak Mula (KW)

α : Faktor Cadangan (KW)

η_t : Efisiensi Transmisi

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

Tabel 4.2 Faktor Cadangan

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

Tabel 4.3 Efisiensi Transmisi

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

4.18 Data Hasil *Survey*

Berikut ini merupakan data yang diperoleh dari *survey* lapangan atau data sebelum perhitungan ulang. Adapun data-data yang diperoleh sebagai berikut:

4.18.1 Data Fluida

- Jenis Fluida : Air
- Temperatur Fluida (T) : 30°C
- Gravitasi : 9,81 $\frac{m}{s^2}$
- Massa Jenis Fluida (ρ) : 996 $\frac{kg}{m^3}$
- *Mass Flow Rate* : 32,868 $\frac{kg}{s}$

4.18.2 Data *Reservoir*

- Tekanan pada *Sumppit* (Psr) : 1 bar
- Tekanan pada *Trailrace* (Pdr) : 1,7 bar
- Ketinggian *Head Suction* (Hs) : 0,38 m
- Ketinggian *Head Discharge* (Hd) : 10,38 m

4.18.3 Data Pompa

- Jenis Pompa : *Centrifugal – Single Stage*
- Total *Head* : 22 m
- Kapasitas (Q) : 120 $\frac{m^3}{h}$
- *Speed* (n) : 1450 rpm
- *Power* (P) : 22 kW

4.18.4 Data Pipa

- Pipa *Suction*
  Nominal *Pipe Size* (NPS) : 8 inch
  Jenis Material : *Seamless Carbon Steel Pipe for High-temp* ANSI Sch 40 ANSI Sch 40.
- Pipa *Discharge*
  Nominal *Pipe Size* (NPS) : 6 inch
  Jenis Material : *Seamless Carbon Steel Pipe for High-temp* ANSI Sch 40.

4.18.5 Data *Fitting* dan *Accessory*

Fitting- fitting yang digunakan pada instalasi *Drainage Pump* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Jenis *Accessory*

Jenis *Accesory*	Jumlah
Elbow Long Radius 90°	2
Branch Tee	1
Gate Valve	2
Swing Check Valve	2
Strainer	1

4.19 Perhitungan

Perhitungan pada tugas akhir ini menggunakan perhitungan dengan metode teoritis. Perhitungan yang dilakukan pada tiap *section* meliputi perhitungan kapasitas (Q), kecepatan (V), *head loss mayor* (Hl), *head loss minor* (Hlm). Dan *Head* efektif instalasi (H_{eff}). Selanjutnya perhitungan dilanjutkan dengan perhitungan daya *fluida* (WHP), daya poros (P_{shaft}), daya motor (P_{motor}), *Net Positive Suction Head Available* ($NPSH_A$), kecepatan spesifik (n_s), jumlah *stage* pada pompa (*i*).

1. **Perhitungan Kapasitas Nominal Pompa**

   Kapasitas pompa atau jumlah fluida yang dipompakan dari *suction reservoir* (*sump tank*) menuju *tailrace* dapat diketahui dengan mengetahui terlebih dahulu kondisi *tank*, dalam hal ini adalah *sump tank*. Dari data spesifikasi *Drainage Pump* yang berada di lantai B3 PLTA Sutami PT. PJB UP BRANTAS maka didapatkan:

$$Q = 2\frac{m^3}{min}$$

$$Q = 0{,}033\frac{m^3}{s}$$

2. **Perhitungan Kecepatan Aliran pada Pipa**

   Untuk melakukan perhitungan kecepatan seperti dibawah ini:

   - **Perhitungan Kecepatan Aliran pada Pipa *Suction***

     Diketahui:

     - Kapasitas : 0,033 m^3/s
     - Material : *Carbon Steel Pipe* 40s

     $V_{suction\ recommended}$ = 1,5 $\frac{m}{s}$ (*high velocity* - Dari tabel *recommended velocities of fluid pipeliness*)

$$V_{suction} = \frac{Q_{suction}}{A_{suction}}$$

$$V_{suction} = \frac{4Q_{suction}}{\pi\,(D_{suction})^2}$$

$$D_{suction} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi(V_{suction\ recommende})}}$$

$$D_{suction} = \sqrt{\frac{4(0{,}033\frac{m^3}{s})}{\pi(1{,}5\frac{m}{s})}}$$

$$D_{suction} = 0{,}167m$$

$$= 167\ mm$$

$$= 6{,}5\ inch \approx 8\ inch$$

     Dari tabel *Nominal Pipe Size* (NPS) *Carbon Steel Pipe* 40s

   - **Perhitungan Kecepatan Aliran pada Pipa *Discharge***

     Diketahui:

     - Kapasitas : 0,033 m^3/s
     - Material : *Carbon Steel Pipe* 40s

     $V_{discharge\ recommended}$ = 2,6 $\frac{m}{s}$ (*hingh velocity* - Dari tabel *recommended velocities of fluid pipeliness*)

$$V_{discharge} = \frac{Q_{discharge}}{A_{discharge}}$$

$V_{discharge} = \frac{4Q_{discharge}}{\pi(D_{discharge})2}$

$D_{discharge} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi(V_{discharge\ recommende})}}$

$D_{discharge} = \sqrt{\frac{4(0{,}033\frac{m^3}{s})}{\pi(2{,}6\frac{m}{s})}}$

$D_{discharge}$ = 0,127 *m*

= 127 *mm*

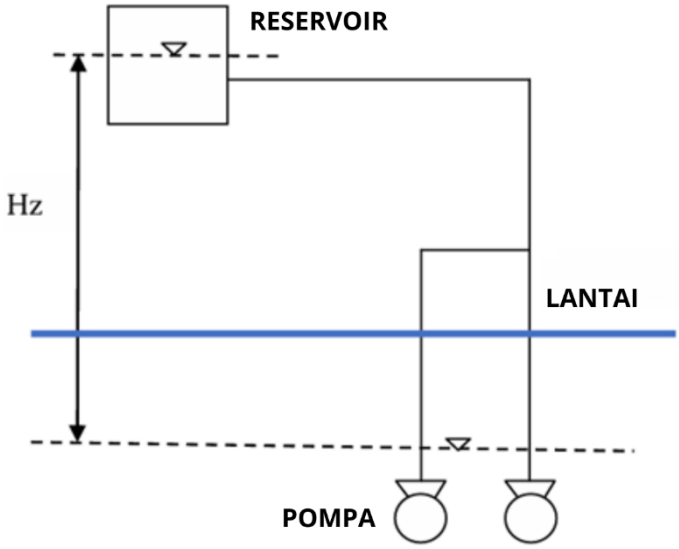
= 5,04 *inch* ≈ 6 *inch*

Dari Tabel *Nominal Pipe Size* (NPS) *Carbon Steel Pipe* 40s

3. Perhitungan *Head* Efektif Instalasi Pompa

Head effektif instalasi adalah *head* yang harus diatasi pompa dan seluruh komponen-komponen yang telah didapat dari perhitungan tersebut. Adapun *head* effektif instalasi meliputi *Head* Statis dan *Head* Dinamis.

- **Perhitungan Head *Statis***



Gambar 4.63 Skema Instalasi *Drainage Pump*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

Untuk menghitung *head* statis menggunakan persamaan:

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

Dimana:

P_{sr} = P_1 = Tekanan pada sisi *suction reservoar*

P_{dr} = P_2 = Tekanan pada sisi *inlet hotwell*

H_s = Ketinggian permukaan fluida pada sisi *suction*

H_d = Ketinggian permukaan fluida pada sisi *discharge*

g = Percepatan gravitasi

Diketahui data-data sebagai berikut:

- Psr = 1 Atm
  = 101325 Pa
- Pdr = 1,7 bar
  = 170000 Pa

- Hz = 10,75 m
- g = 9,81 m/s^2
- P_{water} = 996 $\frac{kg}{m^3}$

Sehingga,

$$\sum H_{st} = \frac{P_{dr} - P_{sr}}{\gamma} + (H_d - H_s)$$

$$= \left[\frac{(170000 - 101325)\ Pa}{996\ \frac{kg}{m^3}\ x\ 9{,}81\ \frac{m}{s^2}}\right] + 10{,}75\ m$$

$$= 7{,}02\ m + 10{,}75$$

$$= 17{,}77\ m$$

- **Perhitungan *Head Dynamis***

Head dynamis dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Untuk menghitung *head* dinamis menggunakan rumus:

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

Dimana:

V_{dr} : Kecepatan pada *discharge reservoar*

V_{sr} : Kecepatan pada permukaan *suction reservoar*

$\sum H_{LT}$: Kerugian gesek sepanjang pipa lurus dan adanya aksesoris

➢ **Perhitungan *Head Loss* Instalasi**

Head loss instalasi terdiri dari *Head loss* Mayor dan *Head loss* Minor.

a) Head loss mayor pada pipa suction

Besarnya *Mayor losses* dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$H_L = f\ x\ \frac{L}{D}\ x\ \frac{\overline{V^2}}{2g}$$

Dimana:

f : Koefisien gesek

L : Panjang pipa (m)

D : Diameter pipa (m)

$\bar{V}$: Kecepatan aliran fluida (m/s)

g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

Karena pada pipa *suction* panjang pipa = 0 m, maka nilai dari *Head Loss Mayor Suction* = 0 m

b) Head loss mayor pada pipa *discharge*

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

Dimana:

f : Koefisien gesek

L : Panjang pipa (m)

D : Diameter pipa (m)

$\bar{V}$: Kecepatan aliran fluida (m/s)

g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

Diketahui data sebagai berikut:
$L_{discharge}$ = 18510 mm = 18,51 m
$D_{discharge}$ = 6 inch = 0,154 m
$\bar{V}_{discharge} = 1{,}8\frac{m}{s}$
Harga koefisien gesek ditentukan dari *Reynold Number* (RE).

$$Re = \frac{\bar{V}.D}{\upsilon}$$

Dengan:
Re > 2300 = laminar
2300 > Re > 4000 = transisi
Re > 4000 = turbulen
Berdasarkan data yang didapat dari Tabel *Properti air* (Lampiran), harga *viscositas kinematic* pada suhu 30°C, yaitu:

$$\upsilon = 8{,}03\ x\ 10^{-7}\ \frac{m^2}{s}$$

Sehingga,

$$Re = \frac{1{,}8\ \frac{m}{s}\ x\ 0{,}154\ m}{8{,}01\ x\ 10^{-7}\frac{m^2}{s}} = 346067{,}41\ (turbulen)$$

Material pipa dari *Carbon Steel Pipe Schedule* 40s dengan kekasaran permukaan e = 0,046 mm = 0,000046 m Maka *Relative Roughness*,

$$\frac{e}{D_{internal}} = \frac{0{,}000046\ m}{0{,}154\ m} = 0{,}0002987$$

Dengan mengetahui harga Re dan $\frac{e}{D}$ dari *Moody Diagram* maka didapatkan nilai f = 0,017
Sehingga, untuk menghitung *head loss mayor* adalah:

$$H_{Ldisc} = 0{,}017\ x\ \frac{18{,}51\ m}{0{,}154\ m}\ x\ \frac{\left(1{,}8\frac{m}{s}\right)^2}{2\ x\left(9{,}81\ \frac{m}{s^2}\right)} = 0{,}337\ m$$

Sehingga, total *head loss mayor*

$$\sum H_{LMayor} = H_{Lsuction} + H_{Ldischarge}$$
$$= 0\ m + 0{,}337\ m$$
$$= 0{,}337\ m$$

c) *Head loss minor* pada pipa *suction*

Head Loss Minor adalah kerugian gesek yang ditimbulkan karena adanya aksesoris di sepanjang pipa instalasi. Untuk harga K pada masing-masing aksesoris diperoleh dari tabel *minor losses coefficient pipe flow experts* untuk *Nominal Pipe Size* = 8 inch.

- Kerugian head pada gate valve dengan harga K = 0,12 sebanyak 2 buah, maka:

$$H_{GV} = n.K\ .\frac{V^2}{2g}$$

$$= 2\ x \left(0{,}12\ x\ \frac{\left(1{,}8\frac{m}{s}\right)^2}{2\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)}\right) = 0{,}03\ m$$

- Kerugian head pada Strainer dengan harga K= 1 sebanyak 1 buah, maka:

$$H_{ST} = K\ .\frac{V^2}{2g}$$

$$= 1\ x\ \frac{\left(1{,}8\frac{m}{s}\right)^2}{2\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)} = 0{,}1\ m$$

Sehingga untuk *head loss minor* total pada pipa suction:

$$\sum H_{L\ minor\ pipa\ suction} = H_{GV} + H_{ST}$$

$$= 0{,}03 + 0{,}1$$

$$= 0{,}13\ m$$

d) *Head loss minor* pada pipa *discharge*

Untuk harga K pada masing-masing aksesoris diperoleh dari tabel *minor losses coefficient pipe flow experts* untuk Nominal *Pipe Size* = 6 inch.

- Kerugian head pada Elbow 90° dengan harga K = 0,45 sebanyak 2 buah, maka:

$$H_E = n.K\ .\frac{V^2}{2g}$$

$$= 2\ x \left(0{,}45\ x\ \frac{\left(1{,}8\frac{m}{s}\right)^2}{2\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)}\right) = 0{,}14\ m$$

- Kerugian head pada *Gate Valve* dengan harga K = 0,12 sebanyak 2 buah, maka:

$$H_{GV} = n.K\ .\frac{V^2}{2g}$$

$$= 2\ x \left(0{,}12\ x\ \frac{\left(1{,}8\frac{m}{s}\right)^2}{2\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)}\right) = 0{,}03\ m$$

- Kerugian head pada Check valve dengan harga K= 1,5 sebanyak 2 buah, maka:

$$H_{CV} = n.K\ .\frac{V^2}{2g}$$

$$= 2\ x \left(0{,}15\ x\ \frac{\left(1{,}8\frac{m}{s}\right)^2}{2\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)}\right) = 0{,}04\ m$$

- Kerugian head pada Tee Branch flow Flanged dengan harga K = 0,9 sebanyak 1 buah, maka:

$$H_{tee} = K.\frac{V^2}{2g}$$

$$= 0{,}9\ x\ \frac{\left(1{,}8\frac{m}{s}\right)^2}{2\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)} = 0{,}14\ m$$

- Kerugian head pada Strainer dengan harga K= 1 sebanyak 1 buah, maka:

$$H_{ST} = K\ .\frac{V^2}{2g}$$

$$= 1\ x\ \frac{\left(1{,}8\frac{m}{s}\right)^2}{2\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)} = 0{,}1\ m$$

Maka untuk *head loss minor* total pipa discharge:

$$\sum H_{L\ minor\ pipa\ discharge} = H_E + H_{GV} + H_{CV} + H_{tee} + H_{ST}$$

$$= 0{,}14 + 0{,}03 + 0{,}4 + 0{,}14 + 0{,}1$$

$$= 0{,}81\ m$$

$$\sum H_{L\ minor\ total} = H_{L\ minor\ pipa\ discharge} + H_{L\ minor\ pipa\ suction}$$

$$= 0{,}81\ m + 0{,}13\ m$$

$$= 0{,}94\ m$$

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

$$= 0{,}36\ m + 0{,}94\ m$$

$$= 1.3\ m$$

4. Perhitungan *Head* Efektif Instalasi Pompa

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

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

$= 17{,}77\ m + 1{,}3\ m$

$= 19{,}07\ m$

5. Perhitungan *Net Positive Suction Head Available* (NPSH$_A$)

$NPSH_A$ merupakan NPSH yang tersedia pada instalasi pompa yang besarnya dapat ditulis:

$NPSH_A = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - \sum H_1 s$

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

$P_a = 1\ Atm$

= 101325 Pa

Berdasarkan data yang didapat dari Tabel Properti air (Lampiran), harga Tekanan uap jenuh pada suhu 30°C yaitu:

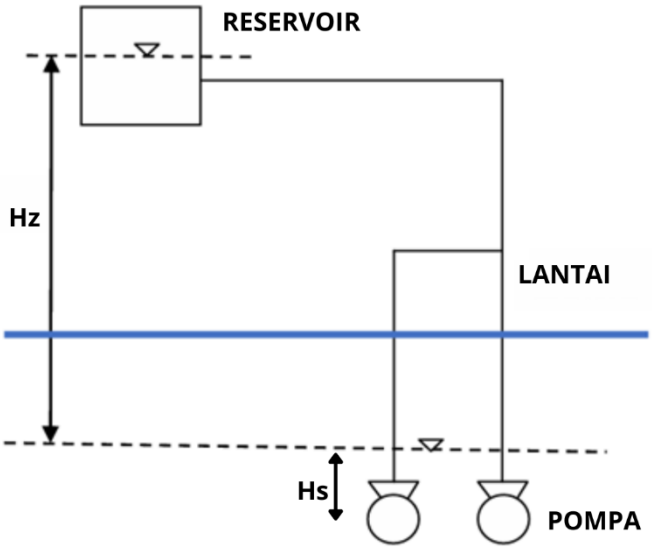
$P_v = 4,25\ kPa$

$= 4250$ Pa

$\gamma \quad = \rho \cdot g$

$= 996 \frac{kg}{m^3} \; x \; 9{,}81 \frac{kg}{s^2} = 9770{,}76 \frac{N}{m^3}$

$h_s \quad = -0{,}38 \; m$ (dari instalasi pipa)



Gambar 4.64 Skema Instalasi *Drainage Pump*
(Sumber: Dokumen Penulis, 2025)

$NPSH_A = \left(\frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma}\right) - (h_s) - \sum H_1 s$

$= \left(\frac{101325 \; Pa - 4250 \; Pa}{9770{,}76 \frac{N}{m^3}}\right) - (-0{,}38 \; m) - 0 \; m$

$= 10{,}31 \; m$

6. Perhitungan Daya Air (*Water Horse Power*)

Energi yang secara efektif diterima oleh fluida dari pompa persatuan waktu disebut juga daya fluida (Pw).

$WHP = \gamma \; x \; Q \; x \; H$

Dimana:

WHP : Daya Fluida (kW)

γ : Berat fluida persatuan volume (N/m^3)

Q : Kapasitas yang direncanakan (m^3/s)

H : Head efektif instalasi (m)

Dari data yang diperoleh sebagai berikut:

$Q \quad = 0{,}033 \frac{m^3}{s}$

H_{eff} = 19,07 m

$\gamma \quad = \rho \cdot g$

$= 996 \frac{kg}{m^3} \; x \; 9{,}81 \frac{m}{s^2}$

$= 97770{,}76 \frac{N}{m^3}$

Sehingga:

$$WHP = \gamma \; x \; Q \; x \; H$$

$$= 9770,76 \frac{N}{m^3} \; x \; 0,033 \; \frac{m^3}{s} \; x \; 19,07 \; m$$

$$= 6150,89 \; W$$

$$= 6,14 \; kW$$

7. Perhitungan Daya Poros (P_{shaft})

Pada Kecepatan Spesifik (n_s) didefinisikan putaran (n), kapasitas aliran (Q) dan *Head* (H) mempunyai harga-harga pada titik efisiensi maksimum pompa. Harga (n_s) dapat digunakan sebagai parameter untuk menyatakan jenis pompa. Kecepatan spesifik (n_s) dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Dimana:

n : 1450 (*Data Sheet*)

Q : 0, 033 m^3/s = 120 m^3/s

H : 19,07 m

Sehingga kecepatan spesifik (n_s)

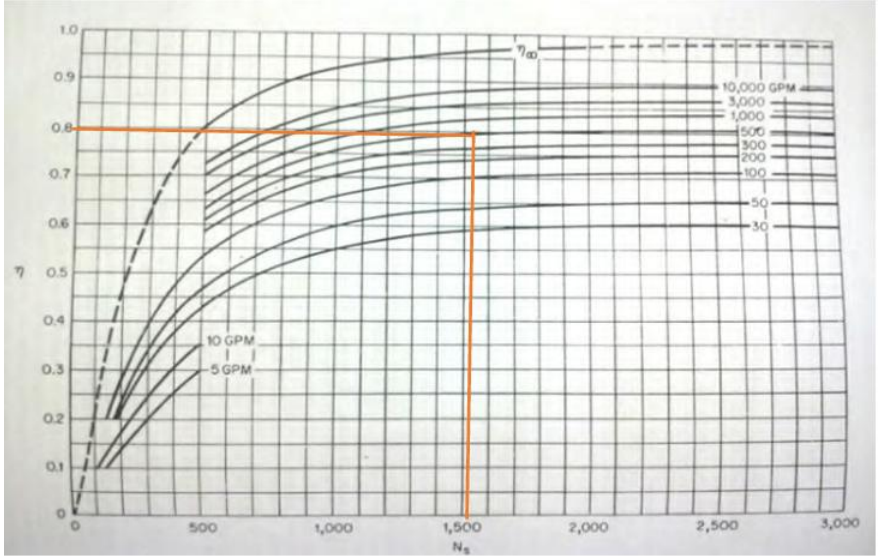
$$n_s = 1450 \; rpm \; \frac{\sqrt{Q}}{{H_{eff}}^{3/4}}$$

$$n_s = 1450 \; rpm \; \frac{\sqrt{120 \; \frac{m^3}{h} \; x \; \frac{h}{60 \; min} \; x \; \frac{gal \; . min}{3,785 \; x \; 10^{-3} \; m^3}}}{\left(19,07 \; m \; x \; \frac{ft}{0,3048 \; m}\right)^{3/4}}$$

$$n_s = 1747,54 \; rpm$$

Setelah n_s dihitung. Selanjutnya nilai n_s diplot bersama nilai kapasitas pada grafik efisiensi standart pompa menurut putaran spesifik **Gambar 4.63**, tetapi sebelumnya harus dilakukan konversi satuan kapasitas ke satuan gpm.

$$Q = 120 \; \frac{m^3}{h} \; x \; \frac{gal}{0,003785 \; m^3} \; \frac{h}{60 \; min} = 528,401 \frac{gal}{min}$$



Gambar 4.65 Grafik Efisiensi Pompa Terhadap Putaran Spesifik dan Kapasitas
(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

Melalui proses plotting diatas maka didapat nila η_p = 0,80. Sehingga perhitungan P_{shaft} dapat dilakukan seberikut:

$P_{shaft} = \frac{6{,}14\ kW}{0{,}8}$

P_{shaft} = 7, 6 Kw

8. Perhitungan Daya Motor

Besarnya daya motor yang dipakai untuk menggerakkan pompa ditetapkan dari persamaan berikut:

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

Dimana:

P_m : Daya Motor Penggerak Mula (kW)

α : Faktor Cadangan (kW)

η_t : Efisiensi Transmisi

Tabel 4.5 Faktor Cadangan

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

Dari tabel di atas dipilih jenis motor penggerak mula motor induksi dengan nilai α = 0,1. Sedangkan untuk efisiensi transmisi, karena antara pompa dengan motor dikopel oleh kopling, sehingga nilai efisiensi transmisi (η_t) = 1. Sehingga daya motor (P_m) diperoleh:

$P_m = \frac{7{,}6\ kW\ (1+0{,}1)}{1}$

P_m = 9,12 kW

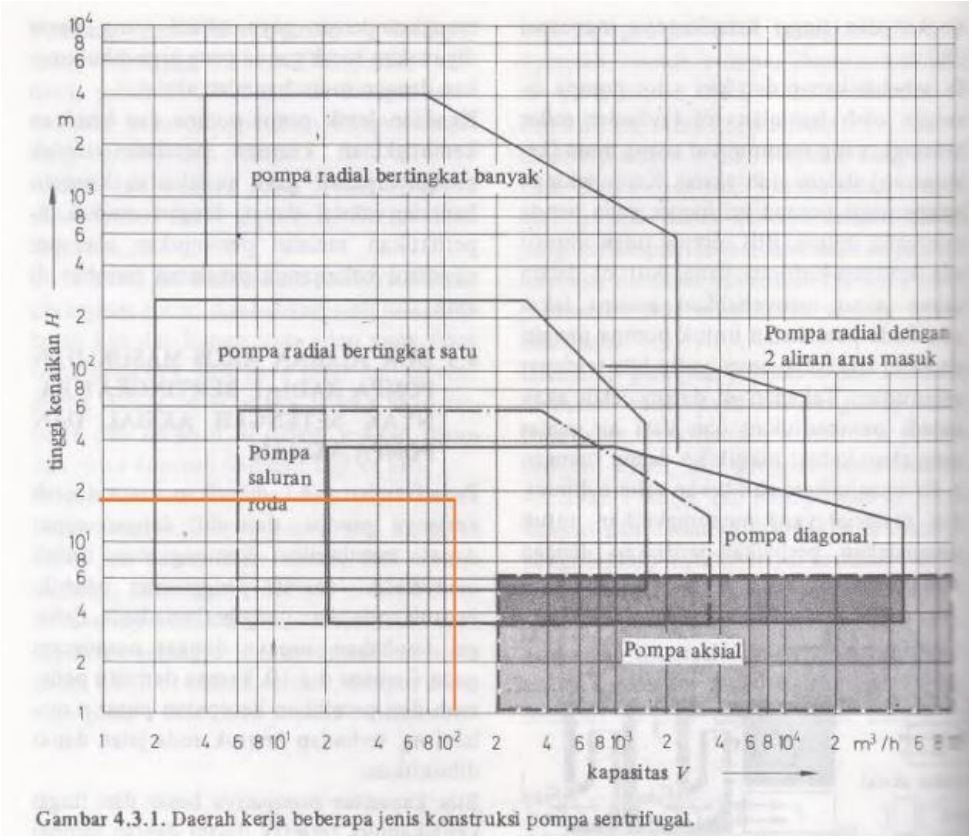
Jadi dapat disimpulkan bahwa daya motor yang ada name plate pompa sebesar 22 Kw terlalu besar, jika dibandingkan dengan perhitungan secara manual sebesar 9,12 Kw.

9. Pemilihan Pompa Berdasarkan Perhitungan *Head* dan Kapasitas

Berdasarkan Head dan Kapasitas yang telah didapatkan, selanjutnya dapat menentukan jenis pompa yang sesuai. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan: Pada **Gambar 4.64** merupakan cara menentukan jenis pompa. Dengan:

- Head Effektif = $19{,}0{,}7\ m$
- Kapasitas = $0,33\ \frac{m^3}{s}\ x\ \frac{3600\ s}{h}$

  = $120\ \frac{m^3}{h}$



Gambar 4.66 Grafik Efisiensi Pompa Terhadap Putaran Spesifik dan Kapasitas
(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

Dilihat dari gambar diatas, maka dapat diplotkan pada diagram dan pompa untuk instalasi yang ada adalah jenis pompa radial bertingkat satu.

10. Pemilihan Jenis Pompa Berdasarkan Putaran Spesifik Pompa (ns)

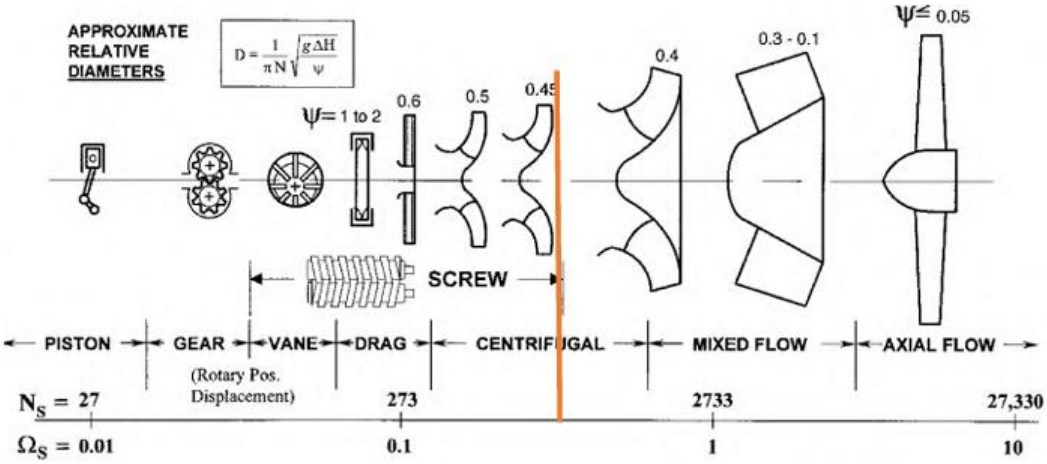
Penentuan jenis pompa didasarkan pada putaran spesifik (n_s) pompa. Maka dapat dihitung:

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

$$n_s = 1450\ rpm\ \frac{\sqrt{120\ \frac{m^3}{h}\ x\ \frac{h}{60\ min}\ x\ \frac{gal\ .min}{3,785\ x\ 10^{-3}\ m^3}}}{\left(19{,}07\ m\ x\ \frac{ft}{0,3048\ m}\right)^{3/4}}$$

$$n_s = 1747{,}54\ rpm$$

Sehingga dengan memplot nilai n_s pada **Gambar 4.65** berikut, dapat disimpulkan bahwa pompa yang akan dipilih adalah pompa dengan tipe *centrifugal pump*.



Gambar 4.67 Hubungan Putaran Spesifik Dengan Jenis *Impeller* Pompa
(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

Untuk mengetahui banyaknya stage (i) yang digunakan pada pompa yang terletak dalam suatu instalasi dengan persamaan,

$i = \left(\frac{n_s 1}{n_s}\right)^{\frac{4}{3}}$ dan untuk mendapatkan nilai n_s didapat dengan persamaan

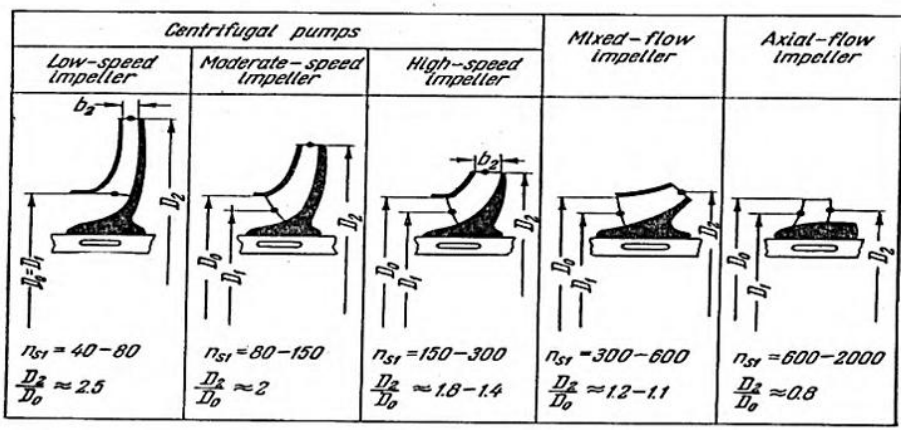
$$n_s = 3{,}65\ x\ 3000\ rpm\ \frac{\sqrt{Q}}{{H_{eff}}^{3/4}}$$

Dengan nilai n_s didapat dari perhitungan:

$$n_s = 3{,}65\ x\ 3000\ rpm\ \frac{\sqrt{Q}}{{H_{eff}}^{3/4}}$$

$$n_s = 3{,}65\ x\ 3000\ rpm\ \frac{\sqrt{0{,}033\ \frac{m^3}{s}}}{(19{,}07\ m)^{3/4}}$$

$$n_s = 200{,}19\ rpm$$



Gambar 4.68 Harga Putaran Spesifik
(Sumber: Sularso Tahara Haruo, Pompa dan Kompressor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan, Cetakan pertama)

Untuk n_{si} dengan tipe *centrifugal pump tipe high-speed impeller* dapat dilihat pada **Gambar 4.66** dan memiliki nilai 150 rpm – 300 rpm:

n_{si} = 300 rpm

n_s = 248,49 rpm

$$i = \left(\frac{n_{si}}{n_s}\right)^{\frac{4}{3}}$$

$$i = \left(\frac{300}{248,49}\right)^{\frac{4}{3}}$$

$$i = (1,20737)^{\frac{4}{3}}$$

$$i = 1,272 \approx 1.3$$

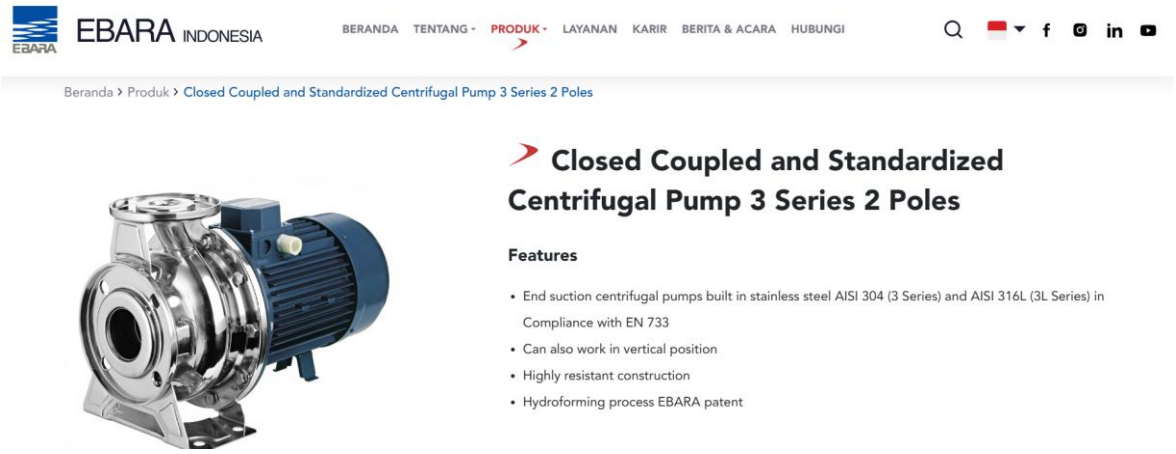
Adapun spesifikasi Pompa yang digunakan pada PLTA Sutami PJB UP Brantas (berdasarkan Name Plate):

Jenis Pompa : *Centrifugal*
Jumlah Stage : *Single Stage*
Model : SS – EBARA Double Suction Pump.
Pabrik : EBARA CORPORATION

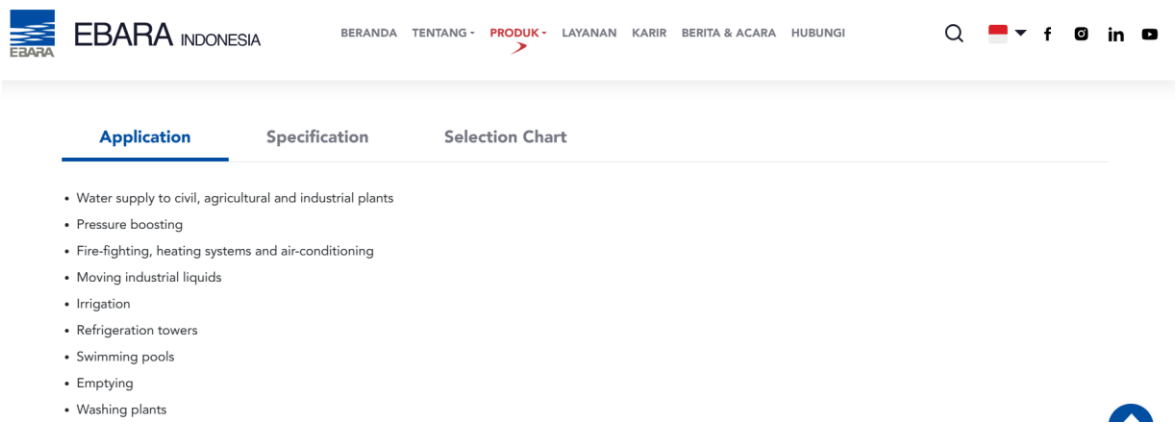
4.20 Rekomendasi *Drainage Pump*

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dengan Head Efektif 19,07 m dan Kapasitas 120 m^3/h, maka di dapatkan spesifikasi pompa yang sesuai untuk digunakan pada PLTA Sutami PJB UP Brantas:

Jenis Pompa : *Centrifugal Pump*
Tipe : *High-Speed Impeller*
Jumlah Stage : *Single Stage*
Model : Closed Coupled and Standardized Centrifugal Pump 3 Series 2 Pole – 65-160/11
Pabrik : EBARA CORPORATION INDONESIA



Gambar 4.69 Jenis Pompa Rekomendasi
(Sumber Ebara Corporation Indonesia, 2025)



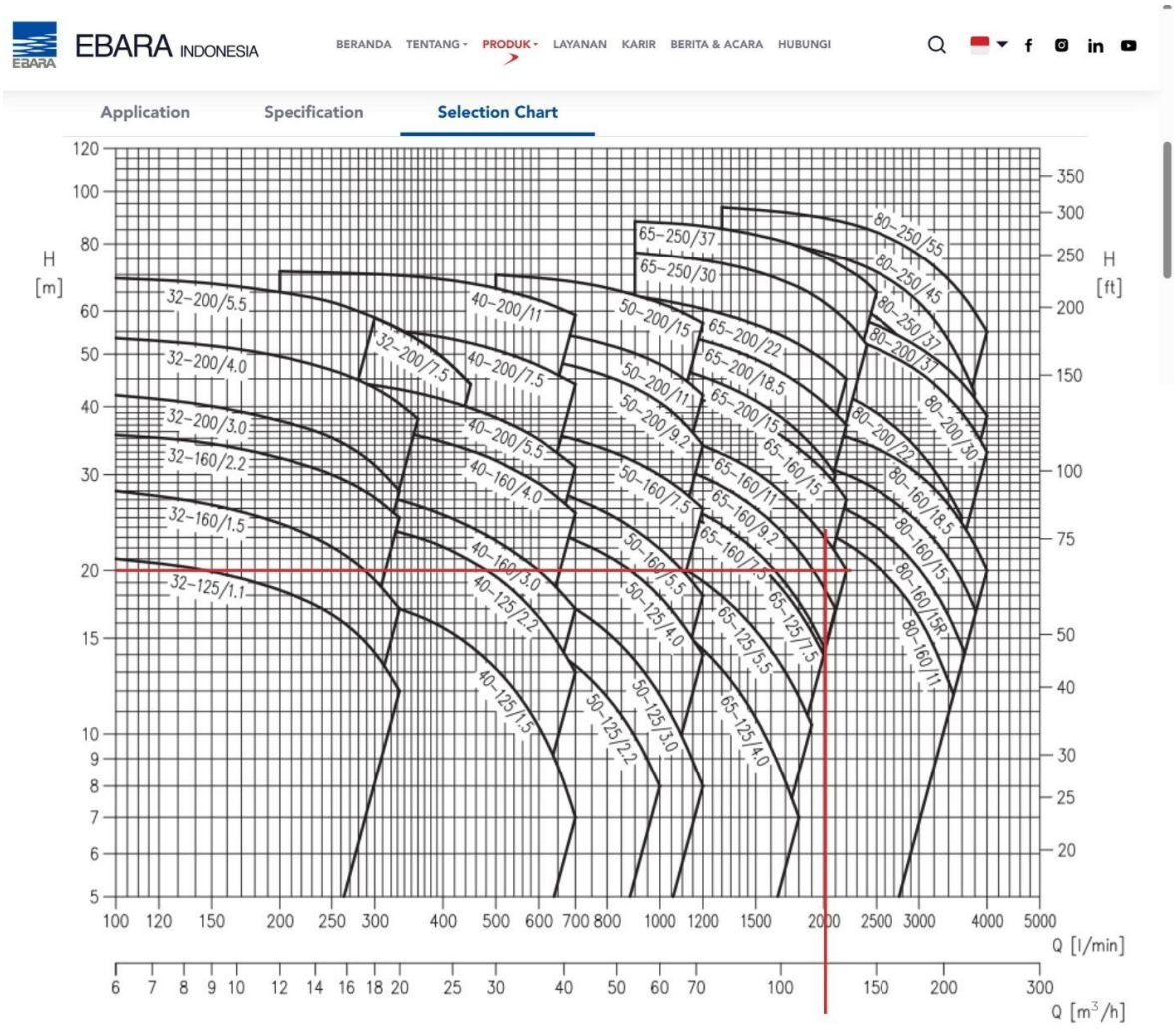
Gambar 4.70 Pengaplikasian dari Pompa Rekomendasi
(Sumber Ebara Corporation Indonesia, 2025)

Tabel 4.6 Spesifikasi dari Pompa Rekomendasi

EBARA INDONESIA
BERANDA TENTANG PRODUK LAYANAN KARIR BERITA & ACARA HUBUNGI

Application | Specification | Selection Chart

Pump type	Power [kW]	Power [HP]	l/min	0	600	700	900	1300	1500	1700	1900	2100	2200	2300	2400	2500	3000	3400	3600	3800	4000
			m³/h	0	36	42	54	78	90	102	114	126	132	138	144	150	180	204	216	228	240
65-125/4.0	4	5.5		22.2	19.8	19	17.3	13.3	11	8.6	6.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65-125/5.5	5.5	7.5		27	-	24	22.2	18	15.7	13.3	10.8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65-125/7.5	7.5	10		32	-	29.5	27.8	23.5	21.1	18.7	16.1	13.4	12	-	-	-	-	-	-	-	-
65-160/7.5	7.5	10		32	-	30	28.6	24.8	22.5	19.9	17.1	14.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65-160/9.2	9.2	12.5		36.5	-	34.5	32.8	28.8	26.5	23.9	21.1	18.3	16.8	-	-	-	-	-	-	-	-
65-160/11	11	15		40.5	-	38.5	37.1	33.1	30.9	28.4	25.8	23	21.5	20	-	-	-	-	-	-	-
65-160/15	15	20		48	-	45.5	44	40	37.8	35.3	32.6	29.6	28	26.5	-	-	-	-	-	-	-
65-200/15	15	20		53.5	-	51	49	44	41.5	38.4	35.3	31.8	30	-	-	-	-	-	-	-	-
65-200/18.5	18.5	25		60.5	-	58.5	56.5	51.5	49	46	43	39.7	38	36.3	-	-	-	-	-	-	-
65-200/22	22	30		67	-	65.5	64	59.5	57	54	51	48	46.5	45	-	-	-	-	-	-	-
65-250/30	30	40		78	-	-	77	73.5	71	68	64.5	60	57.5	55	52	-	-	-	-	-	-
65-250/37	37	50		89	-	-	88	85.5	83	80.5	77.5	74	72	70	67.5	65	-	-	-	-	-
80-160/11	11	15		29	-	-	-	27.3	26.4	25.4	24.2	23	22.4	21.8	21.1	20.4	16.4	12.5	-	-	-
80-160/15R	15	20		32	-	-	-	30.5	29.7	28.8	27.7	26.5	25.9	25.3	24.6	24	20.1	16.5	14.5	-	-
80-160/15				35	-	-	-	34	33.3	32.5	31.5	30.5	30	29.4	28.8	28.1	24.4	21	19.1	17	-
80-160/18.5	18.5	25		40	-	-	-	39	38.4	37.6	36.7	35.7	35.2	34.7	34.1	33.5	30	26.4	24.4	22.3	20
80-200/22	22	30		50	-	-	-	48	47	45.5	44.5	43	42	41	40	39	33.2	27.8	25	-	-
80-200/30	30	40		60	-	-	-	58.5	58	57	56	54.5	54	53	52	51	46.5	41.5	39	36.1	33
80-200/37	37	50		66	-	-	-	64	63	62	61	59.5	59	58	57.5	56.5	51.5	47	44.5	41.5	38.5
80-250/37	37	50		73	-	-	-	71.5	70.5	68.5	66.5	64	63	61.5	60	58.5	48.5	38	-	-	-
80-250/45	45	60		84	-	-	-	82.5	81.5	80	78	76	75	73.5	72.5	71	62	53	48	42.5	-
80-250/55	55	75		95	-	-	-	93.5	92.5	91.5	90	88.5	87.5	86.5	85.5	84	76.5	68.5	64.5	60	55



Gambar 4.72 Grafik *Head* dan Kapasitas Pompa Rekomendasi
(Sumber Ebara Corporation Indonesia, 2025)

Pemilihan jenis pompa ini didasarkan pada kesesuaian spesifikasi yang dibutuhkan tanpa kelebihan daya. Pompa Sentrifugal Standar *Closed Coupled* Seri 3 dengan 2 Kutub dari EBARA, khususnya model 65-160/11 yang direkomendasikan, sangat cocok untuk *drainage pump* di PLTA Sutami. Kebutuhan *Head Effektif* 19.07 m dan Kapasitas 120 m^3/h dapat dipenuhi oleh pompa ini yang menawarkan kapasitas 126 m^3/h dan head 20 m. Rekomendasi ini berlandaskan pada standar konstruksi dan keandalan tinggi yang menjamin kinerja tangguh dan masa pakai panjang dalam lingkungan operasional PLTA yang kritis. Keunggulan tambahan pompa ini terletak pada kemampuannya berintegrasi dengan *Variable Frequency Drive* (VFD) eksternal, sehingga memungkinkan optimalisasi kecepatan putar, efisiensi energi yang lebih baik, serta penyesuaian kinerja sesuai kebutuhan sistem. Selain itu, pompa ini merupakan jenis sentrifugal *single stage*, yang memang sesuai dengan kebutuhan sistem.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
PENUTUP

Sebagai penutup dari Laporan Magang Industri ini adalah kesimpulan hasil analisis dari tugas khusus dan saran berdasarkan hasil analisis atau kendala yang dihadapi saat melakukan analisis.

5.1 Kesimpulan

Kegiatan magang industri di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkit Brantas PLTA Sutami telah penulis jalankan selama 4 bulan dari Februari – Juni 2025, bertempat di Karangkates, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Selama periode magang, penulis mendapatkan pengalaman yang sangat komprehensif dan berharga. Sebagai *Technical Maintenance*, penulis bertugas melaksanakan kegiatan pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) beserta dokumentasi dan pelaporan teknisnya. Dalam peran tersebut, penulis atau peserta magang banyak terlibat langsung dalam berbagai aspek operasional pembangkit, mulai dari dukungan operasional harian, pelaksanaan tugas pemeliharaan rutin, hingga partisipasi aktif dalam protokol keselamatan dan proses dokumentasi. Pengalaman ini mencakup pengenalan mendalam terhadap Pusat Kontrol (*Center Control Room* atau CCR), pengambilan data operasional harian, pemeliharaan alat utama dan bantu pembangkit, serta penerapan teknologi pemantauan canggih seperti pengukur aliran ultrasonik (*ultrasonic flow meter*). Hal ini mempersiapkan mahasiswa tidak hanya sebagai spesialis teknis, tetapi juga sebagai manusia berwawasan luas, sadar akan konteks operasional, keselamatan, dan lingkungan.

Berdasarkan analisis tugas khusus terhadap sistem pompa drainase (*drainage pump*) di PLTA Sutami berhasil mengidentifikasi dan mengonfirmasi masalah efisiensi serta kegagalan fungsional yang sering terjadi. Analisis rekayasa yang ketat dilakukan untuk menentukan parameter operasional optimal sistem pengurasan, mencakup *Head* Efektif $19{,}07\ m$ dan Kapasitas $120\ \frac{m^3}{h}$. Temuan paling signifikan adalah adanya spesifikasi berlebih (*over-specification*) yang substansial pada daya motor pompa eksisting. Motor yang terpasang memiliki daya 22 kW, padahal hasil perhitungan menunjukkan bahwa hanya dibutuhkan daya sebesar 9,12 kW. Disparitas ini mengindikasikan potensi inefisiensi energi yang signifikan dan biaya operasional yang lebih tinggi dari yang seharusnya. Meskipun jenis pompa sentrifugal *single stage* tetap sesuai, analisis ini menyoroti kebutuhan untuk optimalisasi ukuran dan teknologi.

Sebagai bentuk tanggapan terhadap temuan ini, direkomendasikan penggantian dengan *Closed Coupled* Seri 3 dengan 2 Kutub dari EBARA, khususnya model 65-160/11. Rekomendasi ini didasarkan pada standar konstruksi dan keandalan yang sangat tinggi, yang memastikan kinerja tangguh dan masa pakai yang panjang dalam lingkungan operasional PLTA yang kritis serta dapat memenuhi kebutuhan dengan kapasitas 126 m^3/h dan head 20 m. Kemampuan pompa ini untuk berintegrasi dengan *Variable Frequency Drive* (VFD) eksternal memungkinkan optimalisasi kecepatan putar pompa, menghasilkan efisiensi energi yang lebih baik dan penyesuaian kinerja sesuai kebutuhan sistem. Analisis *drainage pump* ini berfungsi sebagai studi kasus yang kuat tentang bagaimana analisis rekayasa berbasis data dapat mengungkap inefisiensi tersembunyi dalam infrastruktur yang ada. Temuan *over-specification* motor adalah contoh nyata bagaimana sistem lama dapat

dioptimalkan untuk penghematan energi yang signifikan. Rekomendasi untuk pompa berstandar industri tinggi ini melampaui penggantian sederhana, menganjurkan peningkatan teknologi strategis yang selaras dengan kebutuhan PLTA untuk operasi yang andal, efisien, dan memiliki daya tahan superior.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang mengidentifikasi inefisiensi signifikan pada pompa drainase (*drainage pump*) PLTA Sutami akibat spesifikasi daya motor yang berlebih (22 kW terpasang versus 9,12 kW dibutuhkan), saran yang diberikan adalah penggantian dengan *Closed Coupled* Seri 3 dengan 2 Kutub dari EBARA, khususnya model 65-160/11. Pompa tersebut menawarkan standar keandalan dan ketahanan tinggi, dengan kemampuan untuk diintegrasikan dengan penggerak frekuensi variabel (VFD) eksternal. Temuan ini menekankan potensi optimalisasi infrastruktur lama melalui analisis rekayasa berbasis data dan adopsi teknologi yang terbukti andal untuk aplikasi industri kritis.

DAFTAR PUSTAKA

Engineering ToolBox (2003) *Maximum Flow Velocities in Water Systems*. Tersedia pada: https://www.engineeringtoolbox.com/flow-velocity-water-pipes-d_385.html (Diakses: 19 Juni 2025).

Fox, R.W. & McDonald, A.T. 2010, *Introduction To Fluid Mechanics*, 8th edn, Jhon Wiley and Sons, New York.

Kementerian ESDM. 2023. *Dirjen EBTKE: Kapasitas Terpasang Pembangkit EBT 2022 Lebihi Target*. Tersedia pada: https://ebtke.esdm.go.id (Diakses: 20 Maret 2025).

Know Piping Engineering (2024) *Rotary Pumps: The Right Choice for Precise Fluid Transfer*. Tersedia pada: https://www.knowpipingfield.com/2024/02/rotary-pumps-the-right-choice-for-precise-fluid-transfer.html?m=1 (Diakses: 28 Mei 2025).

Kurniawan, HA & Windarta, J. 2021. Overview Penyediaan Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Air Berdasarkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*. 2 (3), pp 133-143. doi: 10.14710/jebt.2021.10045.

PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM. 2013. *Instruksi Kerja Pengoperasian Drainage Pump, No. Doc. IKB-17.1.4-K-08*. PT PJB UP Brantas.

Produk EBARA. Katalog Produk EBARA INDONESIA. Jl. Raya Jakarta, Bogor, Kota Depok, Jawa Barat.

PT PJB. 2011. *Laporan Keberlanjutan Pembangkitan Jawa-Bali 2011, Sustainability Report*. Tersedia pada: www.ptpjb.com (Diakses: 2 April 2025).

Redaksi, 2021. *PJB, Pembangkit Pertama di Indonesia yang Meraih ISO 37001: Sistem Manajemen Anti Penyuapan*. Tersedia pada: https://koranbumn.com/pjb-pembangkit-pertama-di-indonesia-yang-meraih-iso-37001-sistem-manajemen-anti-penyuapan/ (Diakses: 12 April 2025).

Sularso & Tahara, H. 2006. *Pompa dan Kompressor*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Taylor, R. (n.d.) *Reciprocating Pump Applications and Benefits*. Tersedia pada: https://blog.chesterton.com/sealing/reciprocating-pump-applications-and-benefits/ (Diakses: 10 Mei 2025).

Ubaedillah. 2016. Analisa Kebutuhan Jenis dan Spesifikasi Pompa untuk Suplai Air Bersih di Gedung Kantin Berlantai 3 PT Astra Daihatsu Motor. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 5 (3), pp 119-127.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Penerimaan Magang dari Perusahaan

PLN Nusantara Power
UP BRANTAS

Nomor : 1521/STH.01.04/PLNNP030005/2024 — 27 Desember 2024
Lampiran : 1 Lembar
Sifat : Segera - Biasa
Hal : Pemberian Izin Magang a.n. Sandy Krisna Maulana (3 orang)

Kepada

Yth. Kepala Departemen Teknik Mesin Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Sukolilo
Surabaya 60111

Menindaklanjuti surat Saudara,
Nomor : 8490/IT2.IX.7.1.2/B/PM.02.00/XI/2024
Tanggal : 28 November 2024
Perihal : Permohonan Magang Industri

Dengan ini diberitahukan bahwa pada prinsipnya kami dapat menyetujui permohonan saudara dan memberi kesempatan kepada mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, yaitu :

No	Nama	NRP
1	Sandy Krisna Maulana	2039221008
2	Yeyen Nur Fhadila	2039221025
3	Siti Fatimah	2039221026

Untuk melaksanakan Magang di **PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Brantas - PLTA Sutami** mulai **03 Februari - 03 Juni 2025** dengan memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Menyelesaikan persyaratan administrasi dengan menyerahkan:
   a. Copy surat tertanggung Asuransi Kecelakaan Diri.
   b. Copy Surat Keterangan Catatan Kepolisian (SKCK).
   c. Menandatangani surat pernyataan dari PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Brantas.
   d. Membawa foto berwarna ukuran 3x4 sebanyak 2 (dua) lembar untuk keperluan pembuatan Kartu Tanda Pengenal.
2. Selama pelaksanaan Magang mahasiswa tersebut harus mematuhi peraturan dan prosedur Keselamatan Kerja yang berlaku di Perusahaan kami.
3. Menggunakan jas almamater atau wearpack selama Magang.
4. Menggunakan alat pelindung diri (minimal helm dan earplug) selama pelaksanaan Magang.
5. Menjaga kerahasiaan data dan tidak membocorkan kepada pihak lain kecuali untuk kepentingan akademik serta menyerahkan hard copy maupun soft copy laporan hasil

Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik (BSrE), Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN)

PLN Nusantara Power
UP BRANTAS

Magang kepada PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Brantas.

6. Semua biaya yang timbul karena Magang ini tidak menjadi tanggungan PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Brantas.
7. Apabila sampai dengan tanggal yang kami setujui tersebut mahasiswa yang bersangkutan tidak hadir tanpa keterangan, kami nyatakan mengundurkan diri.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerja samanya diucapkan terima kasih.

Ditandatangani secara elektronik oleh
SENIOR MANAGER UP BRANTAS,

PLN ARFAN

Tembusan:

- ASMAN PLTA DISTRIK A

Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik (BSrE), Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN)

Lampiran 2. Nilai dari Pembimbing Lapangan dan Dosen Pembimbing

Lampiran 12. Form Penilaian dari Pembimbing Lapangan/Mitra

Nama Mahasiswa : Siti Fatimah NRP : 2039221026

Nama Mitra Industri : PT PLN Nusantara Power PLTA-Sutami Unit Kerja : Bidang Pemeliharaan

Nama Pembimbing Lapangan: Nuris Mahmuda Waktu Magang : 4 Bulan (3 Februri–3 Juni)

NO	KOMPONEN	NILAI	KRITERIA PENILAIAN					
			<56	56-60	61-65	66-75	75-88	≥ 86
1	Kehadiran	97	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92-95%	>95%
2	Ketepatan Waktu Kerja*	98	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92-95%	>95%
3	Bekerja Sesuai Prosedur Dan K3**	98	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	93-95%	>95%
4	Sikap Positif Terhadap Atasan/Pembimbing	SBS	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
5	Inisiatif dan Solusi Kerja	SBS	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
6	Hubungan Kerja dengan Pegawai/Lingkungan	SBS	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
7	Kerjasama Tim	SBS	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
8	Mutu Pelaksanaan Pekerjaan	SBS	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
9	Target Pelaksanaan Pekerjaan	96	<56%	<56-60%	61-65%	65-75%	75-85%	≥ 86%
10	Kontribusi Peserta Terhadap Pekerjaan	97	<56%	<56-60%	61-65%	65-75%	75-85%	≥ 86%
11	Kemampuan Mengimplementasikan Alat	96	<56%	<56-60%	61-65%	65-75%	75-85%	≥ 86%
	Jumlah Nilai	97	$Nilai\ Akhir\ PL = \sum Nilai/11$					

*)Kehadiran **)Ketepatan Waktu

SKB: sangat kurang baik; KB: kurang baik; CB: cukup baik; BS: baik sekali; SBS: sangat baik sekali

ABSENSI KEHADIRAN MAGANG

a. Izin :……-……..hari b. Sakit :……-……hari c.Tanpa Izin :…-……hari

Malang, 03 Juni 2025

Pembimbing Magang,

Nuris Mahmuda

(NID. 9115340ZJY)

Keterangan:

1. Apabila mitra /instansi tidak menyediakan stempel, maka lembaran ini harus dicetak pada kertas dengan KOP Mitra/Instansi.
2. Mohon nilai dimasukkan pada amplop tertutup dengan dibubuhkan stempel pada atas amplop.

Form Penilaian dari Pembimbing Departemen

Nama Mahasiswa : Siti Fatimah
NRP : 2039221026
Nama Mitra/Industri : PT PLN Nusantara Power - PLTA Sutami
Unit Kerja : Maintenance
Nama Pembimbing Lapangan : Muhammad Muthohari, Nuris Mahmuda
Waktu Magang : 3 Februari – 3 Juni 2025

No	Komponen	Nilai	Bobot SKS	<56	56-60	61 – 65	66-75	75-85	≥86
1	Luaran 1 (Video)	92	3	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92 – 95%	>95%
2	Luaran 2 (Poster)	92	3	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92 – 95%	>95%
3	Luaran 3 (PPT)	92	3	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	93 – 95%	>95%
4	Tugas Khusus	BS	2	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
5	Laporan Hasil Magang	BS	2	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
6	Presentasi Akhir	BS	1	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
	Jumlah Nilai	92	14	Nilai Akhir Dosen = $\frac{\sum Nilai + Bobot}{14}$					

SKB: sangat kurang baik; KB: kurang baik; CB: cukup baik; B: baik; BS: baik sekali; SBS: sangat baik sekali

URAIAN NILAI ANGKA AKHIR NILAI

Nilai Akhir Pembimbing Lapangan

Nilai Akhir Dosen

Nilai Angka Magang = $\frac{Nilai\ Akhir\ PL + Nilai\ Akhir\ Dosen}{2}$

Surabaya, 11 Juli 2025
Dosen Pembimbing Magang,

Muhammad Lukman Hakim, S.T., M.T.
NIP. 1994201911070

Lampiran 3. Form Asistensi Dosen Pembimbing

Form Bukti Pembimbingan Laporan Magang (Dosen Departemen)

Nama Mahasiswa	: Siti Fatimah
NRP	: 2039221026
Nama Mitra	: PT PLN Nusantara Power - PLTA Sutami
Unit Kerja	: Maintenance
Nama Pembimbing Lapangan	: 1. Muhammad Muthohari 2. Nuris Mahmuda
Nama Pembimbing Departemen	: Muhammad Lukman Hakim, S.T., M.T.
Waktu Magang	: 4 Bulan (3 Februari 2025 - 3 Juni 2025)

No	Tanggal	Materi Yang Dibahas	Tanda Tangan Pembimbing
1.	17, April 2025	Diskusi aktivitas magang luaran magang. dan asistensi judul topik laporan magang	
2.	13, Mei 2025	Asistensi laporan bab 1 dan 2 serta tugas khusus	
3.	31, Mei 2025	Asistensi data laporan magang	
4.	15, Juni 2025	Asistensi analisis tugas khusus	
5.	28, Juni 2025	Asistensi finalisasi laporan magang dan susunan luaran magang	

*) Minimal bimbingan laporan MAGANG dilakukan sebanyak 5x

Surabaya, 28 Juni 2025

Dosen Pembimbing Magang,

Muhammad Lukman Hakim, S.T., M.T.
NIP. 199420191107 0

Lampiran 4. Data

- Tabel *Properti Air*

Temp. T, °C	Density $\rho, kg/m^3$	Specific Heat c_p $J/Kg.K$	Thermal Conductivity $k, W/m.K$	Thermal Diffusivity $a, m^2/s$	Dinamic Viscosity $\mu, Kg/m.s$	Kinematic Viscosity $v, m^2/s$	Prandtl Number Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158x10^{-6}$	$8.636x10^{-6}$	$3.013x10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036x10^{-6}$	$1.189x10^{-6}$	$5.837x10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252x10^{-5}$	$1.474x10^{-5}$	$9.319x10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	$1.356x10^{-5}$	$1.527x10^{-5}$	$1.008x10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	$1.465x10^{-5}$	$1.579x10^{-5}$	$1.087x10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	$1.578x10^{-5}$	$1.630x10^{-5}$	$1.169x10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	$1.696x10^{-5}$	$1.680x10^{-5}$	$1.252x10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	$1.818x10^{-5}$	$1.729x10^{-5}$	$1.338x10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	$1.880x10^{-5}$	$1.754x10^{-5}$	$1.382x10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	$1.944x10^{-5}$	$1.778x10^{-5}$	$1.426x10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	$2.009x10^{-5}$	$1.802x10^{-5}$	$1.470x10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	$2.074x10^{-5}$	$1.825x10^{-5}$	$1.516x10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	$2.141x10^{-5}$	$1.849x10^{-5}$	$1.562x10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	$2.208x10^{-5}$	$1.872x10^{-5}$	$1.608x10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	$2.277x10^{-5}$	$1.895x10^{-5}$	$1.655x10^{-5}$	0.7268

- Tabel *Nominal Pipe Size*

		Nominal pipe size, in											
Description	L/D	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$–3	4	6	8–10	12–16	18–24
Gate valve	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
Globe valve	340	9.20	8.50	7.80	7.50	7.10	6.50	6.10	5.80	5.10	4.80	4.40	4.10
Angle valve	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66
Ball valve	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
Plug valve straightway	18	0.49	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22
Plug valve 3-way through-flow	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
Plug valve branch flow	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08
Swing check valve	50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.10	1.00	0.90	0.90	0.75	0.70	0.65	0.60
Lift check valve	600	16.20	15.00	13.80	13.20	12.60	11.40	10.80	10.20	9.00	8.40	7.80	7.22
Standard elbow													
90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
45°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
Long radius 90°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
Standard tee													
Through-flow	20	0.54	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
Through-branch	60	1.62	1.50	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72
Mitre bends													
$\alpha = 0$	2	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
$\alpha = 30$	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.17	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
$\alpha = 60$	25	0.68	0.63	0.58	0.55	0.53	0.48	0.45	0.43	0.38	0.35	0.33	0.30
$\alpha = 90$	60	1.62	1.50	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72

Nominal pipe size mm/inch	OD mm	5S	10S	STD	40S	40	XS	80S	80	160	XXS
6 / 1/8	10,3		1,24 0,28	1,73 0,37	1,73 0,36	1,73 0,37	2,41 0,47	2,41 0,48	2,41 0,47		
8 / 1/4	13,7		1,65 0,51	2,24 0,63	2,24 0,64	2,24 0,63	3,02 0,80	3,02 0,82	3,02 0,80		
10 / 3/8	17,1		1,65 0,64	2,31 0,84	2,31 0,86	2,31 0,84	3,20 1,10	3,20 1,12	3,20 1,10		
15 / 1/2	21,3	1,65 0,82	2,11 1,01	2,77 1,27	2,77 1,30	2,77 1,27	3,73 1,62	3,73 1,65	3,73 1,62	4,78 1,95	7,47 2,55
20 / 3/4	26,7	1,65 1,04	2,11 1,31	2,87 1,69	2,87 1,71	2,87 1,69	3,91 2,20	3,91 2,24	3,91 2,20	5,56 2,90	7,82 3,64
25 / 1	33,4	1,65 1,33	2,77 2,13	3,38 2,50	3,38 2,55	3,38 2,50	4,55 3,24	4,55 3,29	4,55 3,24	6,35 4,24	9,09 5,45
32 / 1¼	42,2	1,65 1,68	2,77 2,76	3,56 3,39	3,56 3,46	3,56 3,39	4,85 4,47	4,85 4,56	4,85 4,47	6,35 5,61	9,70 7,77
40 / 1½	48,3	1,65 1,95	2,77 3,10	3,68 4,05	3,68 4,13	3,68 4,05	5,08 5,41	5,08 5,51	5,08 5,41	7,14 7,25	10,15 9,56
50 / 2	60,3	1,65 2,44	2,77 4,01	3,91 5,44	3,91 5,54	3,91 5,44	5,54 7,48	5,54 7,63	5,54 7,48	8,74 11,11	11,07 13,44
65 / 2½	73,0	2,11 3,77	3,05 5,36	5,16 8,63	5,16 8,81	5,16 8,63	7,01 11,41	7,01 11,64	7,01 11,41	9,53 14,92	14,02 20,39
80 / 3	88,9	2,11 4,60	3,05 6,59	5,49 11,29	5,49 11,52	5,49 11,29	7,62 15,27	7,62 15,59	7,62 15,27	11,13 21,35	15,24 27,68
90 / 3½	101,6	2,11 5,29	3,05 7,55	5,74 13,57	5,74 13,84	5,74 13,57	8,08 18,63	8,08 19,01	8,08 18,63		
100 / 4	114,3	2,11 5,96	3,05 8,52	6,02 16,07	6,02 16,40	6,02 16,07	8,56 22,32	8,56 22,77	8,56 22,32	13,49 33,54	17,12 41,03

- Tabel *Minor Losses Coefficient Pipe Flow Experts*

Cause of minor loss	*K* value or loss expression	Reference
90° elbow Regular 	0.3	4. 9

Lampiran 5. Hasil Magang

Spesifikasi rekomendasi pompa berdasarkan hasil perhitungan, sebagai berikut:

EBARA INDONESIA

BERANDA TENTANG PRODUK LAYANAN KARIR BERITA & ACARA HUBUNGI

Beranda > Produk > Closed Coupled and Standardized Centrifugal Pump 3 Series 2 Poles

Closed Coupled and Standardized Centrifugal Pump 3 Series 2 Poles

Features

- End suction centrifugal pumps built in stainless steel AISI 304 (3 Series) and AISI 316L (3L Series) in Compliance with EN 733
- Can also work in vertical position
- Highly resistant construction
- Hydroforming process EBARA patent

EBARA INDONESIA

BERANDA TENTANG PRODUK LAYANAN KARIR BERITA & ACARA HUBUNGI

Application | Specification | Selection Chart

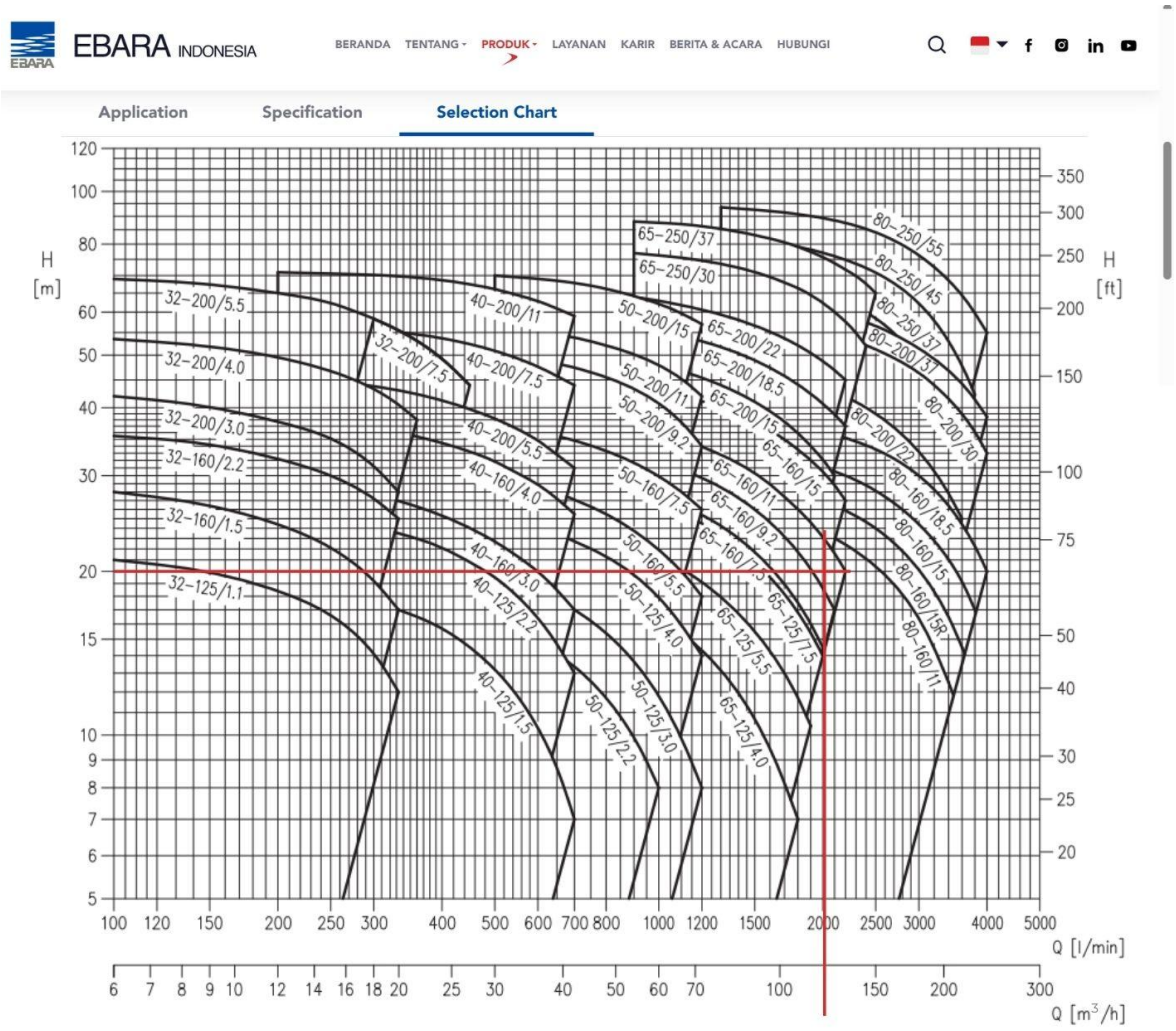
- Water supply to civil, agricultural and industrial plants
- Pressure boosting
- Fire-fighting, heating systems and air-conditioning
- Moving industrial liquids
- Irrigation
- Refrigeration towers
- Swimming pools
- Emptying
- Washing plants

EBARA INDONESIA

BERANDA TENTANG PRODUK LAYANAN KARIR BERITA & ACARA HUBUNGI

Application | Specification | Selection Chart

Pump type	Power [kW]	Power [HP]	l/min	0	600	700	900	1300	1500	1700	1900	2100	2200	2300	2400	2500	3000	3400	3600	3800	4000
			m³/h	0	36	42	54	78	90	102	114	126	132	138	144	150	180	204	216	228	240
65-125/4.0	4	5.5		22.2	19.8	19	17.3	13.3	11	8.6	6.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65-125/5.5	5.5	7.5		27	-	24	22.2	18	15.7	13.3	10.8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65-125/7.5	7.5	10		32	-	29.5	27.8	23.5	21.1	18.7	16.1	13.4	12	-	-	-	-	-	-	-	-
65-160/7.5	7.5	10		32	-	30	28.6	24.8	22.5	19.9	17.1	14.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65-160/9.2	9.2	12.5		36.5	-	34.5	32.8	28.8	26.5	23.9	21.1	18.3	16.8	-	-	-	-	-	-	-	-
65-160/11	11	15		40.5	-	38.5	37.1	33.1	30.9	28.4	25.8	23	21.5	20	-	-	-	-	-	-	-
65-160/15	15	20		48	-	45.5	44	40	37.8	35.3	32.6	29.6	28	26.5	-	-	-	-	-	-	-
65-200/15	15	20		53.5	-	51	49	44	41.5	38.4	35.3	31.8	30	-	-	-	-	-	-	-	-
65-200/18.5	18.5	25		60.5	-	58.5	56.5	51.5	49	46	43	39.7	38	36.3	-	-	-	-	-	-	-
65-200/22	22	30		67	-	65.5	64	59.5	57	54	51	48	46.5	45	-	-	-	-	-	-	-
65-250/30	30	40		78	-	-	77	73.5	71	68	64.5	60	57.5	55	52	-	-	-	-	-	-
65-250/37	37	50		89	-	-	88	85.5	83	80.5	77.5	74	72	70	67.5	65	-	-	-	-	-
80-160/11	11	15		29	-	-	-	27.3	26.4	25.4	24.2	23	22.4	21.8	21.1	20.4	16.4	12.5	-	-	-
80-160/15R	15	20		32	-	-	-	30.5	29.7	28.8	27.7	26.5	25.9	25.3	24.6	24	20.1	16.5	14.5	-	-
80-160/15				35	-	-	-	34	33.3	32.5	31.5	30.5	30	29.4	28.8	28.1	24.4	21	19.1	17	-
80-160/18.5	18.5	25		40	-	-	-	39	38.4	37.6	36.7	35.7	35.2	34.7	34.1	33.5	30	26.4	24.4	22.3	20
80-200/22	22	30		50	-	-	-	48	47	45.5	44.5	43	42	41	40	39	33.2	27.8	25	-	-
80-200/30	30	40		60	-	-	-	58.5	58	57	56	54.5	54	53	52	51	46.5	41.5	39	36.1	33
80-200/37	37	50		66	-	-	-	64	63	62	61	59.5	59	58	57.5	56.5	51.5	47	44.5	41.5	38.5
80-250/37	37	50		73	-	-	-	71.5	70.5	68.5	66.5	64	63	61.5	60	58.5	48.5	38	-	-	-
80-250/45	45	60		84	-	-	-	82.5	81.5	80	78	76	75	73.5	72.5	71	62	53	48	42.5	-
80-250/55	55	75		95	-	-	-	93.5	92.5	91.5	90	88.5	87.5	86.5	85.5	84	76.5	68.5	64.5	60	55



CONTENTS

50Hz

Rev. S

	Page
- SPECIFICATION	**200**
SPECIFICATION	200-201-202
SELECTION CHART	203
SELECTION CHART	204
TYPE KEY AND CURVE SPECIFICATIONS	205-206-207
PERFORMANCE CURVE 32-125	208
PERFORMANCE CURVE 32-160	209
PERFORMANCE CURVE 32-200	210
PERFORMANCE CURVE 40-125	211
PERFORMANCE CURVE 40-160	212
PERFORMANCE CURVE 40-200	213
PERFORMANCE CURVE 50-125	214
PERFORMANCE CURVE 50-160	215
PERFORMANCE CURVE 50-200	216
PERFORMANCE CURVE 65-125	217
PERFORMANCE CURVE 65-160	218
PERFORMANCE CURVE 65-200	219
PERFORMANCE CURVE 65-250	220
PERFORMANCE CURVE 80-160	221
PERFORMANCE CURVE 80-200	222
PERFORMANCE CURVE 80-250	223

- CONSTRUCTION **300**

SECTIONAL VIEW DRAWING 3(.)M 32, 40, 50, 65-125/160/200 300

SECTIONAL VIEW TABLE 3(.)M 32, 40, 50, 65-125/160/200 301

SECTIONAL VIEW DRAWING 3LMZ 32, 40, 50, 65-125/160/200 302

SECTIONAL VIEW TABLE 3LMZ 32, 40, 50, 65-125/160/200 303

- DIMENSIONS **400**

DIMENSIONS 3(.)M 32, 40, 50, 65-125/160 400

DIMENSIONS 3(.)M 50-200, 65-160/15, 65-200 401

DIMENSIONS 3LMZ 32, 40, 50-125/160/200/9.2/11, 65-125/160/7.5/9.2/11 402

DIMENSIONS 3LMZ 50-200/15, 65-160/15, 65-200 403

MOTOR					
Type		3(.)M(Z)		3(.)S(Z)	3(.)P
		Electric - TEFC			
		Single Phase	Three Phase		
Efficiency level (Reg. 640/2009)		/	IE2 from 1.1 kW up to 5.5 kW IE3 from 1.1 kW up to 55 kW		
No. of Poles		2			
Rotation speed	[min^{-1}]	≈ 2900			
Insulation Class		F		F (temperature rise class B)	
Protection degree (CEI EN 60034-5)		IP 55			
Power rating	[kW]	1.1 ÷ 2.2	1.1 ÷ 22	1.1 ÷ 55	
	[HP]	1.5 ÷ 3.0	1.5 ÷ 30	1.5 ÷ 7.5	
Frequency	[Hz]	50			
Voltage	[V]	230 ±10%	230/400 ±10% (up to 4.0 kW) 400/690 ±10% (5.5 kW and above)		
Over load protection		Provided by the user			
Casing material		Aluminium			
Motor support		Cast iron - Alluminium			
Dimensions of cable entry		M20x1.5	PG13.5 PG16 PG21	M32x1.5 M40x1.5, M50x1.5	
			M20x1.5, M25x1.5		
Flange mount (IEC motor)		/		3(.)S IMB5 (up to 2.2 kW) IMB35 (3 kW and above) 3LSZ IM B35	IM B3

SPECIFICATION 50Hz

Rev. S

PUMP							
Version			3M	3S	3P	3LM(Z)	3LS(Z)	3LP
Liquid Handled	Type of liquid		Clean water and moderately aggressive fluids				
			/			Drinking water and water contains glycol for E and ES version	
	Temperature	[°C]	min. -10 min. -20 (E version) max. +90 max. +110 (H-HS-HW-HSW version) max. +120 (E version)			min. -10 min. -20 (E and ES version) max. +110 max. +110 (H-HW-HSW version) max. +120 (E and ES version)	
Maximum working pressure		[MPa]	1				
Construction	Impeller		Closed centrifugal type for 32, 40, 50 version Reinforced laser welding for 40-200/11, 50-200/15 Closed centrifugal three dimensional blades for 65 and 80 version				
	Shaft seal type		Mechanical seal			Mechanical seal with stationary ring secured against rotation	
	Bearing		Sealed ball bearing				
Pipe Connection	Suction	32-125/160/200	Flange DN50 according DIN 2532 Standard				
		40-125/160/200 50-125/160/200	Flange DN65 according DIN 2532 Standard				
		65-125/160/200/250	Flange DN80 according DIN 2532 Standard				
		80-160/200/250	Flange DN100 according DIN 2532 Standard				
	Discharge	32-125/160/200	Flange DN32 according DIN 2532 Standard				
		40-125/160/200	Flange DN40 according DIN 2532 Standard				
		50-125/160/200	Flange DN50 according DIN 2532 Standard				
		65-125/160/200/250	Flange DN65 according DIN 2532 Standard				
		80-160/200/250	Flange DN80 according DIN 2532 Standard				

Material	Casing	32-125/160/200 40-125/160/200 50-125/160/200 65-125/160/200		EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)
		65-250 80-160/200/250		/	EN 1.4401 (AISI 316) made by precision casting
	Impeller	32-125/160/200 40-125/160/200 50-125/160/200		EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)
		65-125/160/200		EN 1.4401 (AISI 316) made by precision casting	
		65-250 80-160/200/250		/	EN 1.4401 (AISI 316) made by precision casting
	Casing cover	32-125/160/200 40-125/160/200 50-125/160/200 65-125/160/200		EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)
		65-250 80-160/200/250		/	EN 1.4401 (AISI 316) made by precision casting
	Mechanical seal	32-125/160/200 40-125/160/200 50-125/160/200 65-125/160/200		Ceramic/Carbon/NBR (For version see page 327÷333)	SiC/SiC/FPM (L version) (For version see page 327÷333)
		65-250 80-160/200		/	
		80-250			SiC/Carbon/EPDM (ES version) [2]
	O-ring			NBR [1]	FPM [3]
	Shaft	32, 40, 50, 65-125 65-160/11	d=19	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)
		50-200/15	d=22		
		65-160/15 65-200	d=24		
		65-250	d=24	/	EN 1.4462 (Duplex stainless steel)
		80-160	d=24		EN 1.4404 (AISI 316L)
		80-200/22	d=24		
		80-200/30-37	d=24		EN 1.4462 (Duplex stainless steel)
		80-250	d=29		
	Bracket			Cast iron - Aluminium	
Applicable standard of test				ISO 9906 – Annex A	

[1] FPM for H-HS-HW-HSW version [2] ES option only for 80-250 2 poles Ø35 [3] EPDM for E and ES version

Lampiran 6. Lembar TTD Luaran Kaprodi

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

BUKTI PENGUMPULAN LUARAN LAPORAN MAGANG
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI - ITS

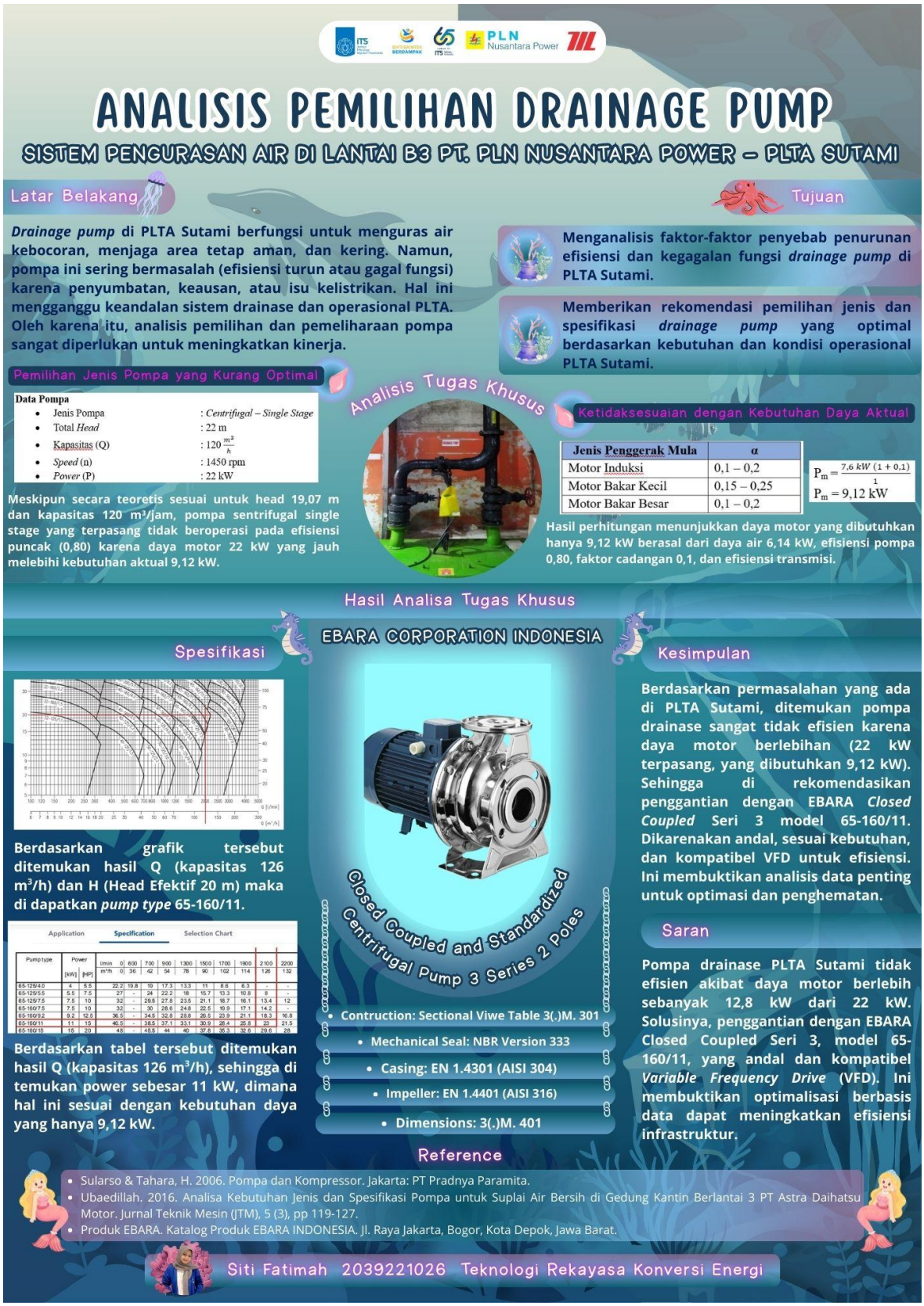
Untuk:
Mahasiswa ✓ Kaprodi ☐

Telah diterima luaran Laporan Magang di
PT PLN NUSANTARA POWER - PLTA SUTAMI
Karangkates, Kec. Sumberpucung, Kabupaten Malang, Jawa Timur, Indonesia 65165

Mahasiswa :
Nama : Siti Fatimah
NRP : 2039221026
Link : its.id/m/MagangGenap2025-Fatimah
Luaran Magang :

1. Poster	✓	4. Laporan Akhir	✓
2. Video	✓	5. Nilai Dosen Pembimbing	✓
3. Nilai P. Lapangan	✓	6. Lain - Lain /ppt	✓

Surabaya, 10 Juli 2025
Yang Menerima,
Kepala Program Studi

Ir. Suhariyanto, M.T.
NIP. 196204241989031005

Lampiran 7. Poster