

**MAINTENANCE TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA AIR DI PT. PLN NUSANTARA POWER
UNIT PELAKSANA PENGENDALIAN PEMBANGKITAN
PANDAN ULPLTA SIPANSIHAPORAS**

LAPORAN KERJA PRAKTEK

**MAHASISWA KERJA PRAKTEK:
HARRI VALLEN SARAGIH : 218130013**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 21/3/25

Access From (repository.uma.ac.id)21/3/25

**MAINTENANCE TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA AIR DI PT. PLN NUSANTARA POWER UNIT
PELAKSANA PENGENDALIAN PEMBANGKITAN PANDAN
ULPLTA SIPANSIHAPORAS**

LAPORAN KERJA PRAKTEK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Pengajuan Tugas Akhir
Di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Mahasiswa Kerja Praktek :
HARRI VALLEN SARAGIH / 218130013

Dosen Pembimbing Kerja Praktek :
Dr. Iswandi ST, MT / 0104087403

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

HALAMAN PENGESAHAN KERJA PRAKTEK (KP)

Judul Kerja Praktek : *Maintenance* Turbin ULPLTA Sipansihaporas
Tempat Kerja Praktek : PT. PLN Nusantara Power, UPDK Pandan
Waktu Kerja Praktek : 12 Februari 2024 s/d 12 Maret 2024
Nama Mahasiswa Peserta KP : Harri Vallen Saragih
NPM : 218130013

Telah selesai melaksanakan kegiatan Kerja Praktek sebagai salah satu syarat untuk mengajukan Tugas Akhir/Skripsi di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

Nama Dosen Pembimbing KP : Dr. Iswandi ST, MT
NIP/NIDN : 0104087403

Medan, 20 Juni 2024

Diketahui oleh,

Dosen Pembimbing KP,

(Dr. Iswandi ST, MT)
NIDN. 0104087403

Mahasiswa Peserta KP

(Harri Vallen Saragih)
NPM. 218130013

Disetujui Oleh:

Ketua Program Studi Teknik Mesin

(Dr. Iswandi ST, MT)
NIDN: 0104087403

HALAMAN PERSETUJUAN KERJA PRAKTEK (KP)

(Teknologi Mekanik / Lapangan *)

Nama Mahasiswa : Harri Vallen Saragih

NPM : 218130013

Alamat : Durian Banggal , Kec. Raya Kahean , Kab. Simalungun

Bidang : Konversi Energi

Disetujui untuk melaksanakan Kerja Praktek pada:

Nama Perusahaan : PT. PLN Nusantara Power UPDK Pandan

Alamat Perusahaan : Jl. Prof. M. Hazairin, Kel. Sibuluan Terpadu, Kec. Pandan

Pelaksanaan KP : Mulai : 12/Februari/2024

Selesai : 12/Maret/2024

Medan, 20 Juni 2024

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Uma

(Dr. Iswandi, ST, MT)

NIDN: 0104087403

LEMBAR PENGESAHAN KERJA PRAKTEK

Judul Kerja Praktek : Maintenance Turbin ULPLTA Sipansihaporas

Tempat Kerja Praktek : PT. PLN Nusantara Power, UPDK Pandan

Waktu Kerja Praktek : 12 Februari 2024 s/d 12 Maret 2024

No.	Nama Mahasiswa	NPM
1.	Sopranto	218130033
2.	Daniel Hutajulu	218130059
3.	Harri Vallen Saragih	218130013

Telah mengikuti kegiatan Kerja Praktek sebagai salah satu syarat untuk mengajukan Tugas Akhir/Skripsi di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

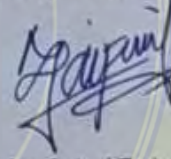
Sibolga, 13 Maret 2024

Diketahui,



(Desdo J. Siahaan)
SVP. HAR

Disetujui Oleh,



(Zainal Arifin)
Manager ULPLTA
Sipansihaporas.

LEMBAR PENILAIAN

Telah melaksanakan Kerja Praktek:

Teknologi Mekanik
 Lapangan / Perusahaan

No.	Nama Mahasiswa	NPM
1.	Sopranto	218130033
2.	Daniel Hutajulu	218130059
3.	Harri Vallen Saragih	218130013

Pada,

Nama Perusahaan : PT. PLN Nusantara Power, UPDK Pandan.

Alamat : Jl. Prof. M. Hazairin, Kel. Sibuluan Terpadu, Kec. Pandan

Pelaksanaan KP : Mulai tgl 12 Februari 2024, selesai tgl 12 Maret 2024

Penilaian terhadap disiplin kerja selama mahasiswa melaksanakan kegiatan Kerja Praktek pada perusahaan kami adalah:

Sangat Baik Baik Cukup Baik


Sibolga, 13 Maret 2024

Pembimbing Lapangan I

Disetujui Oleh,


(Stevanus Kristo Yuwono)

HAR MESIN


(Desdo J. Siahaan)

SUVP. II HAR



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estata/Jalan PBSI Nomor 1 ☎ (061) 7366878, 7360168, 7364348, 7366781. Fax (061) 7366998 Medan 20223
Kampus II : Jalan Seiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A, ☎ (061) 8225602. Fax. (061) 8226331 Medan 20122
Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanansa@uma.ac.id

Nomor : 92/FT.3/01.40/I/2024
Lamp : -
Hal : **Kerja Praktek**

26 Januari 2024

Yth. Pimpinan PT. PLN Nusantara Power UPDK Pandan
Jl. Prof. M. Hazairin, Kel. Sibuluan Terpadu, Kec. Pandan, Tapanuli Tengah
Sumatera Utara
Di
Tempat

Dengan hormat,
Dengan surat ini kami mohon kesediaan Bapak/Ibu kiranya berkenan untuk memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami tersebut dibawah ini :

NO	NAMA	NPM	PROG. STUDI
1	Sopranto	218130033	Teknik Mesin
2	Harri Valen Saragih	218130013	Teknik Mesin
3	Daniel Hutajulu	218130059	Teknik Mesin

Untuk melaksanakan Kerja Praktek pada Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu Pimpin.

Perlu kami jelaskan bahwa Kerja Praktek tersebut adalah semata-mata untuk tujuan ilmiah. Kami mohon kiranya juga dapat diberikan kemudahan untuk terlaksananya Kerja Praktek dengan judul:

"Maintenance Pada Turbin Pada PLTA di PT. PLN Nusantara Power UPDK Pandan"

Demikian kami sampaikan, atas kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Dekan,

Dr. Eng. Sopranto, ST., MT.

Tembusan :
1. Mahasiswa
2. File



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 ☎ (061) 7366876, 7360168, 7364348, 7366781, Fax. (061) 7366098 Medan 20223
Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Sirayu Nomor 70 A, ☎ (061) 8225602, Fax. (061) 8226331 Medan 20122
Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 93/FT.3/01.40/I/2024
Lamp : -
Hal : Pembimbing Kerja Praktek/T.A

26 Januari 2024

Yth. Pembimbing Kerja Praktek
Dr. Iswandi, ST., MT.
Di
Tempat

Dengan hormat,
Sehubungan telah dipenuhinya persyaratan untuk memperoleh Kerja Praktek dari mahasiswa :

NO	N A M A	N P M	PROG. STUDI
1	Sopranto	218130033	Teknik Mesin
2	Harri Valen Saragih	218130013	Teknik Mesin
3	Daniel Hutajulu	218130059	Teknik Mesin

Maka dengan hormat kami mengharapkan kesediaan saudara :

Dr. Iswandi, ST., MT. (Sebagai Pembimbing)

Dimana Kerja Praktek tersebut dengan judul :

“Maintenance Pada Turbin Pada PLTA di PT. PLN Nusantara Power UPDK Pandan”

Demikian kami sampaikan, atas kesediaan saudara diucapkan terima kasih.

Dekan,

Dr. Eng. Sumartono, ST., MT.

BERITA ACARA SEMINAR KERJA PRAKTEK

Pada hari ini : *Senin, 24 Juni 2024*

Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik

Telah dilangsungkan Ujian Kerja Praktek Mahasiswa berikut:

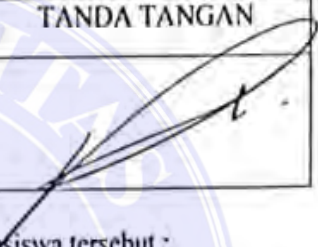
Nama : Harri Vallen Saragih

NPM : 218130013

Judul : Maintenance Turbin Pada PLTA Sipansihaporas

Tempat : Jl. Prof. M. Hazairin, Kel. Sibuluan Terpadu, Kec. Pandan

Tim Penguji memberikan nilai sebagai berikut:

No.	NAMA TIM PENGUJI	NILAI	TANDA TANGAN
1.	Dr. Iswandi, ST, MT	<i>40</i>	
	Jumlah	<i>40</i>	

Berdasarkan hasil penilaian ujian Kerja Praktek, mahasiswa tersebut :

Dinyatakan : LULUS MUTLAK / LULUS DGN PERBAIKAN / TIDAK LULUS

Dengan nilai:

Catatan :

Medan, *24 Juni* 2024
Ketua Tim Penguji

(Dr. Iswandi, ST, MT)

NIDN. 0104087403



UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus I : Jl. Kolam No 1 Medan Estate Jalan PBSI No 1 Telp (061) 7366875, 7360165
 Kampus II : Jl. Setra Budi No 79 Jl Sei Serayu No 70 A. Telp (061) 8225602
 Website : www.teknik.uma.ac.id Email : umr_medan@uma.ac.id

LEMBAR PENILAIAN

Dosen Penguji : Dr. Iswandi, ST, MT
 Nama Mahasiswa : Harri Vallen Saragih
 NPM : 218130013
 Judul Kerja Praktik : Maintenance Turbin Pada ULPLTA Sipansihaporas
 Tanggal Ujian : 2024

NO	MATERI PENILAIAN	BOBOT %	NILAI
1	Substansi Laporan	30	90
2	Tata Penulisan	20	
3	Penguasaan Materi	30	
4	Metoda Penyampaian	20	
JUMLAH		90	90

Penguji I

(Dr. Iswandi, ST, MT)

NIDN.0104087403

Kriteria Penilaian :	
≥85.00 s.d <100.00	= A
≥ 77.50 s.d <84.99	= B+
≥ 70.00 s.d <77.49	= B
≥ 62.50 s.d <69.99	= C+
≥ 55.00 s.d <62.49	= C
≥ 45.00 s.d <54.99	= Tidak Lulus (Mengulang Seminar)

Medan,

Yang Terhormat Bapak/Ibu

Dosen Pembimbing Kerja Praktek

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Uma

Di tempat

Dengan Hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa/I Program Studi Teknik Mesin

UMA dibawah ini:

Nama/Nim : Harri Vallen Saragih

Perusahaan tempat KP : PT.PLN Nusantara Power UPDK Pandan

Pelaksanaan KP : mulai tgl : 12 februari 2024, selesai tgl: 12 Maret 2024

Adalah mengikuti kerja praktek dan diharapkan kesediaan Bapak/Ibu agar dapat membimbing

Serta mengasistensi laporan kerja praktek mahasiswa tersebut diatas hingga dapat selesai tepat

Pada waktunya.

Hormat Kami,

Koordinator Kerja Praktek

Program Studi Teknik Mesin

(Ir. Tino Hermanto, ST., M.Sc., IPP)

(NIDN. 0128029202)

Tugas khusus untuk mahasiswa adalah*:

Analisis Solusi Energi pada pembangkit tenaga an

Dosen Pembimbing KP

7/10/2024

(Dr Iswandi, ST, MT.)

(NIDN. 0104087403)

LEMBAR PENILAIAN

Nama Mahasiswa : Harri Vallen Saragih / 210130013
Telah melaksanakan Kerja Praktek:

Teknologi Mekanik
 Lapangan / Perusahaan

Pada,

Nama Perusahaan : PT. PLN Nusantara Power, UPDK Pandan.

Alamat : Jl. Prof. M. Hazairin, Kel. Sibuluan Terpadu, Kec. Pandan

Pelaksanaan KP : Mulai tgl 12 Februari 2024, selesai tgl 12 Maret 2024

Penilaian terhadap disiplin kerja selama mahasiswa melaksanakan kegiatan Kerja Praktek pada perusahaan kami adalah:

Sangat Baik Baik Cukup Baik

Sibolga, 13 Maret 2024

Pembimbing Lapangan



(Stevanus Kristo Yuwono)

HAR MESIN

Disetujui Oleh,


(Desdo J. Siahaan)
PT. PLN
ULPLTA
SIPANGSIHARPOI
NUSANTASEVP. II HAR

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kesehatan dan kesempatan kepada penulis sehingga dapat melaksanakan Kerja Praktek di PT. PLN Nusantara Power (PNP) UPDK Pandan. Dan merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi jurusan Teknik Mesin di Universitas Medan Area.

Dalam pelaksanaan Kerja Praktek hingga selesainya laporan ini, penulis mendapatkan bantuan dan bimbingan dari banyak pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc. Selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Supriatno, ST, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Iswandi, ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan selaku Dosen Pembimbing Kerja Praktek.
4. Bapak Ir. Tino Hermanto, ST, MSc, IPP. Selaku Sekretaris dan Koordinator Kerja Praktek Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area.
5. Bapak Zainal Arifin selaku Manager ULPLTA Sipansihaporas.
6. Bapak Desdo Jens Hendrayadi Siahaan selaku Supervisor HAR dan pembimbing KP di ULPLTA Sipansihaporas.
7. Bapak Staff ataupun operator ULPLTA Sipansihaporas atas ketersediaan memberi ilmu pengetahuan selama pelaksanaan KP di ULPLTA Sipansihaporas.
8. Orang tua penulis yang dengan begitu tulus memberikan semangat, dorongan dan doa.

9. Rekan-rekan pelaksanaan selama KP dan semua pihak yang telah membantu penyelesaian laporan Kerja Praktek Industri ini yang tidak dapat disebut satu persatu.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu menyusun dan mohon maaf atas segala kesalahan yang pernah dilakukan selama mengikuti Kerja Praktek Industri ini baik disengaja atau tidak disengaja.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan Kerja Praktek ini.

Akhir kata, Penulis berharap semoga laporan Kerja Praktek ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan khususnya bagi Penulis sendiri.

Medan, Kamis 20 Juni 2024

Penulis

(Harri Vallen Saragih)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN KERJA PRAKTEK (KP)	ii
HALAMAN PERSETUJUAN KERJA PRAKTEK (KP)	iii
HALAMAN PENGESAHAN KERJA PRAKTEK	iv
LEMBAR PENILAIAN	v
SK KERJA PRAKTEK	vi
SK PEMBIMBING KERJA PRAKTEK	vii
BERITA ACARA SEMINAR KERJA PRAKTEK	viii
LEMBAR PENILAIAN	Error! Bookmark not defined. x
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS KHUSUS KP MAHASISWA	x
LEMBAR PENILAIAN	xError! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xivv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR NOTASI	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup Kegiatan	2
1.3 Waktu dan Tempat Kerja Praktek	3
1.4 Tujuan Kerja Peraktek	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	4
1.5 Manfaat Kerja Praktek	4
1.5.1 Manfaat Kerja Praktek Bagi Mahasiswa	4

1.5.2 Manfaat Bagi Perusahaan	5
1.5.3 Manfaat Bagi Universitas	5
BAB 2 TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN	6
2.1 Sejarah Singkat ULPLTA Sipansihaporas	6
2.2 Ruang Lingkup Bidang Usaha	7
2.3 Organisasi dsn Manajemen.....	8
2.3.1 Logo Perusahaan.....	8
2.3.2 Struktur Organisasi	10
2.3.3 Visis dan Misi	10
2.4 Aspek Lingkungan Pada ULPLTA Sipansihaporas	11
2.5 ISO Pada ULPLTA Sipansihaporas	11
BAB 3 PEMBAHASAN.....	13
3.1 ULPLTA Sipansihaporas	13
3.2 Perspektif ULPLTA Sipanbsihaporas	13
3.3 Komponen Dan System Kerja ULPLTA Sipansihaporas	16
3.3.1 Bendungan (<i>Dam Site</i>).....	16
3.3.2 Saluran Pelimpah (<i>Spillway</i>).....	17
3.3.3 <i>Intake Gate</i>	18
3.3.3.1 <i>Bar Screen</i>	19
3.3.4 <i>Surge Tank dan Head Tank</i>	19
3.3.5 <i>Head Race Tunnel dan Panstock</i>	20
3.3.6 <i>MIV (Main Inlet Valve)</i>	21
3.3.7 Turbin Francis ULPLTA Sipansihaporas	22
3.3.8 Generator ULPLTA Sipansihaporas.....	23
3.3.8.1 Rotor.....	23
3.3.8.2 Stator	24

3.3.9 Sistem Eksitasi.....	25
3.3.10 Transformator.....	26
3.4 Alat Bantu Turbin Francis ULPLTA Sipansihaporas.....	27
3.4.1 Sistem Pelumasan	27
3.4.2 Sistem Pendingin	27
3.5 Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	28
3.5.1 Sejarah dan Perkembangan Turbin Air	28
3.5.1.1 Turbin Impuls	30
3.5.1.2 Turbin Reaksi	33
3.5.2 Pemilihan Jenis Turbin Air	35
3.6 Pemeliharaan Dan Perawatan Turbin Francis ULPLTA Sipansihaporas.....	37
3.6.1 (Umum) Pemeliharaan dan Perawatan	37
3.6.2 Tujuan Pemeliharaan dan Perawatan Turbin	37
3.6.3 Jenis-jenis Pemeliharaan Turbin	38
3.6.3.1 <i>Annual Inspection</i> (AI).....	39
3.6.3.2 <i>General Inspection</i> (GI).....	39
3.6.3.3 <i>Major Overhaul</i> (MO).....	40
3.6.4 Pemeliharaan Komponen Turbin ULPLTA Sipansihaporas.....	40
3.6.4.1 Pemeriksaan <i>Spiral Case</i>	40
3.6.4.2 Pemeriksaan <i>Guide Van</i>	40
3.6.4.3 Pemeriksaan <i>Runner Turbin</i>	40
3.6.4.4 Pemeriksaan Bantalan (<i>Bearing</i>) Turbin.....	41
3.6.4.5 Pemeriksaan Poros Turbin	41
3.6.5 SOP Pemeliharaan	41
3.7 Tugas Khusus Kerja Praktek	42
3.7.1 Analisa Siklus Energi Pada ULPLTA Sipansihaporas	42

3.7.1.1 Energi Potensial	42
3.7.1.2 Energi Kinetik	44
3.7.1.3 Energi Mekanik	45
3.7.1.4 Energi Listrik	45
3.7.2 Analisa Perhitungan Siklus Energi ULPLTA Sipansihaporas	45
3.7.2.1 Perhitungan Energi Potensial	45
3.7.2.2 Perhitungan Energi Kinetik	46
3.7.2.3 Perhitungan Energi Mekanik	47
3.7.2.4 Perhitungan Energi Listrik	47
3.7.3 Perubahan Energi Pada ULPLTA Sipansihaporas	49
BAB 4 PENUTUP	51
4.1 Kesimpulan	51
4.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN 1: ABSENSI KERJA PRAKTEK	54
LAMPIRAN 2: LAPORAN KEGIATAN HARIAN KERJA PRAKTEK	55
LAMPIRAN 3: DOKUMENTASI KERJA PRAKTEK	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. ULPLTA Sipansihaporas PS1 dan PS2.....	6
Gambar 2.2. Logo Perusahaan.....	9
Gambar 2.3. Struktur organisasi ULPLTA Sipansihaporas	10
Gambar 3.1. Perspektif pandangan ULPLTA sipansihaporas	14
Gambar 3.2. <i>Dam site</i> ULPLTA Sipansihaporas.....	17
Gambar 3.3. <i>Spillway</i> ULPLTA Sipansihaporas	17
Gambar 3.4. <i>Intake gate</i>	18
Gambar 3.5. <i>Barscreen</i> ULPLTA sipansihaporas.....	19
Gambar 3.6. (a). <i>Surge tank</i> , (b). <i>Head tank</i>	20
Gambar 3.7. (a). <i>Panstock</i> PS1, (b). <i>Panstock</i> PS2.....	21
Gambar 3.8. <i>Main inlet valve</i>	22
Gambar 3.9. <i>Name plate</i> generator PS1	23
Gambar 3.10. <i>Name plate</i> generator PS1	23
Gambar 3.11. <i>Battery</i> 110 DC untuk Eksitasi.....	25
Gambar 3.12. (a) <i>Main Tranformer</i> , (b) <i>Station Service Tranformer</i>	26
Gambar 3.13. Instalasi Turbin Air.....	28
Gambar 3.14. Turbin Pelton.....	31
Gambar 3.15. Turbin Turgo.....	31
Gambar 3.16. Turbin Girard.....	32
Gambar 3.17. Turbin Banki-Michell.....	33
Gambar 3.18. Turbin Francis	34
Gambar 3.19. Turbin Kaplan.....	34
Gambar 3.20. Turbin Thompson	35

Gambar 3.21. Grafik hubungan antara tinggi jatuh <i>net</i> dan debit aliran.....	36
Gambar 3.22. Siklus pemeliharaan pembangkit Listrik berkala.	39
Gambar 3.23. Siklus perubahan energi pada PLTA	49



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. <i>Name Plate Intake gate</i>	18
Tabel 3.2. <i>Name Plate Panstock PS1 dan PS2</i>	21
Tabel 3.3. Daerah Operasi Turbin Berdasarkan Head (H) dan Kecepatan (N_s).....	37



DAFTAR NOTASI

ULPLTA	=	Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Air
AMDAL	=	Analisa Dampak Lingkungan
CWS	=	<i>Cooling Water Sistem</i>
DCC	=	<i>Dump Control Cetere</i>
GI	=	Gardu Induk
G	=	Gravitasi
HE	=	<i>Heat Exchanger</i>
HA	=	<i>Hektar Are</i>
ISO	=	<i>Internasional Standart Organisasion</i>
KV	=	Kilo Volt
MW	=	Mega Watt
M	=	Meter
MIV	=	<i>Main Inlet Valve</i>
NGT	=	<i>Netral Ground Transformer</i>
PS	=	<i>Power Station</i>
PLTD	=	Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
PLTG	=	Pembangkit Listrik Tenaga Gas
PLTA	=	Pembangkit Tenaga Air
PLN	=	<i>Perusahaan Listrik Negara</i>

PKL	=	Praktik Kerja Lapangan
PNP	=	PLN Nusantara Power
RKL	=	Rencana Kelolahan Lingkungan
RPL	=	Rencana Pemantauan Lingkungan
TL	=	<i>Transmisi Line</i>
V	=	Volt



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: ABSENSI KERJA PRAKTEK.....	54
LAMPIRAN 2: LAPORAN KEGIATAN HARIAN KERJA PRAKTEK.....	55
LAMPIRAN 3: DOKUMENTASI KERJA PRAKTEK	58



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia sangat membutuhkan energi untuk memenuhi kebutuhan dalam kehidupan sehari-harinya. Contohnya Bahan bakar minyak, gas, listrik adalah sumber energi yang paling umum digunakan dalam kehidupan manusia. Tentunya sumber energi tersebut didapatkan dari alam melalui berbagai tahapan proses produksinya hingga akhirnya siap untuk digunakan. Beberapa sumber energi tersebut ada yang dapat diproduksi secara terus-menerus, ada pula energi yang tidak dapat diperbaharui. Adapun beberapa jenis energi terbarukan yang dapat diperbaharui, seperti energi air yang dapat digunakan untuk energi gerak, panas bumi yang dapat diambil panasnya, biomassa yang didapatkan dari makhluk hidup yang hidup ataupun mati, sampah organik yang dihasilkan bisa berupa biogas, dan tenaga angin yang bisa menggerakkan kincir angin untuk menghasilkan listrik.

Krisis energi yang secara internasional dikenal sebagai “*peak oil*” akibat kekurangan minyak penerangan, memaksa pemerintah untuk menerapkan kebijakan energi seperti Keputusan Presiden Nomor 43 Tahun 1991 tentang Konservasi Energi Nomor dan Keputusan Presiden Nomor 10 Tahun 2005, tentang penghematan energi. Kebijakan ini mencakup pengembangan dan pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk mengatasi dan mengurangi ketergantungan pemerintah terhadap bahan bakar minyak. Energi memainkan peran penting dalam pembangunan sosial dan ekonomi dunia. Pesatnya pertumbuhan kegiatan industri, domestik dan pertanian untuk memenuhi kebutuhan pengguna telah meningkatkan permintaan energi.

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) merupakan pembangkit listrik terbarukan. Dalam menghasilkan energi listrik, suatu generator harus memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis. Pembangkit listrik tenaga air merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan karena memiliki emisi yang sangat rendah. Oleh karena itu sangat cocok digunakan di era penipisan bahan bakar fosil, polusi udara dan pemanasan global. Daerah dengan sumber air atau sungai yang berlimpah merupakan daerah yang tepat untuk mendirikan pembangkit listrik

tenaga air. Ada beberapa wilayah di Indonesia yang kaya akan sumber air sungai, seperti wilayah Tapanuli tengah. Di daerah ini telah didirikan pembangkit listrik tenaga air yang diberi nama ULPLTA Sipansihaporas yang berlokasi di desa Husor, Kecamatan Sibolga, Kabupaten Tapanuli Tengah, Sumatera Utara. ULPLTA Sipansihaporas merupakan pembangkit listrik yang mempunyai peranan penting dalam menyediakan energi bagi masyarakat sekitar.

Pada ULPLTA Sipansihaporas mempunyai 2 unit pembangkit yaitu unit PS 1 dan juga unit PS 2. ULPLTA Sipansihaporas merupakan pembangkit listrik yang mempunyai peranan penting dalam menyediakan energi bagi masyarakat sekitar. Pada unit ULPLTA Sipansihaporas terdapat pembangkitan yaitu unit PS 1 dan Unit PS 2. Di ULPLTA Sipansihaporas daya yang dibangkitkan yaitu sebesar 50 MW, untuk daya pada unit PS 1 yaitu sebesar 33 MW dan untuk daya pada unit PS 2 yaitu sebesar 17 MW listrik ini disebabkan potensi air yang ada di desa Sipansihaporas.

Judul karya ilmiah ini adalah “Pemeliharaan Turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (ULPLTA Sipansihaporas)”. hal ini dikarenakan peran turbin sangat penting dan memerlukan analisa yang lebih detail mengenai perawatan turbin untuk memastikan turbin tetap terjaga dan berfungsi. untuk dapat meneruskan putaran terhadap generator ULPLTA Sipansihaporas. Pembangkit listrik tenaga air digunakan dalam skala besar dalam berbagai desain.. hampir setiap proyek tenaga air mempunyai sesuatu yang sangat menarik perhatian, yang tidak sebagaimana biasanya didapati di proyek-proyek lain yang sama tipenya. Untuk memudahkan pembahasannya perlu diadakan klasifikasi yang dapat dilakukan dengan berbagai cara, tergantung pada aspek khusus yang ditinjau. Pembangkit tenaga air dapat diklasifikasi atas dasar lokasi keadaan topografi.

1.2 Ruang Lingkup Kegiatan

Praktek kerja lapangan harus dilakukan oleh mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan praktek kerja lapangan yang telah diajukan oleh Perusahaan atau instansi swasta maupun pemerintahan. Ruang lingkup praktek kerja lapangan di ULPLTA Sipansihaporas meliputi hal-hal berikut ini:

1. Sifat kerja praktek lapangan seharusnya:
 - a. Latihan bekerja dengan disiplin dan bertanggung jawab.
 - b. Latihan bekerja dengan memperhatikan instrumen Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
 - c. Menambah wawasan dalam bidang implementasi dan mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan selama dalam perkuliahan.
2. Menenal dan mempelajari komponen-komponen yang terdapat pada ULPLTA Sipansihaporas
3. Membuat sebuah laporan praktek kerja lapangan sebagai evaluasi yang dilegarisir oleh Perusahaan maupun instansi terkait.

1.3 Waktu dan Tempat Kerja Praktek

Pelaksanaan praktek kerja lapangan ini dilakukan dalam kurun waktu 1 bulan yaitu mulai dari tanggal 12 Februari 2024 sampai dengan 12 Maret 2024. Selama melaksanakan kegiatan praktek kerja lapangan, penulis harus melaksanakan peraturan yang berlaku di ULPLTA Sipansihaporas seperti menaati instrument yang disampaikan oleh pihak K3 dalam melengkapi Alat Pelindung Diri memasuki area ULPLTA Sipansihaporas. Jam kerja di ULPLTA ini adalah pada hari Senin sampai dengan hari jumat Jumat pukul 08.00-17.00 WIB dengan waktu istirahat pada pukul 12.00– 13.30 WIB. Praktek kerja lapangan yang dilaksanakan oleh penulis bertempat di unit ULPLTA Sipansihaporas Unit 2, tepatnya di Desa Husor, Kecamatan Sibolga, Kabupaten Tapanuli Tengah, Sumatera Utara.

1.4 Tujuan Kerja Peraktek

Kerja Praktek merupakan kewajiban yang harus dilaksanakan dengan baik dan benar oleh setiap mahasiswa program studi Teknik mesin di universitas medan area agar mendapatkan manfaat dan pengetahuan.

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan kerja praktek bagi mahasiswa program studi Teknik mesin universitas medan area antara lain adalah:

1. Agar mahasiswa dapat mengenal permasalahan yang dihadapi oleh suatu Perusahaan atau industri, dan dengan kemampuan menganalisa, mahasiswa dapat memperoleh pengalaman kerja terutama yang bersangkutan dengan prosedur penyelesaian permasalahan yang dihadapi pada suatu Perusahaan.
2. Mahasiswa dapat menerapkan teori-teori yang dipelajari selama didalam perkuliahan dalam dunia kerja, seperti mahasiswa mampu menyelesaikan perhitungan-perhitungan terkait sebuah permasalahan yang membutuhkan pemodelan matematis maupun fisika.
3. Memberikan kesempatan terhadap mahasiswa untuk mampu mengetahui lebih spesifik permasalahan di dunia industri terkait dengan operasi permesinan, sehingga dapat dijadikan sebagai pilihan untuk menentukan judul kajian tugas akhir.
4. Melatih kemampuan bertanggungjawab, disiplin dalam melaksanakan tugas serta menambah pengalaman kerja bagi mahasiswa yang dapat dijadikan bekal untuk diterapkan didunia kerja nanti.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari pelaksanaan kerja praktek ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Memahami dan mempelajari pentingnya peranan pemeliharaan pada system pembangkit.
2. Memahami dan mempelajari mengenai perspektif pandangan system pembangkit Listrik tenaga air.
3. Memahami dan mempelajari komponen-komponen pada simtem pembangkit Listrik tenaga air.
4. Memahami dan mempelajari mngenai maintenance pada turbin air.

1.5 Manfaat Kerja Praktek

1.5.1 Manfaat Kerja Praktek Bagi Mahasiswa

Adapun manfaat kerja praktek ini bagi mahasiswa adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan dan memperluas keterampilan dan kemampuan bagi mahasiswa sebagai bekal untuk memasuki dunia kerja sesuai dengan program studi yang dipilih.
2. Sebagai pengalaman bagi mahasiswa tentang pengetahuan system kerja di Perusahaan swasta maupun dipemerintahan.

1.5.2 Manfaat Bagi Perusahaan

Adapun manfaat kerja praktek ini bagi instansi atau Perusahaan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan dapat terbantu dalam menyelesaikan Sebagian pekerjaan di unit kerja.
2. Dapat menciptakan hubungan yang baik antara dunia Pendidikan dengan dunia kerja di ULPLTA Sipansihaporas.
3. Dapat membangun kerjasama antara dunia kerja dengan Lembaga Pendidikan

1.5.3 Manfaat Bagi Universitas

Adapun manfaat kerja praktek bagi universitas antara lain adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan dan wawasan yang praktis dari Perusahaan sehingga mahasiswa mendapatkan gambaran realita kerja yang sesungguhnya.
2. Sebagai sarana dalam penerapan teori-teori yang telah dipelajari selama mengikuti perkuliahan ke dunia kerja yang sesungguhnya.
3. Sebagai salah satu sarana dalam memperluas jaringan kerja sama dengan Perusahaan dan Lembaga terkait.

BAB 2

TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah Singkat ULPLTA Sipansihaporas

PT. PLN Nusantara Power (PLN NP), dahulu bernama PT. Pembangkitan Jawa-Bali (PJB) merupakan anak perusahaan dari PT. PLN (Persero) bergerak di bidang produksi energi listrik. Berdiri pada tanggal 3 Oktober 1995 dengan kapasitas produksi yang dikelola sebesar 18.258 MW didistribusikan ke seluruh Indonesia. ULPLTA Sipansihaporas merupakan salah satu unit pembangkit listrik yang dikelola oleh PT. PLN Nusantara Power UPPDK Pandan, Sibolga diresmikan pada tahun 2002.



Gambar 2.1. ULPLTA Sipansihaporas PS1 dan PS2

ULPLTA Sipansihaporas dibangun untuk mendukung sistem ketenagalistrikan wilayah Sumatera Utara dan Aceh, Hal ini juga sangat penting bagi pertumbuhan kegiatan usaha ketenagalistrikan di Indonesia saat ini. ULPLTA Sipansihaporas terletak di Desa Fusor, Desa Sibuluan, dan Desa Sipansihaporas di Kecamatan Sibolga, Kabupaten Tapanuli Tengah, Provinsi Sumatera Utara, dan mempunyai kapasitas sebesar 50 MW yang terdiri dari dua unit (33MW + 17MW), dan diharapkan mampu menghasilkan pembangkit listrik tenaga air yang menghasilkan 203,6 GWh energi per tahun. ULPLTA Sipansihaporas memiliki dua Pembangkit listrik dan satu *Dam site*. posisi Pembangkit Listrik 1 (PS 1) dan Pembangkit Listrik 2 (PS 2) tidak terletak pada satu elevasi, melainkan bertingkat, yaitu:

1. Pembangkit Listrik 1 (PS 1) yang mulai beroperasi komersial pada bulan september 2004, merupakan pembangkit listrik yang mempunyai bendungan dimana letak elevasinya 107 meter di atas permukaan laut dan merupakan pembangkit listrik tipe bendungan. PS 1 dirancang dengan daya terpasang sebesar 33 MW.
2. Pembangkit Listrik 2 (PS 2) yang mulai beroperasi komersial pada bulan september 2002, yang berada di Hilir, dimana letak elevasinya 36,8 meter di atas permukaan laut dan merupakan pembangkit listrik tipe Sungai yang memanfaatkan air dari hasil pengoperasian di SP 1. PS 2 dirancang dengan kapasitas sebesar 37 MW.
3. Lokasi bendungan berada pada ketinggian 239 meter di atas permukaan laut, yang berfungsi sebagai penyuplai air ke Pembangkit Listrik 1 (PS 1). Tujuan dari bendungan ini adalah menampung air dari tiga aliran Sungai (Aek Paramaan, Aek Natolbak, dan Aek Bargot).
4. Luas wilayah DAS Sipansihaporas dibagian hulu PS 1 dan PS 2 masing-masing kurang lebih 196 km² dan 210 km². Air dari Bendungan Pengatur mengalir melalui terowongan bawah tanah sepanjang 1.502 m dan *penstock* sepanjang 272 m menuju PS1 di desa Husor. Kemudian air dari PS1 dibendung lagi dengan bendungan beton setinggi 14,8 m dan dialirkan melalui terowongan sepanjang 2.834 m menuju PS2 di desa Sihaporas.
5. Luas bendungan yang tergenang sekitar 18,4 ha dengan daya tampung air sebesar 2,288 juta m³. Luas lahan yang dibutuhkan untuk pembangunan PLTA sendiri adalah sebesar 191 ha, yang sebagian besar merupakan kawasan hutan.
6. Kapasitas terpasang ULPLTA Sipansihaporas sebesar 50 MW diharapkan mampu menghasilkan produksi energi sebesar 203,6 GWh per tahun. Produk listrik yang dihasilkan akan disalurkan ke sistem jaringan 150 Kv double sirkuit sepanjang 8,9 km menuju Gardu Induk Sibolga.

2.2 Ruang Lingkup Bidang Usaha

PT. PLN Nusantara Power, yang dikenal sebagai PLN NP, adalah *subholding* dari PT. PLN (Persero) yang bergerak dibidang pembangkitan Listrik

dan perusahaan pendukung lainnya. PT. PLN NP terus menawarkan berbagai Solusi pembangkitan tenaga untuk memenuhi kebutuhan Listrik yang handal dan berkualitas, dan terus berupaya mengambil peran dan kontribusi yang lebih besar dalam mendukung ketahanan energi nasional dalam hal pasokan Listrik dengan mengelola asset senilai 174,78 Triliun dan berkontribusi terhadap ketahanan energi nasional dalam hal pasokan energi listrik. PT. PLN NP tumbuh dan berkembang di berbagai bidang bisnis, tanpa meninggalkan tanggungjawab sosial Perusahaan untuk menciptakan Masyarakat mandiri dan menjaga keberlanjutan lingkungan.

Saat ini, PT. PLN NP mengembangkan dan mengelola berbagai usaha lain yang terbagi dalam tiga bidang usaha utama yaitu: Pembangkit Listrik; Solusi Tenaga; dan *Beyonds Powers*. Ketiga lini bisnis tersebut terdiri dari berbagai produk termasuk layanan operasi dan pemeliharaan pembangkit Listrik (OM), pemeliharaan perbaikan dan overhaul (MRO), Kualitas daya, pengadaan dan Kontraktor (EPC), Pengadaan Suku Cadang, Pusat Pembelajaran, Kerjasama Generasi Hijau, Kalibrasi Laboratorium, dan Layanan Teknik yang disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan.

2.3 Organisasi dan Manajemen

2.3.1 Logo Perusahaan

Logo Perusahaan merupakan simbol yang mewakili suatu Perusahaan tersebut. Logo juga merupakan bagian dari identitas Perusahaan (*corporate identity*), identitas ini memungkinkan Perusahaan dapat dikenal dan memiliki perbedaan dengan Perusahaan lain.

PT. PLN Nusantara Power mempunyai logo atau symbol yang digunakan sebagai identitas Perusahaan dengan tujuan agar pelanggan, konsumen atau masyarakat umum dapat mengenal dan mengingat Perusahaan. Adapun logo yang dimiliki PT. PLN Nusantara Power adalah seperti gambar berikut ini:



Gambar 2.2. Logo Perusahaan

Logo Perusahaan PT. PLN (Persero) Menurut surat keputusan No. 13/DIR/1976 penggunaan lambang PT. PLN (Persero) diartikan sebagai berikut:

1. Petir atau Kilat melambangkan energi listrik yang termasuk dalam produk jasa yang dihasilkan oleh Perusahaan. Selain itu Petir juga mengartikan kerja cepat dan tepat para insan PT. PLN (Persero) dalam memberikan Solusi terbaik bagi para pelanggannya.
2. Ketiga gelombang tersebut mengacu pada gaya rambat energi Listrik yang dialirkan oleh tiga bidang usaha utama yang digeluti Perusahaan yaitu: pembangkitan, penyaluran dan distribusi yang seiring sejalan dengan kerja keras para insan PT. PLN (Persero) guna memberikan pelayanan terbaik bagi pelanggannya.
3. Bidang Persegi Panjang Vertikal melambangkan bahwa PT. PLN (Persero) merupakan wadah atau organisasi yang terorganisir dengan sempurna.
4. Arti warna Merah melambangkan kedewasaan PLN sebagai Perusahaan Listrik pertama di Indonesia dan kedinamisan gerak laju Perusahaan.
5. Arti warna Kuning menggambarkan pencerahan, seperti yang diharapkan PLN bahwa Listrik mampu menciptakan pencerahan bagi kehidupan Masyarakat.
6. Arti warna Biru menampilkan kesan konstan (sesuatu yang tetap) seperti halnya Listrik yang tetap diperlukan dalam kehidupan manusia. Warna biru juga melambangkan keandalan yang dimiliki insan-insan Perusahaan dalam memberikan pelayanan terbaik bagi para pelayan

2.3.2 Struktur Organisasi

Struktur Organisasi yang di ULPLTA Sipansihaporas Sibolga adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3. Struktur organisasi ULPLTA Sipansihaporas

Berdasarkan Struktur Organisasi di PLTA Sipansihaporas diatas, pada saat pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan kami berinteraksi dengan Supervisor Oprasi , Staf Oprasi , Supervisor HAR, Staf HAR, PJ K3, Analis Kinerja , dan Manager PLTA Sipansihaporas.

2.3.3 Visis dan Misi

Adapun visi dan misi dari PT. PLN Nusantara Power antara lain adalah sebagai berikut:

A. Visi

Menjadi perusahaan Pengelola Pembangkit Listrik terkemuka di Indonesia dengan Standar pengelolaan dan pelayanan kelas dunia dan #1 pilihan pelanggan untuk pasokan utama energi listrik di Sumatera Bagian Utara.

B. Misi

- 1). Melakukan pengelolaan pembangkitan dan penyediaan tenaga listrik dalam jumlah dan mutu yang memadai.

- 2). Memastikan keamanan pengelolaan bahan bakar, agar operasi pembangkit menjadi andal, produktif dan ramah lingkungan dengan mengacu pada standar kinerja yang telah ditetapkan
- 3). Mengelola sumber daya dan asset perusahaan secara efisien, efektif dan sinerfis untuk menjamin pengelolaan usaha secara optimal dan memenuhi kaidah *Good Corporate Governance*.

2.4 Aspek Lingkungan Pada ULPLTA Sipansihaporas

Pembangunan Proyek ULPLTA Sipansihaporas membutuhkan lahan konstruksi yang relative kecil yakni sekitar 196,5 Ha, karena Sebagian strukturnya berada dibawah tanah. Kajian AMDAL (Analisa Dampak Lingkungan) menunjukkan tidak terjadi kerusakan ekosistem di wilayah proyek sekitarnya. Hal ini dilakukan Sebagian dari RKL (Rencana Pengelolaan Lingkungan) dan RPL (Rencana Pemantauan Lingkungan). komisi AMDAL Pusat kementriaan Pertambangan dan Energi akan menilai dampak positif maupun negative yang diperkirakan akan terjadi. Hasil evaluasi persetujuan AMDAL, RKL dan RPL ini dituangkan didalam surat persetujuan No. 2694/0155/SJ.T/1996 tanggal 3 Juli 1996. Manfaat penting pada ULPLTA Sipansihaporas yang akan dampak positif yaitu: Membangkitkan tenaga listrik sebesar 50 MW setara dengan 203,6 GWh per tahun.

- 1). Memacu pertumbuhan ekonomi daerah.
- 2). Meningkatkan kesempatan kerja dan alih keterampilan.
- 3). Mengembangkan obyek wisata alam.
- 4). Dapat dimanfaatkan sebagai sumber air minum.

2.5 ISO Pada ULPLTA Sipansihaporas

International Organization for Standardization (ISO) adalah standar internasional untuk sistem manajemen untuk mengukur kualitas organisasi. Oleh karena itu, penerapan ISO mempunyai manfaat yang besar bagi perusahaan dalam meningkatkan kredibilitas maupun meningkatkan sistem manajemen mutu.

PT. PLN Nusantara Power (PNP) instalasi Pengendalian Pembangkitan listrik Pandan ULPLTA Sipansihaporas dan Unit ULPLTA Sipansihaporas telah

berhasil diterapkan dilingkungannya seperti: ISO 14001 sejak thn 2005, ISO 9001 sejak tahun 2006 dan SMK3 sejak tahun 2005. Adapun ISO 14001 adalah suatu penilaian yang berkaitan dengan sistim manajemen lingkungan atau dengan kata lain merupakan bentuk pengakuan tertinggi atas keberhasilan sebuah perusahaan dalam mengelola lingkungan.

ISO 9001 adalah tentang proses kerja yang melibatkan standardisasi dan penilaian mutu atau kualitas produk, atau yang sering disebut dengan Sistim Manejemen Mutu. Pada saat yang sama, SMK3 diakui oleh badan Internasional yang menerapkan Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Implentasinya di PT PLN (Persero) Sektor PANDAN dan Unit ULPLTA Sipansihaporas, ketiga system tersebut sudah terintegrasi, meliputi kebijakan perusahaan, perencanaan, penerapan, tindakan koreksi, pengkajian dan tinjauan manajemen yang akan ditindak lanjuti dengan penyempurnaan berkelanjutan. PT.PLN (Persero) Sektor Pandan dan Unit PLTA Sipansihaporas menggunakan Lembaga sertifikasi dari TÜV Reinland Group. Bagian Utama di ULPLTA Sipansihaporas.

BAB 3

PEMBAHASAN

3.1 ULPLTA Sipansihaporas

Pembangkit listrik tenaga air merupakan fasilitas pembangkit listrik yang mengubah energi potensial air menjadi energi listrik. Turbin air digunakan sebagai mesin penggerak yang mengubah energi potensial air menjadi kerja mekanis pada poros yang memutar rotor generator sehingga menghasilkan listrik. Air sebagai bahan baku pembangkit listrik tenaga air dapat diperoleh dengan berbagai cara, seperti dari sungai yang dialirkan langsung ke turbin putar, atau dengan menyimpannya di tangki atau waduk sebelum dialirkan ke turbin putar.

ULPLTA Sipansihaporas merupakan suatu pusat tenaga yang memiliki peralatan tertentu dan bertujuan merubah (mengkonversikan) energi potensial air menjadi energi listrik. Kapasitas pembangkitan dari ULPLTA merupakan fungsi dari head (tinggi air) dan debit air yang dilepaskan melalui turbin, dapat ditunjukkan pada persamaan berikut: *(Sumber: Hari Pasetijo, 2019)*

$$P = \rho \times Q \times H \times g \times \eta \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

P = Daya (Watt)

ρ = Masa Jenis Air (Kg/m^3)

Q = Debit Air (m^3/s)

H = Tinggi Jatuh Air (m)

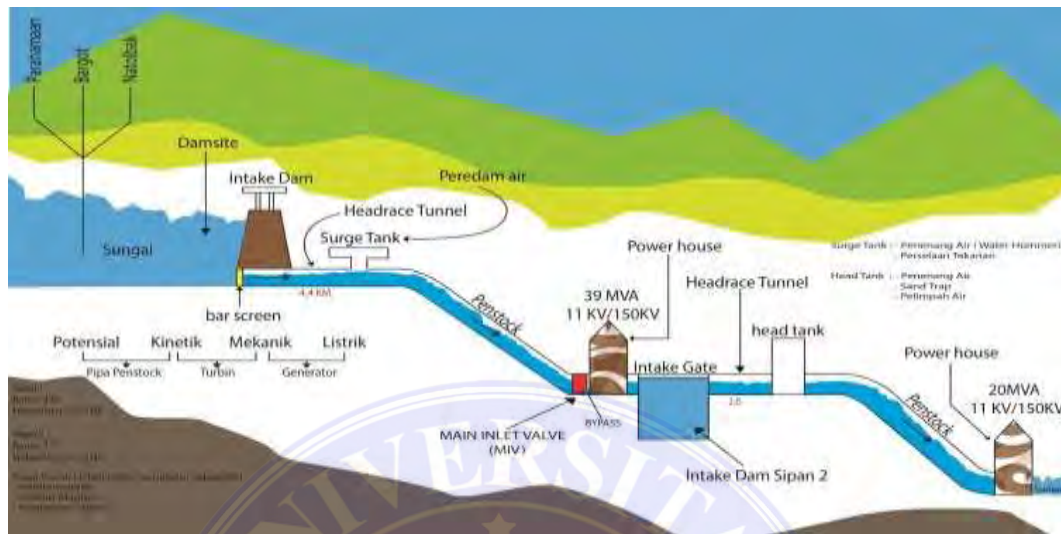
g = Gaya gravitasi (m/s^2)

η = Efisiensi Turbin (%)

3.2 Perspektif ULPLTA Sipansihaporas

Proses pembangkitan listrik di ULPLTA Sipansihaporas adalah dengan memanfaatkan debit aliran sungai yang kemudian masuk ke dalam suatu *power*

house sebelum menghasilkan daya suatu listrik. Proses produksi pembangkitan listrik di ULPLTA Sipansihaporas dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 3.1. Perspektif pandangan ULPLTA sipansihaporas

Dalam proses pembangkit listriknya, ULPLTA Sipansihaporas PS1 menggunakan air sebagai energi primer dari tiga aliran sungai (Natolbak, Bargout, dan Paramaan) yang mempunyai debit air cukup besar, yang ditampung di bendungan kemudian dialirkan melalui pintu air (*Intake Gate*) sebagai pintu pembuka dan penutup aliran air dari bendungan menuju turbin generator, sedangkan kondisi bendungan seperti elevasi air dilakukan dari pusat pengendalian bendungan (*Dam Control Centre*), selanjutnya masuk ke dalam terowongan bawah tanah (*Headrace tunnel*). Sebelum masuk ke pipa pesat (*penstock*), air melewati tangki Peredam (*surge tank*) yang berfungsi sebagai pengaman pipa pesat apabila terjadi tekanan balik atau tekanan kejut saat katup utama (*main inlet valve*) ditutup seketika. Setelah katup utama dibuka, air masuk ke dalam rumah siput (*spiral case*).

Air yang bergerak cepat memutar turbin, dan keluar melalui pipa pembuangan (*draft tube*) menuju pintu keluar (*tail race gate*) hingga ke sungai melalui saluran keluar (*tail race tunnel*). Saluran pembuangan (*draft tube*) berbentuk miring ke atas, maksudnya adalah untuk menghindari terjadinya kavitasi. Kavitasi adalah berubahnya air atau uap karena tekanan tempat mencapai uap jenuh. Pada proses ini terjadi perubahan energi. Dalam proses produksi ULPLTA

PS2 menggunakan limbah air dari ULPLTA Sipansihaporas PS1 yang ditampung di Intake Dam PS2. selanjutnya air dialirkan masuk ke dalam terowongan bawah tanah (*Headrace tunnel*). Sebelum memasuki pipa pesat (*penstock*), air ditampung di tangga utama yang menenangkan air sebelum masuk ke pipa pesat (*penstock*). PS2 ini tidak memiliki katup utama (*main inlet valve*). Aliran air dari pipa pesat (*penstock*) ditahan oleh *guide vane*. Setelah *guide vane* dibuka, air masuk ke dalam rumah siput (*spiral case*). Air yang mengalir akan memutar turbin, dan keluar melalui pipa pembuangan (*draft tube*) menuju pintu keluar (*tail race gate*) sampai ke sungai melalui saluran keluar (*tail race tunnel*).

Air yang keluar dari bendungan menuju pipa pesat (*penstock*) akan menghasilkan energi potensial. Air kemudian masuk ke dalam pipa pesat, sehingga tekanan dan kecepatan aliran air berubah dan mengakibatkan energi potensial di konversi menjadi energi kinetik. Energi kinetik tadi akan berubah menjadi energi mekanik Ketika air mengenai runner turbin dan mengakibatkan turbin berputar. Putaran dari turbin akan diteruskan ke generator akibat poros turbin di sambungkan dengan poros generator, maka akan menyebabkan pergerakan mekanik pada rotor generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Rotor generator dialirkan Arus eksitasi dari sumber DC 110 V (*battery*) dimasukkan hingga generator mencapai 80% dari tegangan nominalnya.

Ketika mencapai 30% dari tegangan normal generator, arus eksitasi dihasilkan dari trafo eksitasi oleh Konverter tegangan otomatis (AVR) dan penyearah (*thyristor rectifier*). Daya 110 V DC (*battery*) mati secara otomatis. Rotor generator memotong garis-garis gaya magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan rotor, kemudian akan timbul ggl induksi pada stator generator (kumparan jangkar) berupa tegangan sebesar 11 kV. Energi listrik tersebut yang digunakan untuk mentransmisikan muatan. Energi listrik dengan tegangan 11 kV disalurkan ke trafo utama (*main transformer*) untuk mengubah tegangan 11 kV akan dinaikan menjadi 150 kV (Step Up). Pada ULPLTA PS1 dan PS2 sudah terhubung secara interkoneksi. Setelah proses eksitasi, frekuensi dan tegangan generator siap bekerja paralel sesuai dengan system dengan tegangan penyulang GI Sibolga.

Dari penjelasan diatas, proses terjadinya listrik pada PLTA yang berasal dari perubahan energi dapat dilihat dengan persamaan berikut:

a. Energi Potensial

$$E_p = m \times g \times h \dots\dots\dots(2)$$

b. Energi Kinetik

$$E_k = \frac{1}{2} m \times v^2 \dots\dots\dots(3)$$

c. Energi Mekanik

$$E_m = E_p + E_k \dots\dots\dots(4)$$

d. Energi Listrik

$$W = V \times I \times t \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

E_p = Energi Potensial (J)	h = Ketinggian (m)
m = Massa Benda (Kg)	g = gaya gravitasi (m/s^2)
E_k = Energi Kinetik (J)	V = Tegangan (V)
E_m = Energi Mekanik (J)	t = Waktu (s)
W = Energi Listrik (J)	v = Kecepatan (m/s)
I = Arus (A)	

3.3 Komponen Dan System Kerja ULPLTA Sipansihaporas

3.3.1 Bendungan (*Dam Site*)

Bendungan adalah suatu bangunan yang menaikkan tinggi permukaan air dan menyimpan air selama musim hujan ketika air sungai mengalir jumlah besar yang melebihi kebutuhan, baik untuk keperluan irigasi maupun air minum industri atau yang lainnya.

Bendungan pada ULPLTA Sipansihaporas akan berfungsi sebagai tempat penyimpanan jangka pendek sebelum dialirkan ke turbin. Karena ULPLTA sipansihaporas merupakan salah satu jenis waduk pembangkit listrik tenaga air, maka Selain digunakan sebagai penampungan air sementara, Bendungan digunakan

sebagai kolam pengendap pasir untuk menghindari masuknya tanah atau pasir ke dalam pipa saluran, karena ULPLTA Sipansihaporas merupakan PLTA jenis Waduk (*reser voir*).



Gambar 3.2. *Dam site* ULPLTA Sipansihaporas

3.3.2 Saluran Pelimpah (*Spillway*)

Fungsi saluran pelimpah adalah untuk mengalirkan air pada saat tinggi muka air maksimum suatu waduk melebihi batas maksimumnya (kondisi banjir). Pengelolaan bendungan Damsit menjadi tanggung jawab pengelola Damsit yang sebelumnya telah sepakat dengan PS1 dan PS2 ULPLTA Sipansihaporas untuk membukakan pintu gerbangnya.



Gambar 3.3. *Spillway* ULPLTA Sipansihaporas

3.3.3 Intake Gate

Bangunan pengambil air (*intake*) adalah fasilitas yang digunakan untuk mengarahkan air langsung dari bendungan untuk disalurkan ke saluran bawah tanah. Bangunan pengambil air ini dilengkapi dengan pintu pengambilan air (*intake gate*) yang pada operasi normalnya, pintu ini membuka penuh. Pada bagian depan intake terdapat bar screen yang berguna untuk menyaring kotoran atau sampah yang terbawa bersama air, sehingga kinerja turbin menjadi lancar.



Gambar 3.4. *Intake gate*

Berikut ini merupakan spesifikasi rancangan terkait dengan *intake gate* yang terdapat pada PS 2 ULPLTA Sipansihaporas.

Tabel 3.1. *Name Plate Intake gate*

<i>Max. Design Waterhead</i>	8 mwc
<i>Gate Height</i>	3,80 m
<i>Gate Width</i>	5,78 m
<i>Quantity</i>	2 sets
<i>Operation speed</i>	0.3 m/min
<i>Main Material</i>	SM490YB
<i>Gate Weight</i>	6.59 ton
<i>Completion Year</i>	2002

3.3.3.1 Bar Screen

Barscreen merupakan suatu saringan yang pertama-tama dijumpai dalam bangunan pengolahan air, biasanya *barscreen* ini terbuat dari beberapa plat baja tipis yang disusun secara horizontal dan memiliki ukurannya seragam. Ini digunakan untuk menahan sampah maupun limbah kayu yang terdapat di dalam air tersebut. Bangunan pengambil air (*intake*) adalah fasilitas yang dipakai untuk mengambil air langsung dari bendungan untuk disalurkan ke saluran bawah tanah.



Gambar 3.5. *Barscreen* ULPLTA sipansihaporas

3.3.4 Surge Tank dan Head Tank

Pada PS1 memiliki *surge tank* yang berfungsi sebagai peredam tekanan balik dari air (*water hammer*) dan pada PS2 memiliki *head tank* yang berfungsi sebagai kolam penenang dan juga penampung air hasil pengoperasian di PS1. Fungsi dari *Head tank* dan *surge tank* hampir sama, sebagaimana *head tank* juga berfungsi untuk meredam tekanan balik seketika PS2 selesai beroperasi dan juga dalam kondisi berhenti operasi ketika terdapat *trouble* (gangguan). Berikut ini merupakan gambar *surge tank* dan *head tank* yang terdapat pada ULPLTA Sipansihaporas.



Gambar 3.6. (a). *Surge tank*, (b). *Head tank*

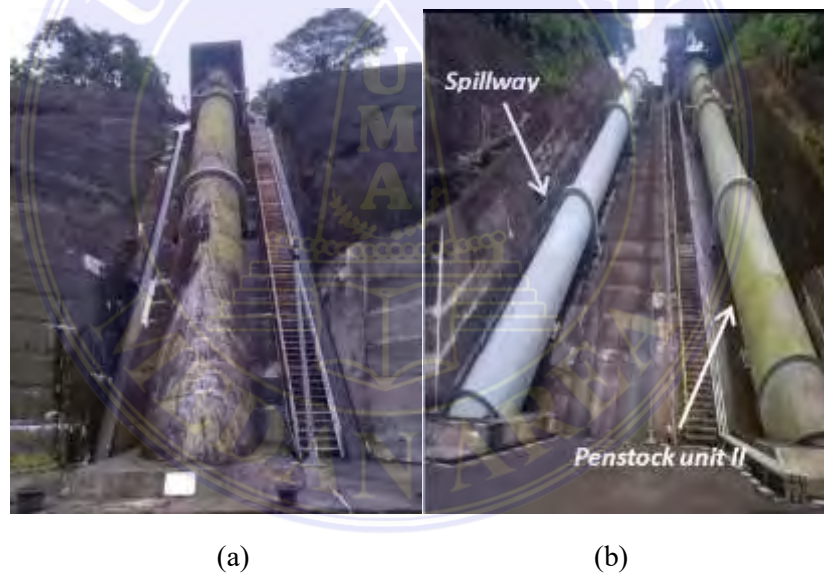
3.3.5 *Head Race Tunnel dan Panstock*

Headrace Tunnel (terowongan air) ULPLTA Sipansihaporas berfungsi sebagai bangunan yang menyalurkan air dari bendungan menuju reservoir penampung air dan *penstock* kemudian menuju *power station*. Posisi *headrace tunnel* berbatasan langsung dengan *water intake gate* bendungan dan *vertical penstock*. Cara kerja *headrace tunnel* yaitu Ketika *water intake gate* dibuka, maka debit air dari bendungan dam site ULPLTA Sipansihaporas akan masuk kedalam saluran tersebut dan mengalir menuju *panstock*, sebelum akhirnya memutar turbin pada *power station*.

Penstock atau pipa pesat adalah saluran yang menyalurkan air langsung masuk ke turbin dengan sudut kemiringan tertentu. Pada unit satu ULPLTA Sipansihaporas memiliki satu buah *penstock*, sedangkan pada unit dua memiliki satu *penstock* dan satu *spillway pipe*. Unit dua memiliki *spillway pipe* karena bila air yang ada pada *head tank* penuh. dan tumpah maka akan terbuang melalui *spillway pipe* dan dibuang ke sungai, sedangkan *penstock* yang kanan berfungsi sebagai saluran air ke turbin. Berikut ini merupakan data spesifikasi *panstock* yang terdapat pada ULPLTA Sipansihaporas.

Tabel 3.2. Name Plate Panstock PS1 dan PS2

<i>Component</i>	<i>Penstock Unit I</i>	<i>Penstock Unit II</i>	<i>Spillway pipe</i>
<i>Waterhead</i>	.90 mwc	13 mwc	f/cm ²
<i>Static Waterhead</i>	.60	13 mwc	
<i>Height of Pipeline</i>	.21m	.923 m	.747 m
<i>Internal diameter</i>	0.2200 mm	0.2600mm	0 mm
<i>Material</i>	1490YB/10-12-14	400YB/10	490YB/10
<i>Net Weight</i>	.65 ton	.90 ton	15 ton
<i>Completion Year</i>	4	4	4



Gambar 3.7. (a). Penstock PS1, (b). Penstock PS2

3.3.6 MIV (*Main Inlet Valve*)

Pada ujung penstock PS1 dipasang MIV (*Main Inlet Valve*) yang sering juga disebut katup induk/utama. MIV dipasang antara ujung bawah penstock dan sisi *spiral care* turbin yang berfungsi untuk menutup aliran air masuk ke turbin disaat turbin tidak beroperasi. MIV juga berfungsi sebagai pengaman dalam menghentikan turbin bila tekanan air hilang. MIV akan terbuka secara otomatis dan

perlahan setelah *bypass* menyamakan tekanan air pada sisi spiral case dengan sisi penstock.



Gambar 3.8. *Main inlet valve*

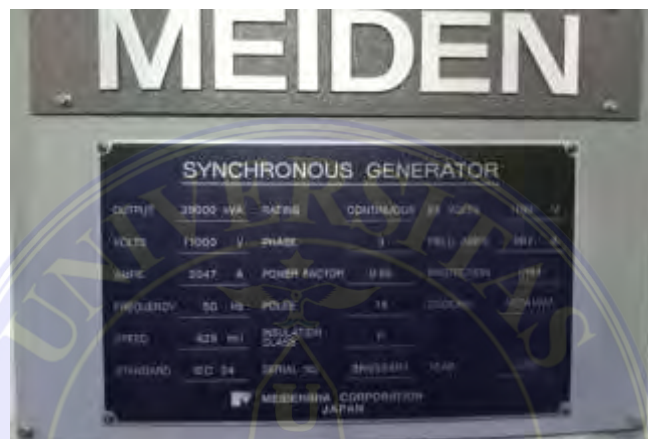
3.3.7 Turbin Francis ULPLTA Sipansihaporas

Turbin adalah salah satu mesin konversi energi, dimana turbin merupakan komponen yang berputar diakibatkan oleh energi kinetik dan potensial yang dihasilkan oleh aliran fluida. Fluida yang bergerak mengakibatkan *blade* pada turbin berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Perbedaan dasar antara turbin air awal dengan kincir air terletak pada komponen. Komponen pada turbin lebih optimal dan dapat memanfaatkan air dengan putaran lebih cepat serta dapat memanfaatkan head yang lebih tinggi.

Pada ULPLTA Sipansihaporas menggunakan Turbin air jenis francis vertikal. Turbin francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin ini dipasang antara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin francis menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial. Turbin francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Pada waktu air masuk ke runner sebagian energi potensial bekerja di dalam sudu pengarah diubah sebagai kecepatan air masuk. Sisa energi tinggi jatuh dimanfaatkan dalam sudu jalan, dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh bekerja di sudu jalan dengan semaksimal mungkin. Energi mekanik turbin berasal dari penjumlahan energi kinetik dan energi potensial.

3.3.8 Generator ULPLTA Sipansihaporas

Generator adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Dimana cara kerjanya yaitu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik akibat rotor pada generator berputar sehingga menghasilkan muatan listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator ditentukan oleh tenaga output yang dihasilkan oleh turbin. Spesifikasi generator yang terdapat pada ULPLTA Sipansihaporas PS1 dan PS 2 ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 3.9. Name plate generator PS1



Gambar 3.10. Name plate generator PS1

Bagian-bagian utama generator antara lain adalah sebagai berikut:

3.3.8.1 Rotor

Rotor adalah bagian generator yang bergerak atau berputar. Antara rotor dan stator dipisahkan oleh celah udara (air gap). Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet yang kemudian tegangan dihasilkan dan akan diinduksikan ke stator. Rotor pada ULPLTA Sipansihaporas terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

- a. *Collector ring* merupakan penghubung rotor dengan tegangan DC melalui sikat arang (*Brush*).
- b. *Coil slot* berfungsi sebagai ruang untuk menempatkan coil rotor generator.
- c. *Fan* berfungsi untuk mensirkulasi udara pada rotor generator.
- d. *Coupling* berfungsi sebagai penghubung shaft generator dengan shaft turbin.

3.3.8.2 Stator

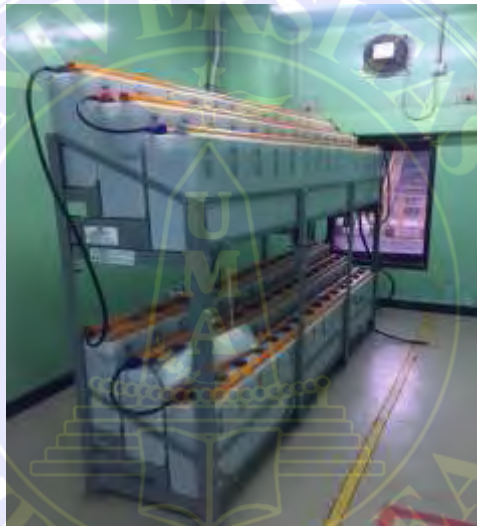
Stator merupakan bagian generator yang posisinya diam atau tidak bergerak, berisi coil-coil tempat terjadinya fluksi pada saat rotor berputar. Setelah mendapatkan Induksi medan magnet dari rotor, stator menghasilkan tegangan AC 3 fasa sebagai energi listrik.

Bagian-bagian utama stator terdiri dari:

- a. *Stator housing* ialah kerangka atau dinding yang tersusun atas plat – plat baja melingkar yang dihubungkan dengan batang besi Longitudinal.
- b. Inti stator terbuat dari bahan ferromagnetic yang berfungsi untuk mengurangi rugi- rugi inti.
- c. Belitan stator berfungsi untuk menghasilkan tegangan AC 3 fasa akibat adanya induksi dari Bantalan (*bearing*) berfungsi sebagai penahan atau penumpu pada rotor dan generator saat berputar dan untuk mengurangi getaran. Ada 3 *bearing* utama pada generator, yaitu: *Thrust bearing*, *upper guide bearing* dan *lower guide bearing*.
- d. Bantalan (*bearing*) berfungsi sebagai penahan atau penumpu pada rotor dan generator saat berputar dan untuk mengurangi getaran. Ada 3 *bearing* utama pada generator, yaitu: *Thrust bearing*, *upper guide bearing* dan *lower guide bearing* .
- e. *Braking and Jacking*, *braking* berfungsi untuk membantu pengereman saat generator akan berhenti operasi sedangkan *jacking* berfungsi untuk mengangkat poros rotor sesaat sebelum berputar.

3.3.9 Sistem Eksitasi

Sistem eksitasi generator berfungsi membangkitkan medan magnet pada rotor generator dengan cara menginduksikan arus dc ke kumparan rotor generator, sehingga terbentuk sebuah elektro magnetik yang kuat medan sesuai dengan besarnya arus dc yang di injeksikan. Eksitasi generator juga berfungsi untuk menjaga agar tegangan generator tetap konstan dengan kata lain generator akan tetap mengeluarkan tegangan yang selalu stabil tidak terpengaruh pada perubahan beban yang selalu berubah-ubah, dikarenakan beban sangat mempengaruhi tegangan keluaran generator.



Gambar 3.11. *Battery* 110 DC untuk Eksitasi

Pada PLTA Sipansihaporas sistem eksitasi generator menggunakan sikat (*brush*) Pada sistem ini arus yang digunakan untuk membangkitkan medan magnet dapat berasal dari baterai 110 V DC (seperti pada gambar 3.11 diatas). Baterai 110 V DC memberi eksitasi awal ke generator pada 80% putaran nominal turbin dan generator untuk membangkitkan medan magnet kemudian tegangan disuplai ke rotor penguat generator melalui cincin geser dan sikat (*brush*). Sistem eksitasi ini berfungsi untuk penguatan medan magnet yang terdapat pada belitan medan generator. Setelah generator menghasilkan tegangan sendiri atau tegangan nominalnya mencapai 80% maka sistem eksitasi digantikan oleh tegangan keluaran dari trafo eksitasi yang terlebih dahulu disearahkan oleh penyearah thyristor

(*Thyristor Rectifier*) dan diatur oleh AVR (*Automatic Voltage Regulator*) untuk mengatur tegangan agar nilainya tetap konstan walaupun bebannya berubah-ubah.

3.3.10 Transformator

Transformator adalah mesin listrik statis yang berfungsi untuk memisahkan energi listrik dari rangkaian primer ke rangkaian sekunder dan juga mentransformasikan daya listrik dari suatu level tegangan atau lebih ke level tegangan yang lain melalui suatu gandingan magnet berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada masing-masing unit di ULPLTA Sipansihaporas (PS1 DAN PS2) terdapat 4 transformator yaitu transformator utama (*main transformer*), transformator pemakaian sendiri (*station service transformer*), transformator eksitasi (untuk menginjeksi eksitasi generator) dan transformator pentanahan (Netral Ground Transformer/NGT). Transformator utama berfungsi untuk menaikkan tegangan dari generator dari 11 kV menjadi tegangan 150 kV menuju GI Sibolga dan juga bisa menurunkan tegangan 150 kV dari GI Sibolga menjadi 11 kV untuk pemakaian ULPLTA Sipansihaporas ketika tidak beroperasi. transformator pemakaian sendiri berfungsi untuk menurunkan tegangan generator 11 kV atau tegangan dari transformator utama (pada saat kondisi unit padam) menjadi tegangan 380 V pemakaian sendiri untuk peralatan bantu, sistem penarangan dan lain sebagainya. *main transformer* dan *station service transformer* yang terdapat pada ULPLTA Sipan Sihaporas dapat dilihat pada gambar 3.12 dibawah ini.



(a)

(b)

Gambar 3.12. (a) *Main Transformer*, (b) *Station Service Transformer*

3.4 Alat Bantu Turbin Francis ULPLTA Sipansihaporas

3.4.1 Sistem Pelumasan

Sistem pelumasan merupakan sistem yang menyediakan minyak pelumas untuk peralatan atau mesin-mesin yang berputar (*rotating machine*). Mesin-mesin tersebut biasanya memiliki putaran yang tinggi dan beban kerja yang besar. Beberapa mesin memerlukan sistem tersendiri untuk me-handle fungsi pelumasan demi menjaga kontinuitas kualitas dan kuantitas sistem pelumasannya.

Prinsip dasar dari pelumasan sendiri melindungi material dengan cara membuat lapisan film di permukaan material tersebut. Dari wujud pelumasan yang digunakan, ada tiga jenis yaitu cair (*liquid*), semi padat (*grease*) dan padat. Yang paling umum digunakan ialah cair dan semi padat. Untuk pelumas padat dipakai untuk kasus-kasus tertentu. Fungsi dari system pelumasan pada PLTA antara lain adalah sebagai berikut:

1. Sebagai pendingin, yaitu dua material yang bergesekan. Gesekan akan menghasilkan panas pada material tersebut dan bisa menyebabkan kerusakan material.
2. Mencegah korosi pada material terutama logam. Korosi sendiri timbul akibat reaksi redoks antara udara atau zat-zat lain dengan logam. Pelumas akan menghalangi kontak antara logam dan udara dengan cara melapisi logam tersebut.
3. Sebagai perapat, yaitu perapat pada poros generator yang menggunakan gas hidrogen sebagai media pendingin generator. Minyak pelumas ini mencegah gas hidrogen keluar melalui celah-celah poros.
4. Mengurangi keausan pada permukaan material yang bergesekan.
5. Meredam beban kejut pada komponen mesin, seperti roda gigi. Lapisan pelumas akan memperkecil benturan di antara permukaan roda gigi yang saling bersinggungan, sehingga dapat meredam getaran dan noise.

3.4.2 Sistem Pendingin

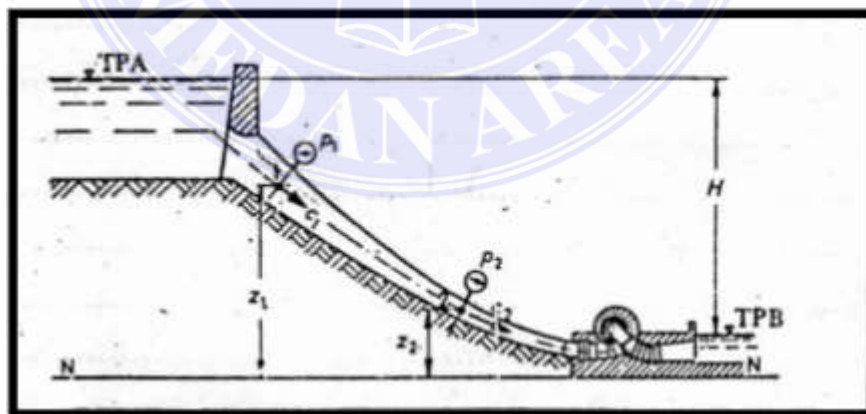
System pendingin adalah suatu system yang menyangkut tentang pendinginan suatu peralatan. System pendinginan dimaksudkan untuk mengurangi panas berlebih dari suatu peralatan agar peralatan tersebut tidak cepat rusak. Dalam

system pendingin ada beberapa media yang digunakan dalam beberapa media yang digunakan untuk pendinginan yaitu air, oli dan udara. System pendingin pada ULPLTA Sipansihaporas menggunakan media air sebagai media pendingin atau yang biasa disebut dengan *Cooling Water System*.

3.5 Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

3.5.1 Sejarah dan Perkembangan Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang fluida kerjanya berupa air. Pada prinsipnya, air yang memiliki perbedaan energi potensial atau energi kinetik diarahkan menuju sudu turbin dan turbin akan berputar karena profil sudu turbin yang dibuat sedemikian rupa. Energi potensial yang tersimpan pada fluida yang diam pada ketinggian tertentu berubah menjadi energi tekan sebelum fluida masuk ke *Guide Vane*, kemudian Sebagian atau seluruh energi tekan diubah menjadi energi kinetik pada waktu fluida melewati *Guide Vane*. Selanjutnya energi tersebut akan menggerakkan sudu gerak dan menghasilkan energi mekanik pada poros turbin. Energi mekanik tersebut nantinya digunakan untuk memutar generator yang dihubungkan ke poros turbin, dimana generator ini berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Gambar dibawah ini menunjukkan instalasi pada turbin air francis.



Gambar 3.13. Instalasi Turbin Air

Kata “turbine” ditemukan oleh seorang insinyur Prancis yang bernama Claude Bourdin pada awal abad 19, yang diambil dari terjemahan Bahasa latin dari kata “whirling” (putaran) atau “vortex” (pusaran air). Jan Andrej Segner mengembangkan turbin air reaksi pada pertengahan tahun 1700, turbin ini

mempunyai sumbu horizontal dan merupakan awal mula dari turbin air modern. Turbin ini menggunakan mesin yang simple yang masih diproduksi sampai saat ini untuk pembangkit tenaga Listrik skala kecil. Segner bekerja dengan Euler dalam membuat teori matematis awal untuk desain turbin. Pada tahun 1820, Jean-Victor Poncelet mengembangkan turbin aliran kedalam.

Pada tahun 1826, Benoit Fourneyon mengembangkan turbin aliran keluar. Turbin ini sangat efisien (80%) yang mengalirkan air melalui saluran dengan sudu lengkung satu dimensi. Saluran keluaran juga mempunyai lengkungan pengarah. Pada tahun 1844, Uriah A. Boyden mengembangkan turbin aliran keluar yang meningkatkan performa dari turbin Fourneyon. Bentuk sudunya mirip dengan turbin Francis. Pada tahun 1849, James B. Francis meningkatkan efisiensi turbin reaksi aliran kedalam hingga lebih dari (90%). Dia memberikan test yang memuaskan dan mengembangkan metode engineering untuk desain turbin air. Turbin Francis dinamakan sesuai dengan namanya, yang merupakan turbin air modern pertama. Turbin ini masih digunakan secara luas di dunia saat ini. Turbin air aliran kedalam mempunyai susunan mekanis yang lebih baik dan semua turbin reaksi modern menggunakan desain ini. Pada sudu dengan memanfaatkan berat jatuh air dan pusarannya. Tekanan air berkurang sampai nol sampai air keluar melalui sirip turbin dan memberikan energi. Sekitar tahun 1890, bantalan fluida modern ditemukan, sekarang umumnya digunakan untuk mendukung pusaran turbin air yang berat. Hingga tahun 2002, bantalan fluida terlihat mempunyai arti selama lebih dari 1300 tahun Sekitar tahun 1913. Victor Kaplan membuat turbin Kaplan, sebuah tipe mesin baling-baling. Ini merupakan evolusi dari turbin Francis tetapi dikembangkan dengan kemampuan sumber air yang mempunyai head kecil.

Pada umumnya semua turbin air hingga akhir abad 19 (termasuk kincir air) merupakan mesin reaksi; tekanan air yang berperan pada mesin dan menghasilkan kerja. Sebuah turbin reaksi membutuhkan air yang penuh dalam proses transfer energi. Pada tahun 1866, tukang pembuat gilingan di California, Samuel Knight menemukan sebuah mesin yang mengerjakan tuntas sebuah konsep yang berbeda jauh. Terinspirasi dari system jet tekanan tinggi yang digunakan dalam lapangan pengeboran emas hidrolik, Knight mengembangkan ceruk kincir yang dapat menangkap energi dari semburan jet, yang ditimbulkan dari energi kinetik air. Pada

sumber yang cukup tinggi (ratusan kaki) yang dialirkan melalui sebuah pipa saluran. Turbin ini disebut turbin impulse atau turbin tangensial. Aliran air mendorong ceruk disekeliling kincir turbin pada kecepatan maksimum dan jatuh keluar sudu dengan tanpa kecepatan.

Pada tahun 1879, Lester Pelton, melakukan percobaan dengan kincir Knight, dikembangkanlah desain ceruk ganda yang membuang air kesamping, menghilangkan beberapa energi yang hilang pada kincir Knight yang membuang sebagian air kembali melawan kincir. Sekitar tahun 1895, William Doble mengembangkan ceruk setengah silinder milik Pelton menjadi ceruk berbentuk bulat memanjang, termasuk sebuah potongan didalamnya yang memungkinkan semburan untuk membersihkan masukan ceruk. Turbin ini merupakan bentuk modern dari turbin Pelton yang saat ini dapat memberikan efisiensi hingga (92%). Pelton telah memprakarsai desain yang efektif, kemudian Doble mengambil alih perusahaan Pelton dan tidak mengganti namanya menjadi Doble karena nama Pelton sudah dikenal. Turgo dan turbin aliran silang merupakan desain turbin impulse selanjutnya. Turbin air terdapat dalam suatu pembangkit listrik berfungsi untuk mengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi kinetik. Selanjutnya energi kinetik ini akan dirubah menjadi energi elektrik melalui generator. Hal ini menyebabkan setiap pembahasan tentang turbin hidrolis akan mengikutsertakan generator sebagai pembangkit listrik.

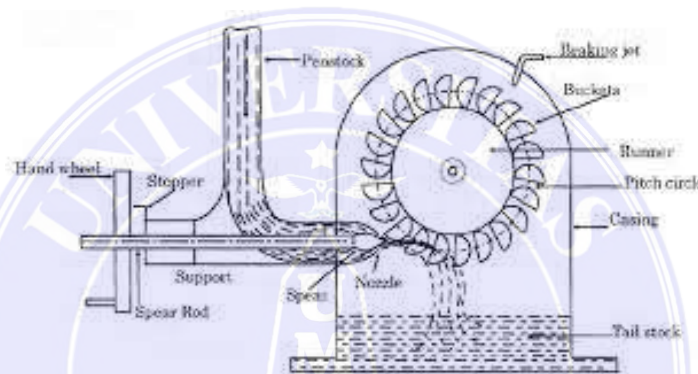
Klasifikasi Turbin Air Turbin air pada umumnya dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis antara lain adalah sebagai berikut:

3.5.1.1 Turbin Impuls

Turbin Impuls adalah turbin yang memanfaatkan energi potensial air diubah menjadi energi kinetik dengan bantuan nozel. Air yang keluar nozel akan membentur sudu turbin dengan kecepatan tinggi. Setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls), dan akibatnya turbin akan berputar. Turbin impuls memiliki tekanan sebelum dan sesudah sudu yang sama karena aliran air yang keluar dari nozel tekanannya sama dengan tekanan atmosfer. Turbin yang termasuk didalam kategori turbin impuls ini ialah:

1. Pelton

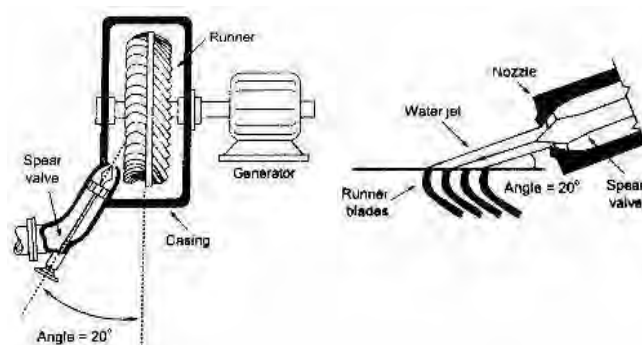
Turbin Pelton disebut juga turbin impuls atau turbin tekanan rata atau turbin pancaran bebas karena tekanan air keluar nosel sama dengan tekanan atmosfer. Dalam instalasi turbin ini semua energi (geodetik dan tekanan) dirubah menjadi kecepatan keluar nosel. Energi yang masuk kedalam roda jalan dalam bentuk energi kinetik. Ketika melewati roda turbin, energi kinetik tadi dikonversikan menjadi kerja poros dan sebagian kecil energi ada yang terlepas dan ada yang digunakan untuk melawan gesekan dengan permukaan sudu turbin. Gambar dibawah ini merupakan Turbin Pelton.



Gambar 3.14. Turbin Pelton

2. Turgo

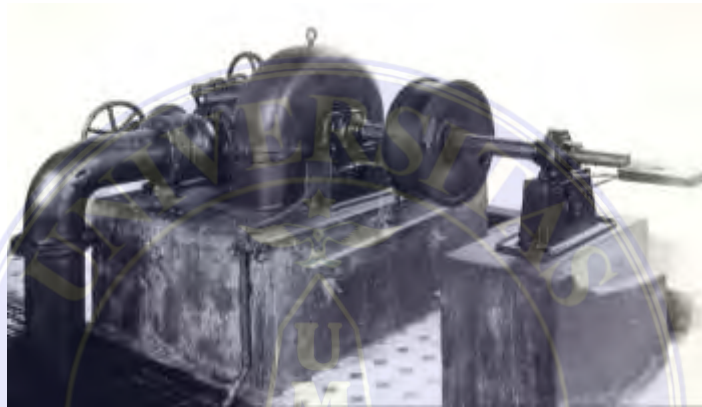
Turbin Turgo (Gambar 3.15) dapat beroperasi pada head 30 sampai dengan 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari nosel membentur sudu pada sudut 20° . Kecepatan putar turbin turgo lebih besar dari turbin Pelton. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan.



Gambar 3.15. Turbin Turgo

3. Girard

Turbin Girard adalah turbin yang bertekanan konstan dan posisi turbin ini selalu harus ditempatkan di atas permukaan air yang lebih rendah. Untuk mengatur *output* daya turbin Girard, impeller baling-baling yang ada sebagian tertutup. Dalam turbin untuk mengolah tekanan air yang tinggi hanya bagian dari pisau impeller yang terkena oleh air. Turbin didisain dengan baik secara radial dan arah aliran aksial, serta impeller bisa diatur secara horizontal atau vertikal. Gambar 3.16 merupakan gambar Turbin Girard.



Gambar 3.16. Turbin Girard

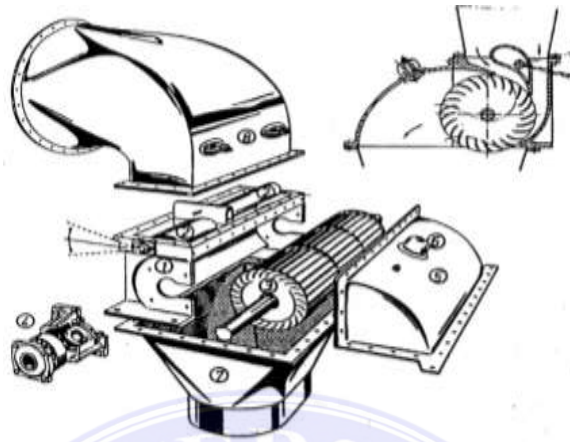
4. Banki-Michell atau *Crossflow*

Salah satu jenis turbin impuls ini juga dikenal dengan nama Turbin Michell-Banki yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut Turbin Osberger yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin *crossflow*. Turbin *crossflow* dapat dioperasikan pada debit 20 liter/sec hingga 10 m³/sec dan head antara 1 s/d 200 m.

Turbin aliran pemasukan air ke sudu turbin secara radial. Air dialirkan melewati sudu-sudu jalan yang membentuk silinder, pertama- tama air dari luar masuk ke dalam silinder sudu-sudu dan kemudian dari dalam ke luar. Jadi kerjanya roda jalan turbin ini adalah seperti turbin pelton yaitu hanya sebagian sudu-sudu saja bekerja mebalikkan aliran air.

Turbin aliran pemasukan air ke sudu turbin secara radial. Air dialirkan melewati sudu-sudu jalan yang membentuk silinder, pertama- tama air dari luar masuk ke dalam silinder sudu-sudu dan kemudian dari dalam ke luar. Jadi kerjanya roda jalan turbin ini adalah seperti turbin pelton yaitu hanya sebagian sudu-sudu

saja bekerja mebalikkan aliran air. Dibawah merupakan gambar dari Turbin *Crossflow* (Gambar 3.17).



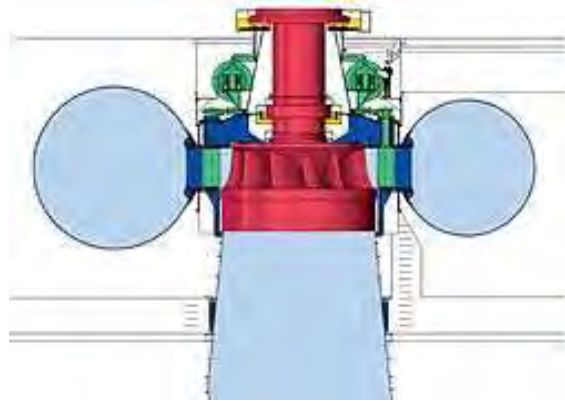
Gambar 3.17. Turbin Banki-Michell

3.5.1.2 Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang memanfaatkan energi potensial untuk menghasilkan energi gerak. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Runner turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin. Turbin yang termasuk didalam kategori turbin reaksi ini ialah:

1. Turbin Francis

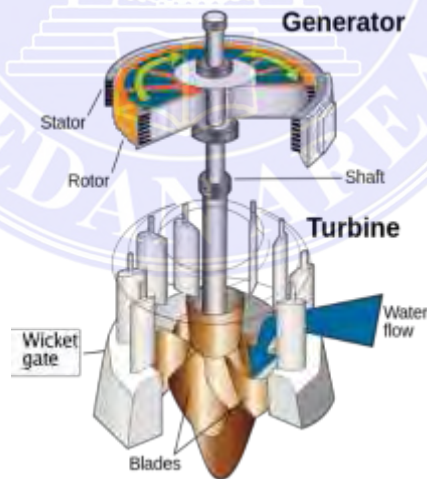
Turbin Francis (Gambar 3.18) yaitu turbin yang memiliki 3 bagian utama yaitu rumah turbin (*casing*), sudu gerak (*runner*) dan sudu pengarah (*nozzle*) yang mengelilingi runner dimana semua komponen tersebut terbenam ke dalam air. Turbin Francis digunakan untuk memanfaatkan energi potensial pada ketinggian menengah (dari beberapa puluh meter sampai 100 m). Selain itu turbin Francis dapat menghasilkan kecepatan putaran poros tinggi yang biasanya digunakan untuk menggerakkan generator.



Gambar 3.18. Turbin Francis

2. Kaplan

Turbin baling-baling yang dikembangkan sedemikian rupa sehingga turbin tersebut dapat berputar di dalam lahar panas. Selain itu sudu-sudu pengarahnya dapat diatur sesuai dengan kondisi operasi pada saat itu. Keuntungan memilih turbin Kaplan yaitu kecepatan putaran bisa dipilih lebih tinggi, ukurannya lebih kecil karena poros turbin bisa dihubungkan langsung dengan generator. Harganya murah bila dipakai pada pembangkit yang besar. Gambar 3.19 merupakan Turbin Kaplan.



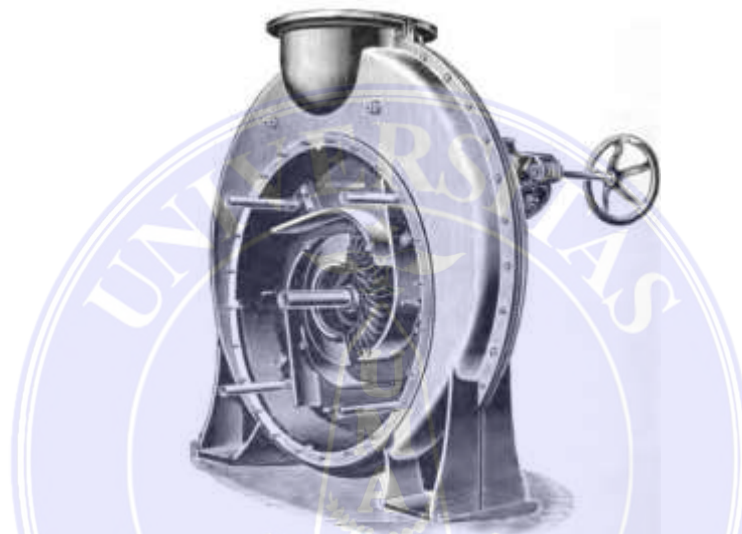
Gambar 3.19. Turbin Kaplan

3. Thompson

Penemuan ini berhubungan dengan perbaikan pada turbin air untuk air bertekanan tinggi atau rendah, dan karena, objeknya untuk mendapatkan efisiensi

mekanis yang lebih besar daripada yang sampai saat ini dicapai dengan memanfaatkan energi head air yang tersedia secara maksimal.

Dengan objek ini, penggunaan dibuat sesuai dengan penemuan rotor ini yang memiliki dua atau lebih set piringan pelari yang berbeda dimana air menyebabkan beraksi berturut-turut dan air yang tersisa satu set pisau diarahkan ke set berikutnya. Dari baling-baling dengan cara ruang berjajar sungai terbentuk 5 di stator atau badan turbin.



Gambar 3.20. Turbin Thompson

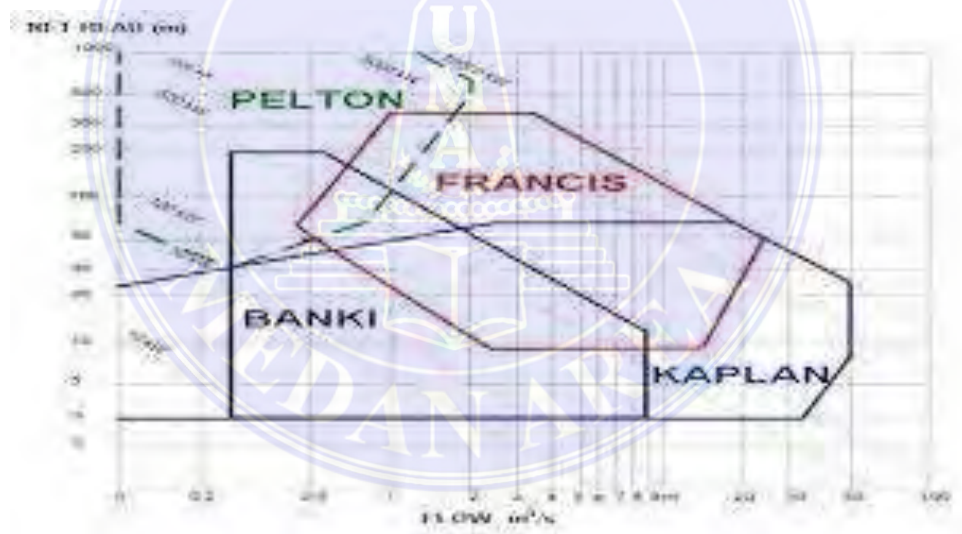
3.5.2 Pemilihan Jenis Turbin Air

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin untuk desain yang sangat spesifik. Tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi system operasi turbin, yaitu:

1. Tinggi jatuh air efektif (tinggi jatuh *net*) dan debit air yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin yang merupakan factor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin. Sebagai salah satu contoh turbin pelton yang beroperasi pada tinggi jatuh air yang tinggi sedangkan turbin propeller sangat efektif beroperasi pada tinggi jatuh air yang rendah dengan jumlah debit air yang besar.

2. Factor daya yang diinginkan berkaitan dengan debit dan tinggi jatuh air yang tersedia.
3. Factor kecepatan putaran turbin (n) yang akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh, untuk system transmisi *direct couple* antara generator dan turbin pada tinggi jatuh rendah, sebuah turbin reaksi (*propeller*) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin pelton dan *crossflow* berputar sangat lambat (*low Speed*) yang akan menyebabkan system tidak beroperasi.

Ketiga factor diatas yang sering digunakan untuk menentukan (kecepatan spesifik turbin). Pemilihan turbin dapat dilakukan dengan melihat grafik karakteristik hubungan tinggi jatuh *net* (m) dan debit aliran (m^3/s) agar didapatkan jenis turbin yang cocok dan sesuai dengan pengoperasiannya. grafik karakteristik dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.21. Grafik hubungan antara tinggi jatuh *net* dan debit aliran

Selain menggunakan grafik karakteristik pada gambar 3.21, dapat juga ditentukan berdasarkan ketinggian jatuh air (*head*) dan berdasarkan kecepatan spesifik (N_s), dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 3.3. Daerah Operasi Turbin Berdasarkan Head (H) dan Kecepatan (N_s)

Jenis Turbin	Variasi Head (m)	Kecepatan Spesifik (N_s)
Kaplan	$2 < H < 25$	$340 < N_s < 1000$
Francis	$10 < H < 250$	$80 < N_s < 400$
Pelton	$100 < H < 500$	$12 < N_s < 30$
Crossflow	$1 < H < 200$	$20 < N_s < 80$
Turgo	$40 < H < 200$	$20 < N_s < 70$

3.6 Pemeliharaan Dan Perawatan Turbin Francis ULPLTA Sipansihapur

3.6.1 (Umum) Pemeliharaan dan Perawatan

Pemeliharaan dan perawatan merupakan salah satu bagian terpenting bagi pembangkit Listrik tenaga air yang harus diperhatikan dalam ULPLTA Sipansihapur. Pemeliharaan dan perawatan ini tentu dapat mengurangi Tingkat kerusakan bagi Turbin yang digunakan sehingga diharapkan operasional pada ULPLTA Sipansihapur dapat berjalan dengan lancar dan terjamin dan dapat menghasilkan daya yang maksimal.

Suatu pemeliharaan sederhana adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk memelihara, menjaga, mengawasi, penggantian, perbaikan pada fasilitas peralatan dan komponen turbin agar operasional produk Perusahaan (daya) sesuai dengan dan tujuan Perusahaan itu sendiri. Kerusakan ini juga akan dapat merusak alat dan komponen lainnya.

3.6.2 Tujuan Pemeliharaan dan Perawatan Turbin

Pemeliharaan dan perawatan pada turbin ULPLTA Sipansihapur merupakan serangkaian Tindakan dan kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan maupun komponen dapat berfungsi dengan optimal sehingga dapat mencegah terjadinya gangguan dan pengawasan menjamin keandalan system antara lain:

1. Untuk mencegah supaya sudut pada turbin francis tidak patah maka proses pemeliharaan sangat diperlukan terutama pada bagian penyaringan agar kerikil tidak masuk ke turbin.
2. Agar daya yang dihasilkan tetap dalam kondisi stabil maka perlu memperhatikan debit air yang masuk terutama pada bagian intake atau pintu pengambilan air.
3. Meningkatkan safety peralatan.
4. Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan pada peralatan maupun komponen turbin.
5. Untuk mempertahankan keandalan peralatan pembangkit terutama pada bagian komponen alat bantu turbin.

3.6.3 Jenis-jenis Pemeliharaan Turbin

Pemeliharaan dan perawatan tercakup dalam dua pekerjaan yaitu perawatan dan perbaikan. Dimana untuk perawatan dimaksud sebagai aktifitas mencegah kerusakan, sedangkan perbaikan adalah Tindakan untuk memperbaiki kerusakan terjadi. Perawatan biasanya sudah direncanakan perawatannya, mulai dari pembersihan, pengecekan ataupun monitoring. Sedangkan Perbaikan lebih cenderung yang tidak direncanakan, biasanya tidak direncanakan dimana missal terjadi kerusakan tiba-tiba atau emergency maintenance, shingga dibutuhkan tindakan perbaikan.

Untuk pemeliharaan Turbin dilakukan jenis pemeliharaan terencana yang dilakukan secara periodik (berkala), Pemeliharaan ini secara umum ditentukan oleh jam kerja mesin yang telah mencapai/mendekati batas yang telah ditentukan.

SIKLUS PEMELIHARAAN PADA PUSAT PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

UNIT	SIKLUS 1				SIKLUS 2				SIKLUS 3				SIKLUS 4			
PLTU	SI	ME	SE	SE	SI	ME	SE	SE	SI	ME	SE	SE	SI	ME	SE	SE
PLTG	CI	HOPI	CI	MI	CI	HOPI	CI	MI	CI	HOPI	CI	MI	CI	HOPI	CI	MI
PLTGU	CI	TI	CI	MI	CI	TI	CI	MI	CI	TI	CI	MI	CI	TI	CI	MI
PLTGU	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA	TC/TA
PLTD	TO	SO	TO	MO	TO	SO	TO	MO	TO	SO	TO	MO	TO	SO	TO	MO
PLTA	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI

KETERANGAN (TYPICAL) SIKLUS PEMELIHARAAN BESAR (OH)

• SI	Simple Inspection	8.000 OH	• MI	Major Inspection	32.000 EOH
• ME	Medium Inspection	16.000 OH	• TA	Type A Inspection	6.000 EOH
• SE	Serius Inspection	32.000 OH	• TB	Type B Inspection	12.000 EOH
• AI	Annual Inspection	8.000 OH	• TC	Type C Inspection	24.000 EOH
• GI	General Inspection	20.000 OH	• TO	Top OH	3.000 OH
• MO	Major OH	40.000 OH	• SO	Semi OH	6.000 OH
• CI	Combustion Inspection	8.000 EOH	• MO	Major OH	12.000 OH
• TI	Turbine Inspection	16.000 OH			

Gambar 3.22. Siklus pemeliharaan pembangkit Listrik berkala

Dari Gambar 3.22 diatas menjelaskan mengenai jadwal pemeliharaan yang terencana dan dilakukan secara periodic pada Pembangkit Listrik Air (PLTA).

3.6.3.1 Annual Inspection (AI)

Annual Inspection adalah sebuah pekerjaan/inspeksi berkala berdasarkan jam operasi PLTA yang telah mencapai 8.000 jam operasi, kegiatan meliputi pemeriksaan, pengukuran dengan membuka *manhole* atau bagian lain tanpa melepaskan bagian utama. Tujuannya untuk mengetahui secara mendalam keadaan suatu peralatan. Agar dapat diketahui kondisi peralatan apakah dapat beroperasi dengan baik atau memerlukan Tindakan penggantian. sehingga dapat beroperasi dengan optimal dan memiliki produktivitas tinggi. dan meminimalisir kemungkinan terjadinya kerusakan peralatan yang lebih serius.

3.6.3.2 General Inspection (GI)

General Inspection adalah Sebuah pekerjaan/inspeksi berkala berdasarkan jam operasi PLTA yang telah mencapai 20.000 jam operasi. Ruang lingkup kegiatan meliputi pemeriksaan, pengukuran dengan membuka *manhole* dan bagian lain tanpa melepas bagian utama, tujuannya juga untuk mengetahui secara mendalam keadaan suatu peralatan. Agar dapat diketahui kondisi peralatan apakah dapat beroperasi dengan baik atau memerlukan Tindakan penggantian. Sehingga dapat beroperasi dengan optimal dan memiliki produktivitas tinggi, dan meminimalisir kemungkinan terjadinya kerusakan peralatan peralatan yang lebih serius.

3.6.3.3 Major Overhaul (MO)

Major Overhaul adalah sebuah pekerjaan / inspeksi berkala berdasarkan jam operasi PLTA yang telah mencapai 40.000 jam operasi, ruang lingkup kegiatan major overhaul meliputi pembongkaran total, perbaikan, pemeriksaan, pengukuran, penyetelan, penggantian peralatan dan dilakukan pengujian.

3.6.4 Pemeliharaan Komponen Turbin ULPLTA Sipansihaporas

3.6.4.1 Pemeriksaan *Spiral Case*

Pemeriksaan bagian rumah turbin, tutup turbin dan pelindung tutup turbin, antara lain meliputi:

1. Pemeriksaan kebocoran air
2. Pemeriksaan tekanan manometer
3. Pemeriksaan kebocoran air dari *seal guide van*
4. Pemeriksaan kekencangan baut-baut tanam pada pelindung tutup turbin
5. Pemeriksaan kekencangan baut-baut dudukan rumah turbin
6. Pemeriksaan gap antara *runner* dengan pelindung tutup turbin

3.6.4.2 Pemeriksaan *Guide Van*

Pemeriksaan pada sudu atur (*Guide van*) antara lain meliputi:

1. Pemeriksaan keausan dan ketebalan daun sudu atur atau *guide van*
2. Pemeriksaan kelurusan posisi *vertical shaft guide van*
3. Pengukuran celah kerapatan antara masing-masing sudu atur pada posisi atur menutup rapat dan membuka penuh.

3.6.4.3 Pemeriksaan *Runner Turbin*

Pemeriksaan pada *runner* turbin antara lain meliputi:

1. Pemeriksaan keausan pada *runner* turbin akibat gesekan dan tekanan air yang dialami oleh *runner* turbin
2. Pemeriksaan kavitasi pada *runner* turbin akibat gelembung air
3. Pemeriksaan keretakan (*Cracked*) yang terjadi pada turbin akibat tekanan air. Pemeriksaan (*Cracked*) ini dilakukan dengan metode pengujian tanpa merusak material yaitu, *NDT (Non Destructif Test)*
4. Pemeriksaan pasak atau baut kopling *runner* dengan poros

3.6.4.4 Pemeriksaan Bantalan (*Bearing*) Turbin

Pemeriksaan pada bantalan (*bearing*) antara lain meliputi:

1. Pemeriksaan kondisi fisik (cacat) pada material akibat dari gesekan antar material lainnya
2. Pemeriksaan keretakan (*Cracked*) pada bearing yang dapat diakibatkan oleh gesekan antar material lainnya
3. Pemeriksaan dalam kondisi terkait adalah pengukuran dan penyetelan gap antara poros dengan bantalan

3.6.4.5 Pemeriksaan Poros Turbin

Pemeriksaan poros turbin antara lain meliputi:

1. Pemeriksaan keretakan (*Cracked*) pada poros turbin
2. Pemeriksaan titik center (kelurusan) poros turbin
3. Pemeriksaan cacat lainnya pada poros turbin

3.6.5 SOP Pemeliharaan

Tahapan pada pemeliharaan dan perawatan dilakukan untuk dapat mempertahankan keadaan dalam system operasi agar tetap dapat bekerja secara optimal. Dan tahapan ini dapat menjadi prosedur dalam kegiatan maintenance. Dan sebelum memasuki tahapan kegiatan pemeliharaan dan perawatan tersebut, terlebih dahulu mengartikan kegiatan *maintenance*. Kegiatan *maintenance* yaitu suatu usaha untuk memelihara rehabilitas system pengoperasian pada Tingkat yang diterima dan tetap memaksimumkan laba dan minimumkan biaya. Kegiatan pemeliharaan ini mempunyai dua kategori kebijakan antara lain:

1. Kebijakan yang cenderung dilakukan untuk mengurangi Tingkat dari kerusakan.
 - a. Pemeliharaan preventive (pencegahan)
 - b. Simplikasi operasi Produksi
 - c. Penggantian awal
 - d. Instruksi yang tepat pada operator
2. Kebijakan yang cenderung untuk mengurangi akibat-akibat dari kerusakan.
 - a. Percepatan pelaksanaan operasi

- b. Mempermudah tugas reparasi
- c. Penyediaan alternatif selama waktu operasi

3.7 Tugas Khusus Kerja Praktek

3.7.1 Analisis Siklus Energi Pada ULPLTA Sipansihaporas

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja atau bisa juga disebut sebagai daya yang dilakukan untuk berbagai proses kegiatan. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan pusat pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi listrik. Mesin penggerak yang digunakan adalah turbin air, dimana poros pada turbin di couple dengan poros yang ada pada generator sehingga Ketika turbin berputar akan mengakibatkan rotor pada generator berputar dan akan menghasilkan energi listrik.

Pada PLTA terdapat 4 siklus perubahan energi yang terjadi antara lain Energi Potensial, Energi Kinetik, Energi Mekanik, Energi Listrik.

3.7.1.1 Energi Potensial

adalah energi yang dimiliki benda akibat perbedaan ketinggian atau kedudukan posisi bendanya. Energi potensial disebut juga dengan energi diam sebab benda yang dalam keadaan diam bisa memiliki energi. Jenis-Jenis dan Rumus pada energi Potensial:

a) Energi Potensial Gravitasi

Yaitu Ketika ada benda jatuh dari ketinggian, maka akan jatuh menimpa tanah akibat adanya gaya gravitasi bumi.

Contohnya, Buah mangga yang akan jatuh ke tanah apabila sudah matang.

Adapun rumus energi potensial gravitasi adalah: (sumber: Brilio.net)

$$E_p = m.g.h \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

E_p : energi potensial (Joule)

m : massa benda (kg)

g : gravitasi bumi (m/s²)

h : ketinggian suatu benda (m)

b) Energi Potensial Listrik

Energi ini dapat terjadi jika sebuah partikel bermuatan bergerak dalam suatu medan listrik, saat itulah medan listrik akan mengarahkan gaya, lalu melakukan kerja terhadap partikel tersebut. Inilah yang disebut dengan energi potensial listrik.

Adapun rumus untuk mencari energi potensial listrik adalah: : (sumber: Brilio.net)

$$E_p = k (Q.q / r)$$

Keterangan:

E_p : energi potensial (Joule)

k : konstanta Coulomb ($9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

Q : muatan sumber atau muatan listrik yang menimbulkan medan listrik (Coulomb)

q : muatan uji atau muatan listrik yang mengalami perpindahan dalam medan listrik (Coulomb)

r : jarak muatan dari q ke Q (m)

c) Energi Potensial Elastis

Energi potensial Elastis atau pegas adalah energi yang diperlukan untuk menekan/meregangkan pegas.

Contohnya pada tali busur yang ditarik pemanah menyebabkan tali busur menyimpan energi.

Adapun rumus untuk mencari Energi Potensial Elastis adalah: : (sumber: Brilio.net)

$$E_p = \frac{1}{2} k.x^2$$

Keterangan:

E_p : energi potensial (Joule)

k : konstanta Coulomb ($9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

x : perubahan posisi (m)

Pada PLTA Sipansihaporas Energi potensial yang terjadi yaitu Energi Potensial Gravitasi, dimana energi ini terdapat pada waduk/Bendungan dan Head tank yang menuju pada PS 2. Energi ini terjadi akibat adanya perbedaan kedudukan/permukaan air dan Rumah pembangkit.

3.7.1.2 Energi Kinetik

Merupakan energi yang dimiliki oleh suatu benda yang disebabkan oleh tenaga gerak. Istilah kinetic berasal dari Bahasa Yunani, “kinetikos” yang berarti bergerak. Oleh karena itu benda yang bergerak pada kecepatan tertentu pasti memiliki energi kinetik. Jenis-Jenis Energi Kinetik: : (sumber: Brilio.net)

a) Energi Kinetik Translasi

Jenis translasi ini adalah energi kinetik yang dihasilkan oleh benda yang bergerak lurus dengan arah dan kecepatan yang sama. Contohnya, yaitu mobil yang melaju di jalan tol dan tembakan peluru yang bergerak lurus.

b) Energi kinetik rotasi

Energi kinetik rotasi adalah kondisi ketika sebuah benda berputar. Ketika berputar, besaran energi di dalamnya bisa berubah.

Contohnya, yaitu perputaran bumi mengelilingi matahari, Gasing yang berputar pada porosnya, dan bianglala. Adapun Rumus untuk mencari Energi Kinetik adalah

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Keterangan:

EK: energi kinetik

m: massa

v: kecepatan benda

Pada PLTA Sipansihaporas Energi kinetik ini terjadi pada pipa penstock menuju turbin, dan pada spiralcash sebelum masuk keturbin. dimana Ketika air mengalir menuju penstock maka Kecepatan aliran air akan meningkat akibat kemiringan pipa penstock dan Ketika aliran air memasuki spiral cash maka tekanan air akan bertambah, maka pada saat inilah terjadinya Energi Kinetik pada air.

3.7.1.3 Energi Mekanik

Dapat diartikan sebagai energi gerak atau penjumlahan dari Energi Potensial dan Energi Kinetik pada suatu benda Ketika melukan usaha. energi mekanik adalah energi suatu benda yang disebabkan karena gerakan, posisi atau keduanya. Energi mekanik memiliki satuan joule atau biasa disingkat dengan huruf J.

Pada PLTA Energi mekanik ini terjadi pada Turbin, dimana turbin akan mengubah energi potensial dan kinetik dari aliran air menjadi energi mekanik sehingga dapat memutar Generator. Adapun rumus untuk mencari Energi mekanik adalah : (sumber: Brilio.net)

$$EM = EP + EK$$

3.7.1.4 Energi Listrik

Energi yang ditimbulkan oleh perpindahan elektron dari suatu tempat ke tempat lain. Aliran elektron berpindah karena adanya beda potensial di satu tempat dengan tempat lainnya. Adapun, elektron adalah muatan listrik negatif. Karena energi listrik terbentuk dari pergerakan muatan listrik, maka energi listrik termasuk ke dalam

Pada PLTA Energi listrik ini terjadi akibat kinerja dari Generator yang bekerja akibat putaran turbin. Generator mengubah Energi mekanik yang terjadi akibat putaran turbin menjadi Energi Listrik
Adapun rumus untuk mencari besar Energi listrik yaitu:

$$W: V . I . t$$

3.7.2 Analisa Perhitungan Siklus Energi ULPLTA Sipansihaporas

3.7.2.1 Perhitungan Energi Potensial

Adapun perhitungan energi potensial pada ULPLTA Sipansihaporas antara lain adalah sebagai berikut:

1). Power Station 1

Dik : m: 30000 kg

g : 9,81 m/s

h : 128,4 m

Dit : EP?

$$Jb : EP = 30000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s} \times 128,4 \text{ m}$$

$$EP = 37.788.120 \text{ j}$$

$$EP = 37,8 \text{ Mj}$$

2). Power Station 2

Dik : m : 30000 kg

g : 9,81 m/s

h : 67 m

Dit : EP :.....?

$$Jb : EP = 30000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s} \times 67 \text{ m}$$

$$EP = 19.718.100 \text{ j}$$

$$EP = 19.7 \text{ Mj}$$

3.7.2.2 Perhitungan Energi Kinetik

Adapun perhitungan energi kinetik pada ULPLTA Sipansihaporas antara lain adalah sebagai berikut:

1). Power Station 1

Dik : m : 30000 kg

V: $2,79^2$ m/s

Dit : EK.....?

$$Jb: EK = \frac{1}{2} \cdot 30000 \text{ kg} \cdot 2,79^2 \text{ m/s}$$

$$EK = 116.762 \text{ j}$$

$$EK = 116.8 \text{ Kj}$$

2). Power Station 2

Dik : m : 30000 kg

V:3,3 m/s

Dit : EK.....?

$$Jb: EK = \frac{1}{2} \cdot 30000 \text{ kg} \cdot 3,3^2 \text{ m/s}$$

$$EK = 163.350 \text{ j}$$

3.7.2.3 Perhitungan Energi Mekanik

Adapun perhitungan energi kinetik pada ULPLTA Sipansihaporas antara lain adalah sebagai berikut:

1). *Power Station 1*

$$E_m = 37.788.120 \text{ j} + 116.762 \text{ j}$$

$$E_m = 37.904.882 \text{ j}$$

$$E_m = 37.9 \text{ Mj}$$

2). *Power Station 2*

$$E_m = 19.718.100 \text{ j} + 163.350 \text{ j}$$

$$E_m = 19.881.450 \text{ j}$$

$$E_m = 19.9 \text{ Mj}$$

3.7.2.4 Perhitungan Energi Listrik

Adapun perhitungan energi kinetik pada ULPLTA Sipansihaporas antara lain adalah sebagai berikut:

A. Daya Semu

Keterangan:

V : Tegangan

I : Kuat arus

$$S: V \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

1) *Power Station 1*

Dik : V : 11000 V

I : 2047 A

Dit : S.....?

$$S: 11000 \times 2047 \times \sqrt{3}$$

$$S: 39.000.000 \text{ va}$$

$$S: 39.000 \text{ Kva}$$

2) Power Station 2

Dik : V : 11000 V

I : 1050 A

Dit : S.....?

$$S: 11000 \times 1050 \times \sqrt{3}$$

$$S : 20.005.187 \text{ Va}$$

$$S : 20.005 \text{ Kva}$$

B. Daya Aktif

$$P : V . I . \cos \theta . \sqrt{3}$$

1) Power Station 1

Dik : V : 11000 V

I : 2047 A

cos θ : 0,85

Dit : P.....?

$$Jb : P : 11000 \times 2047 \times 0,85 \times \sqrt{3}$$

$$P : 33.111.248 \text{ W}$$

$$P : 33,1 \text{ MW}$$

2) Power Station 2

Dik : V : 11000 V

I : 1050 A

cos θ : 0,85

Dit : P.....?

$$Jb : P : 11000 \times 1050 \times 0,85 \times \sqrt{3}$$

$$P : 17.004.409 \text{ W}$$

$$P : 17 \text{ MW}$$

C. Daya Reaktif

$$Q : V . I . \sin \theta . \sqrt{3}$$

1) Power Station 1

Dik : V : 11000 V

$$I : 2047 \text{ A}$$

$$\sin \theta : 0,53$$

$$\text{Dit : } Q \text{?}$$

$$J_b : Q : 11000 \times 2047 \times 0,53 \times \sqrt{3}$$

$$Q : 20.670.312 \text{ Var}$$

$$Q : 20.6 \text{ Mvar}$$

2) Power Station 2

$$\text{Dik : } V : 11000 \text{ V}$$

$$I : 1050 \text{ A}$$

$$\sin \theta : 0,53$$

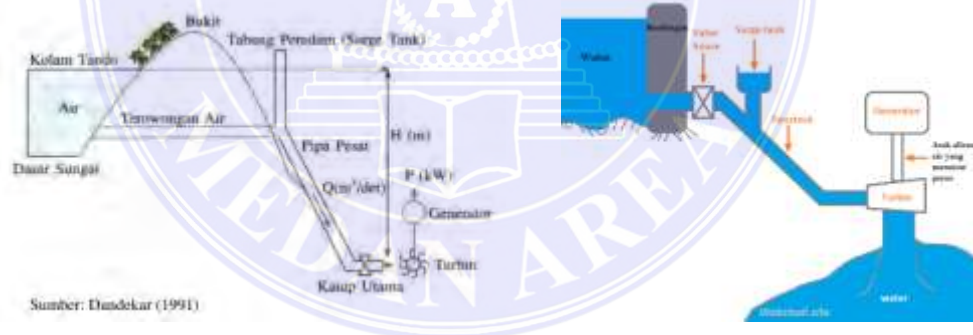
$$\text{Dit : } Q \text{?}$$

$$J_b : Q : 11000 \times 1050 \times 0,53 \times \sqrt{3}$$

$$Q : 10.602.749 \text{ Var}$$

$$Q : 10,6 \text{ Mvar}$$

3.7.3 Perubahan Energi Pada ULPLTA Sipansihaporas



Gambar 3.23. Siklus perubahan energi pada PLTA

1. PITA Sipansihaporas memanfaatkan 3 aliran sungai (Natolbak, Bargot, Paramaan) yang dibendung untuk menaikkan volume air dan menghasilkan Energi Potensial yang nantinya akan dimanfaatkan untuk menggerakkan Turbin.
2. Kemudian, air yang dibendung tadi dialirkan menuju tunel (terowongan air) dan pipa pesat melalui Intake dam (Bangunan pengambilan air). Pada saat

ini Energi Potensial berubah menjadi Energi Kinetik, akibat adanya perubahan kecepatan.

3. Kemudian, air yang mengalir pada pipa penstock di alirkan menuju ke rumah pembangkit/menju turbin. Sebelum menuju turbin aliran air terlebih dahulu melalui Spiral cash, dimana pada spiral cash ini air yang mengalir tekanan dan kecepatannya akan meningkat.
4. Pada saat air yang keluar dari spiral cash mengenai sudu turbin dan mengakibatkan turbin bergerak, pada saat ini Energi Kinetik tadi berubah menjadi Energi Mekanik.
5. Kemudian, putaran turbin yang terjadi akibat adanya Energi Mekanik tadi diteruskan ke gernartor, dikarenakan Shaft pada turbin di couple dengan Shaft yang ada pada generator sehingga generator akan menghasilkan Energi Listrik



BAB 4

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Jumlah unit pembangkit yang ada di ULPLTA Sipansihaporas adalah sebanyak 2 unit (PS1 dan PS2) untuk menjaga proses operasi tetap berjalan stabil, maka dilakukan pemeliharaan atau perbaikan, baik yang dilakukan untuk tujuan pencegahan (Preventive Maintenance), maupun pemeliharaan yang dilakukan secara periodic berdasarkan jam operasi unit pembangkit ULPLTA Sipansihaporas.

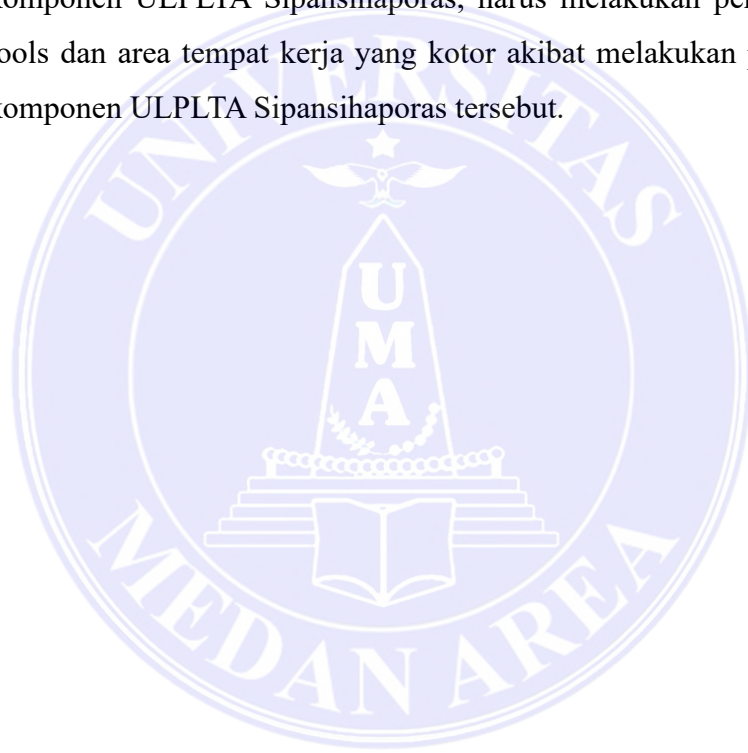
Pemeliharaan sitem alat bantu turbin juga merupakan salah satu yang harus diperhatikan, utamanya pada bagaian governor. Governor merupakan system yang berfungsi untuk mengatur buka tutup nya guide van turbin, celah pada guide vane turbin juga menjadi hal yang harus diperhatikan. Seperti ULPLTA pernah mengalami shaft turbin berputar pada saat unit sudah tidak beroperasi, hal ini diakibatkan oleh adanya celah pada guide van yang menyebabkan tekanan air yang masuk akibat celah tersebut mampu memutar shaft turbin.

4.2 Saran

Dari hasil pengamatan Praktek Kerja Lapangan yang telah dilakukan penulis, penulis memberikan saran terhadap semua kegiatan pemeliharaan pada turbin yang berlangsung di ULPLTA Sipansihaporas. Pada saat melakukan pemeliharaan pada ULPLTA Sipansihaporas harus mengikuti instruksi dan arahan dari pihak K3, adapun beberapa instruksi dan arahan dari pihak K3 antara lain adalah sebagai berikut:

1. Pada saat melakukan perawatan (*Preventive Maintenance*) pada turbin maupun komponen alat bantu di ULPLTA Sipansihaporas harus menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) seperti helm safety, Sepatu safety, dan lain sebagai. Yang bertujuan untuk menghindari kemungkinan kecelakaan kerja bagi diri sendiri maupun lingkungan.
2. Pada saat melakukan perawatan (Preventive Maintenance) pada komponen ULPLTA Sipansihaporas, harus memperhatikan rambu-rambu penanda lokasi seperti simbol bahaya listri dan lain sebagainya.

3. Pada saat melakukan perawatan (*Preventive Maintenance*) pada komponen ULPLTA Sipansihaporas harus menggunakan tools atau alat yang sesuai dengan fungsinya guna menghindari kerusakan pada komponen maupun pada tools ULPLTA Sipansihaporas.
4. Agar tidak terjadinya kesalahan tahapan kerja pada saat melakukan perawatan (*Preventive Maintenance*) pada komponen yang terdapat pada ULPLTA Sipansihaporas sebaiknya harus memperhatikan Manual Book O dan M, As-Built Drawing ULPLTA Sipansihaporas.
5. Setelah selesai melakukan perawatan (*Preventive Maintenance*) pada komponen ULPLTA Sipansihaporas, harus melakukan pembersihan pada tools dan area tempat kerja yang kotor akibat melakukan perawatan pada komponen ULPLTA Sipansihaporas tersebut.



DAFTAR PUSTAKA

Adam Permana, F., Helmizar., 2023. “Analisa Potensi Daya Pada Pembangkit Unit 7 PLTA Tes”, Universitas Bengkulu: Bengkulu.

Din Aswan Amran Ritonga, 2019, ”Penentuan Waktu Preventive Maintenance Turbin dengan Metode Criticality Analisis pada PLTA Sipansihaporas”, Universitas Harapan Medan: Medan.

Lukas, Rohi, D., Hosiana Tumbelaka, H., 2017. “Study Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas”, Universitas Kristen Petra: Surabaya.

Manual Book ULPLTA Sipansihaporas.

Nurus Saparudin, R., Dewi Jannati, E., Budiman, H., 2019. “Pengaruh Bukaannya Sudu Pengarah Terhadap Air Pada Turbin di PLTA Parakan Kondang”, Universitas Majalengka: Majalengka.

Search: <http://pltasipansihaporas.blogspot.com/2009/11/normal-0-false-false-false-en-us-x-none.html>

LAMPIRAN 1: ABSENSI KERJA PRAKTEK

PT PLS (Pusat Listrik) Sibero
Unit Pembangkitan Pengembangan dan Pemeliharaan Tenaga
Unit Layanan: UPT PA Sibero/Siberores

**ABSENSI MAHASISWA PRAKTEK KERJA LAPANGAN (PKL)
ULPTA SIBERSHAPORAS**

Bulan: Februari Tahun: 2024

No	Nama	Universitas	Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	Prasasti	UNPa	Februari 2024																													
2	Harri Vallen Saragih	UNPa	Februari 2024																													
3	Rezaul Mahkota	UNPa	Februari 2024																													

PT PLS (Pusat Listrik) Sibero
Unit Pembangkitan Pengembangan dan Pemeliharaan Tenaga
Unit Layanan: UPT PA Sibero/Siberores

**ABSENSI MAHASISWA PRAKTEK KERJA LAPANGAN (PKL)
ULPTA SIBERSHAPORAS**

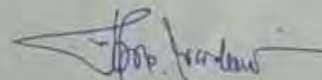
Bulan: Maret Tahun: 2024

No	Nama	Universitas	Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	Prasasti	UNPa	Maret 2024																															
2	Harri Vallen Saragih	UNPa	Maret 2024																															
3	Rezaul Mahkota	UNPa	Maret 2024																															

LAMPIRAN 2: LAPORAN KEGIATAN HARIAN KERJA PRAKTEK**LAMPIRAN 2: LAPORAN KEGIATAN HARIAN KERJA PRAKTEK**

No.	Waktu kegiatan	Nama Kegiatan
1.	Senin, 12 februari 2024	Serah terima mahasiswa pelaksana kerja praktek.
2.	Selasa, 13 februari 2024	Pengenalan lingkungan Perusahaan
3.	Rabu, 14 februari 2024	Libur pemilihan umum
3.	kamis, 15 februari 2024	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mempelajari dan memahami system pengoperasian ULPLTA Sipansihaporas di Ruang Operator 2. Mempelajari dan memahami perspektif pandangan ULPLTA Sipansihaporas 3. Mempelajari dan memahami fungsi dari setiap komponen ULPLTA Sipansihaporas 4. Mempelajari dan memahami perubahan energi potensial, kinetik, mekanik, dan Listrik pada ULPLTA Sipansihaporas
4.	Jumat, 16 februari 2024	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mempelajari dan memahami system kerja Cooling Water System (CWS) yang ada di ULPLTA Sipansihaporas 2. Mempelajari dan memahami sistem inter line pada ULPLTA Sipansihaporas 3. Mendengarkan dan memahami penyampaian materi tentang ULPLTA Sipansihaporas oleh pembimbing lapangan

Mengetahui,
Pembimbing lapangan


Febru Wardiono.
Supv. II Operasi

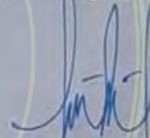
No.	Waktu kegiatan	Nama Kegiatan
1.	Senin, 19 februari 2024	- Pemeriksaan lampu penerangan ruangan axiliary - Pemeriksaan pelumas pada Shaft Turbin
2.	Selasa, 20 februari 2024	Preventive Maintenance Intake Gate PS1 - Cek visual kondisi gate - Cek kondisi motor gate - Pembersihan dan pengencangan baut mounting motor
3.	Rabu, 21 februari 2024	Preventive Maintenance Governor PS2
4.	Kamis, 22 februari 2024	Preventive Maintenance Cooling Water System
5.	Jumat, 23 februari 2024	Preventive Maintenance Panstock 28D

Mengetahui,
Pembimbing lapangan I



Stevanus Kristo Yuwono.
HAR MESIN


Mengetahui,
Pembimbing lapangan II




Baja Frand J. Sihotang
HAR MESIN

No.	Waktu keglatan	Nama Kegiatan
1.	Senin, 26 februari 2024	Preventive Maintenance Lubricating Oil Pump
2.	Selasa, 27 februari 2024	Preventive Maintenance Pressure Tank
3.	Rabu, 28 februari 2024	Preventive Maintenance Main Air Tank
4.	Kamis, 29 februari 2024	Preventive Maintenance Sediment PS1
5.	Jumat, 01 Maret 2024	Preventive Maintenance Secondary Pump

Mengetahui,
Pembimbing lapangan I


Stevanus Kristo Yuwono,
HAR MESIN

Mengetahui,
Pembimbing lapangan II


Baja Frand J. Sihotang
HAR MESIN

LAMPIRAN 3: DOKUMENTASI KERJA PRAKTEK



Dokumentasi 1: Mahasiswa pelaksana Kerja Praktek di Kantor PLN NP UPDK Pandan.



Dokumentasi 2: *Inspection* pada turbin bearing dengan metode NDT (*Non Destructif Test*)



Dokumentasi 3: *Maintenance* pada HE (*Heat Exchanger*)



Dokumentasi 4: Ruang Monitoring Operasi ULPLTA Sipansihaporas PS-2