

**LAPORAN KERJA PRAKTEK
PEMELIHARAAN TURBIN FRANCIS PADA PLTA
PT INALUM PARITOHAN**

Disusun Oleh :

NAMA : Mangara Mual Gunawan Lubis

NPM : 178120026



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
(2021)**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 29/12/22

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

Access From (repository.uma.ac.id)29/12/22

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK
PEMELIHARAAN TURBIN FRANCIS PADA PLTA PT INALUM
PARITOHAN-TOBASA-SUMATERA UTARA

Disusun Oleh :

Nama : Mangara Mual Gunawan Lubis

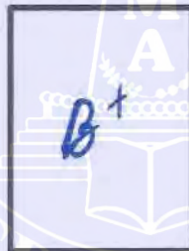
NPM : 178120026

Program Studi : Teknik Elektro

Dosen Pembimbing, Kerja Praktek

Dosen Pembimbing Lapangan

(Ir. Zulkifli Bahri, MT)
NIDN.00-1906-5602



(Bagus Brahmantya)
78912014

Ketua Program Studi Teknik Elektro



(Syarifah Muthia Putri, ST, MT)
NIDN.01-0408-9002

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 29/12/22

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
- Access From (repository.uma.ac.id)29/12/22

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat melaksanakan Kerja Praktek (KP) serta dapat menyelesaikan laporannya dengan lancar dan tanpa adanya halangan yang berarti.

Laporan kerja praktek ini disusun berdasarkan kegiatan yang dilakukan pada saat dilapangan yakni di PT. Indonesia Asahan Aluminium (INALUM), yang beralamat di paritohan – 22388 kec. Pintu pohan meranti, kab. toba , Sumatera Utara dimulai dari tanggal 12 November 2020 s/d 12 Desember 2020.

Kerja praktek ini merupakan syarat wajib yang harus dipenuhi dalam Program Studi Teknik Elektro, selain untuk memenuhi persyaratan program studi yang penulis tempuh, kerja praktik ini juga banyak memberikan manfaat kepada penulis baik dari segi akademis maupun untuk pelajaran yang tidak didapatkan penulis pada saat berada di bangku kuliah.

Pada kesempatan kali ini juga penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan laporan kerja praktik ini, terutama kepada:

1. Orang tua yang telah memberi dukungan moril/spiritual kepada penulis.
2. Ibu Dr. Grace Yuswita Harahap, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Syarifah Muthia Putri, ST, MT, selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir Zulkifli Bahri, MT, selaku dosen pembimbing kerja praktek jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.
5. Pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
6. Teman-teman kelompok kerja praktek yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan kerja praktek di PT.Indonesia Asahan Aluminium.
7. Takluput juga para Staf Dan Operator PT.Indonesia Asahan Aluminium.
8. Apabila nantinya terdapat kekeliruan dalam penulisan laporan kerja praktik ini penulis mengharapkan kritik dan sarannya.
9. Akhir kata semoga laporan kerja praktek ini dapat memberikan banyak manfaat untuk kita semua.

Medan 3 januari 2021



(Mangara M.G Lubis)

NPM: 178120026

ABSTRAK

Pemeliharaan Turbin Francis merupakan salah satu hal yang paling penting untuk meningkatkan realibilitas/keandalan dalam proses produksi dan keuntungan perusahaan dalam suatu industri. Tetapi apabila sistem manajemen pemeliharaan Turbin tersebut terlalu jarang atau sering dilakukan, maka akan mengakibatkan kerugian besar bagi perusahaan.

Turbin merupakan peralatan/komponen yang menggunakan energi air. Turbin sangat penting dalam menggerakkan generator dimana turbin memanfaatkan air yang mempunyai energi potensial akan disempertkan ke sudut-sudut turbin, putaran dari sudut-sudut tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke Generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik untuk mendapatkan saluran tegangan yang dibutuhkan 275 KV.

Adapun hal-hal yang paling penting dan utama dalam Pemeliharaan turbin Francis tentunya pemeliharaan dan perawatan. Ini berguna untuk menjaga kerja Turbin tersebut untuk beroperasi dan menjaga kualitas Produksi PT. Indonesia Asahan Aluminium.

Kata Kunci: Pemeliharaan Dan Perawatan Turbin Francis



DAFTAR ISI :

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar belakang.....	1
1.2.1. . Sejarah Ringkas PT.Indonesia Asahan Aluminium.....	2
1.2.2. Logo PT. Idonesia Asahan Aluminium.....	4
1.2.3. Visi dan Misi PT.. Idonesia Asahan Aluminium.....	5
1.2.4. Struktur Struktur Organisasi PT. Inalum.....	6
1.2.5. . Uraian Tugas Manajemen PT.Inalum (persero).....	7
1.3.Tujuan	11
1.4.Batasan Masalah	12
1.5 .Metodologi	12
1.6.Waktu dan Pelaksanaan.....	12
1.7. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	13
1.8. Sistem Transmisi Listrik.....	21
1.10. Teori Turbin Air.....	23
1.10.2. Klasifikasi Turbin Air.....	25
1.10.2.1. Turbin Implus.....	25
1.10.2.6. Turbin Reaksi.....	27
1.11. Bagian-bagian Turbin Air Francis.....	25
1.12. Prinsip kerja Turbin Francis.....	28
1.13. Penentuan Jenis Turbin	31
1.14. Generator.....	33
1.15 Permanent Magnet Generator	34

1.17. Bagian Bagian Generator.....36
1.18. Governor.....37

BAB II STUDI KASUS

2. Pemeliharaan dan Perawatan Turbin Francis.....38
2.1. Umum Pemeliharaan38
2.1.1. Tujuan Pemeliharaan dan Pengawasan38
2.1.2. Jenis-jenis Pemeliharaan dan Pengawasan Turbin.....39
2.3. SOP Pemeliharaan & Pengawasan Turbin.....40

BAB III PENGUMPULAN DATA

3. Pengumpulan data42
3.1. Tahap Pemeliharaan42
3.2. Persiapan Pelaksanaan Pemeliharaan & Pengawasan.....43
3.3. Melakukan Pemeliharaan Bulanan Turbin.....43
3.4. Penentuan kecepatan putaran turbin.....44
3.5. Kemampuan PLTA.....45

BAB IV ANALISIS

4.1 Penyebab Gangguan Pada Turbin46

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan47
5.2. Saran.....47

DAFTAR PUSTAKA48

LAMPIRAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA.....49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.2.2	Logo PT. Inalum	4
Gambar 1.2.4	Struktur Organisasi PT. Inalum	6
Gambar 1.7.1.	Profil Sungai Asahan	13
Gambar 1.7.1.b	Sekema Pembangkit Listrik Tenaga Air	14
Gambar 1.7.2.1	Regulating Dam.....	16
Gambar 1.7.2.2	Sigura Sigura Dam.....	16
Gambar 1.7.2.3	Tangga Dam	17
Gambar 1.7.3.	Spillway Gate.....	18
Gambar 1.7.3.1.	Intake Gate.....	19
Gambar 1.7.3.3.	Surge Tank.....	19
Gambar 1.7.3.5	Teknik Penstock.....	20
Gambar 1.7.3.7.	Stilling Basin.....	20
Gambar 1.8.	Profil jaringan transmisi tipe A, M,B, C dan D&K... 19	
Gambar 1.10.1.	Instalasi Turbin Air.....	24
Gambar 1.10.2.	Turbin Francis.....	28
Gambar 1.7	Runner.....	29
Gambar 1.8	Casing.....	29
Gambar 1.9	Guide vane.....	30
Gambar. 1.10	Pipa inlet.....	30
Gambar 1.11.5	Draft Tube.....	30
Gambar 1.14.	AC Generator.....	33
Gambar 1.15.	Permanet Magnet Generator.....	34
Gambar 1.17.1.	Stator.....	36
Gambar 1.17.2.	Rotor.....	36
Gambar 1.18.	Governor.....	37

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kehidupan manusia tidak terlepas dari kebutuhan energi untuk memenuhi kebutuhan hidupnya sehari-hari. Bahan bakar minyak, gas, listrik adalah beberapa contoh sumber energi yang paling sering digunakan manusia. Sumber energi tersebut didapatkan dari alam dengan melalui berbagai proses hingga akhirnya siap untuk digunakan. Beberapa sumber energi tersebut ada yang dapat diproduksi terus-menerus, ada pula yang tidak dapat diperbaharui.

Adapun beberapa energi yang dapat diperbaharui, seperti energi air yang bisa kita gunakan untuk energi gerak, panas bumi yang bisa kita ambil panasnya, biomassa yang bisa kita dapatkan 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.

Selain ada energi yang dapat diperbaharui disisi lain ada energi yang tidak dapat di perbaharui. Energi-energi tersebut seperti minyak bumi yang terbentuk dari endapan makhluk mikroorganisme pada zaman purba, gas bumi juga tidak dapat diperbaharui, emas yang terbentuk dari proses alami yang terjadi di perut bumi, batubara yang tercipta dari pembusukkan tumbuhan, dan besi yang bahan utamanya adalah biji besi.

Di Indonesia sendiri memiliki bermacam sumber energi yang tersebar di seluruh Indonesia, namun belum semuanya dipergunakan. Ketersediaan sumber energi tersebut sangat dibutuhkan Indonesia untuk memenuhi kebutuhan masyarakatnya serta melanjutkan proses pembangunan di berbagai sektor. Akan tetapi kita harus bijak dalam penggunaannya, agar sumber energi tersebut dapat diwariskan kepada generasi selanjutnya. Oleh karena itu, sumber energi alternatif sangat baik untuk dikembangkan dan dihasilkan lebih banyak lagi.

Energi alternatif di Indonesia sangat beragam, seperti energi biomassa yang dihasilkan dari tumbuhan, tenaga matahari yang bisa menjadi energy listrik, gas alam yang sangat ramah lingkungan, panas bumi yang bisa dipakai untuk keperluan perusahaan maupun rumah tangga, dan juga terdapat aliran air yang

bisa menjadi energi listrik. Sehingga penulis memfokuskan pada aliran air yang ada di Indonesia.

Indonesia memiliki banyak dataran rendah, dataran tinggi, laut, sungai, dan sebagainya. Selain itu, dengan adanya curah hujan pada negara tropis ini membuat sungai memiliki debit air yang tinggi dan relatif konstan. Potensi pembangkit Listrik tenaga Air (PLTA) Indonesia diperkirakan sebesar 76,670 Megawatt merupakan aset yang harus dimanfaatkan untuk sebesar-besarnya. Dari potensi tersebut baru sekitar 6 persen yang telah dikembangkan (Hermanto Dardak, 2014). PLTA tersebut terdapat di beberapa titik di Indonesia, salah satunya ialah di Sumatera Utara, yang dioperasikan oleh PT Indonesia Asahan Aluminium atau disebut dengan PT Inalum.

1.2. Ruang Lingkup

1.2.1. Sejarah Ringkas PT.Indonesia Asahan Aluminium

PT Inalum merupakan perusahaan yang memanfaatkan sungai Asahan dari Danau Toba di Provinsi Sumatera Utara untuk menghasilkan listrik. Pada masa pemerintahan Hindia Belanda sebelum adanya perusahaan PT Inalum, pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) mengalami kegagalan dan akhirnya berhenti, namun setelah berhenti cukup lama akhirnya pemerintahan Republik Indonesia bertekad melanjutkan pembangunan tersebut.

Tahun 1972, pemerintah Indonesia dibantu oleh Nippon Koei yang merupakan perusahaan dari Jepang. Nippon Koei ini merupakan sebuah perusahaan konsultan yang membantu dalam sebuah pengajaran tentang kelayakan pembangunan PLTA. Pada Tahun 1973, Pemerintah Indonesia melakukan penawaran satu paket Penanaman Modal Asing untuk membangun pabrik peleburan aluminium dan PLTA dengan investasi yang sangat besar sehingga tidak ada yang berminat dengan penawaran tersebut.

Hingga pada tahun 1975 Pemerintah Indonesia bekerja sama dengan 12 Perusahaan penanam modal Jepang untuk membangun PLTA dan Pabrik Peleburan Aluminium Asahan dengan menandatangani Perjanjian Induk. Awal mula proyek tersebut dinamakan dengan Nippon Asahan Aluminium Co. Ltd.

(NAA Co. Ltd) dengan perbandingan saham sebesar 50% dengan Pemerintah Indonesia.

Kemudian pada tahun 1976 didirikan kantor pusat dengan nama PT Indonesia Asahan Aluminium (PT Inalum) yang berlokasi di Jakarta. Pada tanggal 14 Oktober 1982 ekspor perdana produksi PT Inalum pun dilakukan ke Jepang yang menjadikan Indonesia sebagai salah satu pengeksport terbesar aluminium batangan di dunia. PT Inalum yang telah didirikan sejak tanggal 6 Januari 1967 masih berstatus sebagai perusahaan Penanaman Modal Asing (PMA) yang telah menjadi sebuah Perjanjian antara Pemerintahan Republik Indonesia dengan Konsorsium Investor dari Jepang yang berlaku selama 30 tahun yang terhitung sejak awal pengoperasian tungku reduksi yakni tanggal 31 Oktober 1983 sampai dengan 31 Oktober 2013.

Hingga akhirnya sejak tanggal 1 November 2013 PT Inalum bisa dimiliki Pemerintah Indonesia, walaupun belum sepenuhnya dimiliki oleh Pemerintah Indonesia dikarenakan Pemerintah Indonesia harus mengembalikan modal awal kepada Investor Jepang. Pemerintah Indonesia harus melakukan negosiasi yang cukup panjang yang diwakili oleh tiga Kementerian Indonesia, yakni Kementerian Keuangan, BUMN, dan Perindustrian.

Pemerintah Indonesia akhirnya bisa memiliki sepenuhnya PT Inalum dengan kesepakatan pengembalian modal kepada para Investor Jepang pada tanggal 9 Desember 2013 yang ditandai dengan penandatanganan pengakhiran perjanjian dimana pemerintah Jepang melakukan penyerahan aset kepada Pemerintah Indonesia. Pada tanggal 19 Desember 2013 perusahaan tersebut resmi menjadi perusahaan BUMN dengan nama PT Indonesia Asahan Aluminium. Setelah berstatus perusahaan BUMN, maka perusahaan berkewajiban untuk membuat peraturan dan kebijakan yang sesuai dengan perundang undangan.

1.2.2. Logo PT. Indonesia Asahan Aluminium

Berikut ini merupakan logo dari PT Indonesia Asahan Aluminium (Persero) beserta makna dari logo tersebut:



Gambar 1.2.2. Logo PT Inalum

1. Arah Logogram: Mengarah ke kananatas

Arti: Mengekspresikan karakter yang progresif sebagai pelopor dan leader market industri berbasis aluminium di Indonesia dan siap bersaing di kancah global.

2. Gagasan visual: Stilasi huruf 'A' dan 'L'

Arti: Menyimbolkan struktur kimia dari aluminium menyiratkan ruang lingkup usaha PT Inalum yakni industri aluminium

3. Logotype: Menggunakan font Gotham Bold Lower case

Arti: Memberikan makna bahwa personifikasi Inalum adalah sosok yang disiplin dan profesional (bold), sekaligus ramah dan humaniora (lowercase).

4. Warna Logogram dan Logotype

Biru : Industri berteknologi canggih

Hijau : Ramah lingkungan

1.2.3 Visi dan Misi PT. Inalum (persero)

1.2.3.1. Visi

Menjadi perusahaan global terkemuka berbasis aluminium terpadu ramah lingkungan

1.2.3.2. Misi

1. Menjalankan operasi peleburan aluminium terpadu yang menguntungkan, aman dan ramah lingkungan untuk meningkatkan nilai bagi pemangku kepentingan.
2. Memberikan sumbangsih kepada pertumbuhan ekonomi daerah dan nasional melalui kegiatan operasional dan perkembangan usaha berkesinambungan.
3. Berpartisipasi dalam memberdayakan masyarakat dan lingkungan sekitar melalui program *corporate sosial responsibility* (CSR), serta program kemitraan dan bina lingkungan (PKBL) yang tepat sasaran.
4. Meningkatkan kompetensi sumber daya manusia (SDM) secara terencana dan berkesinambungan untuk kelancaran operasional dan pengembangan industri aluminium.

1.2.3.3. Nilai

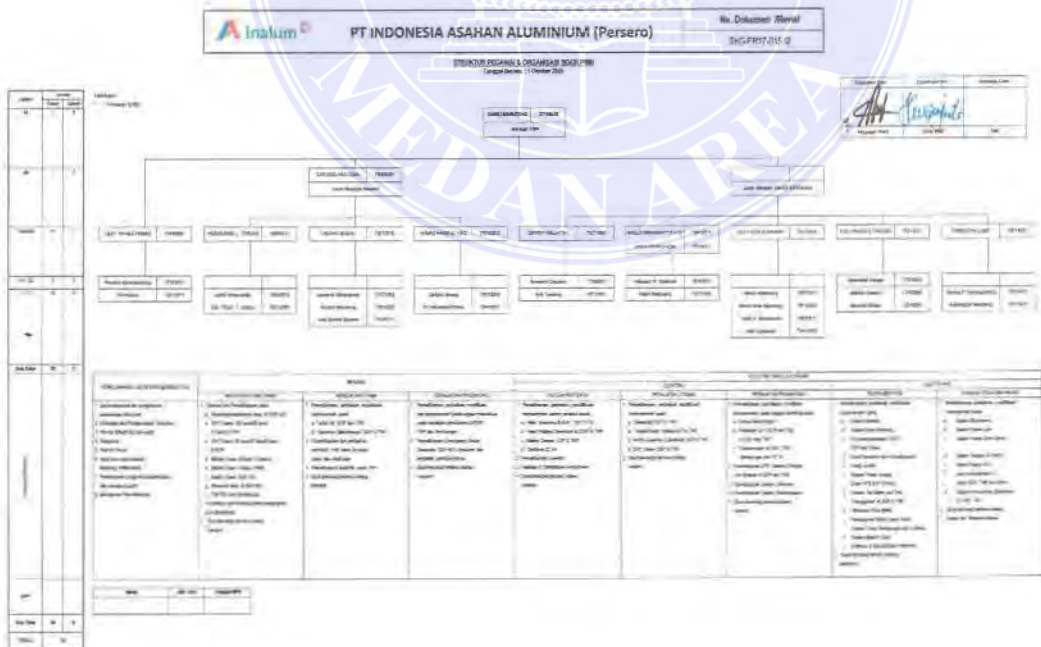
1. Profesional, kami bekerja secara profesional menerapkan praktek bisnis terbaik.
2. Pengembangan, kami tumbuh menjadi besar melalui pengembangan berkesinambungan
3. Kerjasama, kami tangguh melampaui harapan melalui kerjasama yang sinergi.
4. Tanggung Jawab, kami bertanggung jawab untuk memberikan kontribusi terbaik.
5. Integritas, kami menjalankan bisnis dengan integritas.
6. Faedah, kami berusaha menjalankan bisnis yang menguntungkan untuk kesejahteraan

1.2.4. Struktur Organisasi PT. Indonesia Asahan Aluminium

Struktur organisasi pada PT Inalum adalah struktur organisasi fungsional, yaitu susunan organisasi berdasarkan atas fungsi-fungsi dari bagian yang terdapat pada organisasi tersebut. Terdapat lima direktur yang melaksanakan tugas sesuai dengan ruang lingkup fungsi masing-masing untuk keberjalanan produksi di PT Inalum, yaitu:

1. Manager Seksi.
2. Junior Manager Mekanik.
3. Junior Manager Elektrik dan Elektronik.
4. Staff.
5. Adminitrasi.
6. Operator.

Manager seksi departemen membawahi dua kepala bidang dan beberapa staff dan juga operator secara langsung.



Gambar 1.2.4. Struktur Organisasi PT.Indonesia Asahan Aluminium

1.2.5. Uraian Tugas Manajemen PT.Inalum (persero)

1.2.5.1. Unit Pemeliharaan Umum Dan Adminitrasi

Unit Pemeliharaan Umum dan Adminitrasi memiliki tugs-tugas, antara lain:

1. Surat menyurat dan pengiriman/penerimaan dokumen.
2. Kompilasi dan Pengendalian Dokumen.
3. Hal-hal terkait ISO dan audit.
4. Pelaporan.
5. Hal-hal umum.
6. Studi dan improvement.
7. Perencanaan program pemeliharaan dan analisis trouble.
8. Manajemen Pemeliharaan.

1.2.5.2. Unit Mekanik

Unit Mekanik terbagi atas tiga, antara lain:

1. Workshop dan Crane
2. Peralatan utama
3. Peralatan pendukung

1.2.5.2.1. Tugas pada bagian Workshop dan Crane meliputi:

1. Operasi dan Pemeliharaan pada:
 - a. Workshop/machining shop di SGP A/G
 - b. OHT Crane 100 tons/30 tons/10 tons di TNP
 - c. OHT Crane 90 tons/30 tons/5 tons di SGP
 - d. Mobile Crane 25 tons (Tadano)
 - e. Mobile Crane 3 tons (HIAB)
 - f. Gantry Crane SGP U/G

2. Modifikasi dan membuat alat pengangkat jika dibutuhkan.
3. Studi teknologi terbaru bidang mekanik.

1.2.5.2.2. Tugas pada bagian Peralatan Utama meliputi:

1. Pemeliharaan,perbaikan,modifikasi/improvement pada:
 - a. Turbin Air SGP dan TNP
 - b. Governor (Mechanical) SGP dan TNP.
2. Pemeliharaan dan perbaikan penstock,inlet velve,by-pass velve dan draft tube
3. Pemeliharaan butterfly velve TNP
4. Studi teknologi terbaru bidang mekanik

1.2.5.2.3. Tugas pada bagian Peralatan Pendukung meliputi:

1. Pemeliharaan,perbaikan,modifikasi dan improvement pada bagian mekanikal pada peralatan pendukung di SGP.
2. Pemeliharaan Emergency Diesel Generator SGP A/G drencher dan peralatan pendukungnya.
3. Studi teknologi terbaru bidang mekanik.

1.2.5.3. Unit Elektrik

Unit Elektrik terbagi atas tiga,antara lain:

1. Sistem Proteksi
2. Peralatan Utama
3. Peralatan Pendukung

1.2.5.3.1. Tugas pada bagian Sistem Proteksi meliputi:

1. Pemeliharaan,perbaikan,modifikasi/improvement sistem proteksi pada:
 - a. Rele Transmisi di SGP,TNP,KTS

- b. Rele Proteksi Generator di SGP dan TNP
 - c. Station Service SGP dan TNP
 - d. Distribusi 22kV
2. Pemeliharaan Elevator
 3. Kalibrasi dan standarisasi instrument
 4. Studi teknologi terbaru bidang proteksi

1.2.5.3.2. Tugas pada bagian Peralatan Utama meliputi:

1. Pemeliharaan,perbaikan,modifikasi/improvement pada:
 - a. Generator SGP dan TNP
 - b. Transformator Utama SGP dan TNP
 - c. AVR dan Governer (Elektrikal) SGP dan TNP
 - d. OHT Crane SGP dan TNP
2. Studi teknologi terbaru bidang elektrik

1.2.5.3.3. Tugas pada bagian Peralatan Pendukung meliputi:

1. Pemeliharaan,perbaikan,modifikasi/improvement pada bagian elektrikal pada:
 - a. Semua Bendungan
 - b. Peralatan S/Y (GCB dan DS) di SGP dan TNP
 - c. Transformator di SGP,TNP,Bendungan dan PLTA
2. Pemeliharaan UPS,Battery Charger dan Baterai di SGP dan TNP
3. Pemeliharaan Sistem Drencher
4. Pemeliharaan Sistem Pencahayaan
5. Studi teknologi terbaru bidang elektrik

1.2.5.4. Unit Elektronik

Unit Elektronik terbagi atas dua,antarlain:

1. Intrumentasi
2. Scada dan Telekomunikasi

1.2.5.4.1. Tugas pada bagian Intstrumentasi meliputi:

1. Pemeliharaan,perbaikan,modifikasi/improvement pada:
 - a. Sistem Rainfall
 - b. Sistem Flood Warning
 - c. P/S instrumentation SGP,TNP and Dams
 - d. Fault Recorder dan Oscilograph
 - e. Fault Locator
 - f. Sistem Power Supply (Dam UPS dan KTS Rect)
 - g. Sistem Fire Alarm and Fire Extinguisher di SGP dan TNP
 - h. Ultrasonic Flow Meter
 - i. Pengukuran water Level pada Danau Toba,Bendungan dan Tailrace
 - j. Sistem Master Clock
 - k. Kalibrasi dan Standarisasi Instrumen
 - l. Studi teknologi terbaru bidang elektronik

1.2.5.4.2. Tugas Scada dan Telekomunikasi meliputi:

1. Pemeliharaan,perbaikan,modifikasi/improvement pada:
 - a. Sistem Microwave
 - b. Sistem Power Link

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 29/12/22

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

Access From (repository.uma.ac.id)29/12/22

- c. Sistem Power Link Carrier
 - d. Sistem Telepon dan PABX
 - e. Sistem Radio VHF
 - f. Jalur Komunikasi FO untuk SGP, TNP dan Dam
 - g. Sistem Komunikasi Backbone FO IPP-ISP
2. Studi teknologi terbaru bidang Scada dan Telekomunikasi

1.3. Tujuan

Yang menjadi tujuan dalam penulisan laporan kerja praktek ini adalah untuk lebih mengerti tentang cara kerja pembangkit listrik tenaga air dan pemeliharaan Turbin Francis pada Plta Pt Inalum

1.3.1. Secara mendalam tujuan yang akan dicapai dalam pembahasan ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai sarana mahasiswa berlatih mengimplementasikan dan menerapkan teori yang telah mereka peroleh dari bangku perkuliahan.
2. Melatih mahasiswa untuk disiplin dan bertanggung jawab atas tugasnya.
3. Sebagai media pembelajaran mahasiswa.
4. Mengembangkan wawasan dan pengalaman mahasiswa dalam melakukan pekerjaan sesuai dengan keahlian yang dimiliki.
5. Agar mahasiswa memperoleh keterampilan dan pengalaman kerja praktis sehingga secara langsung dapat memecahkan permasalahan dalam bidang kelistrikan.
6. Meningkatkan hubungan kerja sama yang baik antara perguruan tinggi, perusahaan, pemerintah, dan instansi yang terkait.

1.4. Batasan Masalah

2. Permasalahan tentang “Pemeliharaan dan Perawatan Turbin Francis Pada Plta Pt.Inalum
3. Cara kerja pembangkit listrik tenaga air Pt.Inalum

1.5. Metodologi

Metode yang digunakan dalam mengumpulkan data selama melaksanakan kerja praktek ini ialah sebagai berikut:

1. Observasi.

Data diperoleh dengan mengadakan pengamatan langsung ke lapangan, melihat data teknis yang terdapat pada peralatan yang diamati, dengan bantuan pembimbing kerja praktek.

2. Wawancara dan Diskusi.

Penulis melakukan diskusi langsung dengan pembimbing kerja praktek, operator, dan dengan pihak-pihak yang terkait dengan kerja praktek ini.

3. Studi Literatur.

Penulis mendapatkan data melalui beberapa buku referensi, buku instruksi manual yang terdapat di PT Inalum, serta dari internet.

1.6. Waktu Dan Pelaksanaan

Adapun waktu dan tempat pelaksanaan kerja praktek adalah sebagai berikut:

- Waktu : 12 November 2020 s/d 12 Desember 2020
- Hari dan Jam Kerja : Senin s/d Sabtu (08.00 – 16.00)
- Tempat : PT.Indonesia Asahan Aluminium (INALUM)

1.7. SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR

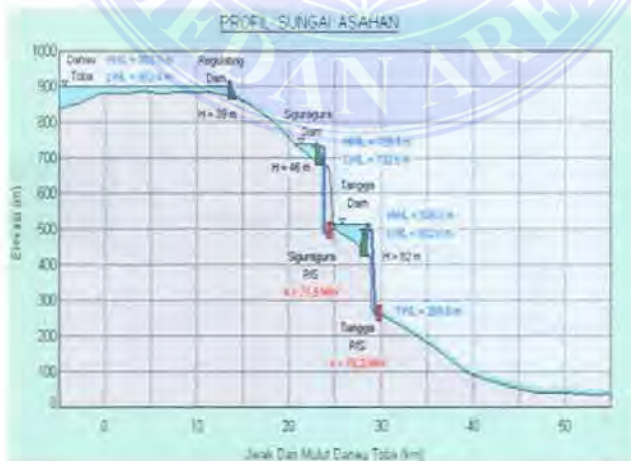
1.7.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) mengubah energi dari energi potensial yang dimiliki air, menjadi energi listrik dengan mempergunakan sebuah turbin air yang terpasang pada generator listrik. Besar energi potensialnya pada persamaan (1):

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

- dimana :
- E_p = Energi potensial (Joule)
 - m = Massa benda (kg)
 - g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
 - h = Tinggi relatif terhadap permukaan bumi (m)

Untuk mendapatkan jumlah energi listrik yang diinginkan, maka posisi bendungan harus mengikuti kontur aliran sungai tersebut. Gambar 1.7.1 berikut menunjukkan profil Sungai Asahan dengan pengaturan posisi bendungan dan pembangkit:



Gambar 1.7.1. Profil Sungai Asahan

Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator, dengan daya yang keluar secara teoritis. Bentuk

UNIVERSITAS MEDAN AREA

pembangkit tenaga air bervariasi, tetapi prinsip kerjanya adalah sama, yaitu

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

merubah energi potensial air menjadi energi listrik. Daya listrik yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus pada persamaan (2):

$$P = \eta \rho Q g H \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- P = daya yang dihasilkan (Watt)
- η = efisiensi turbin dan generator
- ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)
- g = konstanta gravitasi (9,8 m/s)
- Q = debit air (m³/s)
- H = tinggi jatuh air (m)

Dalam membangkitkan energi listrik ini, PT Inalum menggunakan potensial air (dari Danau Toba) untuk memutar turbin generator sehingga menghasilkan daya listrik. Prinsip kerja dari PLTA ini adalah memanfaatkan energi potensial dari air akibat perbedaan tinggi permukaan bumi. Energi potensial ini dipergunakan memutar turbin yang sudah dikopel dengan generator sehingga nantinya akan menghasilkan tenaga listrik. Gambar 3.2 merupakan prinsip kerja dari sebuah PLTA dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.2. Skema Pembangkit Listrik Tenaga Air

Awalnya, air dibendung oleh bendungan untuk menghasilkan potensial yang cukup banyak. Kemudian air akan disalurkan melalui pipa berupa terowongan air, menuju surge tank atau tangki peredam untuk mengurangi efek water hammer. Water Hammer adalah adanya serangan balik dari air ataupun fluida

akibat adanya shock atau tekanan yang terjadi secara tiba-tiba. Maksud dari tekanan ini adalah aliran air yang tiba-tiba tertutup sehingga terjadinya tekanan di dalam pipa. Kemudian air dialirkan ke stasiun pembangkit melalui penstock atau pipa pesat. Di dalam stasiun pembangkit inilah terdapat turbin dan generator yang saling dikopel, untuk mengubah energi potensial air menjadi energi listrik.

1.7.2. Bendungan

Sebuah PLTA sangat bergantung pada sumber air yang akan dipakai untuk menggerakkan turbin-turbinnya. PT Inalum menggunakan air yang mengalir dari Sungai Asahan yang memiliki panjang kurang lebih 150 km, dan memiliki potensi debit air pada musim kemarau 60 m³/detik dan pada musim hujan melebihi 180 m³/detik. Air tersebut berasal dari Danau Toba, yang memiliki data sebagai berikut:

Ketinggian	: > 900 meter diatas permukaan laut
Luas permukaan	: 1.100 km ²
Daerah tangkap air hujan	: 3.450 km ²
Panjang	: 87 km
Keliling	: 300 km
Lebar (bagian terlebar)	: 31 km
Kedalaman rata-rata	: 249 m
Yang terdalam	: 529 m
Kandungan air efektif	: 2.860 juta ton
Curah hujan sekitar danau	: 2.000 mm/tahun

Untuk menjaga ketinggian serta debit air yang akan dipakai untuk menggerakkan turbin, dibangunlah suatu penampung air yang disebut bendungan. Jika air yang datang terlalu banyak, maka bendungan akan membuka sistem pintu saluran pelimpahnya, agar air tidak meluap. Sebaliknya, jika air yang datang sedikit, bendungan akan menahan semua air yang datang, dan mengalirkan semuanya ke pembangkit listrik, dengan debit yang tepat, agar air yang dipakai di turbin tidak

lebih besar daripada air yang masuk ke bendungan. Pada saat musim hujan, air yang datang dari Danau Toba akan banyak. Jika bendungan menahan air terlalu banyak, maka ketinggian air di Danau Toba akan meningkat dan membuat dataran sekitar danau menjadi banjir. Jika bendungan dibuka sebesar-besarnya, maka pemukiman dibawah akan mengalami banjir. Oleh karena itu, perhitungan yang tepat harus dilakukan untuk menjaga kedua lokasi tersebut tidak mengalami banjir. Disitulah bendungan juga berperan sangat penting. PT Inalum memiliki tiga bendungan atau dam yang memiliki fungsinya masing masing serta tipe bendungan yang berbeda. Bendungan-bendungan atau dam tersebut ialah Regulating Dam, Siguragura Dam, dan Tangga Dam.

1.7.2.1. Regulating Dam (Bendungan Pengatur)

Bendungan ini dibangun di Siruar, yaitu sekitar 14,5 km dari mulut Danau Toba, dan berfungsi untuk mengatur debit air keluar dari danau supaya debit air mengalir dengan konstan dan stabil ke bendungan-bendungan dibawahnya serta ke stasiun pembangkit listrik.



Gambar 1.7.2.1. Regulating Dam

1.7.2.2. Siguragura Dam (Bendungan Siguragura)

Bendungan ini terletak di Simorea, sekitar 9 km di hilir *Regulating Dam*. Bendungan ini berfungsi untuk menciptakan *head* yang tinggi, serta untuk mengatur besarnya debit air yang akan dialirkan ke Siguragura *Power Station* melalui *Head race tunnel*. *Head race tunnel* atau terowongan saluran atas ini mempunyai diameter 6,0 m dengan panjang 983m yang terbuat dari beton.



Gambar 1.7.2.2. Siguragura Dam

1.7.2.3. Tangga Dam (Bendungan Tangga)

Bendungan ini ialah bendungan terakhir milik PT Inalum. Lokasi bendungan ini sekitar 28,2 km dari Danau Toba. Bendungan ini menerima pasokan air dari Siguragura *Power Station* dan juga dari sungai-sungai kecil, sehingga debit dan tinggi air pada bendungan ini lebih besar dibandingkan dengan Siguragura Dam.



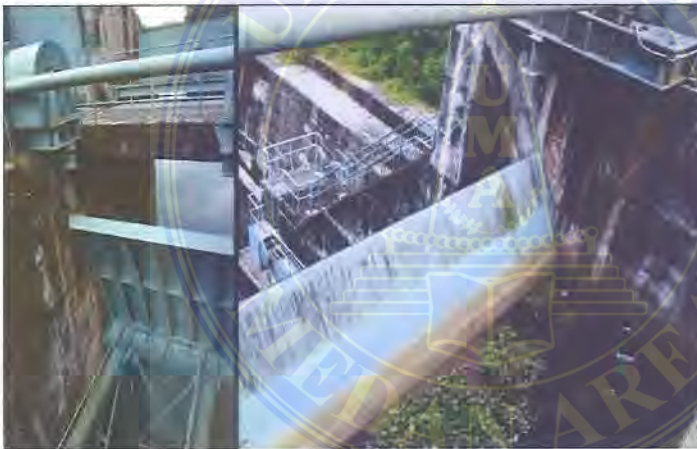
Gambar 1.7.2.3 Tangga Dam

1.7.3. Fasilitas Pendukung Bendungan

Untuk mendukung bendungan tersebut diatas, maka dibuatlah beberapa fasilitas pendukung bendungan sebagai berikut:

1.7.3.1. Pintu Saluran Pelimpah (*Spillway Gate*)

Gambar 1.73.1. merupakan *Spillway Gate* dibuat untuk menghindari terjadinya banjir di daerah sekitar sungai asahan dan danau toba, sambil menjaga agar ketinggian air di Danau Toba berada diantara 902,4 m dan 905,0 m diukur dari permukaan laut. Pada operasi normal tanpa banjir, pembuangan air dari *spillway gate* di bendungan Siguragura dan Tangga diusahakan tidak ada, dengan demikian semua air sungai digunakan untuk membangkitkan energi listrik.



Gambar 1.7.3.1. *Spillway Gate*

1.7.3.2. Pintu Pengambil Air (*Intake Gate*)

Intake Gate (gambar 1.73.2.) adalah fasilitas yang dipakai untuk mengambil air dari bendungan ke dalam saluran air. Pintu ini didesain agar memungkinkan masuknya air dari bendungan dengan tinggi permukaan berapapun juga.



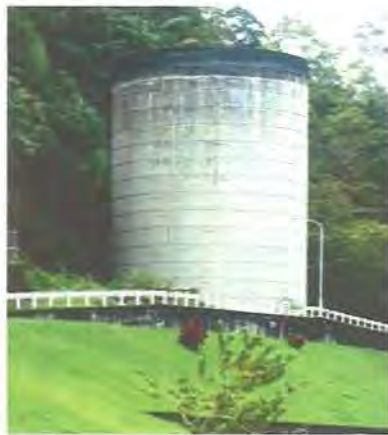
Gambar 1.7.3.2. Intake Gate

1.7.3.3. Terowongan Saluran Atas (*Head Race Tunnel*)

Head Race Tunnel adalah saluran air dari bendungan pengambilan air menuju tangki peredam (*surge tank*). Data-data dari *head race tunnel*

1.7.3.4. Tangki Peredam (*Surge Tank*)

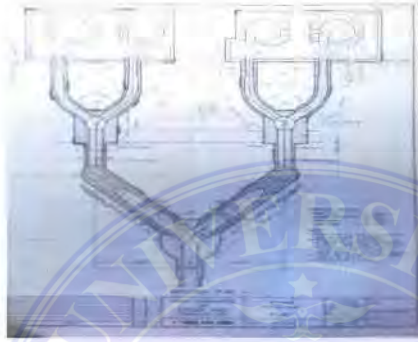
Dari *head race tunnel* air diteruskan ke *surge tank* sebelum diteruskan ke pipa pesat (*penstock*). *Surge tank* (Gambar 3.9) ini berfungsi untuk membuang gelembung-gelembung udara dari air, sekaligus menenangkan air sebelum masuk ke pipa pesat. Hal ini bertujuan untuk menghindari kavitasi dan *water hammer* pada sudu-sudu turbin.



Gambar 1.7.3.3. Surge Tank

1.7.3.5. Pipa Pesat (Penstock)

adalah pipa saluran air *intake dam* menuju turbin. *Penstock* dapat dibuat di atas permukaan tanah ataupun di bawah tanah, tergantung kepada geografis dan geologinya. Di Siguragura dan Tangga, *penstock* dipasang dibawah permukaan tanah dengan jenis pipa baja dibungkus dengan beton. Masing-masing terdiri dari dua jalur, kemudian setiap jalur dibagi dua lagi, sehingga tiap turbin dilayani oleh satu saluran.



Gambar 1.7.3.5 Gambar Teknik Penstock

1.7.3.6. Kolam Penenang (Stilling Basin)

Kolam ini dibangun setelah bendungan. *Stilling Basin* pada ini berfungsi untuk menghindari tumbukan air yang cukup besar pada aliran sungai yang asli pada saat *spillway gate* dibuka, karena perbedaan ketinggiannya yang cukup besar.



Gambar 1.7.3.7. Stilling Basin

1.8. Sistem Transmisi Listrik

Saluran transmisi merupakan penghubung antara pusat pembangkit, sistem distribusi, dan beban. Saluran transmisi dapat berupa saluran udara maupun saluran bawah tanah. Untuk saluran udara, memerlukan menara dan isolator untuk menyangga konduktor, sedangkan saluran bawah menggunakan kabel yang ditanam di bawah tanah.

Saluran transmisi dari Siguragura sampai ke gardu induk Kuala Tanjung memiliki jarak kurang lebih 120 km. Daya listrik yang dihasilkan dari kedua PLTA sebesar 513 MW pada keadaan beban puncak, maka sistem transmisi tegangan tinggi sangat sesuai. Seperti diketahui, normalisasi berbagai tegangan di Indonesia adalah 150 kV, 220 kV, 500 kV, sedangkan sistem 275 kV adalah sistem tegangan standar Jepang. Atas dasar pertimbangan dan persetujuan pihak Indonesia, dalam hal ini adalah PLN dan PT Inalum, dan setelah terlebih dahulu diadakan studi perbandingan secara teknik dan ekonomis dari pada ketiga sistem tegangan (220 kV, 275 kV, 380 kV) maka akhirnya tegangan 275 kV dipilih untuk sistem transmisi. Sistem transmisi ini pada dasarnya digunakan untuk kebutuhan pabrik peleburan Aluminium di Kuala Tanjung.

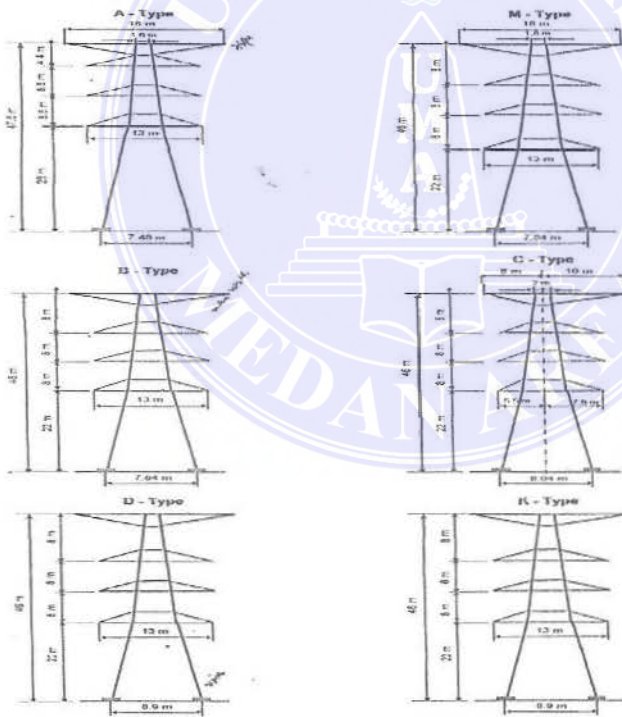
Jaringan transmisi 275 kV telah dirancang *double circuit* (sirkuit ganda) #1L dan #2L, dan dapat mengirimkan energi listrik secara penuh walaupun sirkuit yang satunya sedang mengalami gangguan. Pabrik peleburan aluminium memerlukan tenaga listrik yang sangat stabil, dimana bila terjadi pemutusan melebihi 120 menit maka akan terjadi kerusakan yang serius pada proses peleburan aluminium.

Untuk menghantarkan daya dari pembangkit Siguragura ke Kuala Tanjung, maka digunakan saluran transmisi berupa hantaran udara dimana tegangan saluran transmisi 275 kV, jenis kawat yang digunakan adalah TACSR (Thermoresistance Aluminium Conductor Steel Reinforced) 330 mm² 2 fasa. Untuk menghindari dari sambaran petir, maka digunakan ground wire (kabel bawah tanah) As / AW 3x70 mm², 3 line dengan luas penampang 70 mm² terbuat dari aluminium (Luminium Clad Steel Wire).

Untuk menopang kawat penghantar dan kawat tanah, digunakan tower dengan rentang rata-rata 400 meter (lihat pada Gambar 1.8). Tower ini terdiri

UNIVERSITAS MEDAN AREA 1 tower. Jenis-jenis towernya adalah :

1. Tipe-A (tipe tower tompam/suspension) yaitu tower yang mempunyai sudut horizontal sampai dengan 20° , berjumlah 192 unit.
2. Tipe-M (tipe tower tekan/tension) yaitu tower yang mempunyai sudut horizontal sampai dengan 10° , berjumlah 24 unit.
3. Tipe-B (tipe tower tekan/tension) yaitu tower yang mempunyai sudut horizontal sampai dengan 20° , berjumlah 21 unit.
4. Tipe-C (tipe tower tekan/tension) yaitu tower yang mempunyai sudut horizontal sampai dengan 35° , berjumlah 21 unit.
5. Tipe-K (tipe tower tekan/tension) yaitu tower yang mempunyai sudut horizontal sampai dengan 60° , berjumlah 9 unit.
6. Tipe-D (tipe tower tekan/tension) yaitu tower untuk terminal, berjumlah 4 unit



Gambar 1.8. Profil jaringan transmisi tipe A, tipe M, tipe B, tipe C dan tipe D&K

1.9. Sistem Distribusi Listrik

1.9.1 Distribusi 22 kV

PLTA Siguragura dengan empat generator, masing-masing menghasilkan tegangan 11 kV dan di alirkan ke transformator *step down* 6,6 kV dan dinaikkan lagi tegangan menjadi 22 kV yang digunakan untuk pengoperasian *Regulating Dam*, *Siguragura Dam*, *Tangga Dam* serta kebutuhan listrik perumahan karyawan. Tegangan 22 kV didistribusikan ke *Tangga Power Station* sebagai penggerak awal pengoperasian turbin-generator, hal ini dimanfaatkan untuk pengoperasian peralatan pendukung turbin-generator dengan mengubah tegangan dari 22 kV \longrightarrow 6,6 kV \longrightarrow 380 V.

1.9.2. Distribusi 380 V

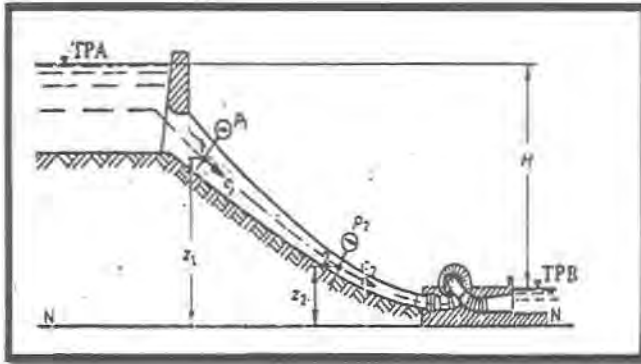
Tegangan listrik 11 kV yang dihasilkan masing-masing generator diturunkan tegangannya melalui *local* transformator menjadi 6,6 KV dan selanjutnya tegangan ini kembali diturunkan menjadi 380 V oleh transformator *step down* yang digunakan untuk pengopersian alat pendukung turbin-generator di Siguragura, peralatan elektrik kantor dan peralatan sistem sirkulasi udara.

1.10. Teori Turbin Air

1.10.1. Sejarah dan Perkembangan Turbin Air

Turbin air adalah turbin dengan fluida kerja berupa air. Pada prinsipnya, air yang memiliki perbedaan energi potensial atau energi kinetik, kemudian air 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 tekanan sebelum fluida masuk ke *guide vane* (GV), kemudian sebagian atau seluruh energi tekanan diubah menjadi energikinetik pada waktu fluida melewati *guide vane* (GV). 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 merubah energy mekanik menjadi energy listrik. Gambar 1.10.1 menunjukkan instalasi turbin air.



Gambar 1.10.1. Instalasi Turbin Air
Sumber: Dietzel (1996)

Menurut Dietzel (1996), Turbin air dikembangkan pada abad ke-19 dan digunakan secara luas untuk tenaga industri untuk jaringan listrik. Sekarang lebih umum dipakai untuk generator listrik. Turbin ini dimanfaatkan secara luas dan merupakan salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. Kincir air sudah sejak lama digunakan untuk tenaga industri. Perkembangan kincir air menjadi turbin modern membutuhkan jangka waktu yang cukup lama. Perkembangan yang dilakukan dalam waktu revolusi industri menggunakan metode dan prinsip ilmiah. Mereka juga mengembangkan teknologi material dan metode produksi baru pada saat itu. Kata "turbine" ditemukan oleh seorang insinyur Perancis yang bernama Claude Bourdin pada awal abad 19, yang diambil dari terjemahan bahasa latin dari kata 'Whirling' (putaran) atau 'vortex' (pusaran air). Perbedaan dasar antara turbin air dengan kincir air adalah komponen putaran air yang memberikan energi pada poros yang berputar. Komponen tambahan ini memungkinkan turbin dapat memberikan daya yang lebih besar dengan komponen yang lebih kecil. Turbin dapat memanfaatkan air dengan putaran lebih cepat dan dapat memanfaatkan head yang lebih tinggi.

Menurut Dietzel (1996), Ján 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 merupakan mesin yang simpel yang masih diproduksi saat ini untuk pembangkit tenaga listrik skala kecil.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

turbin. Pada tahun 1820, Jean-Victor Poncelet mengembangkan turbin aliran kedalam, lalu 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. Air berputar hingga putaran yang semakin cepat, dan berusaha menambah kecepatan untuk membangkitkan energi. Energi tersebut dibangkitkan 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.

1.10.2. Klasifikasi Turbin Air

1.10.2.1. 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 nosel tekanannya sama dengan tekanan atmosfer. Turbin yang termasuk didalam kategori turbin impuls ini ialah:

1.10.2.2. 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

1.10.2.3. Turgo

Turbin Turgo dapat beroperasi pada head 30 s/d 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari nozel membentur sudu pada sudut 20 o. 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.

1.10.2.4. 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.

1.10.2.5. 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 m³/sec. Turbin aliran pemasukan air ke sudu turbin secara radial. Air dialirkan melewati sudu-sudu jalan yang membentuk silinder, pertamanya 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, pertamanya 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.

1.10.2.6. 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

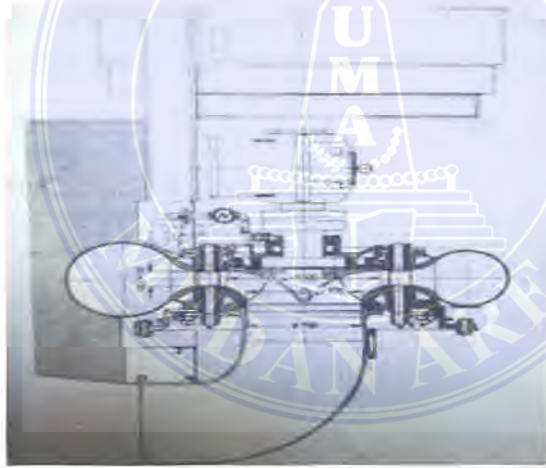
1.10.2.7. Kaplan

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.

1.10.2.8. Francis

Turbin Francis (Gambar 1.10.2.7) 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 1.10.2.8 Turbin Francis
Sumber: Dietzel (1996)

1.11. Bagian-bagian Turbin Air Francis

Turbin francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin ini mempunyai 3 bagian utama yaitu *runner*, *guide vane* (sudu pengarah), dan rumah turbin (*casing*).

1.11.1. Runner

Merupakan bagian turbin Francis yang dapat berputar, terdiri dari poros dan sudu gerak turbin yang berfungsi mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik.



Gambar 1.11.1 Runner

1.11.2. Casing

Merupakan saluran yang menyerupai rumah siput dengan bentuk penampang melintang lingkaran. Berfungsi untuk menampung fluida sebelum melewati *guide vane* dan *runner*.



Gambar 1.11.2 Casing

1.11.3. Guide vane

Berfungsi sebagai pengarah aliran air dari katup pengatur kapasitas dari *casing* ke *runner* dan berfungsi menaikkan kecepatan aliran air sebelum menuju *runner*.



Gambar 1.11.3 *Guide vane*

1.11.4. Pipa Inlet

Merupakan bagian yang berfungsi untuk meneruskan air yang akan masuk ke casing.



Gambar 1.11.4. Pipa inlet

1.11.5. Draft Tube

Merupakan bagian yang berfungsi untuk meneruskan air dari turbin ke saluran pembuangan dengan menggunakan tinggi jatuh air.



Gambar 1.11.5 *Draft Tube*

1.12. Prinsip Kerja Turbin air Francis

Turbin francis bekerja dengan memakai prinsip kerja turbin reaksi. Air masuk ke *guide vane* memiliki tekanan tinggi, kemudian dirubah menjadi energi kinetik. Perubahan dari energi tekanan menjadi energi kinetik secara keseluruhan terjadi pada sudu pengarah. Dari sudu pengarah air melewati sudu gerak. Pada sudu gerak (*runner*) tidak terjadi perubahan tekanan dan kecepatan relatif fluida. Tetapi kecepatan absolut fluida berkurang ketika melewati *runner*, karena fluida menumbuk dan menggerakkan sudu gerak yang selanjutnya memutar poros turbin, yang juga merupakan poros sudu gerak. Disini terjadi perubahan energi kinetik menjadi energi mekanik. Turbin francis merubah energi fluida menjadi kerja yang berupa putaran pada poros turbin.

Perubahan atau energi fluida sebelum masuk turbin dan sesudah keluar dari turbin disebut sebagai *head drop*. *Head* fluida adalah total energi yang dimiliki oleh fluida tiap satu satuan berat, terdiri dari energi potensial, energi tekanan dan energi kinetik. Perubahan energi pada turbin air Francis secara garis besar adalah dari energi potensial menjadi energi tekanan sebelum masuk *guide vane*, kemudian menjadi energi kinetik setelah keluar dari *guide vane* dan selanjutnya menjadi energi mekanik pada poros turbin yang dikelilingi oleh sudu gerak. Energi potensial (E_p) adalah energi yang tersimpan pada benda karena kedudukannya/ketinggiannya. Sebagai contoh, energi potensial air adalah energi yang dimiliki air karena ketinggian dari permukaan referensi.

$E_p = m \cdot g \cdot h$ Energi kinetik (E_k) adalah energi suatu benda karena bergerak dengan kecepatan V , contohnya air yang bergerak.

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

Energi mekanik (E_m) adalah penjumlahan dari energi kinetik dengan energi potensial.

$$E_m = E_k + E_p$$

1.13. Penentuan Jenis Turbin Air

Untuk dapat menentukan jenis turbin air yang sesuai, banyak parameter yang harus ditinjau. Pertimbangan akan segala untung dan rugi dari masing-masing turbin, dan mengaitkannya dengan kondisi air yang akan menjadi sumber energinya harus dilakukan, karena untuk kondisi air yang sama, ada banyak kemungkinan turbin yang cocok. Untuk jenis turbin air yang dipakai pada suatu PLTA, pada umumnya didasarkan pada dua jenis parameter, yaitu berdasarkan ketinggian air jatuh (Head, H) dan berdasarkan kecepatan spesifik (N_s). Pemilihan jenis turbin berdasarkan kedua jenis parameter tersebut ialah pada Tabel 1.13 sebagai berikut:

Tabel 1.13 Daerah Operasi Turbin Berdasarkan Head (H) dan Kecepatan Spesifik (N_s)

Jenis Turbin	Variasi Head (m)	Kecepatan Spesifik/ N_s (rpm)
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	$40 < H < 200$	$20 < N_s < 70$

Untuk suatu kondisi air tertentu (Q dan H tertentu), berdasarkan kecepatan spesifiknya dapatlah dipilih/ditentukan jenis turbin yang senaiknya digunakan agar dapat diperoleh efisiensi yang maksimum. Untuk hal tersebut dapat dipergunakan sebagai pedoman angka-angka pada tabel 1.13.1

Tabel 4.2. Jenis Roda Turbin Air dan Kecepatan Spesifiknya

Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik N_s , (rpm)	Efisiensi η_t , %	Tinggi Air Jatuh H, ft
Impuls (Pelton)	2-4	85-90	6.000-2.000
	4	90	2.000
Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik N_s , (rpm)	Efisiensi η_t , %	Tinggi Air Jatuh H, ft
Francis	4-7	90-82	2.000-400
	30-82	90-94	500
	82-90	94-93	500-70
			70-45
Kaplan	100-140	94	100-15
	140-250	94-85	15-0

1.14. Generator

Generator adalah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik. Generator ini bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Generator yang dipakai di PT Inalum adalah generator AC (*Alternating Current*). Generator AC merupakan suatu jenis mesin listrik yang berfungsi untuk merubah energi listrik berupa tegangan bolak-balik (AC). *Alternating* ini memiliki keluaran yang berupa suatu hasil daya arus bolak-balik, maka alternator ini dapat digunakan untuk mensuplai ke beban-beban yang diperlukan, seperti penerangan, menggerakkan motor-motor listrik di pabrik dan sebagainya.



Gambar 1.14.AC Generator

1.14.1. Data Teknik PLTA Sigura-Gura

No	Unit	Satuan
1	Generator daya terpasang 4 unit	286 MW
	a. Daya tetap	203 MW
	b. Daya puncak	244 MW
	c. Daya setiap unit	71,5 MW
2	Tegangan	11000 V
3	Frekuensi	50 Hz
4	Putaran	333 Rpm
5	Buatan	Thosiba
6	Turbin daya per unit	
	a. Max	73,2 kW
	b. Normal	73,2 kW
	c. Min	71 kW
7	Tinggi netto	
	a. Max	230,9 m
	b. Normal	218 m
	c. Min	214,2
8	Debit Max	37,6 m ³ /s
9	Bangunan PLTA	
	a. Panjang	93 m
	b. Lebar	17,9 m
	c. Tinggi	35,9 m
10	Volume galian	53800 m ³
	Volume beton	20000 m ³
11	Terowongan saluran atas	983 m
	Terowongan diameter	6 m
	Terowongan masuk PLTA	908 m
12	Jumlah jalur pipa pesat 2-4	
	a. Panjang	261 m
	b. Diameter	4-2 m
13	Trafo 4 unit	317,6 MVA
	a. Tegangan tapping trafo	10,5/275- 261,25- 285,5 KV
	b. Panjang medan saklar	285 m
	c. Lebar medan saklar	82 m

1.15. Permanent Magnet Generator

merupakan generator sinkron yang menggunakan magnet permanen di rotornya. PMG ini berfungsi sebagai penyuplai arus eksitasi (perpindahan elektron dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi dengan menyerap energi) ke exciter (Exciter adalah bagian generator yang berfungsi

untuk pembangkitan tegangan sebagai sumber arus mains rotor untuk pembentukan kutub) stator. Pada saat awal generator berputar tegangan GGL (Gaya gerak Listrik) akan dibangkitkan di PMG stator. Tegangan 3 fasa pada PMG stator tersebut akan dihububungkan ke AVR (Automatic Voltage Regulator, Adalah bagian dari Generator yang berfungsi mengatur , mengontrol dan memonitor tegangan yang keluar dari mains stator berdasarkan prinsip umpan balik / feed back dimana output dimonitor untuk mengontrol input supaya terjadi keseimbangan antara tegangan keluar dengan tegangan reference, sehingga tegangan yang keluar dari generator selalu konstan dengan berbagai level beban). AVR akan berfungsi sebagai rectifier yang menyearahkan arus AC dari PMG menjadi arus DC. Setelah itu perangkat elektronika daya pada AVR akan mengatur tegangan eksitasi ke exciter stator. Sama seperti generator pada umumnya, pada PMG juga terdapat rotor dan stator. Rotor (bagian yang berputar) menggunakan magnet permanent, dan stator merupakan kumparan jangkar. PMG digunakan pada turbin Francis vertikal milik PT Inalum, lebih tepatnya pada Plta Tangga .



Gambar 1.15. Permant Magnet Generator

1.16. Speed Sensor Generator

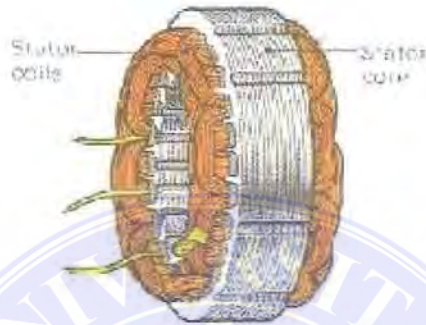
SSG (Speed Sensor Generator) terdapat pada bagian atas generator, fungsi dari SSG hampir sama dengan PMG tetapi perbedaannya adalah SSG memiliki tingkat kepresisian yang tinggi dari pada PMG. SSG telah diterapkan pada Turbin di SGP milik PT Inalum. Pada SSG terdapat beberapa komponen seperti Upper Shaft Slip Ring dan Collector Shaft.

1.17. Bagian Bagian Generator

Terdapat dua bagian penting yang perlu diketahui pada generator, yaitu:

1.17.1. Stator

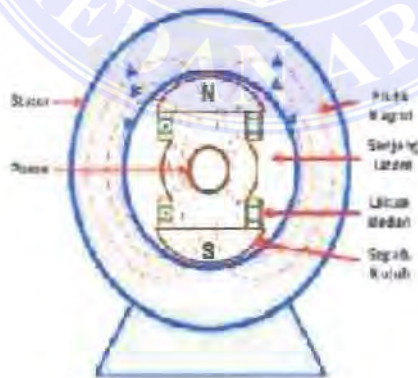
Stator adalah bagian yang statis atau tidak bergerak, terdiri dari kumparan-kumparan tembaga dan inti besi



Gambar 1.17.1. Stator

1.17.2. Rotor,

Rotor adalah bagian yang berputar, terdiri dari lilitan dan kutub-kutub magnet yang akan menghasilkan fluks magnet



Gambar 1.17.2. Rotor

1.18. Governor

Governor adalah sistem pengatur kecepatan putar turbin dan sistem pengaturan frekuensi output generator, seperti dapat dilihat bentuknya pada Gambar 1.18. Jika beban listrik naik atau turun, maka kecepatan putar turbin akan berubah, dan otomatis frekuensi output generator pun akan berubah. Hal ini tidak boleh terjadi, karena peralatan listrik di Indonesia di desain untuk bekerja pada frekuensi sekitar 50Hz. Oleh karena itu, governor mengatur kecepatan putar turbin, dengan cara governor akan memerintahkan servomotor untuk menggerakkan guide vane, sehingga debit air yang masuk ke runner turbin sesuai.



Gambar 1.18. Governor

BAB II

STUDI KASUS

2. Pemeliharaan dan Perawatan Turbin Francis

2.1. Umum (Pemeliharaan dan Perawatan)

Salah satu bagian terpenting pada pembangkit listrik tenaga air melakukan pekerjaan perawatan dan pemeliharaan turbin. pemeliharaan dan perawatan ini tentu mengurangi tingkat kerusakan bagi Turbin yang akan di gunakan sehingga diharapkan operasional pada pembangkit tersebut dapat berjalan dengan lancar dan terjamin serta tidak mengganggu produksi aluminium pada perusahaan PT.Indonesia Asahan Aluminium Yang menyebabkan kerugian nantinya.

Suatu Pemeliharaan sederhana adalah suatu kegiatan memelihara, menjaga, mengawasi, penggantian, perbaikan pada fasilitas peralatan dan komponen turbin agar operasional produk perusahaan sesuai dengan harapan dan tujuan dari perusahaan itu sendiri. Kerusakan pada Turbin menyebabkan terhambatnya pengolahan dan terganggunya proses produksi. perusahaan, kerusakan ini juga akan dapat merusak alat dan komponen yang lainnya.

Di PT. Inalum sendiri yang menggunakan sebuah pembangkit tenaga air dengan jumlah delapan pembangkit untuk kelancaran produksi aluminium.

produksi pengolahan aluminium pada pabrik peleburan yang terus dilakukan secara kontinuitas ketika terjadwal untuk pengolahan maka turbin yang bekerja dan beroperasi terus menerus akan mengalami penurunan kinerja tentu dapat menyebabkan sebuah gangguan Untuk mengatasi masalah di atas dapat dibuat suatu program peningkatan kegiatan pemeliharaan dan pengawasan yang terencana dan terjadwal.

2.1.1. Tujuan Pemeliharaan dan perawatan

Pemeliharaan dan Perawatan turbin adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dan komponen dapat berfungsi sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan-kerusakan. Adapun dari tujuan pemeliharaan dan pengawasan menjamin keandalan sistem antara lain:

1. Untuk mencegah supaya sudut pada turbin francis tidak patah maka proses pemeliharaan sangat diperlukan terutama pada bagian penyaringan supaya kerikil tidak masuk ke turbin
2. Agar daya yng di hasikan tetap stabil maka perlu memperhatikan debit air yang masuk terutama pada bagian intake atau pintu pengamilan air
3. Untuk mempertahankan keandalan peralatan pembangkit terutama pada bagian komponen
4. Meningkatkan Safety peralatan.
5. Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.

2.2. Jenis-Jenis Pemeliharaan dan Perawatan

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 misal terjadi kerusakan tiba-tiba atau emergency maintenance, shingga dibutuhkan tindakan perbaikan

2.2.1. Jenis-jenis pemeliharaan dan perawatan Turbin Francis adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan Predictive Maintenance (Conditional Maintenance) adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan dan komponen Turbin, apakah dan kapan kemungkinannya peralatan dan komponen turbin tersebut menuju kegagalan. Dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini.

2. Pemeliharaan Preventive Maintenance (Time Base Maintenance) adalah kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan dan komponen Turbin secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan dan komponen yang optimum sesuai umur teknisnya.
3. Pemeliharaan Korektif (Corrective Maintenance) adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu-waktu tertentu ketika peralatan dan komponen Turbin, mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan . Pemeliharaan penggantian suku cadang/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana.
4. Breakdown Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat.
 - a. Perawatan Darurat (Emergency Maintenance) adalah pemeliharaan yang harus segera di lakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tak terduga.
 - b. Penghapusan adalah memindahkan peralatan yang rusak dari tempat kerja. Penghapusan dilakukan melalui pertimbangan matang, dan setelah segala usaha-usaha perawatan tidak mungkin lagi dapat memperbaiki peralatan tersebut, atau bila peralatan tersebut telah mencapai batas usia pakainya.

2.3. SOP Pemeliharaan dan Perawatan Turbin francis

Kegiatan pemeliharaan dan pengawasan dilaksanakan untuk mempertahankan kondisi sistem produksi agar tetap bisa melaksanakan operasinya secara optimal. Dan tugas ini dapat menjadi prosedur dalam kegiatan maintenance. Dan sebelum memasuki pada tugas-tugasnya, terlebih dahulu mengartikan kegiatan maintenance. Kegiatan maintenance yaitu suatu usaha untuk

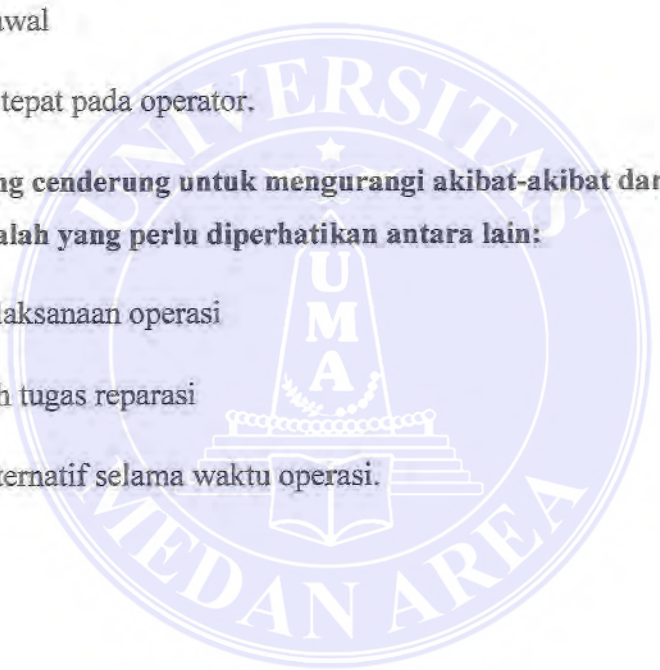
memelihara rehabilitas system pengoperasian pada tingkat yang diterima dan tetap memaksimumkan laba dan meminimumkan biaya. kegiatan pemeliharaan (Maintenance) ini mempunyai dua kategori dua kebijakan antara lain:

2.3.1. Kebijakan yang cenderung dilakukan untuk mengurangi tingkat dari kerusakan, yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan preventive (Pencegahan)
2. Simplikasi operasi (Produksi)
3. Penggantian awal
4. Intruksi yang tepat pada operator.

2.3.2. Kebijakan yang cenderung untuk mengurangi akibat-akibat dari kerusakan adalah yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Percepatan pelaksanaan operasi
2. Mempermudah tugas reparasi
3. Penyediaan alternatif selama waktu operasi.



BAB III

PENGUMPULAN DATA

3. Pengumpulan Data

3.1. Tahap Pemeliharaan

Adapun tahap-tahap pemeliharaan Turbin Francis adalah sebagai berikut:

1. Inspeksi (inspection)

Pada tahap ini kegiatan pemeliharaan meliputi kegiatan atau pemeriksaan secara berkala sesuai rencana serta membuat laporan dari hasil pengecekan atau pemeriksaan.

2. Kegiatan teknik (engineering)

Kegiatan teknik ini meliputi percobaan atas alat-alat yang baru dengan kegiatan ini akan terlihat kemampuan untuk melakukan percobaan dan perbaikan bagi perusahaan dan kemajuan peralatan.

3. Kegiatan produksi (production)

Pelaksanaan kegiatan yang disarankan atau diusulkan dalam kegiatan inspeksi dan kegiatan teknik dalam melaksanakan kegiatan service pada tahap operasional.

4. Kegiatan Administrasi (electrical work)

Merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan mengenai biaya-biaya dalam melakukan pemeliharaan dan pencatatan biaya-biaya lainnya yang berhubungan dengan kegiatan pemeliharaan tersebut.

5. Pemeliharaan bangunan (house keeping)

Kegiatan pemeliharaan bangunan merupakan kegiatan untuk menjaga agar bangunan gedung tetap terpelihara dan terjamin kebersihannya, dan kegiatan pemeliharaan peralatan yang tidak termasuk dalam kegiatan teknik dan produksi dari bagian

3.2. Persiapan pelaksanaan pemeliharaan

1. Melakukan Pemeliharaan Komponen

1. Turbin Francis di PLTA Membersihkan saringan air dari sampah dan kerikil yang menempel.
2. Gunakan peralatan keselamatan kerja
3. Periksa kebocoran pada pipa pesat (*penstock*)
4. Perbaiki bila ada kebocoran pada bagian pipa pesat (*penstock*) agar tidak mengurangi debit yang dibutuhkan oleh turbin *francis*.
5. Gunakan peralatan keselamatan kerja.

Jumlah unit pembangkit yang ada di PLTA Inalum adalah sebanyak 8 unit. Untuk menjaga proses operasi tetap berjalan stabil, maka dilakukanlah pemeliharaan atau perbaikan, baik yang dilakukan saat terjadi gangguan atau yang biasa disebut *corrective maintenance*, pemeliharaan untuk kepentingan analisa atau *predictive maintenance*, maupun pemeliharaan yang dilakukan secara periodik berdasarkan jam operasi unit pembangkit atau *utage maintenance*.

3.3. Melakukan Pemeliharaan bulanan pada bagian komponen turbin francis diantaranya:

3.3.1. Pemeliharaan *Spiral Case*

1. Membersihkan debu dan kotoran yang melekat pada *spiral case*.
2. Periksa kebocoran air
3. Periksa tekanan manometer
4. Kencangkan baut baut *manhole* Pemeliharaan *Guide Vane*
5. Periksa kekencangan *spie guidevane*
6. Periksa baut diabol
7. Periksa kebocoran air dari *seal guide vane*
8. Membersihkan peralatan dan area kerja Pemeliharaan *Runner Main*
9. Membuka *manhole draft tube*
10. Periksa kondisi *runner main shaft*

3.3.2. Pemeliharaan *Head Cover*

1. Membersihkan deksel turbin dari debu dan kotoran yang melekat.
2. Memeriksa kebocoran air
3. Memeriksa kekencangan baut baut *deksel*
4. Memeriksa kekencangan baut lubang
5. pengukuran *runner gap*
6. Pemeliharaan *Draft Tube*
7. Membersihkan *draft tube* dari kotoran dan debu yang melekat
8. Memeriksa kebocoran air
9. Memeriksa kondisi *Vacummeter*
10. Memeriksa kekencangan baut baut *draft tube*.

3.4. Penentuan kecepatan putaran turbin

Penentuan kecepatan putaran sesuai yang telah ada, dan sebagian nilai diasumsikan telah diketahui. Nilai tersebut ialah sebagai berikut (PLTA Tangga):

- Head (H) = 226,8 m
- Debit (Q) = 25,24 m³/s
- Jumlah kutub generator (p) = 18 kutub
-

Untuk mencari kecepatan putar (N) turbin, akan sama dengan mencari kecepatan putar generator, maka digunakan persamaan (1)..

$$N = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots (1)$$

f = frekuensi (Hz) = 50 Hz untuk di Indonesia

$$N = \frac{120 \cdot 50}{18}$$

$$N = 333 \text{ rpm}$$

3.5.Kemampuan PLTA

Head (H) = 226,8 m

Power				Debit			
R	S	T	U	DP	DQ	DR	DS
TNP Average Power(MW)							
#1	#2	#3	#4	Q			
				Q1	Q2	Q3	Q4
53	53	50	54	25,24	24,09	22,73	24,55
61	60	59	63	29,05	27,27	26,82	28,64
59	60	58	62	28,10	27,27	26,36	28,18
59	58	56	61	28,10	26,36	25,45	27,73
59	59	57	62	28,10	26,82	25,91	28,18
59	59	58	62	28,10	26,82	26,36	28,18
58	58	56	61	27,62	26,36	25,45	27,73

Gambar 3.5.

Daya yang dapat dihasilkan oleh suatu turbin air (P_t), secara umum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2):

$$P = g \times Q \times H \times \eta \times \rho \dots\dots\dots (2)$$

- Dimana :
- P = daya yang dihasilkan (Watt)
 - g = konstanta gravitasi (9,8 m/s)
 - Q = debit air (m³/s)
 - H = tinggi jatuh air (m)
 - η = efisiensi turbin dan generator
 - ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)

: $\eta_t = \text{efisiensi turbin} = 0.95\%$

$$\begin{aligned}
 P &= g \times Q \times H \times \eta \times \rho \\
 &= 9,8 \times 25.24 \text{ m}^3/\text{detik}^2 \times 226,8 \text{ m} \times 0,95 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 53.294.461,92 \text{ kg m}^2/\text{detik}^3 \\
 &= 53.294.461,92 \text{ joule/ detik} \\
 &= 53.294.461,92 \text{ Watt} \\
 &= 53.294 461 92 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

BAB IV

ANALISIS

Jumlah unit pembangkit yang ada di PLTA Inalum adalah sebanyak 8 unit Untuk menjaga proses operasi tetap berjalan stabil, maka dilakukanlah pemeliharaan atau perbaikan, baik yang dilakukan saat terjadi gangguan atau yang biasa disebut *corrective maintenance*, pemeliharaan untuk kepentingan analisa atau *predictive maintenance*, maupun pemeliharaan yang dilakukan secara periodik berdasarkan jam operasi unit pembangkit atau *utage maintenance*

Permasalahan yang sering terjadi pada suau turbin francis adalah timbulnya kavitasi . kavitasi adalah peristiwa gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir sehingga membentuk gelembung gelembung uap yang di sebabkan karena berkurangnya tekanan cair tersebut sampai di bawh titik jenuh uapnya Terjadinya fenomena ini akan akan sangat mengganggu kinerja turbin tersebut seperti terjadinya getaran pada pada turbin terjadi abrasi pada sudut turbin sehingga terjadinya efesiensi turbin serta rusaknya komponen komponen turbin.

Dan Yang menjadi alasan komponen turbin *francis (guide vane)* mengalamikerusakan adalah adanya kerikil yang masuk kedalam saluran air yang tidak tersaring hingga masuk kedalam saluran pipa pesat lalu menghantam bagian komponen tersebut hingga mengakibatkan kerusakan serta alasan kenapa terjadi penurunan daya yang dihasilkan itu diakibatkan dari adanya sumbatan sampah pada saringan yangakan menuju pipa *penstoct* sehingga debit air yang masukpun menjadi berkurang hingga daya yang dihasilkan mesin pembangkit tersebut kurang. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa debitsangat mempengaruhi daya listrik untuk menghasilkan listrik

DAFTAR PUSTAKA

<http://www.inalum.co.id/article/sejarah-singkat.html>,

https://id.wikipedia.org/wiki/Energi_alternatif,

<http://alverdi.blogspot.co.id>,

<https://amarnotes.wordpress.com/2013/06/29/apa-itu-scada/>,

<https://tajilapak.wordpress.com/2012/11/23/turbin-pelton/>

<https://www.google.com/patents/US1796732>.

<http://novangiri.blogdetik.com/2011/01/05/permanent-magnet-generator>

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://jurnal.unma.ac.id/index.php/ST/article/download/916/872&ved=2ahUKEwi2jb6t2pfuAhWibisKHSvgCyMQFjAAegQIAxA>

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://jurnal.unma.ac.id/index.php/ST/article/download/916/872&ved=2ahUKEwi2jb6t2pfuAhWibisKHSvgCyMQFjAAegQIAxA>

