

LAPORAN PENGALAMAN LAPANGAN INDUSTRI

**“ANALISA PENYEBAB KERUSAKAN PADA GEAR DAN BEARING
OPENING GATE INTAKE DI PLTA BATANG AGAM”**



Oleh

Arif Rahman

NIM: 1302501 /2013

Jurusan Teknik Mesin

Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2017**

LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN

**Laporan Ini Disampaikan Untuk Memenuhi Sebagian Dari Persyaratan
Penyelesaian Pengalaman Lapangan Industri (PLI) FT UNP Padang
Semester Januari-Juni 2017**

Oleh

Arif Rahman

NIM. 1302501 / 2013

Jurusan Teknik Mesin

Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin

Diperiksa dan Disahkan Oleh:

Pimpinan, Pembimbing di PT. PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera

Bagian Selatan Sektor Pengendalian Bukittinggi

Unit PLTA Batang Agam



**M. Adrian Kusuma
NIP.8508028B2**

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

**Laporan Ini Disampaikan Untuk Memenuhi Sebagian Dari Persyaratan
Penyelesaian Pengalaman Lapangan Industri (PLI) FT UNP Padang
Semester Januari-Juni 2017**

Oleh

Arif RAhman

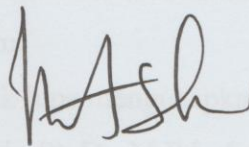
1302501 / 2013

Jurusan Teknik Mesin

Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin

Diperiksa dan disahkan oleh :

Dosen Pembimbing



Dr. Waskito, MT

NIP. 19610808 198602 1 001

a.n. Dekan FT UNP

Kepala Unit Hubungan Industri



Ir. Ali Basrah Pulungan, ST, MT

NIP. 19741212 200312 1 002

KATA PENGANTAR



Puji syukur Penulis ucapkan atas kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan Pengalaman Lapangan Industri di PT. PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Selatan Sektor Bukittinggi PLTA Batang Agam. Serta berhasil menyelesaikan penyusunan laporan Pengalaman Lapangan Industri dengan Judul ” ANALISA PENYEBAB KERUSAKAN PADA GEAR DAN BEARING OPENING GATE INTAKE DI PLTA BATANG AGAM”.

Dalam melaksanakan laporan ini penulis banyak menemui hambatan-hambatan dan kekurangan, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, hal tersebut dapat diselesaikan tepat waktu.

Untuk itu penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ganefri, Ph.D, M.Pd, Selaku Rektor Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Arwizet K,S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Drs. Bahrul Amin, M.Pd, selaku Kepala Unit Hubungan Industri Fakultas Teknik.
5. Bapak Dr. Refdinal, M.T, Koordinator Program PLI Jurusan Teknik Mesin.
6. Bapak Dr. Waskito, MT, Selaku dosen pembimbing PLI (Pengalaman Lapangan Industri).
7. Bapak M. Adrian Kusuma, Pimpinan, Supervisor Pemeliharaan Dan Pembimbing PLI di PLTA Batang Agam yang telah memberi bimbingan dan member masukan selama melaksanakan PLI di PLTA batang Agam.

8. Para Staf dan Karyawan PLTA Batang Agam, yang telah sangat membantu penulis selama melaksanakan PLI.
9. Kedua Orang Tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan kepada penulis baik secara moril dan materil serta doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
10. Rekan-rekan seperjuangan yang tak bisa disebutkan namanya satu persatu, yang turut melaksanakan Praktek Kerja Lapangan di PT. PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Selatan Sektor Bukittinggi PLTA Batang Agam. terima kasih atas bantuan, support, motivasi, saran, canda tawa, dan kebersamaannya.

Meskipun laporan ini telah diupayakan agar tersusun sedemikian rupa, namun masih terdapat kemungkinan adanya kesalahan dan kerancuan. Maka dengan itu, penulis sangat mengharapkan masukan berupa kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan berharap tulisan ini bermanfaat bagi diri penulis dan bagi yang membacanya.

Batu Hampar, Maret 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Pelaksanaan Pengalaman Lapangan Industri	1
B. Deskripsi Tentang PLTA Batang Agam	5
C. Perencanaan Kegiatan PLI di PLTA Batang Agam	20
D. Pelaksanaan Kegiatan PLI, Hambatan dan Penyelesaiannya	20
BAB II. SISTEM EKSITASI GENERATOR UNIT 3 DI PLTA BATANG AGAM	
A. Proses Pembangkitan Tenaga Listrik di PLTA Batang Agam	21
B. Kajian Teori	26
C. Pembahasan	39
BAB III. PENUTUP	
A. Kesimpulan	49
B. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Spesifikasi Turbin PLTA Batang Agam	16
Tabel 1.2. Spesifikasi Generator PLTA Batang Agam.....	17
Tabel 1.3. Perencanaan Kegiatan PLI di PLTA Batang Agam.....	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Bagunan Power House PLTA Batang Agam	5
Gambar 1.2. <i>Intake weir</i> PLTA Batang Agam	9
Gambar 1.3. <i>sand trap</i> PLTA Batang Agam	10
Gambar 1.4. <i>tunnel II</i> PLTA Batang Agam	10
Gambar 1.5. kolam tando PLTA Batang Agam	11
Gambar 1.6. <i>surge tank</i> PLTA Batang Agam	12
Gambar 1.7. <i>Valve Chamber</i> PLTA Batang Agam	13
Gambar 1.8. <i>Penstock</i> PLTA Batang Agam	13
Gambar 1.9. <i>Power House</i> PLTA Batang Agam	14
Gambar 1.10. <i>Tail Race</i> PLTA Batang Agam	14
Gambar 1.11. Turbin Hidraulik PLTA Batang Agam tampak depan	15
Gambar 1.12. Generator pada PLTA Batang Agam	16
Gambar 1.13 Transformator pada PLTA Batang Agam	17
Gambar 1.14. Governor pada PLTA Batang Agam	18
Gambar 1.15. Denah Geografis PLTA Batang Agam	19
Gambar 2.1. Proses Pembangkitan Tenaga Listrik PLTA BATang Agam	21
Gambar 2.2 Foto Kerusakan <i>Gear</i> dan <i>Bearing Opening Gate Intak</i>	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Mahasiswa PLI

Lampiran 2. Surat Permohonan PLI ke Industri..

Lampiran 3. Surat Izin Pelaksanaan PLI di PLTA Batang Agam

Lampiran 4. Surat Izin Masuk Lokasi Industri

Lampiran 5. Struktur Organisasi di PLTA Batang Agam

Lampiran 6. Denah Powe House PLTA Batang Agam

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Pelaksanaan Pengalaman Lapangan Industri FT UNP

Tujuan utama pendidikan nasional diarahkan pada pengembangan dan peningkatan sumber daya manusia (SDM), yaitu pengembangan manusia Indonesia seutuhnya yang meliputi wawasan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK), memiliki keterampilan dan bertakwa pada Tuhan Yang Maha Esa. Untuk mencapai tujuan tersebut, perlu dilaksanakan suatu program pendidikan dan penelitian secara berkesinambungan. Hal ini dimaksudkan agar terjadi keterkaitan yang baik antara dunia pendidikan dengan dunia industri dalam hubungan yang saling membutuhkan, saling melengkapi dan mendukung dalam pencapaian tujuan pembangunan.

Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang (FT-UNP) sebagai salah satu lembaga pendidikan yang bertugas menghasilkan tenaga kerja yang profesional dalam bidang pendidikan berupaya melaksanakan program-program pendidikan yang bertujuan menghasilkan lulusan yang tidak hanya memahami Ilmu Pengetahuan dan Teknologi secara konseptual dan teoritis di perkuliahan, tetapi juga mampu mengaplikasikan dan mengembangkan ilmu tersebut di lingkungan industri dan dunia kerja secara praktis. Salah satu upaya pencapaian tujuan tersebut maka Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang (FT-UNP) mengirimkan mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan akademik untuk melaksanakan Praktek Lapangan Industri (PLI). PLI merupakan suatu perwujudan pendidikan sistem ganda. Yang dimaksud pendidikan sistem ganda adalah pendidikan yang dilaksanakan pada dua lingkungan, yaitu lingkungan akademik dan di aplikasikan di lingkungan industri, dunia usaha, dunia kerja, dengan tujuan agar ilmu yang didapat selama perkuliahan dapat di aplikasikan dan dikembangkan di dunia industri setelah menyelesaikan studi di bangku perkuliahan.

Lama waktu pelaksanaan PLI dilaksanakan sesuai dengan beban Satuan Kredit Semester (SKS) yang diambil dan jumlah jam kerja perminggu dari industri tempat pelaksanaan PLI biasanya selama 45 hari sesuai dengan standar jam kerja di Indonesia.

Dalam pelaksanaannya PLI ini selain memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk melatih keterampilan yang dimiliki sesuai dengan bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi yang diajarkan, juga sebagai sarana latihan bagi mahasiswa dalam menghadapi dunia kerja. Melalui PLI ini mahasiswa diharapkan mampu memperoleh tambahan ilmu pengetahuan dan teknologi yang tidak diperoleh pada Perguruan Tinggi. Sekaligus juga sebagai pedoman bagi Perguruan Tinggi untuk memperoleh informasi mengenai kelayakan aplikasi ilmu pengetahuan serta mengetahui kebutuhan dunia kerja mengenai teknologi yang akan di kembangkan oleh Perguruan Tinggi, khususnya pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dengan pelaksanaan kegiatan PLI tersebut, diharapkan mahasiswa mampu menyempurnakan ilmu pengetahuan yang telah didapat selama perkuliahan dengan pengetahuan dan pengalaman kerja selama di dunia industri. Dengan demikian terjadi sinkronisasi perkembangan dunia industri dengan perkembangan kurikulum pendidikan di perkuliahan, sehingga lulusan yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan dan standar industri.

PLI juga dimaksudkan untuk memberikan wawasan yang lebih luas kepada mahasiswa mengenai perkembangan aktual di dunia industri. PLI dapat memberikan dampak positif bagi perusahaan, untuk menilai secara langsung kemampuan yang dimiliki mahasiswa, dengan tujuan mencari tenaga kerja yang sesuai atau dibutuhkan oleh perusahaan untuk mencapai tujuan perusahaan.

PT. PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Selatan Sektor Pengendalian Pembangkitan Bukittinggi unit PLTA Batang Agam sebagai salah satu Badan Usaha Milik Negara yang telah memanfaatkan Teknologi Elektronika, Instrumentasi dan Kontrol serta komputerisasi dalam proses

produksi sehari-hari, sangat diharapkan kontribusinya dalam proses peningkatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) sekaligus berbagi pengalaman kerja dan mampu memberikan contoh aplikasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yang sedang berkembang kepada mahasiswa untuk kemajuan dunia pendidikan demi terwujudnya masyarakat Indonesia yang bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berpendidikan, berilmu, produktif, adaptif dan kreatif.

Setelah pelaksanaan PLI ini diharapkan mahasiswa akan memiliki etos kerja yang baik untuk mendukung kemampuan serta keterampilan yang dimiliki terkait dengan kegiatan PLI yang dilaksanakan.

1. Tujuan Praktek Lapangan Industri

Kegiatan PLI bertujuan :

- a. Sebagai salah satu program perkuliahan yang harus diikuti oleh setiap mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- b. Mempraktekkan langsung di lapangan teori – teori yang telah didapat selama perkuliahan.
- c. Mempersiapkan diri memasuki dunia kerja.
- d. Malatih diri dan mencari pengalaman tentang disiplin kerja di industri.

2. Tempat pelaksanaan Pengalaman Lapangan Industri

Tempat mahasiswa melaksanakan PLI ditentukan oleh koordinator PLI atau dipilih oleh mahasiswa yang bersangkutan dengan kriteria sebagai berikut:

- a. Perusahaan atau Industri mempunyai badan hukum yang sah serta bergerak dalam bidang produksi dan jasa.
- b. Perusahaan atau Industri dalam melakukan kegiatan atau operasinya memerlukan tenaga kerja atau ahli yang bisa memberikan bimbingan kepada mahasiswa selama mengikuti PLI.
- c. Melalui kegiatan atau operasi yang dilakukan perusahaan, mahasiswa

dapat memperoleh pengalaman langsung dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan yang diperolehnya di FT UNP.

Berdasarkan kriteria diatas, penulis menghubungi dan mengajukan permohonan PLI di PT. PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Selatan Sektor Pengendalian Pembangkitan Bukittinggi unit PLTA Batang Agam. Dan hasilnya diperkenankan untuk melaksanakan PLI ditempat tersebut.

3. Tahap-tahap Pelaksanaan Pengalaman Lapangan Industri

Tempat pelaksanaan kegiatan PLI dipilih oleh mahasiswa atau dapat ditentukan oleh koordinator PLI. Tahapan awal penulis mengajukan proposal terhadap koordinator PLI untuk mengadakan kegiatan PLI di PT. PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Selatan Sektor Pengendalian Pembangkitan Bukittinggi unit PLTA Batang Agam, dan menentukan Dosen pembimbing selama kegiatan PLI. Kemudian penulis mengurus surat izin terhadap Unit hubungan Industri FT UNP Padang. Kemudian penulis mengajukan surat permohonan PLI pada PT. PLN (persero) Pembangkitan sumbagsel sektor bukittinggi PLTA Batang Agam. Setelah semuanya selesai dan disetujui kemudian penulis melaksanakan PLI di PT. PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Selatan Sektor Pengendalian Pembangkitan Bukittinggi unit PLTA Batang Agam. Adapun pelaksanaan PLI di PLTA Batang Agam, dilaksanakan selama 47 hari yang dimulai dari 13 februari s/d 31 maret 2017. Pelaksanaan disesuaikan dengan jadwal kegiatan.

B. Deskripsi Tentang PLTA Batang Agam

1. Profil PLTA Batang Agam



Gambar 1.1. Bagunan Power House PLTA Batang Agam

2. Sejarah Mengenai Pembangunan PLTA Batang Agam

Pembangunan PLTA Batang Agam merupakan salah satu pemanfaatan potensi air Batang Agam. Daerah aliran sungai Batang Agam merupakan daerah yang subur, bergunung – gunung dan di anugerahi curah hujan yang cukup tinggi, sungai Batang Agam tidak pernah kering sepanjang tahun dan airnya digunakan penduduk untuk berbagai keperluan seperti untuk pengairan pertanian, pengairan perikanan dan keperluan rumah tangga dan lain sebagainya.

Pembangunan PLTA Batang Agam yang terletak di perbatasan Kabupaten Agam dan Kabupaten Lima Puluh Kota akhirnya rampung sekaligus dengan distribusi jaringannya. Daerah – daerah yang mendapat bagian adalah daerah di sekitar Payakumbuh, Bukittinggi, Padang Panjang, Batusangkar, dan meliputi daerah pedesaan kabupaten Lima Puluh Kota, Kabupaten Agam, dan Kabupaten Tanah Datar.

Proyek ini merupakan proyek besar di Sumatera Barat selama Pelita I dan Pelita II. Kapasitas tenaga listrik yang dibangkitkan di proyek ini sekitar 10.500 kW. Pembangunan proyek PLTA Batang Agam sebenarnya sudah lama direncanakan sejak tahun 1927.

Pemerintah Belanda dalam hal ini Departemen Van Veerkeer en Waterstaat Agdeling Electricitiet telah melakukan survei, penyelidikan, pengukuran debit air, curah hujan dan topografi rampung dilakukan hingga tahun 1938, tetapi karena pecahnya Perang Dunia II, maka rencana proyek tersebut tertunda pelaksanaannya.

Pemerintah RI dalam hal ini Departemen PUTL tahun 1957 melakukan penelitian kembali tentang kemungkinan dibangunnya kembali proyek PLTA Batang Agam ini. Direncanakan waktu itu proyek tersebut akan rampung tahun 1966 dengan kapasitas 10.500 kW, tetapi karena terjadinya pergolakan daerah, rencana itu kembali mengalami hambatan.

Dalam keadaan yang tidak menentu itu, Ir. Januar Muin (Sarjana tamatan ITB) dikirim ke Bukittinggi untuk mengurus proyek yang belum tentu ujung kepastiannya. Pada bulan April 1965 ia meninggalkan Jakarta, tidak adanya perencanaan yang matang proyek ini dari pemerintah pusat, membuat dia kebingungan tentang apa yang harus dilakukannya, dia hanya dibekali dengan sebuah mobil sedan tua “consul”. Terus dengan delapan pegawai yang menggunakan belsuit dan 15 orang pegawai harian. Kerja sehari – hari hanya melihat – lihat tempat yang akan dijadikan PLTA.

Proyek yang masih dalam bentuk bukit tandus dan padang pengembalaan, tidak ada tanda-tanda bahwa tempat ini akan menjadi proyek besar untuk ukuran Sumatera Barat. Namun demikian setiap hari ia mencoba mengumpulkan data- data tentang kelistrikan di Sumatera Barat akan pentingnya proyek itu, karena masih sangat minimnya tenaga listrik yang ada di daerah ini.

Setelah pemerintahan orde baru, Ir. Januar Muin bersama dengan

Gubernur Sumbar Drs. Harun Zain pada waktu itu melakukan pendekatan–pendekatan, baik resmi maupun tidak resmi kepada pejabat pemerintah pusat di Jakarta. Barulah pada tahun 1959 mulai dikerjakan aktif, karena proyek ini sudah resmi dimasukkan dalam Pelita I. Namun kelanjutannya diperlukan biaya yang cukup besar untuk pembelian alat – alat elektromekaniknya.

Pada suatu sidang kabinet, proyek PLTA Batang Agam dibicarakan. Menurut Menteri Sutami pembicaraan tersebut berlangsung dalam situasi yang tidak menguntungkan. Proyek ini hampir dihapuskan dari Pelita I. Sidang itu meninjau dua kemungkinan karena kekurangan keuangan pemerintahan, Menteri Pertambangan Ir.Sumantri Brojonegoro menyarankan agar tambang Batu bara Ombilin yang harus diselamatkan terlebih dahulu, karena ditambang tersebut ada pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), lebih baik ini yang diperbaiki, sedangkan PLTA Batang Agam ditunda dulu. Dalam sidang tersebut, Menteri Sutami meminta kesempatan untuk meninjau proyek PLTA Batang Agam terlebih dahulu, sebelum diputuskan untuk dihapuskan dari Pelita I. Pada bulan April 1970, Menteri Sutami datang ke Sumatera Barat, ia mengadakan diskusi – diskusi dengan pemerintah daerah, mengumpulkan data – data serta mendengarkan pendapat banyak pihak tentang PLTA Batang Agam. Selain kurangnya tenaga listrik di Sumatera Barat padahal potensi tenaga listrik di daerah itu cukup besar.

Akhirnya Menteri Sutami berkesimpulan untuk melanjutkan proyek ini, walaupun harus dikerjakan dengan alat – alat yang tradisional, agar proyek ini terus berjalan lancar. Melihat adanya tanda – tanda lampu hijau ini, Ir. Januar Muin merasa harga dirinya pulih. Kini ia akan dapat memimpin sebuah proyek besar dalam ukuran besar Sumatera Barat waktu itu. Untuk keperluan itulah pada tahun 1970 sengaja didatangkan tim dari Lahmeyer International Consulta dari Jerman Barat. Tim tersebut meneliti kembali studi kemungkinan yang dibuat oleh tenaga – tenaga proyek ini dan

Universitas Andalas Padang.

Dari hasil penelitian, ternyata proyek tersebut secara tertulis dan ekonomis adalah memungkinkan dan dengan dasar itulah proyek PLTA Batang Agam diteruskan pelaksanaannya dengan bantuan pinjaman Asian Development Bank (ADB Manila) sebesar US\$ 7,1 Juta.

Pembangunan proyek PLTA Batang Agam diteruskan, walaupun baru akan dibangkitkan tenaga sebesar 10,5 MW, akan tetapi telah memperlihatkan titik terang bagi daerah Sumbar secara keseluruhan. Sehingga pada tanggal 28 Februari 1976 proyek tersebut rampung dikerjakan dan mulai dioperasikan pada :

- Turbin / Generator 1 tanggal 1 Maret 1976
- Turbin / Generator 2 tanggal 8 Maret 1976
- Turbin / Generator 3 tanggal 15 September 1981

PLTA Batang Agam membangkitkan tenaga listrik sebesar 10,5 MW yang disalurkan dalam 4 feeder, yaitu :

- Feeder I Bukittinggi sampai GH Tanjung Alam
- Feeder II Batusangkar sampai GH Dobok
- Feeder III Line Payaumbuh I (Ekpress feeder) interkoneksi system Sumbar Riau
- Feeder IV Line Payakumbuh II sampai GH Kota.

3. Bangunan Yang Terdapat Pada PLTA Batang Agam

Pada PLTA Batang Agam terdapat beberapa bangunan yang memiliki fungsi dan kegunaan masing-masing diantaranya :

1. Intake Weir (pintu air)

Intake weir berfungsi sebagai pemasukan air dari Sungai Batang Agam yang berhulu di kaki Gunung Merapi dengan debit air maksimum 13 m³/s, diatur dengan suatu sitem tekanan udara. Walaupun debit air

sungai lebih dari maksimum yang dibutuhkan, akan tetapi Intake Weir secara otomatis tetap mengambil maksimum $13 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan luas penampang $5,4 \text{ m}^2$.



Gambar 1.2. *Intake weir PLTA Batang Agam*

Data intake weir

Lebar	:14 m
Elevasi dasar	:677.00 m
Panjang screen	:1 m
Tinggi screen	:1 m
Lebar screen	:70 mm
Tebal screen	:12 mm

2. *Tunnel I (terowongan1)*

Dari intake weir, air disalurkan melalui terowongan I menuju sandtrap (kolam pasir). Terowongan ini bentuknya kira – kira seperti ladang kuda.

Data tunnel I :

Panjang	:175,5 m
Diameter	:2,5 m
Volume tunnel	:13 m^3

3. *Sand Trap (kolam Penampungan Pasir)*

Sand trap atau kolam penampungan pasir berfungsi sebagai penangkap pasir yang terbawa oleh air sungai Batang Agam, karena air yang diperlukan untuk memutar turbin harus bersih, bebas dari segala sampah, pasir dan kotoran lainnya.



Gambar 1.3. *sand trap* PLTA Batang Agam

Data *sand trap* :

Luas : 7.000 m²

Volume : 20.000m³

4. *Tunnel II* (terowongan II)

Merupakan saluran yang menghubungkan air dari *Sand Trap* ke *daily pondage* (kolam tando).



Gambar 1.4. *tunnel II* PLTA Batang Agam

Data *tunnel II*:

Diameter : 2,1 m

Luas : 131 m²

Volume *tunnel* II : 12 m³

5. *Daily Pondage* (kolam tando)

Merupakan kolam penampungan yang berfungsi sebagai penampung air di sand trap dan mengalirkannya ke *tunnel* III. Dalam kolam tando terdapat 3 bangunan:

- *Inlet* : Sebagai pemasukan air dari kolam pasir
- *Spillway* : Sebagai pelimpahan air jika suatu waktu air pada kolam tando telah maksimum dan sebagai penguras jika suatu waktu kolam tando dibersihkan
- *Outlet* : Menghubungkan antara kolam tando dan *tunnel* III



Gambar 1.5. kolam tando PLTA Batang Agam

Data *daily pondage* :

Luas : 45.000 m²

Volume : 116.000 m³

Elevasi dasar : 675 m dpl

Tinggi *outlet* : 675 m dpl – 684 m dpl

6. *Tunnel* III (terowongan III)

Tunnel III berfungsi untuk menyalurkan air dari *outlet* kolam

tando menuju *surge tank* (kolam peredam). Terowongan ini menembus bukit sepanjang 1.150 meter.

Data *Tunnel III* :

Panjang : 1080 m

Diameter : 2,2 m

7. *Surge Tank* (Tank peredam)

Surge tank berfungsi untuk meredam pukulan air yang dapat menimbulkan tekanan balik bila debit air berubah secara mendadak. *Surge tank* juga berfungsi untuk menghilangkan gelembung-gelembung udara yang ada pada tekanan sebelum masuk ke dalam pipa pesat.



Gambar 1.6. *surge tank* PLTA Batang Agam

Data *surge tank* :

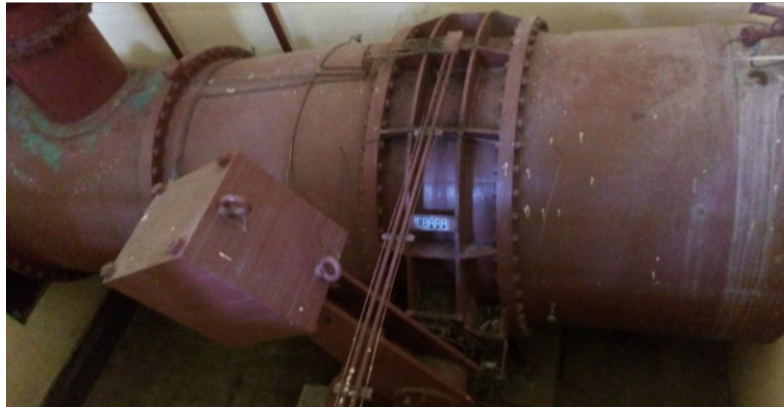
Tinggi :28 m

Diameter :8 m

Elevasi dasar :631,1 m dpl

8. *Valve Chamber* (bagunan katup utama)

Valve chamber ini dipasang antara ujung – ujung pipa pesat dengan sisi masuk turbin. Fungsi *valve chamber* Untuk menutup aliran air yang masuk ke dalam turbin di saat turbin sedang tidak beroperasi dan Sebagai pengaman dalam menghentikan turbin.



Gambar 1.7. *Valve Chamber* PLTA Batang Agam

9. *Penstock* (pipa pesat)

Merupakan saluran yang berfungsi untuk mengalirkan air dari *surge tank* ke turbin. *Penstock* di atur dengan kemiringan sedemikian rupa, agar tekanan air dapat menghasilkan energi potensial yang disesuaikan dengan kekuatan turbin.

Data *penstock* :



Gambar 1.8. *Penstock* PLTA Batang Agam

Elevasi awal : 670,30 m dpl

Panjang : 240 m

Elevasi akhir : 581,30 m dpl

Kemiringan : 70°

10. *Power House* (rumah pembangkit)

Pada rumah pembangkit terdapat 3 turbin dan generator yang masing-masing berkapasitas 3,5 MW disimpan dan ditempatkan alat –

alat control bagi daerah areal servis peralatan bantu PLTA Batang Agam.



Gambar 1.9. *Power House* PLTA Batang Agam

11. *Tail Race* (saluran air buang)

Merupakan saluran akhir dari air PLTA dimana air yang mempunyai tekanan akan dialirkan keturbin, sehingga air akan memutar turbin. Sedangkan air yang tidak memiliki tekanan akan dialirkan *drafttube* dan selanjutnya akan di buang melalui tail race hingga kembali ke sungai Batang Agam.



Gambar 1.10. *Tail Race* PLTA Batang Agam

d. Peralatan Mekanik dan Listrik pada PLTA Batang Agam

Semenjak dimulainya pengambilan air dari sungai Batang Agam, setelah melalui beberapa terowongan, kolam penampungan sampai power house maka energy potensial air akan diubah menjadi energy kinetik,

kemudian energy tersebut akan diubah menjadi energy mekanik dan diubah pula menjadi energy listrik. Energy listrik yang dihasilkan nantinya akan disalurkan ke beban. Di PLTA Batang Agam, tegangan yang dihasilkan generator adalah 6,3 kV dan dinaikkan menjadi 20 kV oleh transformator utama.

1. Turbin



Gambar 1.11. Turbin Hidraulik PLTA Batang Agam tampak depan

Adapun Turbin yang digunakan di PLTA Batang Agam ke tiga unit turbin type Horizontal Shaft Francis yaitu pada tiap unit 1,2, dan 3 sama memiliki Rated Speed 750 rpm dan Runaway Speed 1330 rpm yang mana di tunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 1.1. Spesifikasi Turbin PLTA BatangAgam

Effective	Head	Output	Discharge
Maximum	98,7 m	3900 kW	4,60 m ³ /s
Normal	90,8 m	3500 kW	4,49 m ³ /s
Minimum	89,0 m	3350 kW	4,40 m ³ /s

2. Generator



Gambar 1.12. Generator pada PLTA Batang Agam

Adapun Generator yang digunakan di PLTA Batang Agam AC Generator MEIDENSHA type TC-AF NO OF PHASE 3 Frequency 50Hz pada tiap unit 1,2, dan 3 sama memiliki :

Tabel 1.2. Spesifikasi Generator PLTA BatangAgam.

Output 4700	kVA POWER FACTOR 0,8	Speed 750 rpm
Voltage 6300 V	NO OF POLES 8	Class Of Insulation B
Current 431 A	Excitation Voltage 105 V	Field Current 454 A

3. Transformator



Gambar 1.13 Transformator pada PLTA Batang Agam

Transformator yang digunakan PLTA Batang Agam ada dua tipe yaitu :

- Spesifikasi Transformator unit 1 :

Merk	: UNINDO
Type	: TTUB 21 / 6500
No. Seri	: A852018
Daya	: 6500 kVA
Tegangan	: 6300 / 21000 Volt
Arus	: 595,7 Ampere / 187,6 A
Frequency	: 50 Hz
Phase / Vektor Group	: 3 / YNd5
Tahun Pembuatan	: 1985
Tahun Operasi	: 2010
Lokasi Operasional sebelumnya	: PLTD Suka Merindu

- Spesifikasi Transformator unit 2 :

Merk	: UNINDO
Type	: TTUB 21 / 6500
No. Seri	: A852017 - 05
Daya	: 6500 kVA
Tegangan	: 6300 / 21000 Volt
Arus	: 595,7 Ampere / 187,7 A
Frequency	: 50 Hz
Phase / Vektor Group	: 3 / YNd5
Tahun Pembuatan	: 1985
Tahun Operasi	: 2010

Lokasi Operasional sebelumnya : PLTD Suka Merindu

- Spesifikasi Tranformator Unit 3 :

Merk : SCNEIDER
Type : MGA – 042
Daya : 6500/ 6500 kVA
Tegangan : 6300 / 21000 Volt
Frequency : 50 Hz
Phase / Vektor Group : 3 / YNd5
Tahun Pembuatan : 2013
Tahun Operasi : 2013

4. Governor

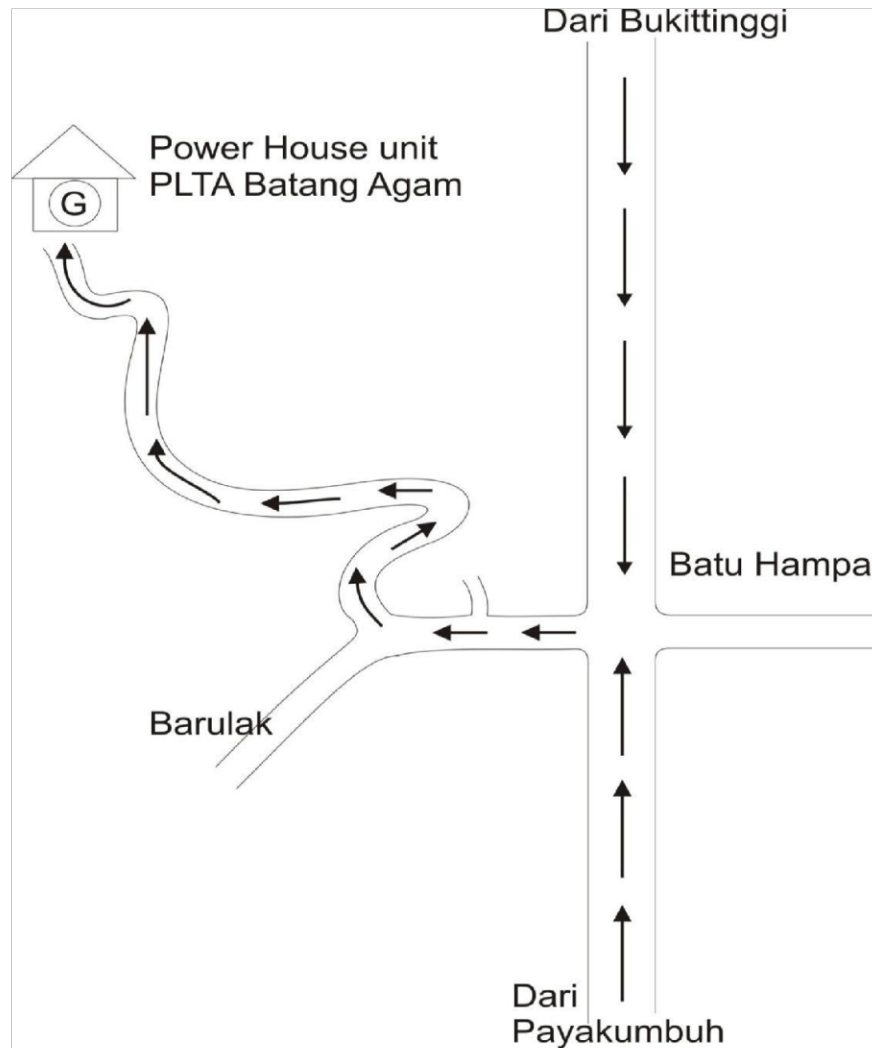


**Gambar 1.14. Governor
Batang Agam**

pada PLTA

Governor adalah suatu alat yang berfungsi mengatur putaran turbin, agar tetap pada putaran nominalnya walaupun kondisi beban berubah-ubah.

4. Letak Geografis PLTA Batang Agam



Gambar 1.15. Denah Geografis PLTA Batang Agam

Keterangan denah gambar :

Dari Payakumbuh ke simpang Batu Hampa \pm 8 km, Batu Hampa ke PLTA Batang Agam mempunyai jarak \pm 1,5 km, dari Barulak ke PLTA Batang Agam jaraknya \pm 1 km, dari simpang Batu Hampa ke PLTA Batang Agam jaraknya \pm 1 km dan dari Bukittinggi jaraknya 23 km.

C. Perencanaan kegiatan PLI di PLTA Batang Agam

Tabel 1.3. Rencana kegiatan PLI di PLTA Batang Agam

No.	Tanggal	Kegiatan
1	13 Februari 2017	Datang ke PLTA Batang Agam
2	13 s/d 17 Februari 2015	Orientasi Lapangan
3	20 Februari s/d 17 Maret 2017	Ikut berkontribusi langsung dalam kegiatan yang dilakukan di lapangan.
4	20 Maret s/d 30 Maret 2017	Pengumpulan data yang di butuhkan untuk penyelesaian laporan serta pengerjaan laporan.
5	31 Maret 2017	Selesai pengalaman lapangan industri (PLI) di PLTA Batang Agam

D. Pelaksanaan Kegiatan PLI

Pelaksanaan kegiatan PLI yang dimulai tanggal 13 Februari 2017 sampai dengan tanggal 31 Maret 2017 dalam hal ini pemeliharaan seluruh unit PLTA Batang Agam, telah berjalan sesuai dengan perencanaan. Disiplin ilmu yang penulis pahami selama menempuh studi di Jurusan Teknik Mesin FT UNP sangat berhubungan dengan apa yang penulis temui di industri khususnya di PLTA Batang Agam. Mulai dari mata kuliah Mesin Konversi Energi, Teknik Lstrik dan Elektronika Dasar, Las Listrik, Permesinan, Metrologi industri, dan masih banyak lagi mata kuliah yang berhubungan dan membantu penulis dalam memahami konsep pembangkitan listrik di PLTA Batang Agam.

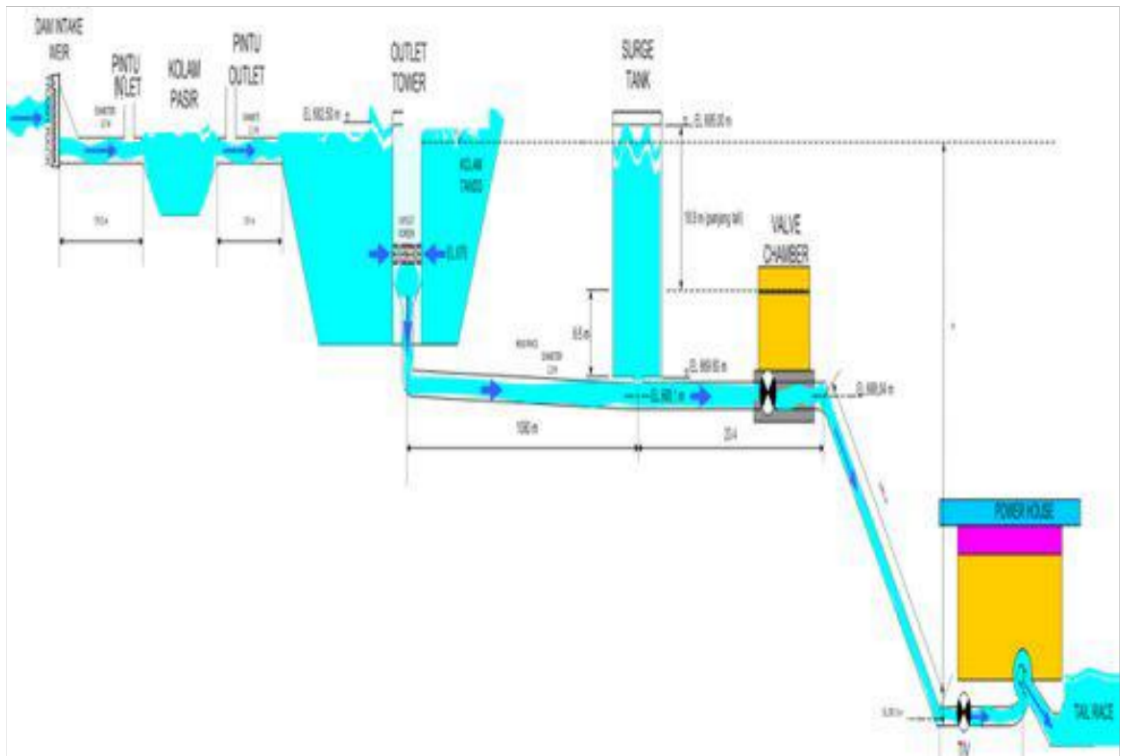
Dalam proses kegiatan PLI di PLTA Batang Agam, penulis menemui beberapa hambatan yaitu pemeliharaan dalam bidang kelistrikan yang tidak dialami dibangku perkuliahan. Sebagai contoh,

pemeliharaan dan perbaikan pada Transformator yang tidak pernah penulis temui selama masa studi dan menyebabkan penulis kurang memahaminya. Namun, penulis selalu berusaha untuk memahami seluruh bidang keilmuan yang dibutuhkan di PLTA Batang Agam, yakni bidang permesinan dan bidang kelistrikan. Hambatan ini akan penulis jadikan sebagai pelajaran dan sebagai pengalaman yang berharga bagi penulis.

Kegiatan pemeliharaan rutin yang direncanakan PLTA Batang Agam, tidak seluruhnya berjalan sesuai dengan rencana. Banyak faktor yang menghambat pemeliharaan rutin pada setiap unit, salah satunya adalah debit air yang besar yang tidak memungkinkan unit untuk di hentikan (*stop*). Selama jadwal kegiatan PLI yang penulis jalani, hambatan di atas sering penulis temui karena curah hujan yang tinggi yang menyebabkan debit air meningkat. Hambatan ini dapat di atasi dengan cara pengalihan jadwal pemeliharaan ke hari yang lain saat debit air tidak terlalu besar. Gambaran kegiatan pemeliharaan rutin di PLTA Batang Agam dan agenda kegiatan penulis dapat dilihat dalam bagian lampiran.

BAB II ANALISA PENYEBAB KERUSAKAN PADA GEAR DAN BEARING OPENING GATE INTAKE DI PLTA BATANG AGAM

A. Proses Pembangkitan Tenaga Listrik di PLTA Batang Agam



Gambar 2.1. Proses Pembangkitan Tenaga Listrik PLTA BATang Agam

Proses pembangkitan tenaga listrik di PLTA Batang Agam berawal dari pemanfaatan energi potensial berupa air yang bersumber dari sungai Batang Agam. Pada Gambar 2.13 di atas, terlihat air sungai Batang Agam dialirkan melalui *intake weir* (pintu air) menuju *sand trap* (kolam pasir) melalui *tunnel I*. Selanjutnya pada kolam pasir, air sungai Batang Agam disaring untuk mengendapkan pasir yang terbawa oleh air sungai. Setelah pengendapan pasir, air sungai akan di alirkan dan ditampung oleh kolam tando. Pada kolam tando, terdapat *spillway* yang berfungsi sebagai pelimpahan air dan *outlet* sebagai pelimpah saluran masuk serta dilengkapi dengan saringan dan mesin pembersih

sampah. Membersihkan sampah yang terperangkap di saringan dilakukan secara rutin agar aliran air tidak terhambat.

Air sungai dalam kolam tando kemudian dialirkan melalui *tunnel* III yang terbuat dari pipa *steel liner* yang dilengkapi dengan *surge tank* dan *Safety Butterfly Valve*. Setelah dari *tunnel* III yang panjangnya 1.150 meter, air sungai kemudian dialirkan ke turbin generator yang berada di *Power House* melalui *penstock* (pipa pesat). *Penstock* ini dirancang sedemikian rupa dengan kemiringan 70° dan memiliki panjang 240 m dan tinggi 90 m yang bertujuan untuk memberikan tekanan 9 bar untuk memutar turbin generator. Untuk memutar 3 unit turbin, *penstock* ini dibagi 3 dengan masing-masing unit mendapatkan tekanan yang sama sebesar 9 bar yang dilengkapi dengan *inlet valve* (katub utama).

Inlet valve tersebut berfungsi sebagai katub utama untuk membuka dan menutup arah aliran air menuju *spiral casing*, namun sebelum *inlet valve* itu terlebih dahulu membuka katup *by pass valve* yang berguna untuk menyamakan tekanan di daerah *up stream* dengan *down stream* supaya dapat mencegah kerusakan pada *spiral casing* akibat pukulan air yang besar jika *inlet valve* di buka secara langsung.

Setelah *inlet valve* terbuka maka air akan mengalir ke *spiral casing* dan langsung masuk ke dalam sudu turbin, dimana aliran air masuk untuk memutar *runner* yang diatur oleh sudu atur (*guide vane*), dan memutar *runner* sampai mencapai 750 rpm. Dan air yang memutar *runner* langsung keluar menuju *draft band* dan mengalir menuju *tail race*.

Pada saat turbin berputar, maka generator akan ikut berputar karena *shaft* yang ada pada turbin seporos dengan *shaft* generator. Di sinilah proses konversi energi berlangsung. Energi kinetik yang sebelumnya berasal dari energi potensial air sungai Batang Agam dikonversi menjadi energi mekanik oleh turbin. Setelah itu, energi mekanik akan memutar generator akibat turbin yang seporos dengan

generator. Saat generator mencapai kecepatan 750 rpm, generator akan membangkitkan tegangan listrik sebesar 6,3 Kv untuk setiap unit setelah unit diberikan eksitasi pada rotor generatornya. Pada *start* awal untuk ketiga unit, arus eksitasi yang diberikan berasal dari baterai. Setelah generator menghasilkan energi listrik, fungsi baterai akan digantikan oleh eksitasi yang bersumber dari arus AC yang dihasilkan oleh generator itu sendiri yang disearahkan terlebih dahulu menjadi arus DC.

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), terdapat 2 macam daya yang dihasilkan yaitu daya turbin dan daya generator. Daya turbin (N) dihasilkan tergantung dari ketinggian jatuh air (H), debit air yang digunakan (Q), gravitasi bumi (g), serta efisiensi turbin (μ_t). Sedangkan daya generator (P) dihasilkan tergantung dari arus yang dihasilkan (I), tegangan (E), serta faktor daya ($\cos \phi$). Untuk generator tiga fasa, persamaan daya dikali dengan $\sqrt{3}$.

Tinggi jatuh air dari *penstock* ke turbin adalah 90,8 m, debit air 4,49 m³/s, gravitasi bumi 10 N/m, dan efisiensi turbin sebesar 0,84. Persamaan daya turbin yang di dapat adalah :

$$N = H \cdot Q \cdot g \cdot \mu_t$$

$$N = 90,8 \cdot 4,49 \cdot 9,81 \cdot 0,84$$

$$N = 3.425 \text{ kW}$$

Keterangan :

N : Daya turbin (W)

H : Tinggi jatuh air (m)

Q : Debit air (m³/s)

g : Gaya gravitasi bumi

μ_t : Efisiensi turbi

Berdasarkan persamaan di atas, didapat daya turbin sebesar 3.425 kW. Namun daya turbin ini belum bisa dimanfaatkan jika turbin belum seporos dengan generator. Energi mekanik turbin akan memutar generator, kemudian generator akan menghasilkan daya listrik yang dapat dimanfaatkan. Tegangan dan arus yang dihasilkan masing-masing sebesar 6,3 kV dan 431 A dengan faktor daya sebesar 0,8. Persamaan daya generator adalah sebagai berikut :

$$P = E \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi$$

$$P = 6,3 \cdot 431 \cdot 1,73 \cdot 0,8$$

$$P = 3.757 \text{ kW}$$

Keterangan :

P : Daya generator (W)

E : Tegangan yang dihasilkan generator (V)

I : Arus yang dihasilkan generator (A)

$\cos \varphi$: Faktor daya

PLTA Batang Agam memiliki 3 unit generator yang masing-masingnya menghasilkan daya sebesar 3,5 MW dengan tegangan sebesar 6,3 kV. Tegangan keluaran generator ini sangat kecil dan harus dinaikkan. Tegangan keluaran dari masing-masing generator akan di naikkan menggunakan transformator. Transformator yang digunakan adalah jenis transformator *step-up* yang memiliki kumparan sisi sekunder lebih banyak dari pada kumparan sisi primer. Tegangan 6,3 kV dari generator akan dinaikkan oleh transformator menjadi 20 kV untuk didistribusikan melalui *express feeder* ke Gardu Induk di Payakumbuh untuk diteruskan ke masing-masing *feeder*.

B. Kajian Teori

1. Pengertian Roda Gigi dan Bearing

Transmisi Daya (Power Transmission) adalah upaya untuk menyalurkan/memindahkan daya dari sumber daya (motor diesel, bensin, turbin gas, motor listrik dll) ke mesin yang membutuhkan daya (mesin bubut, pompa, kompresor, mesin produksi dll).

a. Roda Gigi

Roda gigi adalah salah satu bentuk sistem transmisi yang mempunyai fungsi mentransmisikan gaya, membalikkan putaran, mereduksi atau menaikkan putaran/kecepatan.

Kelebihan Roda Gigi

- Sistem transmisinya lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar.
- Sistem yang kompak (praktis) sehingga konstruksinya sederhana.
- Kemampuan menerima beban lebih tinggi.
- Efisiensi pemindahan dayanya tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil.
- Kecepatan transmisi rodagigi dapat ditentukan sehingga dapat digunakan dengan pengukuran yang kecil dan daya yang besar

Secara umum Roda gigi diklasifikasikan menjadi tiga berdasarkan :

- ❖ Letak porosnya
- ❖ Menurut arah putarannya
- ❖ Menurut bentuk giginya

Berdasarkan letak porosnya :

- Poros saling sejajar satu sama lain
- Poros saling memotong
- Poros saling menyilang

Berdasarkan arah putarannya :

- Roda Gigi Luar (External Gearing) Arah putarannya berlawanan
- Roda Gigi Dalam (Internal Gearing) Arah Putarannya searah/sama

Berdasarkan bentuk giginya :

- Roda Gigi Lurus (Spur Gear)
- Roda Gigi Miring (Helix Gear)
- Roda Gigi Kerucut dan Bersudut (Miter gear and Bevel Gear)
- Roda Gigi Cacing (Worm Gear)

RODA GIGI LURUS (SPUR GEAR)

adalah roda gigi yang memiliki bentuk konstruksi yang sederhana seperti silindris, dengan gigi sekelilingnya, bentuknya lurus dan sejajar dengan poros sumbunya (lubang). Pada umumnya roda gigi ini digunakan untuk mentransmisikan daya atau putaran antara dua poros yang posisinya sejajar atau paralel.

Ciri-ciri roda gigi lurus :

- a. Daya yang ditransmisikan < 25.000 Hp
- b. Putaran yang ditransmisikan < 100.000 rpm
- c. Kecepatan keliling < 200 m/s
- d. Rasio kecepatan yang digunakan
Untuk 1 tingkat $(i) < 8$
Untuk 2 tingkat $(i) < 45$
Untuk 3 tingkat $(i) < 200$
 $(i) =$ Perbandingan kecepatan antara penggerak dengan yang digerakkan
- e. Efisiensi keseluruhan untuk masing-masing tingkat 96% - 99% tergantung disain dan ukuran.

RODA GIGI MIRING (HELICAL GEAR)

adalah Adalah roda gigi yang pada dasarnya sama dengan roda gigi lurus, perbedaannya terletak pada roda giginya yang miring membentuk sudut terhadap sumbu (lubang). Umumnya gigi pada roda gigi miring ini terbagi menjadi 2, yaitu miring kiri dan miring kanan. Arah berlawanan dipakai untuk poros paralel, arah yang sama dipakai untuk poros tegak lurus. Suara lebih tenang dibanding roda gigi lurus, namun vibrasi aksialnya lebih tinggi.

Jenis-jenis roda gigi miring :

1. Roda gigi miring biasa (Helical Gear)
2. Roda gigi miring silang (Crossed-Helical Gear)
3. Roda gigi miring berganda (Double Helical Gear)
4. Roda gigi ganda bersambung (Herringbone Gear)

Ciri-ciri roda gigi miring :

1. Arah gigi membentuk sudut terhadap sumbu poros.
2. Distribusi beban sepanjang garis kontak tidak uniform.
3. Kemampuan pembebanan lebih besar dari pada roda gigi lurus.
4. Gaya aksial lebih besar sehingga memerlukan bantalan aksial dan rodagigi yang kokoh.

RODA GIGI KERUCUT (MITER GEAR)

adalah roda gigi yang berbentuk seperti kerucut, dan identik dengan bevel, namun jumlah kedua gigi sama, sehingga rasionya selalu 1:1. Roda gigi ini tidak dipakai sebagai perubah kecepatan.

RODA GIGI BERSUDUT (BEVEL GEAR)

adalah roda gigi yang yang berbentuk seperti kerucut dan digunakan untuk mentransmisikan daya antara dua poros yang saling berpotongan.

Jenis –jenis roda gigi kerucut :

1. Roda gigi kerucut lurus
2. Roda gigi kerucut miring
3. Roda gigi kerucut spiral
4. Roda gigi kerucut hypoid

RODA GIGI CACING (WORM GEAR)

adalah Adalah roda gigi yang memiliki konstruksi yang hampir sama dengan spur gear (roda gigi lurus) dengan Perbedaan pada bagian lebar roda terdapat kelengkungan (radius) yang besarnya sama dengan radius ulir cacing.

Jenis-jenis roda gigi cacing (Worm Gear):

1. Roda gigi cacing silindris
2. Roda gigi cacing globoid

Ciri-ciri roda gigi cacing (worm gear)

1. Kedua sumbu saling bersilang dengan jarak sebesar a , biasanya sudut yang dibentuk kedua sumbu sebesar 90° .
2. Kerjanya halus dan hampir tanpa bunyi.
3. Umumnya arah transmisi tidak dapat dibalik untuk menaikkan putaran dari roda cacing ke cacing (mengunci sendiri).
4. Perbandingan reduksi bisa dibuat sampai 1 : 150.
5. Rodagigi cacing efisiensinya sangat rendah, terutama jika sudut kisarnya kecil

Kerjasama Roda Gigi

1. Sumbu rodagigi sejajar/paralel: Dapat berupa kerjasama rodagigi lurus, miring atau spherical
2. Sumbu rodagigi tegak lurus berpotongan : Dapat berupa roda gigi trapesium/payung/ bevel dengan profil lurus (radial), miring (helical) atau melengkung (spherical)

3. Sumbu rodagigi menyilang tegak lurus : Dapat berupa rodagigi cacing(worm), globoida, hypoid, spiroid atau roda gigi miring atau melengkung.
4. Sumbu rodagigi menyilang : Dapat berupa rodagigi skrup(screw/helical) atau spherical.
5. Sumbu roda gigi berpotongan tidak tegak lurus : Dapat berupa roda gigi payung/trapesium atau helical dll.

Syarat dua roda gigi bekerja-sama:

Beberapa hal yang cukup penting pada kerjasama roda gigi, apabila dua roda gigi atau lebih bekerja sama maka :

1. Profil gigi harus sama (spur atau helical dll)
2. Modul gigi harus sama (modul gigi adalah salah satu dimensi khusus roda gigi)
3. Sudut tekanan harus sama (sudut perpindahan daya antar gigi)
 - Modul gigi adalah besaran/dimensi roda gigi, yang dapat menyatakan besar dan kecilnya gigi .Bilangan modul biasanya bilangan utuh, kecuali untuk gigi yang kecil. (Bilangan yang ditulis tak berdimensi, walaupun dalam arti yang sesungguhnya dalam satuan mm)
 - Sudut tekanan adalah sudut yang dibentuk antara garis singgung dua roda gigi dan garis perpindahan gaya antar dua gigi yang bekerja sama.

Sudut tekanan (α) sudut yang dibentuk dari garis horisontal dengan garis normal dipersinggungan antar gigi. Sudut tekanan sudah di standarkan yaitu : $\alpha = 20^\circ$. Akibat adanya sudut tekanan ini, maka gaya yang dipindahkan dari roda gigi penggerak (pinion) ke roda gigi yang digerakkan (wheel), akan diuraikan menjadi dua gaya yang saling tegak lurus (vektor gaya), gaya yang sejajar dengan garis singgung disebut : gaya tangensial, sedang gaya yang tegak lurus garis singgung (menuju titik pusat roda gigi) disebut gaya radial.

- Gaya tangensial: merupakan gaya yang dipindahkan dari roda gigi satu ke roda gigi yang lain.
- Gaya radial: merupakan gaya yang menyebabkan kedua roda gigi saling mendorong (dapat merugikan)

Istilah-Istilah Dalam Roda Gigi

1. Jumlah gigi (Z) ; Banyaknya gigi di sekeliling silinder gigi.
2. Modul (M); Besaran yang menentukan bentuk dan ukuran roda gigi

$$M = t / (\pi)$$

$$T = \text{jarak bagi gigi (pitch)}$$

$$M = \text{ditulis tanpa satuan (diartikan dalam: mm)}$$
3. Tinggi gigi (H)

$$h_a = \text{tinggi kepala gigi (} h_a = M)$$

$$h_d = \text{Tinggi kaki gigi (} h_d = 1,1 \text{ s/d } 1,3 M)$$

$$H = h_a + h_d$$
4. Diameter lingkaran singgung (Diameter Pitch cyrcle = D_p) Diameter lingkaran gigi yang selalu bersinggungan dengan diameter lingkaran gigi pasangannya $D_p = M \cdot Z$
5. Garis tengah lingkaran luar/kepala (Diameter Adendum cyrcle= D_a)
 Garis tengah lingkaran gigi bagian luar

$$D_a = D_p + 2 H_a$$
6. Garis tengah lingkaran dalam (Diameter Dedendum cyrcle= D_d)
 Garis tengah lingkaran gigi bagian dalam

$$D_d = D_p - 2h_d$$
7. Garis singgung persekutuan dalam
 Garis yang melalui titik singgung kedua lingkaran singgung roda gigi berpasangan.
8. Sudut tekan (α)
 sudut yang terletak diantara garis singgung persekutuan dalam dengan garis tekan
9. Garis tekan

garis yang melalui titik singgung persekutuan dalam dan membuat sudut tertentu terhadap garis singgung persekutuan dalam

10. Circular pitch ($C_p = t$)

panjang busur lingkaran jarak antara untuk profil gigi yang berdekatan dari sebuah roda gigi

11. Clearance

kelonggaran gigi pada arah tinggi gigi

12. Back lash

kelonggaran gigi pada arah tebal gigi

Perhitungan Dalam Roda Gigi

Dalam transmisi roda gigi kita mengenal adanya input (Masukan) dan output (Keluaran), juga kita mengenal adanya Efisiensi gear.

Apabila putaran keluaran (output) lebih rendah dari masukan (input) maka transmisi disebut : reduksi (reduction gear), tetapi apabila keluaran lebih cepat dari pada masukan maka disebut : inkripsi (increaser gear).

Kerjasama lebih dari dua roda gigi disebut : transmisi kereta api (train gear). Perbandingan input dan output disebut : perbandingan putaran transmisi (speed ratio), dinyatakan dalam notasi : i

Speed ratio : $i = n_1 / n_2 = d_2 / d_1 = z_2 / z_1$

Apabila: $i < 1$ = transmisi roda gigi inkripsi

$i > 1$ = transmisi roda gigi reduksi

n = Kecepatan (rpm)

d = Diameter (in)

Z = Jumlah gigi

Perbandingan Gear (Gear Ratio)

Variabel yang perlu diketahui

z = Jumlah gigi

d = Diameter

n = Kecepatan (speed)

τ = Torsi

$$\frac{GR}{1} = \frac{n_{in}}{n_{out}} = \frac{d_{out}}{d_{in}} = \frac{Z_{out}}{Z_{in}} = \frac{\tau_{out}}{\tau_{in}}$$

GR = gear Ratio

b. Bearing

Bearing dalam Bahasa Indonesia berarti **bantalan**. Dalam ilmu mekanika bearing adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. Bearing menjaga poros (shaft) agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya.

Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik.

Bearing atau laher adalah komponen sebagai bantalan untuk membantu mengurangi gesekan peralatan berputar pada poros/as. Bearing atau laher ini biasanya berbentuk bulat. Bearing di mobil dipasang pada as roda dan ditempatkan yang berputar lainnya.

Tujuan dari bantalan ball untuk mengurangi gesekan rotasi dan mendukung radial dan aksial beban.

Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan.

Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Pada umumnya bantalan dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu

1. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros

- Bantalan luncur

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas.

- Bantalan gelinding

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola, rol, dan rol bulat

2. Berdasarkan arah beban terhadap poros

Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu.

- Bantalan aksial

Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros. Bantalan gelinding khusus Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

Meskipun bantalan gelinding menguntungkan, Banyak konsumen memilih bantalan luncur dalam hal tertentu, contohnya bila kebisingan bantalan mengganggu, pada kejutan yang kuat dalam putaran bebas

Bearing adalah suatu komponen yang berfungsi untuk mengurangi gesekan pada *machine* atau komponen-komponen yang bergerak dan saling menekan antara satu dengan yang lainnya.

Bila gerakan dua permukaan yang saling berhubungan terhambat, maka akan menimbulkan panas. Hambatan ini dikenal sebagai gesekan (*friction*). Gesekan yang terus menerus akan menyebabkan panas yang makin lama semakin meningkat dan menyebabkan keausan pada komponen tersebut. Gesekan yang

tidak terkontrol dapat menyebabkan kerusakan pada komponen dan alat tidak bisa bekerja.

Bearing digunakan untuk menahan / menyangga komponen-komponen yang bergerak. *Bearing* biasanya dipakai untuk menyangga perputaran pada *shaft*, dimana terjadi sangat banyak gesekan.

Fungsi *bearing*:

- Mengurangi gesekan, panas dan aus.
- Menahan beban *shaft* dan *machine*.
- Menahan *radial load* dan *thrust load*.
- Menjaga toleransi kekencangan.
- Mempermudah pergantian dan mengurangi biaya operasional.

Pada *Gear Shaft* yang beroperasi pada *machine*, *shaft* tersebut menahan beban *machine* yang bervariasi dan beban tersebut harus ditanggung oleh *bearing*. Beban dari berat *shaft* dan *gear* 90 derajat dari *center line shaft* disebut *RADIAL LOAD*. Sedangkan arah dari gerakan *shaft* ke kiri dan ke kanan karena putaran disebut *THRUST LOAD*. *Bearing* menahan *Radial Load* dan *Thrust Load* untuk menjaga supaya *shaft* tetap berputar.

1 Jenis-Jenis *Bearing*

Bearing dibagi menjadi dua bagian yaitu:

- *Solid Bearing*
- *Anti-friction Bearing*

a. *Solid Bearing*

Pada *solid bearing*, *shaft* berputar pada permukaan *bearing*. Antara *shaft* dan *bearing* dipisahkan oleh lapisan tipis oli pelumas. Ketika berputar pada kecepatan operasional *shaft* ditahan oleh lapisan tipis oli bukan oleh *bearing*.

Yang termasuk *Solid Bearing*:

- *Sleeve/Bushing Bearing*
- *Spit-half Bearing*.

➤ Sleeve Bearing

Bentuk yang sangat sederhana dari *solid bearing* adalah *Sleeve Bearing* atau juga disebut *bushings*. *Sleeve bearing* umumnya dipakai pada *shaft* nya roda yang bergerak dari awal.

Camshaft ditahan pada posisinya oleh *sleeve bearing* pada *engine block*. *Shaft* yang ditahan oleh *bearing* disebut *Journal*, dan penahanan ke bagian luarnya oleh *sleeve*. Bila *Journal* dan *Sleeve* terbuat dari logam (*steel*), dengan pelumasan yang bagus memungkinkan sangat sedikit kontak yang terjadi antara dua permukaan. *Sleeve* dari *bearing* kebanyakan dilapisi dengan *Bronze*, atau *Babbitt* metal. *Bronze sleeve bearing* umumnya digunakan pada pompa dan motor elektrik. *Solid Bearing* dilapisi dengan metal yang lebih lunak dari *shaft* sehingga apabila terjadi perputaran antara keduanya, maka yang mengalami keausan adalah *bearing*, dan bukan *shaft*. *Sleeve bearing* umumnya menggunakan pelumasan bertekanan yang melewati lubang pada *Journal*.

Article I. *Split-half Bearing*

Tipe lain dari *Solid Bearing* adalah *Split-half Bearing*. *Split-half Bearing* lebih banyak dipakai pada *automotive engine* yaitu pada *Crankshaft* dan *connecting rod*. *Crankshaft rod bearing caps* menggunakan *split-half bearing* yang menempel pada *rod piston*.

Bearing ini dapat diganti bila sudah aus. *Split-half bearing* umumnya diberi tambahan lubang oli, sering berupa alur yang berfungsi untuk mengalirnya oli yang akan melumasi seluruh permukaan *bearing*. *Split-half Bearing* juga mempunyai *locking tabs* (bagian yang menonjol) yang akan ditempatkan pada *notches* (coakan) pada *bearing caps*. *Tabs* ini berfungsi untuk mencegah *bearing* bergerak horisontal pada *shaft*. *Split-half bearing* biasanya terbuat dari dua tipe metal, permukaan *bearing* menggunakan aluminium yang lebih lunak dari logam dan menghantarkan panas yang baik.

Manfaat dari *solid bearing* adalah:

- Biaya penggantian lebih murah.
- Menahan berat Radial Load.

b. Anti Friction Bearings

Anti Friction Bearing digunakan pada benda-benda yang berputar, untuk mengurangi gesekan dan memperkecil gesekan awal pada permukaan *bearing* yang rata/datar.

Anti Friction bearing terdiri dari:

- *Ball bearing*
- *Roller bearing*,
- *Needle bearing*

Anti friction bearing tersusun dari beberapa komponen yaitu: *Inner race*, *Outer race*, *Balls* atau *roller* dan *Cage*.

- ***Inner race* atau *Cone***: cincin baja yang dikeraskan dengan diberi alur untuk pergerakan *roller* atau *ball* di bagian luarnya, sering dipasang pada *shaft* yang berputar sebagai penyangga *bearing*.
- ***Outer race***: *Outer race* hampir sama dengan *Inner race*, *outer race* adalah cincin baja yang dikeraskan dengan alur untuk pergerakan *ball* atau *roller* di bagian dalam.
- ***Balls* atau *Rollers***: Di antara *Inner race* dan *outer race* ada komponen yang berfungsi mengurangi gesekan yang dilakukan oleh *balls*, *rollers* atau *tapered rollers*. *Balls* dan *Rollers* ini terbuat baja yang dikeraskan. *Balls* atau *rollers* bergerak bebas di antara *inner* dan *outer race*.
- ***Cage***: Letak *cage* antara *inner race* dan *outer race* yang digunakan untuk menjaga jarak *ball* atau *roller* yang satu dengan yang lainnya.

Anti Friction Bearing mengurangi panas dengan cara mengurangi kontak area yang saling bergesekan. *Balls* mempunyai *contact point* antara *inner* dan *outer race* untuk menahan beban sehingga memungkinkan berputar dengan kecepatan tinggi. Lapisan oli pelumasan berfungsi memisahkan komponen yang saling berhubungan.

Yang termasuk *Anti Friction Bearing*:

- ***Straight Roller***, mempunyai *line contact*, yang memungkinkan bisa menahan beban *Radial Load* yang lebih besar.
- ***Tapered Roller***, cara kerjanya sama dengan *straight roller*. *Tapered bearing* sering digunakan di bagian ujung *shaft* yang berputar bersama untuk menahan *radial load* dan menahan gerak ke arah kiri, kanan *shaft* (*Thrust Load*).
- ***Needle Bearing*** cara kerjanya sama dengan *straight bearing* dan *tapered bearing* dengan *line contact*. Sebab dengan diameter yang lebih kecil, *needle bearing* bisa digunakan pada pengaplikasian di tempat-tempat sempit.

Article II. Caged Needle Bearing

Caged Needle Bearing mempunyai kemampuan beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Needle bearing* dan aplikasinya terbatas pada celah yang lebih kecil dari 10 inch (245 mm).

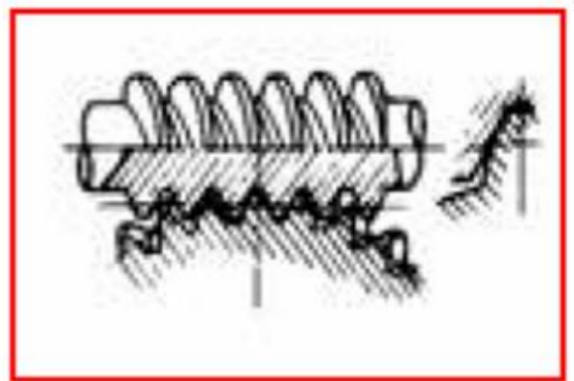
Keuntungan *Anti Friction Bearing*:

- Tidak ada keausan pada *shaft*
- Memperkecil tenaga yang terbuang.
- Memungkinkan kecepatan yang lebih tinggi.

C. Pembahasan



Gambar .2.2 Foto Kerusakan Gear dan Bearing Opening Gate Intak



Silindris

PLTA Batang agam mulai beroperasi semenjak tahun 1976 dan memiliki alat bantu untuk pengoperasiannya. Salah satu alat bantu yang krusial adalah pintu gerbang air masuk pada intake Batang Agam, sebab pintu gerbang air masuk merupakan satu-satunya jalur air untuk dirubah energinya menjadi energi listrik. Oleh karena itu harus pintu gerbang air masuk harus dijaga keandalannya.

Pada saat menurunkan pintu air masuk di intake, pintu air masuk menutup hingga 0 cm dengan sendirinya. Disebabkan oleh gear dan bearing pada pintu masuk intake pecah.

Dikarenakan Transmisi opening gate intake rusak sehingga operasional saat ini menggunakan chainblock untuk menaikkan/menurunkan pintu gerbang masuk.

Analisa Kerusakan pada Roda Gigi dan Bearing

RODA GIGI

Kelebihan Transmisi Roda Gigi

Transmisi daya dengan roda gigi mempunyai keuntungan, diantaranya tidak terjadi slip yang menyebabkan speed ratio tetap, tetapi sering adanya slip juga menguntungkan, misalnya pada ban mesin (belt) , karena slip merupakan pengaman agar motor penggerak tidak rusak.

Apabila putaran keluaran (output) lebih rendah dari masukan (input) maka transmisi disebut : reduksi (reduction gear), tetapi apabila keluaran lebih cepat dari pada masukan maka disebut : inkripsi (increaser gear).

Kelemahan Transmisi Roda Gigi

1. Rippling

Rippling adalah permukaan yang bergelombang atau “fish scales” (bersisik ikan) pada arah yang tegak lurus dengan arah gesekan. Hal ini disebabkan oleh permukaan yang menjadi plastis karena gesekan yang disebabkan oleh pelumasan yang kurang baik, beban berat atau getaran.

2. Takikan

Takikan (scoring)disebabkan oleh kenaikan temperatur dan penipisan (thinning) atau peretakan (rupture) pada film bahan-pelumasan karena beban yang terlalu berat. Aksi gerak geser dan tekanan akan memanaskan roda-gigi dan memungkinkan perpindahan logam dari salah satu gigi ke permukaan lainnya. Karena proses ini terjadi terus-menerus, bongkahan logam melonggarkan dan mencukil gigi ke arah gerak geser. Dalam hal ini, peningkatan temperatur adalah rendah dan tidak setinggi keausan bakar (lebih rendah).

3. Pitting

Gigi gear seharusnya tidak menunjukkan adanya pitting. Very minute atau micro-pitting dapat terjadi mempercepat kondisi pitting yang sebenarnya. Jenis kondisi

ini kadang-kadang berkaitan dengan lapisan film oli yang tipis, kemungkinan karena temperature tinggi

4. Spalling

Spalling adalah kondisi keausan umum yang dimulai dengan keretakan permukaan yang halus dan akhirnya mengakibatkan flake atau chip yang besar pada permukaan gigi. Gigi yang proses pengerasannya salah seringkali mengalami kerusakan jenis ini karena sifat logam yang getas atau mudah retak (brittle). Spalling dapat terjadi pada satu atau dua gigi tetapi chip dapat menyebabkan kerusakan pada gigi lainnya.

5. Korosi (Corrosion)

Keausan korosif yang mengakibatkan erosi pada permukaan gigi disebabkan karena asam (acid). Asam terbentuk karena uap lembab yang bercampur dengan kotoran bahan pelumas dan udara yang terkontaminasi. Pada umumnya, permukaan mengalami pitting, sehingga menyebabkan permukaan menjadi tidak rata dan distribusi tekanan chipping dan spotting.

6. Burning

Burning (terbakar) biasanya disebabkan oleh kegagalan pelumasan atau kekurangan bahan pelumas. Selama terjadi tekanan tinggi dan gerak geser, gesekan menyebabkan pemanasan dengan cepat dan batas-batas temperatur logam berlebihan. Gigi gear yang terbakar akan menjadi sangat getas dan mudah pecah.

7. Keausan

Jenis keausan ini dapat disebabkan oleh ketidak-lurusan pada pemasangan roda-gigi yang menempatkan kontak yang berat pada bidang yang kecil. Disamping itu, persentuhan dua gigi dengan gigi yang tidak dirancang untuk bekerja secara bersama-sama akan menyebabkan keausan interferensi. Lebih dari satu pola keausan dapat terjadi pada bagian dasar dan ujung gigi,

8. Ridging

Goresan-goresan (scratches) terdapat dekat salah satu ujung gigi, khususnya pada roda-gigi hypoid. Hal ini dapat disebabkan karena beban yang berlebihan dan

kurangnya pelumasan, atau karena roda-gigi (gear) tidak mengalami proses perlakuan panas yang benar pada proses pembuatannya.

9. Breakage

Gigi yang patah dapat diakibatkan oleh beberapa kerusakan. Lakukan pemeriksaan yang teliti pada gigi lainnya sebelum menentukan penyebabnya. Breakage dapat disebabkan oleh beban kejut yang besar atau manufaktur yang cacat. Untuk menentukan apakah breakage disebabkan oleh overload atau kelelahan, lakukan pemeriksaan pada bidang yang rusak secara teliti. Apabila pada breakage menunjukkan adanya logam yang masih baru (logam yang masih baik) pada semua kerusakan, maka overload benturan merupakan penyebabnya. Apabila para patahan menunjukkan bentuk patahan baru pada tengah-tengahnya dan gelap pada sekelilingnya, maka breakage disebabkan karena kelelahan yang dimulai dengan keretakan permukaan yang halus.

10. Keretakan(Cracking)

Keretakan (Cracking) cenderung disebabkan karena proses perlakuan panas yang tidak benar selama pembuatan. Proses permesinan dimensi kaki gigi yang kurang baik juga dapat menyebabkan cracking. Sebagian besar keretakan karena proses perlakuan panas sangat halus dan tidak kelihatan sampai roda-gigi (gear) digunakan beberapa waktu.

11. Selip-Balik DalamRoda-Gigi

Selip-balik (backlash) adalah kelonggaran (clearance) atau ruang-bebas (play) diantara dua roda-gigi yang saling berpasangan. Selip-balik terjadi pada salah satu sisi, kontak terjadi pada sisi lainnya, apabila arah diubah, selip-balik pada sisi kontak berubah. Selip-balik yang terlalu besar dapat disebabkan oleh gigi yang aus, gigi-gigi yang tidak tepat, atau bearing yang tidak menahan roda-gigi dengan benar. Selip-balik yang terlalu besar dapat menyebabkan beban kejut secara terus-menerus pada gigi karena roda-gigi berhenti atau terbalik secara mendadak. Gigi gear yang retak dan roda-gigi yang terpentak karena benturan juga diakibatkan oleh selip-balik yang terlalu besar. Selip-balik yang terlalu kecil menyebabkan keausan dan beban yang berlebihan pada gigi gear. Hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan roda-gigi lebih awal.

BEARING

A. Kerusakan

Pada suatu peralatan/mesin dapat dipastikan bahwa terdapat banyak komponen yang bergerak baik dalam bentuk gerakan angular maupun gerakan linear. Gerakan relatif antar komponen mesin akan menimbulkan gesekan, dimana gesekan ini dapat menurunkan efisiensi mesin, meningkatnya temperatur, keausan, dan berbagai efek negatif lainnya. Gesekan antara komponen mesin tersebut dapat diminimalkan dengan menggunakan bantalan atau *bearing*.

Bearing/bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang sangat penting peranannya. Fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Gesekan akan membuat sebuah komponen pada mesin menjadi lecet ataupun rusak, oleh sebab itu dibutuhkan sebuah bantalan yang berfungsi untuk menumpu sebuah poros, tujuannya yaitu untuk menghilangkan gesekan tersebut.

Bearing/bantalan pada transmisi manual yang digunakan adalah bearing gelinding. Diantara kedua permukaan terdapat pelumas sebagai agen utama untuk mengurangi gesekan antara kedua permukaan..

Ada beberapa faktor penyebab kerusakan bearing pada sebuah transmisi manual, beberapa faktor tersebut yaitu keausan, masuknya pengotor kedalam transmisi, beban berlebih dan kurangnya oli pelumas pada transmisi serta umur pakai bearing tersebut.

B. Keausan

Bearing digunakan untuk menahan / menyangga komponen-komponen yang bergerak. Bila gerakan dua permukaan yang saling berhubungan terhambat, maka akan menimbulkan panas. Hambatan ini dikenal sebagai gesekan (*friction*). Gesekan yang terus menerus akan menyebabkan panas yang makin lama semakin meningkat dan menyebabkan keausan pada komponen tersebut.

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Keausan

pada material berhubungan erat dengan gesekan (*friction*) dan pelumasan (*lubrication*).

Keausan pada bearing adalah hilangnya sebagian material dari bearing tersebut disebabkan oleh gesekan(*friction*). Keausan pada bearing tersebut bukanlah sifat dari material, melainkan respons material terhadap sistem luar atau dengan kata lain terjadi kontak antar permukaan pada bearing.

Keausan pada bearing terjadi karena putaran yang ditimbulkan oleh gear secara terus menerus sehingga bearing akan mengalami gesekan dan menyebabkan hilangnya sebagian material pada bearing tersebut. Ada beberapa macam jenis keausan yaitu

1. Keausan adhesive: terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lain dan pada akhirnya terjadi pelepasan/pengoyakan salah satu material.
2. Keausan abrasif: terjadi bila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak.
3. Keausan lelah: merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan adhesive maupun abrasif melibatkan hanya satu interaksi sementara pada keausan lelah dibutuhkan interaksi multi. Permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat tergantung pada tingkat pembebanan.
4. Keausan Oksidasi (*keausan korosif*) : Pada prinsipnya mekanisme ini dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di bagian permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini akan menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material pada lapisan permukaan akan mengalami keausan yang berbeda Hal ini selanjutnya mengarah kepada perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut.

adapun penyebab keausan pada bearing disebabkan oleh :

1. Pemakaian bearing melewati batas umur pakai bearing : Biasa ini terjadi karena banyaknya konsumen yang tidak memperhatikan/tidak peduli buku petunjuk kendaraan yang telah diberikan, akibatnya bearing akan mengalami kelelahan. Kelelahan pada bearing akan membuat kekuatan dari material bearing tersebut berkurang, akibatnya akan terjadi keausan pada bearing tersebut.
2. Tingginya temperatur pada transmisi : Ini terjadi karena penggunaan kendaraan yang terlalu lama/terjadi kesalahan pemasangan pada transmisi yang disebabkan kelalaian mekanik, sehingga akan menyebabkan keausan pada bearing.

C. Masuknya Kotoran Kedalam Transmisi

kotoran pada transmisi adalah benda-benda yang masuk kedalam transmisi yang bisa menyebabkan komponen-komponen pada transmisi mengalami kerusakan. Kotoran-kotoran yang ada dalam transmisi biasanya berupa pasir dan air.

1. Kotoran pasir : Masuknya kotoran pasir pada transmisi akan berakibat vatal pada bearing yang ada pada transmisi tersebut, biasanya kerusakan yang ditimbulkan oleh pasir tersebut adalah adanya goresan-goresan pada permukaan bearing atau bola bearing.
2. Kotoran air : Masuknya kotoran air pada transmisi juga akan berakibat vatal pada komponen yang ada didalam transmisi tersebut. Akibat yang ditimbulkan pengotor air pada bearing biasanya akan terjadi pengkaratan pada bearing tersebut.

D. Kurangnya Pelumas Pada Transmisi

Sistem pelumasan antara dua permukaan yang bergerak relatif melibatkan *behavior* partikel pelumas antara kedua permukaan, tipe pelumas, jenis pelumasan, dan metoda aplikasi pelumas. Pelumas memiliki beberapa fungsi utama yaitu :

1. Pelumas (*Lubricant*)

Salah satu fungsi minyak pelumas adalah untuk melumasi bagian-bagian mesin yang bergerak untuk mencegah keausan akibat dua benda yang bergesekan. Minyak pelumas membentuk Oil film di dalam dua benda yang bergerak sehingga dapat mencegah gesekan/kontak langsung diantara dua benda yang bergesekan tersebut.

2. Pendingin(*Cooling*)

Minyak pelumas mengalir di sekeliling komponen yang bergerak, sehingga panas yang timbul dari gesekan dua benda tersebut akan terbawa/merambat secara konveksi ke minyak pelumas, sehingga minyak pelumas pada kondisi seperti ini berfungsi sebagai pendingin mesin.

3. Pembersih (*Cleaning*)

Kotoran atau bram-bram yang timbul akibat gesekan, akan terbawa oleh minyak pelumas menuju karter yang selanjutnya akan mengendap di bagian bawah carter dan ditangkap oleh magnet pada dasar carter. Kotoran atau bram yang ikut aliran minyak pelumas akan di saring di filter oli agar tidak terbawa dan terdistribusi kebagian-bagian mesin yang dapat mengakibatkan kerusakan/ mengganggu kinerja mesin.

Jika pelumas pada transmisi kurang, maka akan besar sekali dampak yang ditimbulkannya terutama pada bearing sebuah transmisi, dampak tersebut adalah :

1. Kurangnya pelumas pada transmisi akan menyebabkan komponen pada transmisi tidak terlumasi secara sempurna, akibatnya gesekan akan terjadi sehingga akibat yang ditimbulkan adalah bearing bisa menjadi rusak.
2. Sebagaimana diketahui salah satu fungsi pelumas adalah untuk mendinginkan, apabila pelumas pada transmisi berkurang maka fungsi pendingin pada pelumaspun tidak akan sempurna akibat yang ditimbulkan adalah bearing pada transmisi akan cepat panas, panas yang terjadi pada bearing akan menyebabkan kekuatan ataupun

keuletan pada bearing berkurang, kalau hal ini terus berlanjut secara berkelamaan maka bearing tersebut akan rusak.

3. Apabila transmisi kekurangan pelumas, maka fungsi pelumas sebagai pembersih tidak akan efisien ini disebabkan karena pelumas tidak mampu membersihkan komponen pada transmisi secara menyeluruh, akibatnya kotoran-kotoran pada transmisi akan menempel pada komponen yang ada didalam transmisi, dan apabila ini dibiarkan maka bearing pada transmisi akan rusak. Kerusakan yang terjadi pada bearing biasanya goresan-goresan pada permukaan bearing atau juga pada bola-bola bearing.

E. Beban Berlebih

Beban berlebih adalah beban yang diberikan melebihi beban maksimal pada kendaraan. Pada mobil suzuki carry 1.5 beban maksimal yang dibolehkan adalah 1195 kg atau sekitar 1,2 ton, dan apabila beban yang diberikan kepada mobil suzuki carry 1.5 melebihi 1,2 ton maka bearing pada transmisi akan mengalami kerusakan. Banyak sekali konsumen yang melalaikan hal tersebut akibatnya bearing pada transmisi akan mengalami kerusakan. Ada dua faktor utama yang menyebabkan kerusakan bearing akibat beban berlebih, faktor tersebut adalah :

1. Getaran yang tinggi akibat dari beban yang diberikan : Ini terjadi karena gear pada transmisi bekerja keras untuk memutar poros, ini terjadi karena beban yang diberikan terlalu besar sehingga poros akan mengalami getaran yang tinggi. Getaran tersebut akan mengakibatkan kerusakan bearing, kerusakan bearing yang terjadi seperti bearing patah atau retak.
2. Panas yang tinggi pada transmisi : Panas yang tinggi ini terjadi karena beban yang ada pada mobil suzuki carry terlalu besar akibatnya mesin akan bekerja keras untuk memutar gear pada transmisi, sehingga akan menimbulkan panas yang tinggi pada transmisi, panas yang tinggi tersebut akan membuat bearing pada transmisi rusak ini disebabkan bearing pada

transmisi mengalami pemuaian sehingga kekuatan dari bearing tersebut akan berkurang akibatnya bearing akan menjadi rusak.

F. Umur Pakai

Jika suatu material diberikan beban atau gesekan secara terus menerus, maka dalam kurun waktu yang lama material tersebut akan rusak. Sama halnya bearing, kerusakan bearing pada transmisi terjadi karena putaran gear dan poros pada sebuah transmisi, yang menyebabkan bearing tersebut bergesekan. Gesekan yang terjadi secara terus menerus dan dalam kurun waktu yang lama akan menyebabkan bearing tersebut rusak.

Umur pakai bearing adalah batas pakai bearing yang telah dibuat oleh pabrik yang apabila digunakan atau dipakai dalam waktu tertentu bearing tersebut akan rusak. Adapun faktor-faktor penyebab kerusakan bearing sebelum umur pakainya adalah :

1. Kelalaian konsumen dalam merawat transmisi, sehingga bearing akan rusak sebelum waktu pakainya.
2. Masuknya kotoran pada transmisi : Biasanya terjadi karna kelalaian mekanik tidak membersihkan baut penutup oli dan juga tidak membersihkan transmisi pada saat penggantian oli pelumas akibatnya bearing akan mengalami kerusakan sebelum umur pakainya.
3. Beban berlebih : Beban berlebih ini akan membuat getaran dan panas yang tinggi pada transmisi. Panas dan getaran tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada bearing sebelum umur pakai bearing habis.

BAB III

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil kerja industri yang telah dilaksanakan bertempat PLTA Batang Agam selama 47 hari, penulis melakukan pembahasan terhadap topik yang di angkat, maka penulis mengambil kesimpulan:

1. Di tinjau dari hasil produksinya PLTA Batang Agam mempunyai peranan yang sangat penting dalam hal menyuplai pasokan listrik untuk daerah Sumatera Barat dan sekitarnya.
2. Pembangkit PLTA Batang Agam mengandalkan energi potensial dari sungai Batang Agam.
3. Sesuai dengan data – data teknis yang ada di PLTA Batang Agam dimana memanfaatkan aliran sugai dan debit airnya sedang maka turbin yang cocok untuk PLTA Batang Agam di pakai turbin jenis turbin Francis shaft horizontal.
4. Pada PLTA Batang Agam mempunyai kapasitas 3x3,5 MW yang disalurkan ke empat feeder :
 - Feeder I Line Bukittinggi GH Tanjung Alam
 - Feeder II Line Batu Sangkar sampai GH Dobok
 - Feeder III Line Payakumbuh I
 - Feeder IV Line Payakumbuh II sampai GH kota
5. Adapun faktor-faktor penyebab kerusakan roda gigi dan bearing sebelum umur pakainya adalah :
 - Kelalaian konsumen dalam merawat transmisi, sehingga akan rusak sebelum waktu pakainya.
 - Masuknya kotoran pada transmisi : Biasanya terjadi karna kelalaian mekanik tidak membersihkan baut penutup oli dan juga tidak membersihkan transmisi pada saat penggantian oli

pelumas akibatnya roda gigi bearing akan mengalami kerusakan sebelum umur pakainya.

- Beban berlebih : Beban berlebih ini akan membuat getaran dan panas yang tinggi pada transmisi. Panas dan getaran tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada roda gigi bearing sebelum umur pakai bearing habis.

B. SARAN

Dengan harapan agar nantinya diperoleh hasil praktek kerja lapangan yang lebih maksimal dari yang sudah penulis dapatkan, maka penulis menyatakan agar:

1. Bagi pihak PLTA Batang Agam, sebaiknya dapat menyediakan buku referensi yang dapat membantu mahasiswa PLI dalam mendukung penyusunan laporan PLI.
2. Bagi pihak PLTA Batang Agam, agar memfokuskan pekerjaan yang akan dilakukan mahasiswa PLI sesuai dengan bidang keahlian yang dipelajari mahasiswa PLI di Universitas.
3. Bagi mahasiswa PLI, sebelum melakukan pekerjaan, utamakanlah K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) dan diwajibkan mempelajari SOP (*Standard Operating Procedure*) agar terhindar dari bahaya dan kecelakaan kerja.
4. Bagi mahasiswa PLI, diwajibkan mematuhi peraturan yang berlaku di PLTA Batang Agam agar terjalinnya hubungan yang baik antara mahasiswa PLI dengan pegawai PLTA Batang Agam.

Daftar pustaka

https://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_transmisi

<https://kamatblog.wordpress.com/2013/04/12/sisten-transmisi-dan-penjasannya/comment-page-1/>

https://ANALISA KERUSAKAN BEARING PADA TRANSMISI MANUAL _ komunitas muslim.htm

[https://Roda Gigi - Transmisi Daya \(Power Transmission\) _ Ebook dan Aplikasi VB Teknik Mesin.html](https://Roda Gigi - Transmisi Daya (Power Transmission) _ Ebook dan Aplikasi VB Teknik Mesin.html)

<http://karanggalang.blogspot.co.id/2015/04/pengertian-dan-spesifikasi-bearing-pada.html>

[https://id.wikipedia.org/wiki/Bearing_\(mekanikal\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Bearing_(mekanikal))

DATA MAHASISWA PLI

Nama : **Arif Rahman**
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat/Tgl. Lahir : Baso/ 18 Maret 1994
Agama : Islam
Alamat Orang Tua : Air Tabik, Jorong Baso, Nagari Tabek Panjang,
Kecamatan Baso, Kab.Agam
Alamat di Padang : Jln.yokjakarta no. c3 asratek ulak karang, Padang
NIM/ BP : 1302501/2013
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Mesin (Teknik pemesinan)
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Negeri Padang
Tempat PLI : **DI PT.PLN (Persero) Sektor Bukittinggi Unit Batang
Agam**
Penasehat Akademik : Primawati,S.Si,M.Si
IPK : 3.46
Historis Nilai : Terlampir

CURRICULUM VITAE

Nama : Arif Rahman
Tempat/Tgl Lahir : Baso / 18 Maret 1994
Jenis Kelamin : Laki-laki
Status Perkawinan : Lajang
Agama : Islam
Alamat Orang Tua : Air Tabik, Jorong Baso, Nagari Tabek Panjang,
Kecamatan Baso, Kab. Agam
Alamat di Padang : Jln. yokjakarta no. c3 asratek ulak karang, Padang
Nomor Telepon : -
Mobile Phone : 081266290136
Email : arifrahman180394@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

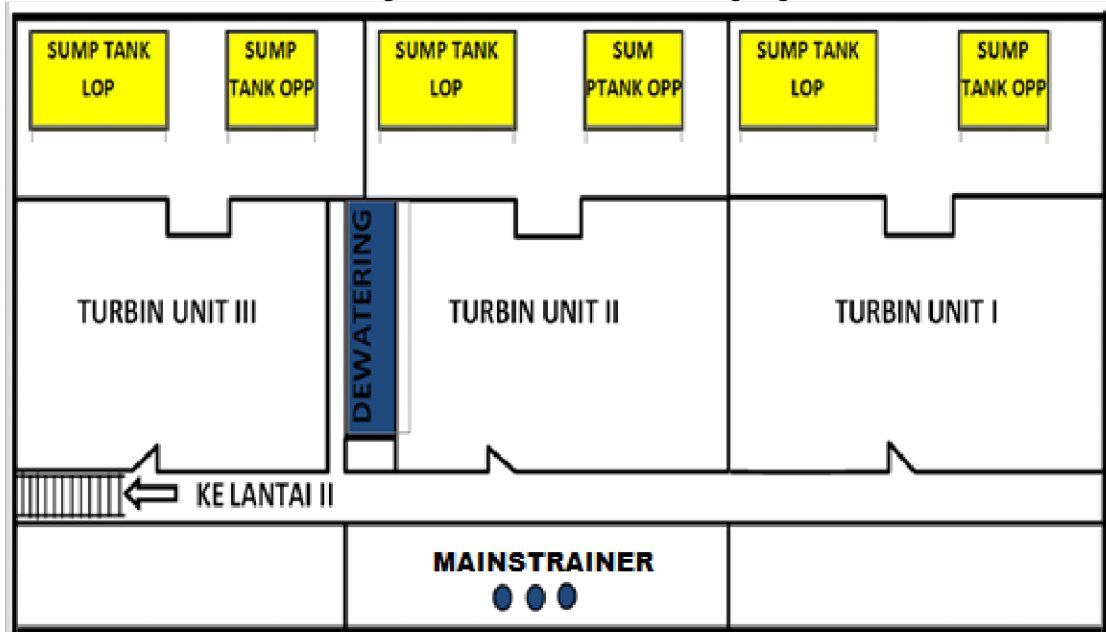
JENJANG	INSTITUSI	BIDANG ILMU	TAHUN
SD	SD N 01 Baringin Anam Baso	-	2007
SMP	SMP N 1 Candung	-	2010
SMA	SMA Negeri 1 Ampek Angkek	IPA	2013
S1	Universitas Negeri Padang	Teknik Mesin	Sekarang

Padang, 20 Desember 2016

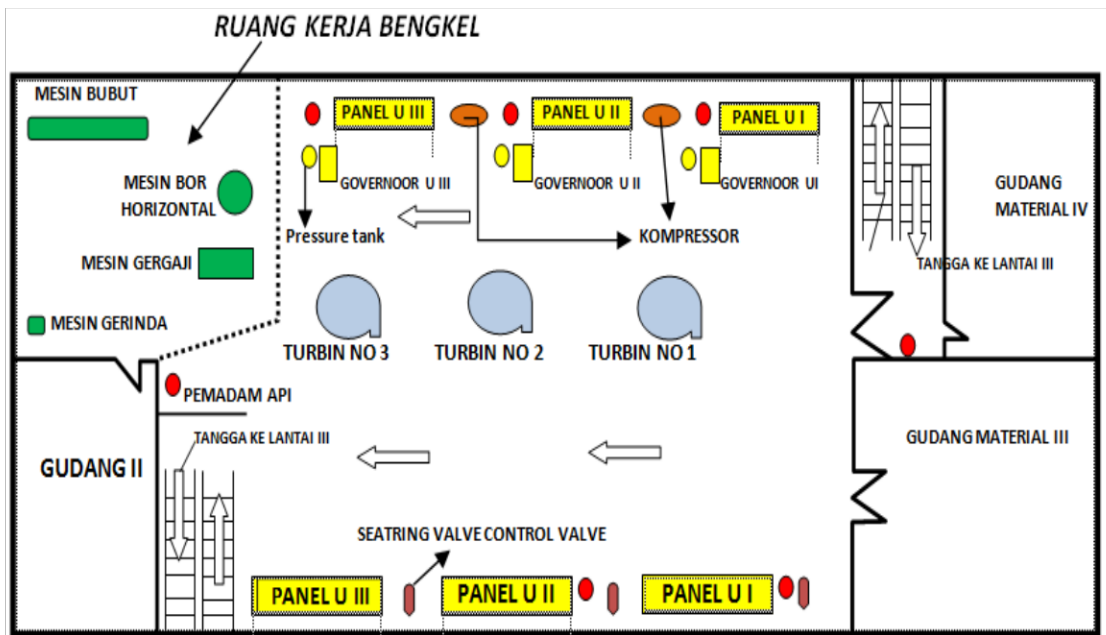
Arif Rahman

NIM.1302501

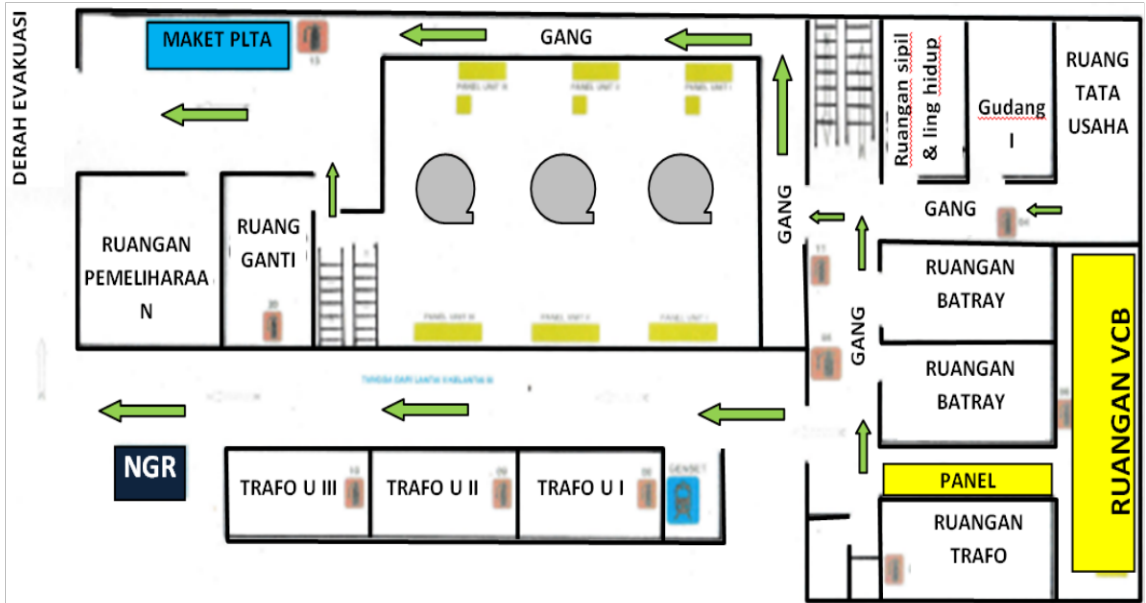
Denah Bangunan Sentral PLTA Batang Agam



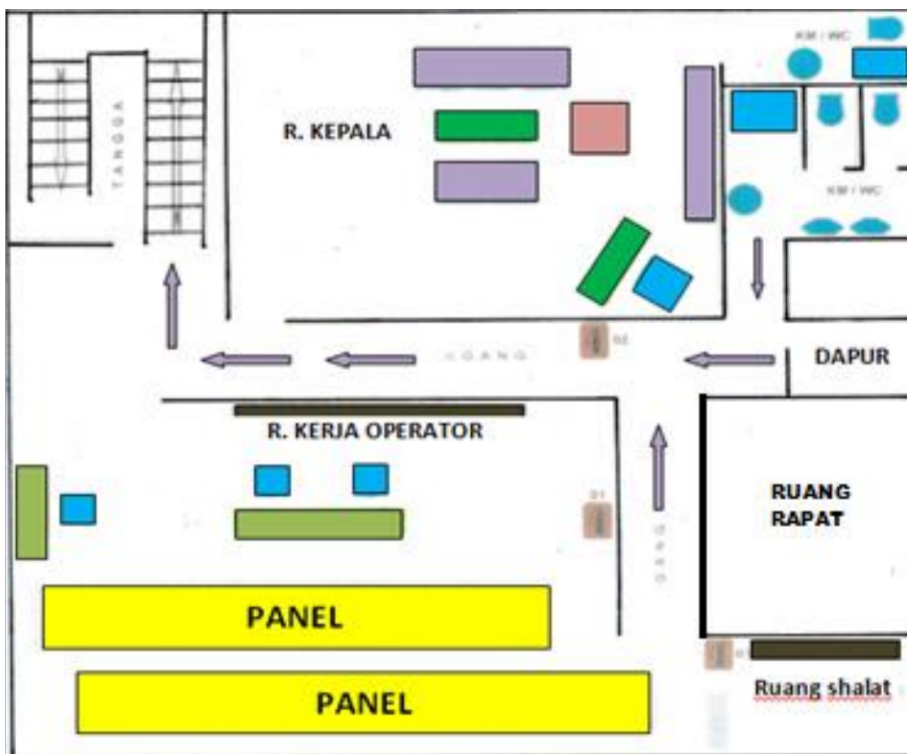
Gambar. Bangunan Sentral Lantai 1 PLTA Batang Agam



Gambar. Bangunan Sentral Lantai 2 PLTA Batang Agam

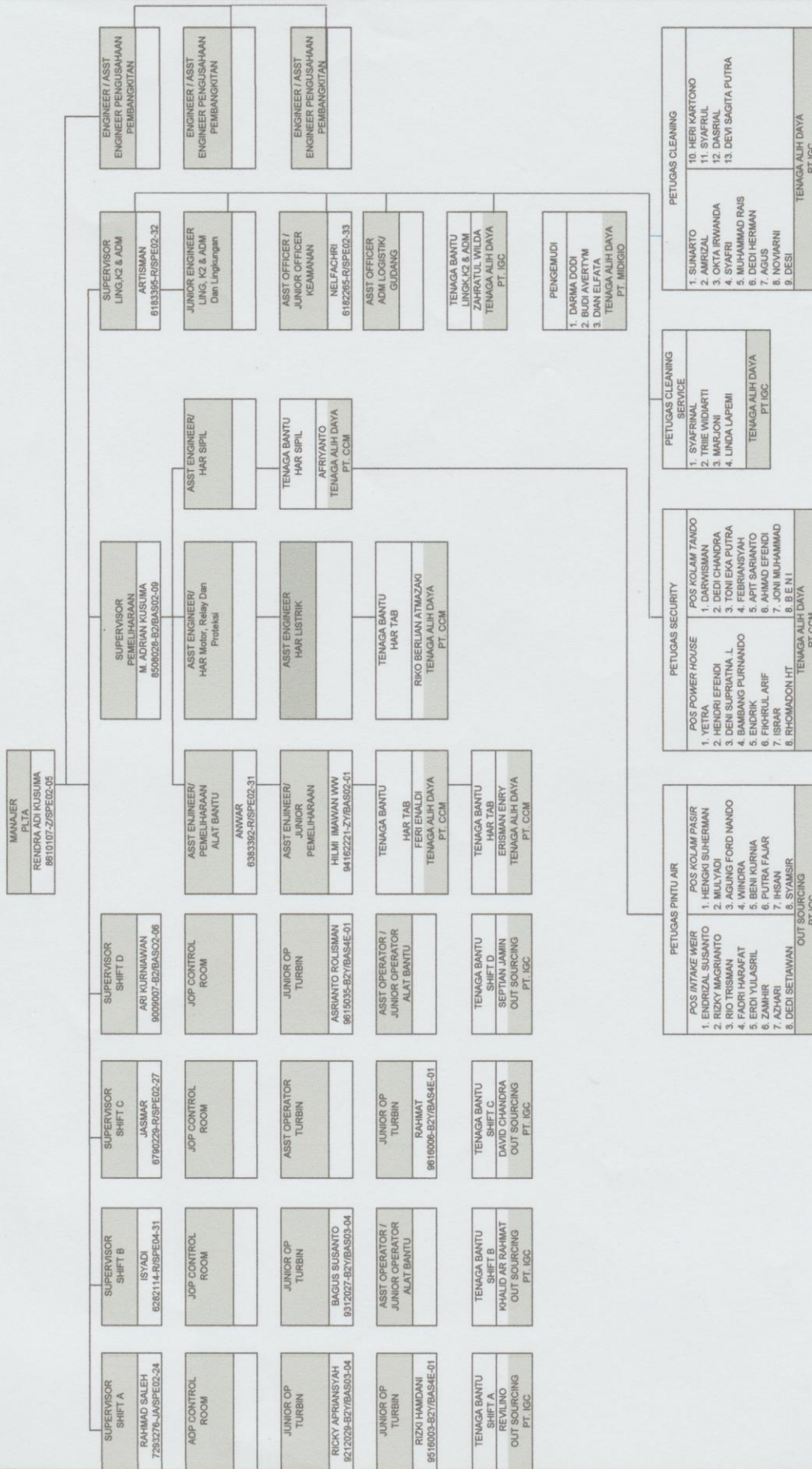


Gambar. Bangunan Sentral Lantai 3 PLTA Batang Agam



Gambar. Bangunan Sentral Lantai 4 PLTA Batang Agam

STRUKTUR ORGANISASI BULAN MARET 2017



Batang agam, 31 Maret 2017
Supervisor HAR

M. ADRIAN KUSUMA



PT PLN (PERSERO) PEMBANGKITAN SUMATERA BAGIAN SELATAN
SEKTOR PENGENDALIAN PEMBANGKITAN BUKITTINGGI
PLTA BATANG AGAM

Sertifikat

Diberikan kepada :

ARIF RAHMAN

1302501/2013

Teknik Mesin Universitas Negeri Padang

Telah Melaksanakan Praktek Lapangan Industri di PLTA Batang Agam
pada 13 Februari - 30 Maret 2017.

Semoga sertifikat ini bisa dipergunakan sebaik-baiknya.

Batang Agam, 30 Maret 2017
Pimpinan PLTA Batang Agam



