

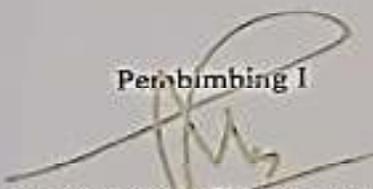
PENGESAHAN
STUDI PLTA DENGAN APLIKASI PLTA PAKKAT 18
MEGAWATT
TUGAS AKHIR
OLEH :

AMOS CRISTOVEL SIHOMBING
NPM : 18330034

Lulus Sidang Tugas Akhir Tanggal 03 April 2024
Periode Semester Genap T.A 2023/2024

Disahkan dan disetujui oleh:

Pembimbing I


Ir. Marhira Siranggang, M.Sc
NIDN: 117035801

Pembimbing II


Ir. Fiktor Sihombing, M.T
NIDN: 0116046001

Diketahui Oleh:

Ketua Program Studi Teknik Elektro


Ir. Lestina Siagian, M.Si
NIDN: 0120125901

Dekan Fakultas Teknik


Ir. Yetti Riris K. Saragi, ST., MT., IPU., ACPE
NIDN: 010317503

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan yang diperlukan dalam kehidupan manusia, hampir semua peralatan yang digunakan dalam kehidupan sehari – hari membutuhkan energi listrik. Sumber energi listrik yang utama salah satunya adalah energi air yang dikonversi menjadi listrik dengan menggunakan turbin dan generator, kemudian energi yang dihasilkan bisa dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari.

Dengan mempertimbangkan jumlah energi yang dapat dihasilkan, penggerak listrik tenaga air dimasukkan ke dalam enam kategori. Pembangkit listrik dengan kapasitas lebih dari 100 MW disebut largehydro, pembangkit listrik dengan kapasitas antara 15 dan 100 MW disebut mediumhydro, pembangkit listrik dengan kapasitas antara 1-15 MW disebut smallhydro, pembangkit listrik dengan kapasitas antara 100 dan 1 MW disebut minihydro, pembangkit listrik dengan kapasitas antara 5 dan 100 kW disebut microhydro, dan pembangkit listrik dengan kapasitas kurang dari 5 kW disebut picohydro.

Indonesia kaya akan sumber daya alam, bisa dilihat dari letak geografis Indonesia, dimana Indonesia dikelilingi dengan beribu pulau dan diapit oleh dua samudera bahkan sebagian besar wilayah Indonesia adalah lautan. Di Indonesia, banyak daerah memiliki sumber daya air yang melimpah, yang memungkinkan

penggunaan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) berskala besar atau kecil seperti minihydro, microhydro, dan picohydro.

Indonesia memiliki potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sebesar 70.000 Mega Watt (MW). Potensi ini baru dimanfaatkan sekitar enam persen atau 3.529 MW atau 14,2 persen dari jumlah energi pembangkitan PT. PLN[2]. Sehingga PLTA di Indonesia sangat besar.

Dalam tugas akhir ini lokasi yang penelitian tepatnya berada di Desa PURBA BERSATU Kecamatan PAKKAT Kabupaten HUMBAHAS merupakan daerah yang melimpah dengan sumber daya air dan terletak pada pegunungan dan beda ketinggian sungai relatif besar. Dengan adanya sungai tersebut bisa memberikan peluang dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air dengan skala mediumhydro.

Pembangkit Listrik Tenaga mediumhydro ini dipilih karena tidak merusak lingkungan, tidak memerlukan bahan bakar dan menimbulkan polusi. Berdasarkan hal yang telah dijelaskan diatas, maka penulis mengambil judul dalam penelitian ini adalah **“STUDI PLTA DENGAN APLIKASI PLTA PAKKAT 18 MEGAWATT”**. Hasil penelitian ini diharapkan sebagai acuan untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga mediumhydro. Pada penelitian ini membahas sistem kerja PLTA PAKKAT menggunakan software atau aplikasi untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sistem PLTA yang dibangun.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui cara mengoperasikan PLTA dipower house menggunakan aplikasi anydesk.
2. Mengetahui besar daya yang dapat dibangkitkan oleh PLTA PAKKAT berdasarkan debit andalan sungai aek sirahar..
3. Mengetahui cara kerja PLTA PAKKAT mulai dari proses pengoperasian sampai ke distribusi.

1.3. Manfaat

Manfaat yang diharapkan oleh penulis dari tugas akhir ini adalah;

1. Bagi Mahasiswa Teknik Elektro Universitas HKBP Nommensen medan, Penelitian ini sebagai bahan informasi dan pengembangan bagi penelitian berikutnya.
2. Bagi penulis penelitian ini memperluas pengetahuan tentang pengoperasian dan studi khususnya pembangkit listrik pada PLTA.
3. Menjadi kajian ilmiah didalam bidang PLTA sebagai pembangkit listrik alternatif yang bersifat terbarukan.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas maka rumusan masalah tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana cara mengoperasikan dan mengontrol PLTA pakkat menggunakan aplikasi digital Anydesk?
- b. Bagaimana cara kerja PLTA Pakkat mulai dari dam sampai ke rumah turbin?

1.5. Batasan Masalah

- a. Studi PLTA yang dilakukan pengoperasian menggunakan aplikasi ialah; pengoperasian di power house (rumah tenaga)
- b. Pengambilan data dilakukan secara langsung di PLTA Pakkat (PT. Energi Sakti Sentosa).

1.6. Metodologi Memecahkan Masalah

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah dengan melakukan langkah- langkah sebagai berikut:

1.6.1 Studi literature

Studi literature ini dilakukan untuk menambah pengetahuan penulis untuk mencari referensi dan teori – teori berupa buku, data dari internet. Output yang dihasilkan dari studi literature ialah terkoleksinya referensi yang relevan dengan rumusan masalah.

1.6.2 Observasi Lapangan

Melakukan observasi lapangan, dengan pengamatan secara langsung kelapangan analisis data dan kesimpulan data sampai dengan penulisannya mempergunakan aspek pengukuran , perhitungan, rumus dan kepastian data numeric.

1.6.3 Sistematika Penulisan

Bagian awal skripsi meliputi: judul, abstrak, lembar pengesahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

BAB I PENDAHULUAN

Bertujuan mengantarkan pembaca untuk memahami terlebih dahulu gambaran mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini mengemukakan tentang tinjauan pustaka yang mendukung dalam pelaksanaan penelitian.

Bab III METODOLOGI

Pada bab ini berisi metode yang di gunakan dalam melakukan penelitian. Di dalam bab ini dibahas tentang rancangan penelitian, objek penelitian, metode pengumpulan data dan analisis data.

Bab IV PEMBAHASAN

Data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan metode yang telah ditentukan pada BAB III dan selanjutnya dilakukan pembahasan terhadap hasil penelitian tersebut.

Bab V PENUTUP

Berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan saran – saran yang relevan dengan penelitian yang telah dilaksanakan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

PLTA adalah sumber energi mekanik dan sumber daya energi terbarukan tertua di dunia. Referensi yang dikenal paling awal adalah ditemukan dalam sebuah tulisan Yunani dari 85 SM dan ada referensi dalam teks Romawi terdahulu. Selama abad pertama, roda sederhana yang digunakan untuk menggiling gandum dan menggerakkan pabrik dikenal di Cina. Pada awal milenium kedua, teknologi ini menjadi populer di seluruh Asia dan Eropa (Breeze, 2014).

Pembangkit listrik tenaga air adalah bentuk sumber daya energi terbarukan, yang berasal dari air yang mengalir. Untuk menghasilkan listrik, maka sumber air yang digunakan sebagai sumber energi harus bergerak (air terjun atau air mengalir). Ketika air yang jatuh dari ketinggian tertentu akibat gaya gravitasi, maka di dalam air tersebut memiliki energi potensial yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik. Sebelum dikonversi menjadi energi mekanik oleh turbin, energi potensial yang digunakan dikonversi terlebih dahulu menjadi energi kinetik. Energi kinetik air kemudian diubah menjadi energi mekanik melalui daya dorong, atau tekanan, terhadap sudu atau baling-baling turbin. Dengan menggerakkan rotor generator, turbin menghasilkan energi listrik. Sistem ini dikenal sebagai pembangkit listrik tenaga air. Pada tahun 1880, sistem listrik tenaga air pertama dibangun. Lembaga Energi Internasional (IEA) menyatakan bahwa pasokan pembangkit listrik tenaga air

skala besar saat ini menyumbang 16% dari kebutuhan listrik global (Abdul Nasir, 2014).

2.2 Potensi PLTA di Indonesia

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya alam, salah satunya potensi energi terbarukan (air). Energi air merupakan sumber energi terbarukan yang sangat potensial di Indonesia. Jika pemanfaatan energi air tersebut dilakukan secara meluas di seluruh wilayah Indonesia maka peluang untuk keluar dari krisis energi akan semakin besar.

Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Pembangkit Listrik Tenaga Mini/makro Hidro (PLTM/PLTMH) sebesar 770 MW dan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Indonesia diperkirakan sebesar 75.000 Megawatt (MW). Dari potensi tersebut baru sekitar 6 persen yang telah dikembangkan.

Tabel 2.1 menunjukkan potensi energi terbarukan (tenaga air) di Indonesia.

Pulau	Potensi(MW)
Sumatera	15.600
Jawa	4.200
Kalimantan	21.600
Sulawesi	10.200
Bali-NTT-NTB	620
Maluku	430
Papua	22.350

Jumlah

75.000

Sumber: (Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral

2.3 Potensi dan Pemanfaatan Tenaga Air

Potensi dan Pemanfaatan Tenaga Air Dengan perkembangan zaman sampai saat ini, kebutuhan energi pun makin meningkat terutama energi listrik. Di Indonesia sendiri kebutuhan listrik masih menggunakan bahan bakar berupa energi fosil. Energi ini merupakan energi yang tidak ramah lingkungan karena menyebabkan polusi udara, air dan tanah yang berdampak pada penurunan tingkat kesehatan dan standar hidup. Selain itu, energi ini merupakan energi yang jumlahnya terbatas sehingga perlu adanya peralihan penggunaan energi terbarukan yang bersifat lebih ramah lingkungan. Berdasarkan data (blueprint) pengelolaan energi nasional 2005-2025 yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM) pada tahun 2005, cadangan minyak bumi, gas dan batu bara di Indonesia akan habis dalam kurun tahun tertentu ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2.2 *Cadangan sumber Daya Mineral Indonesia dan Dunia*

Jenis energi fosil	Indonesia	Dunia
Minyak Bumi	18 Tahun	40 Tahun
Gas Alam	61 Tahun	60 Tahun
Batubara	147 Tahun	200 Tahun

Sumber : DESDM (2005)

Untuk mengatasi masalah krisis energi ini maka dari itu dilakukan upaya memanfaatkan energi terbarukan. Berikut potensi energi terbarukan di Indonesia.

Indonesia memiliki Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, mini/micro hydro sebesar 450 MW, Biomass 50 GW, energi surya 4,80 kWh/m²/hari, energi angin 3-6 m/det dan energi nuklir 3 GW.

2.4 Prinsip Kerja pada Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah pembangkit yang mengubah energi potensial air atau energi gravitasi air menjadi energi listrik. Turbin air adalah mesin penggerak yang mengubah energi potensial air menjadi kerja mekanik poros, yang kemudian memutar rotor generator untuk menghasilkan energi listrik.

Air, bahan utama PLTA, dapat diperoleh dari sungai secara langsung dan digunakan untuk memutar turbin; alternatif, air dapat ditampung dahulu (sama dengan air hujan) melalui waduk atau bendungan sebelum digunakan untuk memutar turbin.

berikut cara untuk menghitung daya listrik yang dihasilkan:

$$P = K \cdot h \cdot H \cdot q \text{ [kW]}$$

Dimana:

P : Daya yang dihasilkan

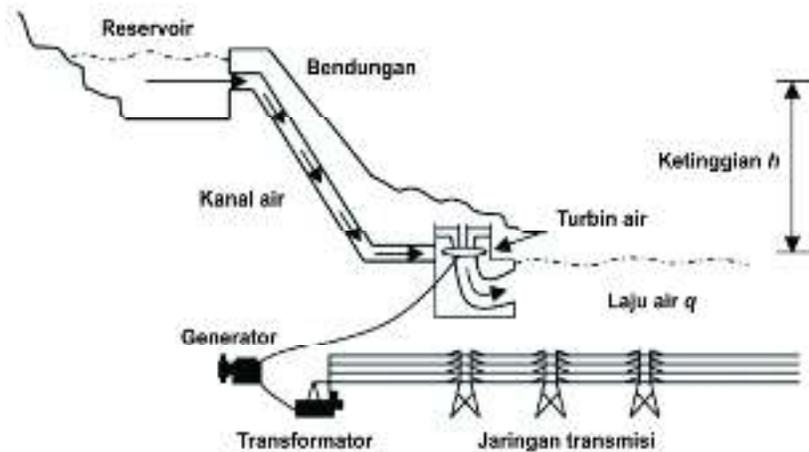
K : konstanta (9.8)

h : efisiensi turbin bersama generator

H : Tinggi terjun air

q : Debit air [m³ / detik]

PLTA mengubah potensi air menjadi tenaga listrik. Pertama, potensi air diubah menjadi tenaga mekanik untuk memutar turbin, yang kemudian memutar generator, yang menghasilkan energi listrik.



Gambar 2.1 ; Skema PLTA

Adapun persamaan atas Daya yang dibangkitkan generator yang diputar oleh Turbin

Air adalah:

$$P = k \cdot \eta \cdot H \cdot q \cdot [\text{kW}]$$

dimana:

$$P = \text{daya} [\text{kW}]$$

$$H = \text{tinggi air terjun (meter)}$$

$$q = \text{debit air} [\text{m}^3/\text{detik}]$$

$$\eta = \text{efisiensi turbin bersama generator}$$

$$k = \text{konstanta}$$

Konstanta (k) dihitung berdasarkan pengertian bahwa 1 daya kuda = 75 kgm/detik dan 1 daya kuda = 0,736 kW sehingga apabila P ingin dinyatakan dalam kW, sedangkan tinggi air terjun (H) dinyatakan dalam meter dan debit air (q) dalam m³/detik, maka:
hitung konstanta

CONTOH:

- A. Sebuah PLTA mempunyai debit air penggerak turbin sebesar 14 m³/detik dengan tinggi terjun 125 meter. Apabila efisiensi turbin bersama generator adalah 95% hitunglah besar potensi daya akan dibangkitkan generator tersebut!

JAWAB:

Daya yang dihasilkan generator:

$$P = k \cdot \eta \cdot H \cdot q \cdot [\text{kW}]$$

$$P = 9,8 \times 0,95 \times 125 \times 14$$

$$P = 16.292,5 \text{ kW}$$

- B. Jika PLTA berbeban selama 24 jam, berapa jumlah produksi kWhnya?

JAWAB:

Jika PLTA berbeban selama 24 jam, maka jumlah produksi kWh-nya adalah

$$16.292,5 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} = 319.020 \text{ kWh.}$$

berikut adalah data debit air per tahun:

Tabel 2.3. *Debit air pertahun*

BULAN	DEBIT (m ³ /det)	KAPASIT AS	SELISIH	JUMLAH HARI	JUMLAH AIR
JAN	23	14	9	31	24,105,600.00
FEB	22	14	8	28	19,353,600.00
MAR	20	14	6	31	16,070,400.00
APR	16	14	2	30	5,184,000.00
MAY	13	14	-1	31	-2,678,400.00
JUN	10	14	-4	30	-10,368,000.00
JUL	8	14	-6	31	-16,070,400.00
AUG	6	14	-8	31	-21,427,200.00
SEP	5	14	-9	30	-23,328,000.00
OCT	10	14	-4	31	-10,713,600.00
NOV	14	14	0	30	0.00
DEC	20	14	6	31	16,070,400.00

C. Berapa banyak air yang dipakai?

JAWAB:

$14 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \text{ detik} \times 24 \text{ jam} = 1.209.600 \text{ m}^3/\text{hari}$ banyak penggunaan air yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 MWh:

Dalam 24 jam:

Produksi = 319.020 kWh

Pemakaian air = $1.209.600 \text{ m}^3$

Untuk memproduksi energi sebesar 1 MWh membutuhkan air sebanyak:

$661.209.600 \text{ m}^3/319.020 \text{ kWh} = 3791,61 \text{ m}^3$

Bila dibuatkan kolam tando untuk menampung air kelebihan pemakaian PLTA:

Berapa besar volum kolam tando dengan cat ada air yang menguap 5%

- Dengan adanya kolam tando sebesar itu, berapa lama PLTA ini bisa berbeban penuh dalam masa 1 tahun?
- Dengan adanya kolam tando sebesar itu, berapa besar jumlah produksi yang bisa dicapai dalam satu tahun?

Intalasi PLTA hanya bisa mengalirkan maksimum 14 m³/det. Jika debit air besarnya diatas 14 m³/det maka kelebihan ini harus ditampung di kolam tando ini. Pengisian kolam tando akan berlangsung sebagai berikut:

Perhitungan Selisih Air

Dari perhitungan diatas bahwa Nilai Positif Air dari Selisih Debit air dikurangi kapasitas dapat diperoleh nilai sebesar 80.784.000 m³ dikurangi 5% maka didapat 76.744.800 m³. Maka besarnya kolam tando dapat memuat minimal 76.744.800 m³.

Selama bulan Desember sampai dengan April, PLTA bisa beroperasi penuh tanpa mengambil air dari kolam tando. Untuk bulan lain agar bisa berbeban penuh diperlukan supply dari kolam tando sebanyak:

Mei	= 2,678,400 m ³
Juni	= 10,368,000 m ³
Juli	= 16,070,400 m ³
Agustus	= 21,427,200 m ³

September	= 23,328,000 m ³
Oktober	= 10,713,600 m ³
November	= 0 m ³
Totalnya	= 84,585,600 m ³

Sepertinya pembebanan penuh hanya dapat dilakukan dari bulan Desember hingga September. Namun, jika pembebanan penuh ini dilakukan lagi di bulan Oktober, diperlukan suplai air sebanyak 4 m³/det. Dengan demikian, jumlah air dalam kolam tando adalah 73,872.000 m³ kurang dari 76.744.800 m³, jadi 718200 detik = 8,31 hari.

Ini menunjukkan bahwa air Kolam Tando akan habis setelah beroperasi dengan beban penuh dari Januari hingga September. Pada tanggal 8,31 hari pertama bulan Oktober, air sungai penggerak PLTA hanya dapat menghasilkan daya sebesar 10 m³/det, $P = k \cdot \eta \cdot H \cdot q \cdot [\text{kW}] = 9,8 \times 0,95 \times 125 \times 10 = 11637,5 \text{ kW}$

Setelah musim hujan tiba pada bulan November, PLTA dapat kembali berbeban penuh 16292,5 kW karena debit air rata-rata sungai menjadi 14 m³/det kembali. Dengan demikian, pada bulan Oktober, PLTA tidak dapat berbeban penuh selama 31 hari kurang dari 8,31 hari, atau 22,69 hari dari 365 hari, sehingga PLTA dapat berbeban penuh selama 342,31 hari. Dalam satu tahun, PLTA dapat menghasilkan 133.850.065 kWh $(342,31 \times 24 \times 16292,5\text{kW}) + (22,69 \times 24 \times 11637,5\text{kW}) = 140.187.373 \text{ kWh}$.

2.5 Jenis – Jenis Turbin air

2.5.1 Turbin Air

Turbin air adalah salah satu komponen yang sangat penting pada sistem pembangkit listrik bertenaga air. Turbin air berfungsi mengubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetis air) pada aliran air menjadi energi mekanis untuk memutar rotor (kincir), oleh karena itu turbin air termasuk kedalam kelompok mesin-mesin fluida.

A. Turbin Impuls

Turbin Impuls adalah salah satu pengelompokan jenis turbin yang memiliki cara kerja merubah seluruh energi pada air menjadi energi kinetis untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi mekanis. Pada kelompok turbin ini rotor (*runner*) akan bekerja dengan pengaruh aliran air dengan memanfaatkan perbedaan tinggi pada aliran air yang akan dirubah menjadi kecepatan. Pada kelompok turbin impuls ini tidak ada perubahan tekanan sepanjang rotor (*runner*) saat air masuk dan keluar dari turbin. Berikut contoh dari kelompok turbin impuls :

1 Turbin Pelton

Turbin Pelton pertama kali diperkenalkan oleh Lester Allen Pelton. Cara kerja dari turbin ini, yaitu bagian mulut-mulut pancaran (*nozzles*) akan mengeluarkan air, kemudian air tersebut akan memukul ember-ember (*buckets*) yang terdapat pada sekeliling roda putar (*runner*), sehingga *runner* dapat berputar.

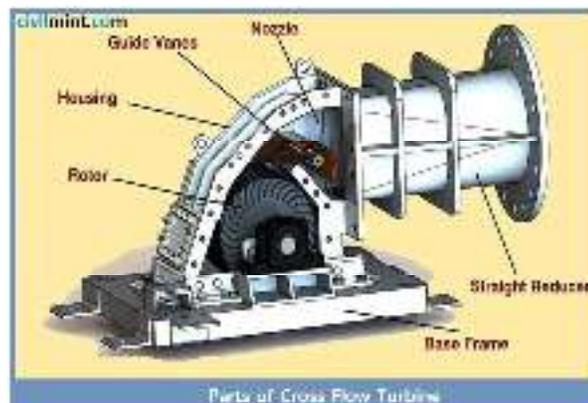


Gambar 2.2 Turbin Pelton

Turbin Pelton sendiri biasa dipakai untuk tinggi terjun (*head*) yang tinggi, menjadikan turbin tersebut sangat cocok dan efisiensi untuk digunakan.

2 Turbin Crossflow

Turbin ini ditemukan oleh Michell-Banki. Prinsip kerja dari turbin ini, yaitu aliran air mengalir masuk pada inlet adapter yang ada kemudian akan diatur banyak aliran yang masuk oleh *guide vane* (distributor). Aliran air sendiri masuk dari atas sudu jalan (*blades*) dan mendorong sudu jalan bergerak sehingga air turun dan kembali mendorong sudu bagian bawah dan turbin akan berputar.



Gambar 2.3 Turbin Crossflow

Turbin ini biasa dipakai untuk tinggi terjun (*head*) yang tinggi, lebih tinggi dari turbin kaplan dimana batas tinggi terjun sampai pada batas tinggi terjun menengah dari turbin Francis.

B Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah jenis pengelompokan turbin selain pengelompokan turbin impuls yang memiliki cara kerja dengan merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi mekanis. Pada turbin kelompok ini, perubahan energi potensial menjadi energi kinetis berlangsung pada guide dan pada rotor atau roda putar (*runner*), hal tersebut menyebabkan penurunan tekanan (*pressure drop*) ketika air melewati *runner*. Berikut contoh dari kelompok turbin reaksi (Haidi,2016):

1 Turbin Kaplan

Turbin Kaplan (*Propeler*) ditemukan oleh Viktor Kaplan adalah salah satu jenis turbin yang termasuk dalam kelompok turbin reaksi memiliki aliran aksial. Turbin ini tersusun seperti *propeller* pada perahu. *Propeller* tersebut biasa mempunyai tiga hingga enam sudu.



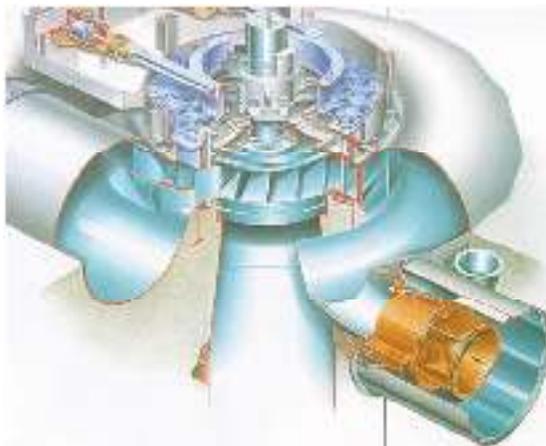
Gambar 2.4 *Turbin Kaplan*

Turbin Kaplan biasa digunakan untuk tinggi terjun yang rendah. Kontruksi sudu bilah rotor dari turbin Kaplan sendiri dibagi menjadi dua, yaitu kontruksi sudu bilah rotor tetap dan kontruksi sudu bilah rotor yang dapat digerakkan secara otomatis dengan bantuan sistem hidrolis. Kegunaan dari kontruksi tersebut adalah agar turbin dapat bekerja dengan daya guna (*efficiency*) yang tinggi ketika beroperasi agar turbin dapat bekerja dengan daya guna (*efficiency*) yang tinggi ketika beroperasi.

2 Turbin Francis

Turbin Francis yang ditemukan oleh James B. Francis, termasuk jenis kelompok turbin reaksi selain turbin Kaplan. Turbin ini biasa dipasang diantara sumber air dengan tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluaran. Turbin Francis sendiri mempunyai sudu pengarah air masuk secara tangensial. Sudu pengarah ini dapat berupa sudu pengarah yang tetap maupun yang dapat diatur sama dengan sudu

bilah rotor padaturbin Kaplan.



Gambar 2.5 *Turbin Francis*

Turbin Francis sendiri digunakan di tempat-tempat dengan tinggi terjun menengah, juga dikenal sebagai head medium. Rumah siput, juga dikenal sebagai "rumah siput", digunakan pada turbin Francis. Rumah siput dibuat sesuai dengan tinggi dan kapasitas turbin, dan dirancang untuk menahan beban tekanan hidrolis yang paling besar yang diterima oleh turbin. Tekanan selebihnya ditahan oleh sudu kukuh (stay vane) atau cincin kukuh (stay ring). Sudu-sudu antar (guide vane) diatur di sekeliling luar rotor (runner), dan suatu mekanisme pengatur mengatur daya keluar (output) turbin dengan mengubah bukaannya sesuai dengan perubahan beban.

2.5.2 Kriteria Pemilihan Jenis Turbin Air

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat

diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu (Kurniawati,2017):

- A. Faktor tinggi jatuhan air efektif (*Net Head*) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin, sebagai contoh : turbin pelton efektif untuk operasi pada head tinggi, sementara turbin proppeller sangatefektif beroperasi pada head rendah.
- B. Faktor daya (*Power*) yang diinginkan berkaitan dengan head dan debit yang tersedia.
- C. Kecepatan (*Putaran*) turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh untuk sistem transmisi direct couple antara generator dengan turbin pada head rendah, sebuah turbin reaksi (*propeller*) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin pelton dan crossflow berputar sangat lambat (*low speed*) yang akan menyebabkan sistem tidak beroperasi.

Ketiga faktor di atas seringkali diekspresikan sebagai "kecepatan spesifik, N_s ", yang didefenisikan dengan formula (Pratilastiarso, 2012)

Kecepatan spesifik setiap turbin memiliki kisaran (*range*) tertentu berdasarkan data eksperimen. Kisaran kecepatan spesifik beberapa turbin air adalah sebagai berikut :

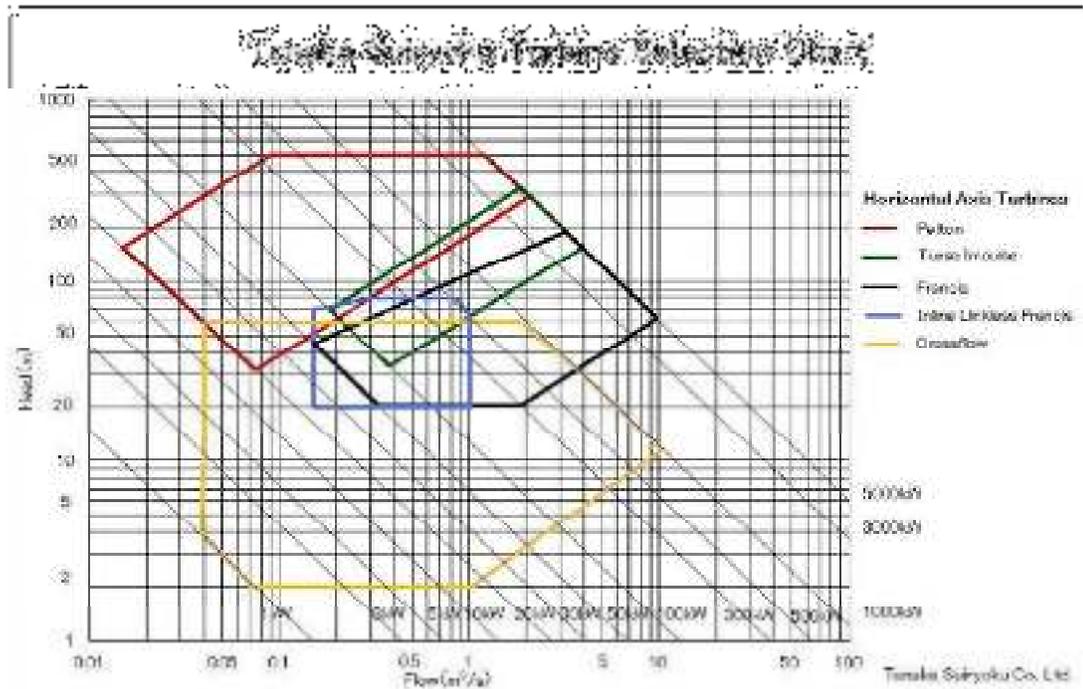
1 Turin Pelton. $12 \leq N_s \leq 25$

2 Turbin Francis $60 \leq N_s \leq 300$

3 Turbin Crossflow $40 \leq Ns \leq 200$

4 Turbin Propeller $250 \leq Ns \leq 1000$

Dalam pemilihan turbin air dapat dilakukan dengan menggunakan grafik antara debit aliran air dan tinggi terjun (*head*) sebagai berikut.



Gambar 2.6 Grafik pemilihan jenis turbin

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian Tugas Akhir

Penelitian ini dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Pakkat terletak di Desa Purba Bersatu, Kecamatan Pakkat, Kabupaten Humbang Hasundutan, Provinsi Sumatera Utara.

PLTA Pakkat terletak di hilir sungai aek sirahar, wilayah kabupaten Humbang Hasundutan, Provinsi Sumatera Utara, kurang lebih 47 kilometer sebelah barat kota dolok Sanggul, PLTA Pakkat adalah diantara PLTA yang ada di Kabupaten Humbang Hasundutan yang dibangun guna menunjang akan kebutuhan listrik di kabupaten Humbang Hasundutan serta Sumatera Utara.

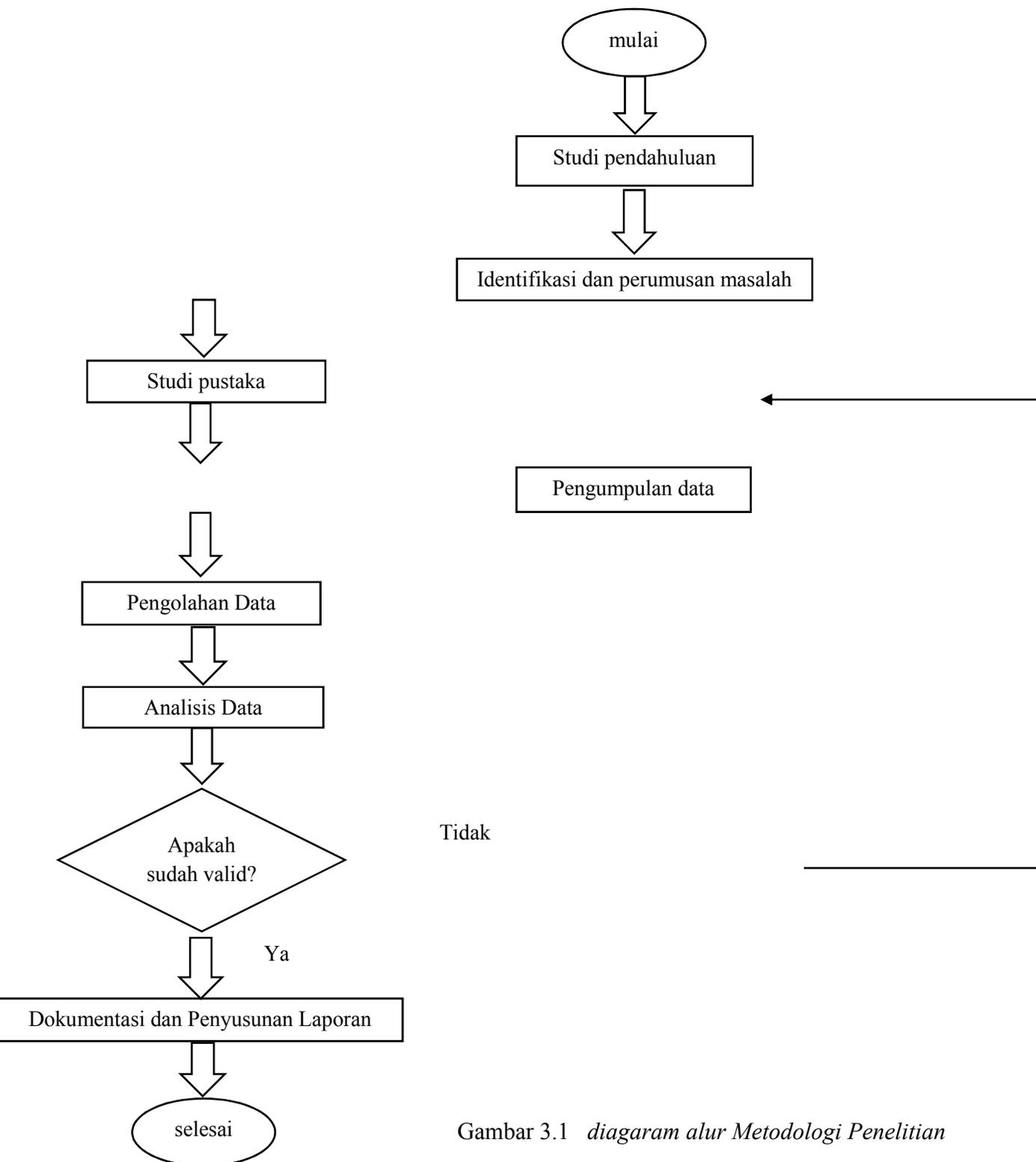
Pada bulan maret 2010 mulai peletakan batu pertama (ground breaking) hingga tanggal 16 maret 2016 uji start kedua unit pembangkit kedua dapat beroperasi dengan kapasitas sebesar 3 x 6 MW dan membangkitkan energi Listrik rata – rata sebesar 55,22 GWh pertahun menurut perencanaan. Tenaga Listrik yang dihasilkan tersebut disalurkan melalui jaringan udara tegangan Menengah (JUTM) 20 Kv. Kearah timur melalui gardu induk sosor Tambok. PLTA Pakkat belum mampu start sendiri (Black Start) pada system kelistrikan dari PLN Dolok Sanggul padam total.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan suatu cara dalam menganalisis data. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif, yaitu hasil penelitian yang kemudian diolah dan dianalisis untuk diambil kesimpulannya, artinya penelitian yang dilakukan adalah penelitian yang menekankan analisis cara kerjanya. Sehingga mendapatkan kesimpulan yang memperjelas gambaran mengenai bahan yang akan diteliti. Data yang dibutuhkan ialah data yang sesuai dengan masalah – masalah dengan tujuan penelitian, sehingga data tersebut akan di kumpulkan, diolah, dan diproses lebih lanjut sesuai dengan teori-teori yang telah dipelajari, jadi dari data tersebut akan dapat ditarik kesimpulan.

3.3 Sumber Data dan Informasi

Penelitian ini didukung dari berbagai referensi atau literatur, maka peneliti harus aktif untuk mendapatkan bahan – bahan dan data yang menunjang penelitian skripsi ini. Data-data yang diperlukan meliputi: komponen – komponen utama, spesifikasi, dan cara pengoperasian. Data ini diambil dengan seizin PT. Energi Sakti Sentosa PLTA Pakkat namun mengingat masih kurangnya data yang ada, maka beberapa data yang dibutuhkan diambil dari beberapa literatur lain yang menunjang.



Gambar 3.1 *diagram alur Metodologi Penelitian*

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, diagram alur di atas dapat digunakan untuk memberikan penjelasan lebih rinci tentang langkah-langkah yang diambil dalam penulisan skripsi ini untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

1. Perumusan Masalah

Langkah pertama adalah melakukan perumusan masalah. Pada Langkah ini rumusan yang diperoleh adalah mengenai spesifikasi dan komponen utama pada unit pembangkit, maka dari itu penulis memilih objek penelitian di PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) Pakkat yang pada penelitiannya penggunaan aplikasi, monitoring, dan cara pengoperasiannya.

2. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mencari informasi yang relevan dengan topik pembahasan yang diteliti. Informasi yang didapatkan dari laporan penelitian, buku – buku, dan sumber – sumber lainnya baik cetak maupun online. Langkah ini untuk memahami materi serta teori – teori yang digunakan sebagai referensi sebagai penulisan skripsi.

3. Pengolahan Data

Data – data yang telah didapatkan kemudian akan dilakukan pengolahan. Data yang telah ada selanjutnya dipole sesuai kebutuhan dari penelitian. Pada pengolahan data akan dilakukan perhitungan yang telah dianalisa dengan metode dan perumusan yang terkait dengan penelitian yang akan dianalisa.

4. Analisa dan Hasil

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil yang kemudian dianalisa. Data – data yang dianalisa menunjukkan seberapa besar tingkat keandalan pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Berikut hal – hal yang dianalisa dalam penelitian ini.

1. Spesifikasi komponen PLTA Pakkat
2. Pengoperasian PLTA Pakkat
3. Menganalisa setiap nilai – nilai diatas dan hasil akhir
4. Penulisan skripsi

Setelah selesai mengolah data dari Analisa tersebut maka tahap selanjutnya adalah penulisan skripsi sesuai dengan format yang telah ada.

3.4 Teknik Pengambilan Data

Berikut ini Teknik pengambilan data yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir, guna memperoleh hasil yang bersifat obyektif di PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) untuk mendapatkan data primer ini penulis menggunakan metode wawancara untuk mengetahui prinsip kerja pada PLTA Pakkat dan cara pengoperasian manual dan otomatis.

3.5 Bagian - Bagian PLTA Pakkat

Tabel 3.1 *bagian bagian PLTA Pakkat*

No	Nama Bagian	Keterangan
1	Bendungan	Menahan laju aliran sungai
2	Pintu Intake (intake gate)	Pintu masuk aliran air menuju terowongan (tunnel)
3	Terowongan (Tunnel)	Saluran Pembuka
4	Surge tank	Tangka lepas tekanan mendadak
5	Pipa pesat (Penstock)	Pipa yang menyalurkan air dari terowongan ke turbin
6	Power House	Rumah Tenaga
7	Turbin	Penggerak rotor
8	Generator	mengubah energi mekanik menjadi energi listrik
9	Tail Race	Saluran pembuangan air
10	swithyard	Pengatur distribusi listrik
11	Transformator	Pengubah tegangan (menaikkan atau menurunkan tegangan)

Prinsip kerjanya, air dari dam dialirkan melalui terowongan, dari sini masuk ke pipa pesat dan diujung pipa pesat terdapat katub sehingga air berhenti disini. Jika katub dibuka, air akan masuk kedalam casing turbin sampai pada sudu pengatur turbin, air terhenti juga disini.

Untuk menjalankan turbin sudu pengatur dibuka perlahan lahan selanjutnya runner turbin bergerak berputar. Setelah turbin berputar, air keluar melalui draf tube masuk kesaluran pembuang (tail race) ke sungai. Daya putar ini besarnya dapat dihitung yang tergantung dari

besaran laju aliran air dan ketinggiannya dengan menggunakan formula mekanika fluida dapat dihitung.

3.5.1 Dam/Bendungan

PLTA Pakkat memiliki satu bendungan dan satu pintu penguras, luas bendungan 900m² berfungsi untuk menampung/menahan air dalam skala besar, karena turbin membutuhkan jumlah air yang cukup stabil. Sedangkan pintu penguras berfungsi jalur alternatif pembangunan sampah dan apabila air memenuhi batas maksimum, berikut bagian yang ada pada bendungan:



Gambar 3.3 bendungan PLTA Pakkat

1. Pintu Intake

PLTA Pakkat memiliki satu pintu intake yang memiliki luas 18,585m² dan berfungsi untuk mengatur jumlah air yang masuk ke saluran dan mencegah masuknya benda – benda padat dan kasar ke dalam saluran. Pintu intake dilengkapi dengan trashrack yang berfungsi untuk mengangkat sampah yang berada di depan pintu intake seperti gambar berikut;



Gambar 3.4 *pintu intake dan dilengkapi trashrack cleaner*

3.5.2 Terowongan

Di PLTA Pakkat air dari dam dialirkan melalui terowongan yang ada di bawah jalan menuju power house dengan Panjang terowongan yaitu +/-980 meter dengan diameter 4 m dan di kawasan PLTA PAKKAT semuanya batu yang tidak memungkinkan menggunakan water w. pembuatan terowongan menggunakan pengeboran blasting (peledak) sekali ledakan dua meter kemajuan kerja setelah itu materialnya dikeluarkan.

3.5.3 Surge Tank

Setiap pembangunan PLTA yang menggunakan penstock haruslah ada bangunan yang dinamai surge tank, apabila terjadi tekanan yang tinggi akibat penutupan penstock, pipa penstock dapat pecah. Oleh karena itu fungsi surge tank yaitu mengurangi water hammer akibat perubahan beban dan tekanan, menampung air saat beban tiba – tiba turun, mensuplai air pada saat pembebanan mendadak dan lain – lain seperti gambar berikut:



Gambar 3.5 *surge tank PLTA Pakkat*

3.5.4 Penstock (Pipa Pesat)

Di PLTA PAKKAT memiliki satu buah pipa pesat/penstock yang memiliki Panjang 140 m dengan sudut kemiringan 60 derajat. Penstock berfungsi menyalurkan air, menaikkan tekanan dan kecepatan air pada turbin. Pipa pesat direncanakan dengan menggunakan pipa baja ketebalan pipa tersebut masih perlu ditambah dengan factor korosi yang diambil sebesar 4mm seperti gambar berikut.



Gambar 3.6 : penstock PLTA Pakkat

Tabel 3.2 spesifikasi pipa pesat PLTA Pakkat

Spesifikasi Pipa Pesat	
Panjang pipa pesat	140 meter
Diameter pipa pesat	1,923 meter
Tebal pipa pesat	12 mm
Diameter luar pipa pesat	1,947 meter
Kecepatan air didalam pipa pesat	3,55 m/dt

3.5.5 Gedung Sentral (Rumah Tenaga)

Rumah tenaga atau biasa disebut power house berfungsi untuk melindungi turbin dan generator serta peralatan – peralatan pembangkit lainnya agar terhindar dari perubahan cuaca. Dalam pembangunan power house harus memperhatikan kekuatan pondasi terutama pondasi turbin yang menahan gaya potensial dan kinetik dari air yang mengalir melalui pipa pesat dan

turbin. Standar pembangunan power house harus dilengkapi antara lain : ruang mesin, ruang pengoperasian, ruang pertemuan, kantor kamar dan lain – lain.

Tabel 3.3 spesifikasi Gedung Sentral (Power House) PLTA Pakkat

Spesifikasi Gedung Sentral (Power House)	
Tipe Gedung sentral	Terbuka
Konstruksi Gedung sentral	Rangka baja dengan dinding bata
Lebar Gedung sentral, B	12,5 meter
Tinggi Gedung sentral, T	36,0 meter
Level dak operasi, Ei.O	+444,0 meter



Gambar 3.7 : Power House PLTA Pakkat

3.6 Komponen – komponen Mekanik PLTA Pakkat

3.6.1 Turbin Air

Turbin adalah ialah mesin berputar dengan memanfaatkan energi dari fluida. Fluida bergerak memutar baling – baling dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Guna

menghasilkan energi listrik sebesar 18 MW dioperasikan 3 buah turbin dengan kapasitas masing – masing 6 MW dengan putaran 750 RPM. Adapun tinggi air jauh lebih efektif 140 m dengan debit air maksimum 12 m³/s. turbin yang digunakan di PLTA Pakkat adalah turbin francis dengan spesifikasi sebagai berikut.



Gambar 3.8 : turbin PLTA Pakkat

Tabel 3.4 spesifikasi turbin francis PLTA pakkat

Spesifikasi	Keterangan
Produksi	Francis, horizontal Spiral
Rate Net Head	Strojirny Brno, a.s.
Power	2900 – 7000 Kw
Kecepatan	750 rpm
Debit Pada Kondisi Atas	12 m ³ /s
Debit Max. Per Unit	5,12 m ³ /s
Debit Min. per unit	0,5 m ³ /s
Spiral case Inlet Diameter	1200 mm
Draft Tube Outlet Diameter	795,6 mm
Diameter Runner	1020 mm

Jumlah Runner Blade	20
Jumlah Guide Vane	20
Bukaan Maks. Guide Vane	69 %
Runaway Speed	1300 rpm
Jumlah Servomotor	2
Tekanan Normal Operasi Guide Vane	14 bar
Tekanan oli max. Guide Vane	113 bar

- Perhitungan daya yang telah dihasilkan turbin, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$P = \rho \times g \times H \times Q \times \eta_t \dots \text{Pers. 2.6}$$

Keterangan:

- ρ : massa jenis air
- g : percepatan gravitasi
- H : tinggi jatuh air /head (m)
- η_t : efisiensi turbin
- Q : laju aliran (debit = m³/s)

$$\rho = 1000 \text{ m}^3/\text{s}^2$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}$$

$$H = 140 \text{ m}$$

$$\theta = 15,36 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 21,073,920$$

$$P = 21 \text{ mw}$$

$$= 93,27\% \times 21,073,920$$

$$= 19,655,645,184$$

Debit air 1 turbin 5,12m/s

3 turbin 15,36 m³/s²

Peralatan Bantu Turbin

(a) System air pendingin

Kebutuhan untuk air pendingin diambil dari pipa pesat, letaknya diatas inlet Valve dengan menggunakan pipa besi dan melalui pemindahan tekanan tinggi k rendah.

(b) Drainase

Untuk menyalurkan kebocoran aliran air dari poros turbin. Air dibuang kesaluran buang dengan menggunakan pipa/selang karet termasuk juga indikasi visual untuk melihat buangan air.

3.6.2 Generator dan Sistem Eksitasi

Generator listrik adalah sebuah alat yang merubah sumber energi mekanis menjadi energi listrik. Generator terdiri dari dua bagian yang sangat penting, yaitu rotor dan stator. PLTA

Pakkat memiliki generator sinkronus yang dilengkapi rotor terdiri dari besi yang dililit oleh kawat dipasang secara melingkar sehingga membentuk 4 pasang kutub utara dan selatan. Jika kutub ini dalam arus eksitasi dan automatic voltage regulator (AVR). Maka akan timbul magnet rotor terletak 1 poros dengan turbin sehingga jika turbin berputar maka rotor akan ikut berputar. Magnet yang berputar akan menghasilkan tegangan dikawat setiap kali sebuah kutub melewati “coil” yang terletak di stator. Lalu tegangan inilah kemudian yang menjadi listrik. Selanjutnya dihubungkan langsung ke switchyard.



Gambar 3.9 : *Generator PLTA Pakkat*

Lingkup pengadaan generator:

- Generator
- Peralatan system Eksitasi AVR (Automatic Voltage Generator)

Spesifikasi generator PLTA Pakkat

Tabel 3.5 *Spesifikasi Generator PLTA Pakkat*

Spesifikasi Generator PLTA Pakkat	
Application	Francis
Power	8.138 kVA
Voltage	6.600 V
Axcitation	Brushless
Current	612 A
Frequency	50 Hz
Speed	750 rpm
Runaway Speed	1.100 rpm (<10 min.)
Generator' s weight	30.000 kg
Bed-frame weight	1,500 kg
Runner Mass	450 kg

(2) Putaran

Putaran generator adalah 600 rpm. Sama dengan putaran turbin. Dan didesain tahan terhadap runaway speed selama 15 menit.

(3) Arah putaran.

Putaran generator berlawanan dengan arah jarum jam dilihat dari turbin atau dapat kedua duanya (both direction)

(4) short – circuit ratio.

Short cirkuit ratio. Tidak melebihi dari pada 1

(5) Voltage Regulation

Pengaturan tegangan generator pada power factor 0,8 tidak melebihi dari 30%.

(6) Isolasi

Isolasi belitan generator sesuai dengan kelas isolasi yang ditetapkan dalam IEC-85.1957. Kenaikan temperature tidak boleh melebihi yang diijinkan.

(7) Batasan Kenaikan Temperatur

Batasan temperature dibawah ini adalah temperature kerja generator pada rated output, rated voltage, rated power factor dan rated frequency pada temperature sekeliling tidak lebih dari 40°C (ambient temperature).

Metode Pengukuran

Batasan Temperatur.

Se-keiling temperature detector

	Stator	Rotor
Antara belitan	80°C	-
Resistansi	80°C	80°C
Termometer	70°C	70°C

(8) Temperature Detectors dan Thermometers

6 (enam) dipasang disekeliling belitan generator, 1 (satu) masing – masing dipasang pada journal bearing. Masing – masing detector temperature tahanannya adalah PT.100 ohms pda 0°C.

Dilengkapi dengan Dial Thermometer dengan hubung kontak untuk alarm dan kontak pengaman shut down, unit trip.

(9) pengereman

Suatu system pneumatic akan bekerja untuk pengereman unit mesin, pengereman dioperasikan secara otomatis bila putaran unit mesin putarannya tinggal 30% dari putaran normal. (Brake ON dan Brake Off), maka pengereman unit akan bekerja secara otomatis.

(10) neutral grounding Resistor

Generator dilengkapi dengan grounding resistor fault 100A, akan membuka jaringan dalam waktu 30 sec.

3.6.3 Sistem Eksitasi

(1) Type and Performance

System eksitasi tanpa menggunakan sikat yang terpasang pada generator. Peralatannya terdiri dari alternating current exciter (AC Exciter), rotating rectifier, dan transformator eksitasi, field flashing, field switch dan pengatur tegangan

(2) Peralatan pengatur tegangan

Peralatan pengaturan tegangan generator terdiri dari AVR (automatic voltage regulator); dan pengaturan tegangan secara manual, lengkap dengan alat bantu nya seperti control transformer, resistor rheostats, contactor, relay dan control untuk pengaturan otomatis penuh.

Pengaturan tegangan secara otomatis dan terus menerus terhadap perubahan yang dapat direspons adalah $\pm 2,5\%$ tanpa hunting. Over voltage disebabkan adanya sudden load atau rejection load tidak melebihi 159% dari putaran normal, dimana perubahan ini AVR generator dapat mengkompensasi semua perubahan tersebut.

AVR dapat mengontrol perubahan dalam batasan $\pm 20\%$ dari voltage normal.



Gambar 3.10 : sistem eksitasi

3.7 Tail Race

pada prinsipnya PLTA harus memiliki saluran keluarnya air dari draft tube kepembuangan, dan mengatur agar tidak masuk udara ke (draft tube). tail race berperan penting dalam mengatur aliran air keluar dari turbin dan mengembalikan ke badan air, sehingga sistem pembangkit PLTA dapat beroperasi dengan optimal.



Gambar 4.11 *tail race PLTA Pakkat*

3.8 Switchyard

PLTA Pakkat memiliki dua set switchyard, antara lain :

a. Switchyard power house

Switchyard berfungsi sebagai penghubung dan pemutus tegangan dari generator (6.6 Kv) KE Transformator step up untuk menaikkan tegangan (20 Kv) lalu dikirim Kembali ke Voltage Metering agar dapat sinkron antara generator unit 1, 2, dan 3, Selanjutnya disambungkan ke kabel distribusi.

b. Switchyard Gardu Hubung

Switchyard gardu hubung berfungsi sebagai penghubung dan pemutus tegangan apabila ada gangguan dari Power House maupun PLN.



Gambar 3.12 *panel Switchyard*

3.9 switchgear (Fasilitas Khusus)

(1) Lingkup Pemakaian

Switchgear lingkup pemakainnya dipasang pada :

- a) Sistem tegangan 20 kV
- b) Sistem tegangan 6,3 kV

Pemasangan switchgear ini termasuk suatu peralatan khusus sebagai peralatan listrik interkoneksi maupun titik interkoneksi.

(2) Switchgear 20 kV

- a) Peralatan sirkuit

Dibawah ini peraltan switchgear yang terpasang ;

- 1 (satu) set 3 fae busbar
- 1 (satu) cirkuit breakers
- 3 (tiga) Current Transformers (CT)
- 3 (tiga) Voltage Transformers (PT)

- b) Panel (Cubicle)

- Switchgear harus ditempatkan sendiri, instalasi pasangan dalam, panel terbuat dari plat sesuai untuk IEC 298 (1981) dan mempunyai konstruksi yang kuat. Persyaratan pengaman untuk panel adalah IP.54 sesuai dengan standar IEC 529 (1976)
- Kontruksi yang diperlukan
Panel yang dilengkapi dengan fasilitas untuk pemeriksaan peralatan. Posisi lampu indicator dan pintu pemeriksaan untuk cirkuit breaker berada dibagian muka panel. Dan pintu masing masing saling terkunci (interlock). Ruangan untuk masuk kabel tenaga tersedia, jenis kabel XLP 20 Kv ukuran 250 mm²tiga kali kabel tunggal atau tiga kali kabel jenis Triplex.

c) Busbar dan hubungannya

- Tipe
Busbar dan hubungan listrik terbuat dari electrolyc Copper Atau Aluminium Alloy, menggunakan isolasi udara, dan isoslasi udara harus cukup mampu mengisolasi dari tanah dan yang lainnya. Pemberian minyak atau kompon terhadap busbar tidak direkomendasikan.
- Rating
Busbar harus sesuai rating:
 - Rated Voltage : 24 kV
 - Rated lightning impulse : 125 Kv
 - Rated power frequency : 55 kV
 - Rated normal current : 300 A
 - Rated short time tahan terhadap

arus dalam waktu 1 (satu) second : 8 kA

Factor keamanan pondasi instalasi guy wire kurang dari 2,5

3.10 Transformator Daya

Pada umumnya transformator berfungsi sebagai menaikkan tegangan dan menurunkan tegangan. Sebuah transformator yang sederhana pada dasarnya terdiri dari kumparan kawat yang terisolasi kumparan primer dan kumparan sekunder. Kebanyakan transformator, kumparan kawat terisolasi ini dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan dengan inti besi (core). Ketika kumparan primer dialiri arus AC (bolak – balik) maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetic disekitarnya. Kekuatan medan magnet (Densitas Fluks Magnet) tersebut dipengaruhi oleh seberapa besar arus listrik yang dialirinya dan seberapa besar medan magnetnya. Flukstasi medan magnet di sekitar kumparan primer akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) di kumparan kedua, yang menyebabkan pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Oleh karena itu, trafo mengalami pergeseran tegangan listrik dari tegangan rendah ke tegangan tinggi dan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah.

Namun, inti besi transformator, atau kumpulan lempengan, terdiri dari lempengan besi tipis yang ditempel dan diisolasi. Fungsinya adalah untuk mengurangi suhu panas yang dihasilkan oleh fluks magnet yang disebabkan oleh arus listrik melalui kumparan.

PLTA Pakkat memiliki transformer step down.

- a. Transformer Step Up berfungsi menaikkan tegangan dari 6,6 Kv ke 20 kV,
- b. Transformator Step Down berfungsi menurunkan tegangan dari 20 kV ke 6,6 Kv



Gambar 3.13 spesifikasi transformator PLTA Pakkat dan transformatornya