

**ANALISIS PENGARUH CURAH HUJAN TERHADAP
TINGKAT PRODUKSI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA AIR (PLTA) PAKKAT**

Disusun Oleh:

KRISTIAN ROCKY MORADES SIRAIT

NPM: 19330020

Tugas Akhir ini diajukan untuk melengkapi syarat menyelesaikan Program
Strata-1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas HKBP Nommensen
Medan



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAAS HKBP NOMMENSEN
MEDAN
2024**

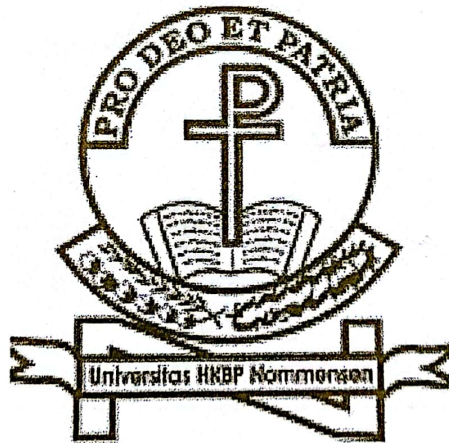
**ANALISIS PENGARUH CURAH HUJAN TERHADAP
TINGKAT PRODUKSI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA AIR (PLTA) PAKKAT**

Disusun Oleh:

KRISTIAN ROCKY MORADES SIRAIT

NPM: 19330020

Tugas Akhir ini diajukan untuk melengkapi syarat menyelesaikan Program
Strata-1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas HKBP Nommensen
Medan



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAAS HKBP NOMMENSEN
MEDAN
2024**

PENGESAHAN

ANALISIS PEGARUH CURAH HUJAN TERHADAP TINGKAT PRODUKSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PAKKAT

TUGAS AKHIR

Oleh :

KRISTIAN ROCKY MORADES SIRAIT

NPM : 19330020

Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal : 03 April 2024

Periode Semester Ganjil T.A. 2023/2024

Disahkan dan disetujui oleh :

Pembimbing I,



Ir. Jonner Manihuruk, S.T., M.T., I.P.M., ASEAN Eng

NIDN : 0122047302

Pembimbing II,



Ir. Lestina Siagian, M.Si

NIDN : 0120125901

Diketahui oleh :

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Lestina Siagian, M.Si

NIDN : 0120125901

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Yetty Riris R. Saragi, ST., MT., IPU., ACPE

NIDN : 0103017503

ABSTRAK

Proses pembangkitan energi listrik pada suatu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) kenyataannya selalu tidak maksimal dalam menghasilkan sebuah energi listrik, hal ini dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan pada pembangkit tersebut. Salah satu faktornya ialah curah hujan yang tidak stabil, sehingga produktifitas energi listrik pada pembangkit tidak sesuai dengan yang diharapkan. Seperti yang terjadi pada PLTA Pakkat yang memiliki curah hujan yang tidak stabil karena selain digunakan untuk pembangkit energi listrik, air dari bendungan Pakkat digunakan untuk irigasi kebeberapa tempat desa Purba Bersatu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh curah hujan terhadap tingkat produksi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Pakkat.

Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah metode diskriptif dengan pendekatan kuantitatif untuk mendiskripsikan data penelitian curah hujan terhadap produksi energi listrik. Pengambilan data dilakukan pada ruang power house dengan mengamati rekaman data MW dan ketinggian air, sedangkan curah hujan kita menggunakan ketinggian air sebagai batasan pengukuran curah hujan.

Hasil penelitian menunjukkan curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan produksi energi listrik pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Pakkat.

Kata Kunci : Curah Hujan, PLTA, Ketinggian Air.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasih-Nya, sehingga penulisan tugas akhir dengan judul “Analisis Pengaruh Curah Hujan Terhadap Daya Yang Dihasilkan PLTA Pakkat” dapat diselesaikan dengan baik oleh penulis. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Pendidikan Strata-1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik di Universitas HKBP Nommensen Medan.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis menghadapi berbagai kesulitan-kesulitan, namun berkat bantuan berbagai pihak maka kesulitan itu terasa lebih mudah diselesaikan. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan usapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Ir. Jonner Manihuruk, S.T., M.T., I.P.M., ASEAN Eng** selaku pembimbing I yang memberikan banyak waktu dan tenaganya untuk memberikan masukan dan nasehat-nasehat agar saya dapat bersemangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu **Ir. Lestina Siagian, M.Si** sebagai pembimbing II selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan pengarahan dan bantuan agar saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak **Ir. Fiktor Sihombing, MT** sebagai penguji/pembanding I atas bantuannya dan arahnya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak **Dr. Ir. Sindak Hutaauruk, MSEE** sebagai penguji/pembanding II yang telah memberikan pengarahan dan bantuan agar saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu **Dr. Ir. Timbang Pangaribuan, M.T.** selaku dekan fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan.
6. Bapak dan Ibu dosen yang sudah memberikan Pendidikan dan motivasi yang begitu berharga bagi penulis dalam proses perkuliahan.
7. Staff dan pegawai Tata Usaha Studi teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan.

8. Bapak **Johan Siahaan** selaku supervisor di PLTA Pakkat yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian tugas akhir ini.
9. Staff dan operator PLTA Pakkat yang tidak penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian tugas akhir ini.
10. Teristimewa Orang Tua penulis Bapak **Edward Sirait** dan Ibu **Lomak Sianturi** beserta adik-adik yang tersayang yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi serta dukungan moral dan material kepada penulis. Serta yang menjadi motivasi dan kekuatan bagi penulis untuk tetap semangat sehingga penulis bisa sampai pada tahap ini.
11. Rekan-rekan **BEMJ-E (Badan Eksekutif Mahasiswa Jurusan Elektro)** Universitas HKBP Nommensen Medan yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Saudara-saudara terkasih dan seperjuangan **SENSE (Solidaritas Elektro Nommensen Sembilan Belas)** yang terus mendukung penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
13. Teruntuk kawan seperjuangan **Nofrin Sitanggang, Ronal Sinulingga, Satria Gulo** yang telah banyak membantu dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu Namanya yang membantu penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa isi dari dari tugas akhir ini masih memiliki kekurangan dan mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan penulis yang masih jauh dari kata sempurna. Dengan disusunnya laporan ini maka penulis berharap dapat memberikan dampak yang positif bagi penulis maupun bagi pembaca. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih

Medan, 22 Maret 2024

Kristian Rocky Morades Sirait

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
4 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air	
4 2.2 Jenis-Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air	6
2.2.1 Jenis aliran sungai	6
2.2.2 Jenis dengan kolam pengatur	7
2.2.3 Jenis waduk	7
2.2.4 Jenis di pompa	8
2.3 Waduk dan Kolam Pengatur	9
2.4 Curah Hujan	10
2.5 Bangunan Sentral	10
2.6 Turbin Air	11
2.7 Generator	12
2.7.1 Klasifikasi generator	13
2.7.2 Daya generator	13
2.8 Hipotesis	14

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Curah Hujan	16
3.2 Bendungan	16
3.3 Turbin	17
3.4 Generator	19
3.5 Pengukuran Daya	20
BAB IV HASIL DAN ANALISA	22
4.1 Hasil Pengukuran Data	22
4.2 Pengolahan Data	30
4.2.1 Daya total dan debit air	30
4.2.2 Menentukan curah hujan	33
4.2.3 Rata-rata tinggi air	37
4.3 Pembahasan	40
4.3.1 Analisis pengaruh curah hujan terhadap daya yang dihasilkan	40
4.3.2 Grafik korelasi curah hujan dan daya	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Turbin	18
Tabel 3.2 Spesifikasi Generator PLTA Pakkat	20
Tabel 3.3 Contoh Hasil Pengukuran Turbin	21
Tabel 4.1 Daya yang Dihasilkan Turbin 1	22
Tabel 4.2 Daya yang Dihasilkan Turbin 3	22
Tabel 4.3 Daya yang Dihasilkan Turbin 1	23
Tabel 4.4 Daya yang Dihasilkan Turbin 3	23
Tabel 4.5 Daya yang Dihasilkan turbin 1	23
Tabel 4.6 Daya yang Dihasilkan Turbin 3	24
Tabel 4.7 Daya yang Dihasilkan Turbin 1	24
Tabel 4.8 Daya yang Dihasilkan Turbin 3	24
Tabel 4.9 Daya yang Dihasilkan Turbin 1	25
Tabel 4.10 Daya yang Dihasilkan Turbin 3	25

Tabel 4.11 Daya yang Dihasilkan Turbin 1	25
Tabel 4.12 Daya yang Dihasilkan Turbin 3	26
Tabel 4.13 Daya yang Dihasilkan Turbin 1	26
Tabel 4.14 Daya yang Dihasilkan Turbin 3	26
Tabel 4.15 Daya yang Dihasilkan Turbin 1	27
Tabel 4.16 Daya yang Dihasilkan Turbin 3	27
Tabel 4.17 Data yang Dihasilkan Turbin 1	27
Tabel 4.18 Data yang Dihasilkan Turbin 3	28
Tabel 4.19 Data yang Dihasilkan Turbin 1	28
Tabel 4.20 Data yang Dihasilkan Turbin 3	28
Tabel 4.21 Data yang Dihasilkan Turbin 1	29
Tabel 4.22 Data yang Dihasilkan Turbin 3	29
Tabel 4.23 Data yang Dihasilkan Turbin 1	29
Tabel 4.24 Data yang Dihasilkan Turbin 3	30
Tabel 4.25 Daya Total dan Debit Air Total	31
Tabel 4.26 Klasifikasi Curah Hujan	34
Tabel 4.27 Rata-Rata Ketinggian Air Harian Dibendungan	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Umum PLTA	5
Gambar 2.2 PLTA dengan Aliran Sungai Langsung.....	7
Gambar 2.3 PLTA dengan Kolam Pengatur.....	7
Gambar 2.4 PLTA dengan Waduk	8
Gambar 2.5 PLTA Jenis di Pompa	9
Gambar 2.6 Turbin Impuls	12

Gambar 2.7 Turbin Francis.....	12
Gambar 3.1 Sketsa PLTA Pakkat.....	15
Gambar 3.2 Turbin Francis pada PLTA Pakkat	17
Gambar 3.3 Generator Pada PLTA Pakkat.....	19
Gambar 4.1 Korelasi Minggu Pertama	42
Gambar 4.2 Korelasi Minggu Kedua.....	43

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia memiliki banyak sumber daya alam, salah satunya adalah air, yang dapat dibuat berupa air terjun, dan peluang tersebut makin baik, karena negara Indonesia memiliki musim hujan 6 bulan dalam satu tahun. Dengan adanya kekayaan alam tersebut maka sampai sekarang sudah banyak yang memanfaatkan air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTA adalah suatu pembangkit energi listrik dengan mengubah energi potensial (air) dengan memanfaatkan ketinggian dan kecepatan aliran air dari pipa pesat menjadi energi mekanik oleh turbin dan diubah lagi menjadi energi listrik oleh generator. Untuk membangun sebuah PLTA diperlukan adanya Reservoir, Dam, Saluran air (*Water Way*), Saluran Pembuang (*Spill Way*), Tangki pendatar (*Surge Tank*), turbin, Generator, *Power House*, Jaringan Transmisi dan lain-lain.

Pembangkit listrik tenaga air adalah energi listrik yang memanfaatkan perubahan dari tenaga air berdasarkan ketinggian jatuh air dan debit air tertentu menjadi tenaga listrik. Keberadaan beberapa kolam tandon besar di Indonesia, selain digunakan untuk penampungan air juga dimanfaatkan untuk menjadi sumber pembangkit energi listrik. Pilihan mengembangkan pembangkit listrik tenaga air ini disebabkan oleh potensi air yang ada di Indonesia cukup melimpah, sehingga sangat berpotensi untuk menciptakan energi yang diubah menjadi sebuah energi listrik.

Indonesia merupakan daerah yang memiliki dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Iklim penghujan memiliki karakteristik seperti curah hujan yang sangat tinggi setiap tahunnya sehingga ketersediaan air yang melimpah untuk menghasilkan energi listrik yang dihasilkan maksimal. Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca yang datanya diperoleh dengan alat ukur penakar hujan menggunakan metode aritmatika, sehingga dapat mengetahui curah hujan rata-rata perbulannya di masing-masing stasiun. Umumnya curah hujan dipengaruhi oleh letak geografis di suatu wilayah.

Salah satunya adalah PLTA Pakkat yang berlokasi di Purba Bersatu, Kec. Pakkat, kabupaten Humbang Hasudutan, Sumatera Utara. PLTA Pakkat ini memiliki kapasitas daya terpasang yaitu 3 x 6 atau sebesar 18 Megawatt (MW),

Pembangkit PLTA Pakkat mampu memproduksi daya listrik dalam jumlah 1250000 MW/tahun dengan utilisasi 79,27% sekaligus menjaga dan melestarikan lingkungan alam disekitar PLTA tersebut. PLTA Pakkat didukung dengan daerah aliran sungai seluas 25.000 hektar dan curah hujan tahunan 4.000 milimeter. Maka penulis mengambil judul mengenai **“ANALISIS PENGARUH CURAH HUJAN TERHADAP TINGKAT PRODUKSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA)”**.

Didalam penelitian ini saya akan melakukan pengukuran volume air pada bendungan PLTA Pakkat, penelitian ini juga akan mencari pengaruh curah hujan terhadap produksi PLTA.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

Bagaimana pengaruh curah hujan terhadap produktifitas energi listrik yang dihasilkan PLTA Pakkat?

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas dapat diketahui tujuan dari penelitian yaitu :

Mengetahui pengaruh Curah Hujan terhadap produktifitas energi listrik yang dihasilkan PLTA Pakkat.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh antara lain sebagai berikut:

Bagi PLTA Pakkat, penelitian ini akan memberikan solusi pada PLTA Pakkat dalam menghasilkan energi listrik lebih maksimal.

1.5 Batasan penelitian

Batasan masalah digunakan untuk membatasi beberapa masalah yang akan diangkat dan tidak menyimpang dari permasalahan penelitian. Dalam penelitian ini yang menjadi batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada PLTA Pakkat.
2. Aliran air yang digunakan sebagai sumber tenaga untuk memutar generator berasal dari sungai Luhung.
3. Data curah hujan didapat dari laporan Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Pakkat.
4. Pengukuran curah hujan dilakukan pada pengukuran ketinggian permukaan air di bendungan penampungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Pembahasan laporan tugas akhir ini dibagi dalam lima bab. Isi masing-masing bab diuraikan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang Latar Belakang, Perumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat, Batasan Masalah, Metode Penelitian, dan Sistematika Penulisan Laporan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori dasar yang mendukung penelitian.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang langkah-langkah dalam melakukan penelitian dan bagaimana cara yang ditempuh dalam kegiatan penelitian.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA

Didalam bab ini membahas Pengaruh curah hujan terhadap produksi pembangkit listrik tenaga air (PLTA).

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan secara keseluruhan dari benda kerja, dan menjelaskan mengenai hal-hal yang dianggap penting yang dirangkum dalam tulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

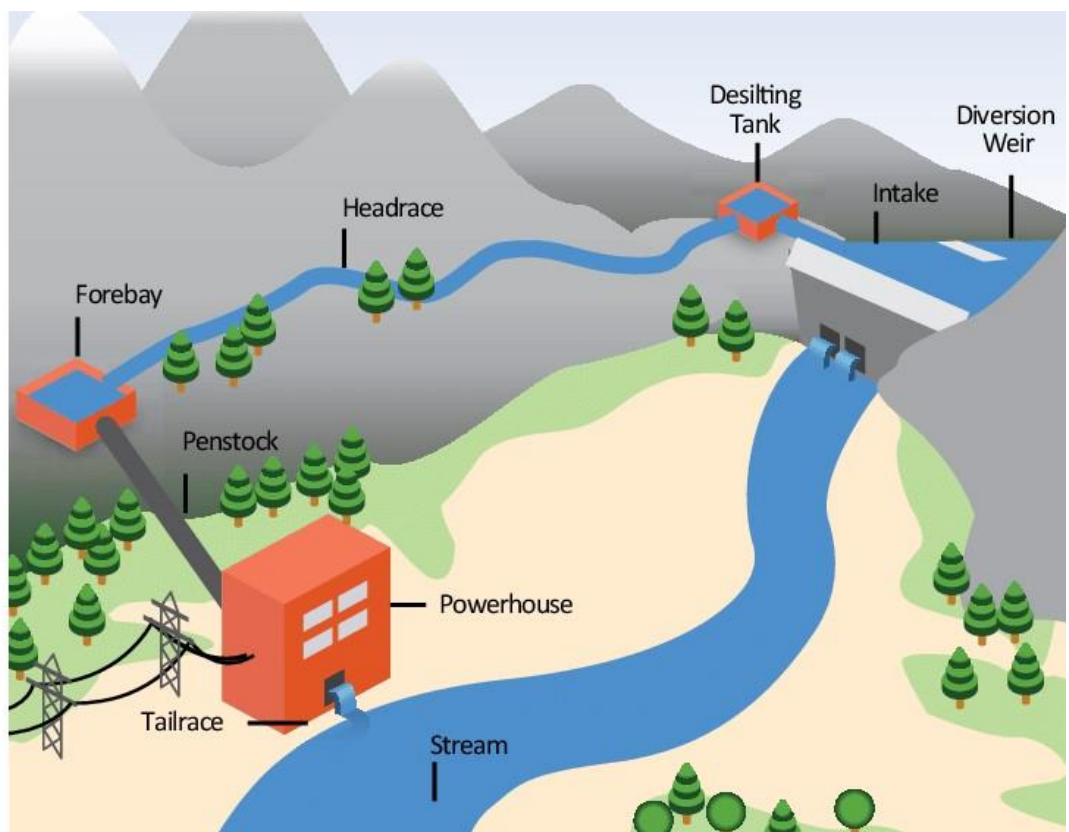
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah salah satu pembangkit yang memanfaatkan aliran air untuk diubah menjadi energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan disebut sebagai hidroelektrik. Pembangkit listrik ini bekerja dengan cara merubah energi air (dari bendungan atau air terjun) menjadi energi mekanik (dengan bantuan turbin air) dan dari energi mekanik menjadi energi listrik (dengan bantuan generator).

Tenaga air mempunyai beberapa keuntungan yang tidak dapat dipisahkan seperti bahan bakar untuk PLTU adalah batubara. Berdasarkan pengertian yang serupa, dapat dinyatakan bahwa bahan bakar untuk PLTA adalah air. Nyatanya suatu jurnal teknis mengenai pembangkit tenaga air menamakannya sebagai batubara putih. Tetapi keunggulan untuk bahan bakar PLTA ini ialah sama sekali tidak akan pernah habis ataupun berubah menjadi polusi lain. PLTA tidak menghadapi masalah mengenai pembuangan limbah. PLTA merupakan sumber energi abadi. Air melintas melalui turbin tanpa kehilangan kemampuan untuk wilayah di hilirnya. Biaya pemeliharaan dan pengoperasian untuk PLTA sangat Rendah.

PLTA dapat beroperasi sesuai dengan perancangan sebelumnya, bila mempunyai Daerah Aliran Sungai (DAS) yang potensial sebagai sumber air untuk memenuhi kebutuhan dalam pengoperasian PLTA. Pada operasi PLTA, perhitungan keadaan yang masuk pada bendungan tempat penampungan air, beserta air yang tersedia dalam bendungan dan perhitungan besar air yang akan dialirkan melalui pintu saluran air untuk menggerakkan turbin harus dilakukan sesuai dengan

perencanaan yang baik, sehingga dalam pengoperasian PLTA tersebut dapat dijadikan sebagai sebuah dasar tindakan pengaturan efisiensi penggunaan air maupun pengaman seluruh system, sehingga PLTA dapat tetap beroperasi, walaupun pada musim kemarau Panjang.

Secara umum, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Skema umum PLTA

Menurut Winarko (2014), ia mengelompokkan Pembangkit Listrik Tenaga Air kedalam beberapa jenis. Seperti:

1. Berdasarkan kapasitas daya yang dihasilkan, PLTA dibedakan atas:
 - Mikrohidro : Daya yang dihasilkan < 100 kw
 - Minihidro : Daya yang dihasilkan 100 kw - 500 kw

- PLTA skala kecil : Daya yang dihasilkan 500 kw - 10.000 kw
 - PLTA skala besar : Daya yang dihasilkan > 10.000 kw
2. Berdasarkan tinggi jatuhan air (head), PLTA dibagi menjadi :
- PLTA dengan ketinggian rendah, $H < 15$ m
 - PLTA dengan ketinggian sedang, $15 \leq H \leq 50$ m
 - PLTA dengan ketinggian tinggi, $H > 50$ m
3. Berdasarkan aliran air, PLTA dibagi menjadi :
- PLTA dengan jenis aliran sungai langsung (run off river)
 - PLTA dengan jenis waduk (reservoir)
 - PLTA dengan jenis pompa (pumped storage)

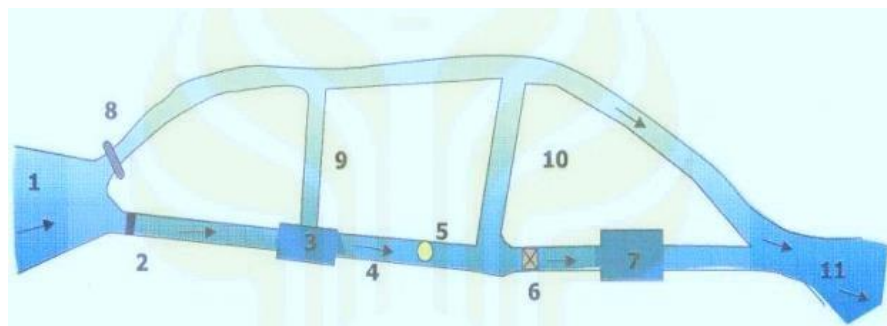
Pembangkit Listrik Tenaga Air pada dasarnya memanfaatkan energi potensial air (jatuhan air) yang berasal dari sungai. Pada penelitian ini, PLTA Pakkat termasuk kedalam PLTA dengan tekanan rendah karena PLTA Pakkat mempunyai head 14 m.

2.2 Jenis-jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air

Berdasarkan penggolongan menurut aliran air, Pembangkit Listrik Tenaga Air dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya:

2.2.1 Jenis Aliran Sungai

Aliran sungai dialirkan langsung melalui saluran tertutup atau terbuka dengan memasang di ujung saluran tersebut (ujung masuk air). Air dimasukkan melalui saluran terbuka/pipa pesat. PLTA dengan aliran air langsung dapat dilihat seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2.2 PLTA dengan aliran sungai langsung

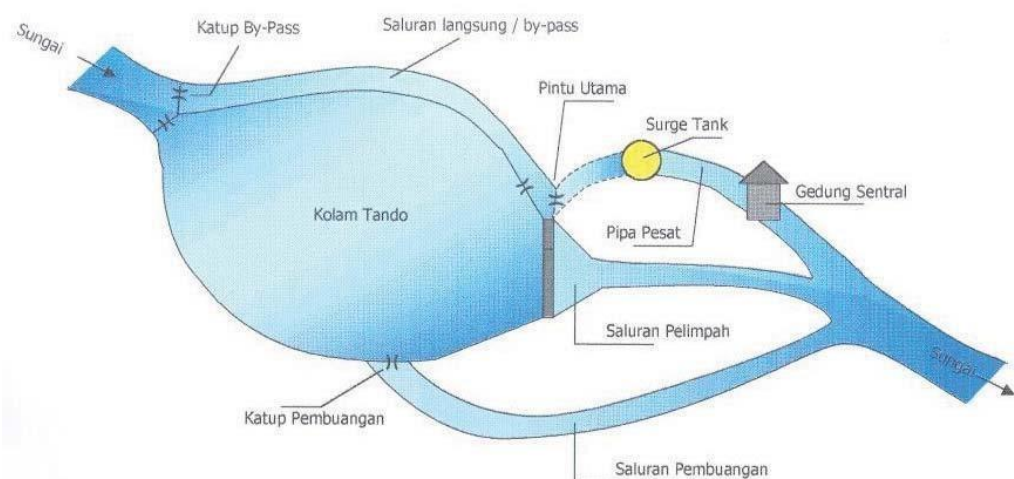
Keterangan:

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Sungai | 7. Power House |
| 2. Saringan | 8. Bendungan |
| 3. Bak pengendapan pasir | 9. Saluran pembersih |
| 4. <i>Pressure tunnel</i> | 10. Saluran pengelak |
| 5. <i>Surge tank</i> | 11. Sungai |
| 6. Penstock valve | |

2.2.2 Jenis dengan kolam pengatur

Air sungai dialirkan ke kolam melalui saluran tertutup atau terbuka dengan disaring terlebih dahulu dan ditampung di sebuah kolam berfungsi untuk; mengendapkan lumpur, mengendapkan pasir, sebagai reservoir.

Air dari kolam dialirkan melalui pipa pesat yang menggerakkan turbin untuk membangkitkan energi listrik. Kolam tando dilengkapi dengan beberapa pintu air yang berguna untuk pengosongan/pengisian bila kolam tando diadakan pemeliharaan. PLTA dengan kolam pengatur dapat dilihat seperti gambar dibawah ini:

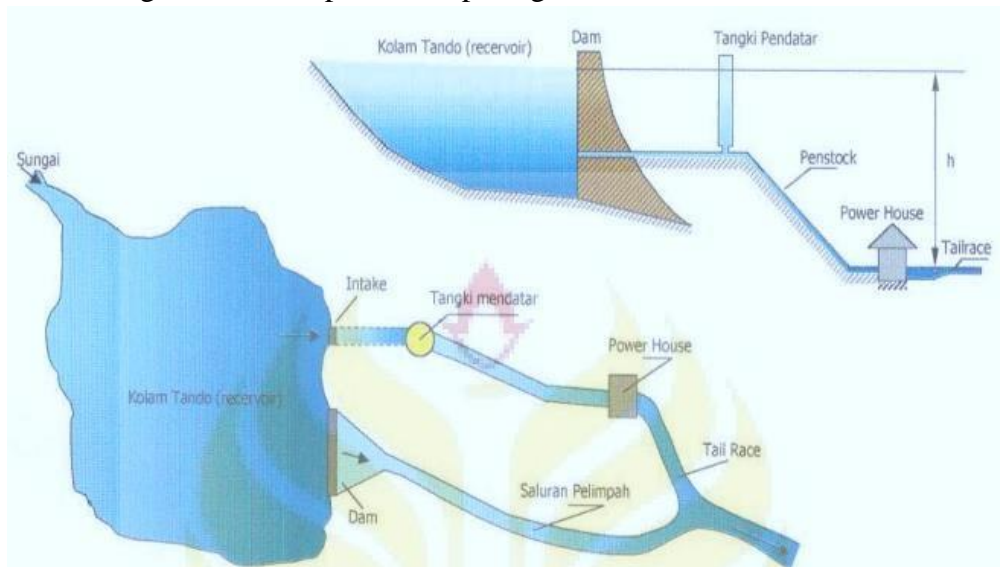


Gambar 2.3 PLTA dengan kolam pengatur

2.2.3 Jenis waduk

PLTA tipe ini mirip dengan prinsip PLTA yang menggunakan kolam pengatur. Tetapi PLTA ini dibuatkan sebuah waduk yang dapat menampung/menyimpan air dalam jumlah besar, sehingga kapasitas sebuah pembangkitan energi listrik PLTA juga menjadi lebih besar. Waduk ini biasanya berbentuk hampir seperti danau buatan, atau dapat dibuat dari danau asli yang berfungsi sebagai penampung air hujan sebagai cadangan untuk musim kemarau.

PLTA dengan Waduk dapat dilihat pada gambar 2.4



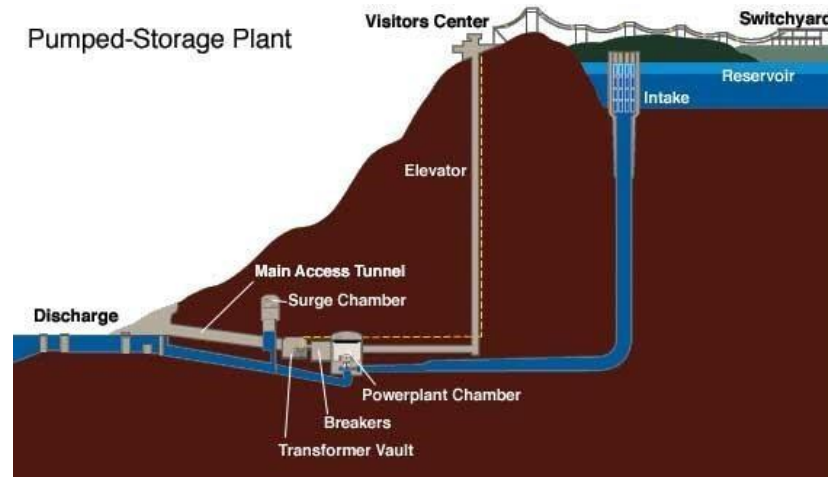
Gambar 2.4 PLTA dengan waduk

2.2.4 Jenis di pompa

PLTA jenis ini membutuhkan dua buah kolam pengatur. Saat kebutuhan listrik meningkat, air akan dialirkan dari kolam pengendali atas dan ditampung di kolam pengendali yang bawah. Energi potensial aliran air inilah yang dimanfaatkan menjadi sebuah energi listrik. Sedangkan saat beban minimal, listrik yang dihasilkan pembangkit listrik lain digunakan untuk memompa balik air ke kolam penampung diatas untuk digunakan kembali saat dibutuhkan. Di Indonesia pembangkit ini cocok dikembangkan disebabkan pada saat malam hari, semua orang secara serentak menggunakan listrik sehingga beban meningkat secara seketika, sedangkan siang hari hanya sedikit orang yang menggunakan energi listrik. Pembangkit ini bertujuan untuk menyimpan energi

listrik sisa yang dibangkitkan. Sisa listrik yang dibangkitkan oleh PLTA lainnya digunakan untuk memompa air dan digunakan saat beban puncak di malam hari.

PLTA dengan jenis di pompa dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 PLTA jenis di pompa

2.3 Waduk dan kolam pengatur

Waduk menghimpun air waktu musim hujan atau selama jam beban kurang untuk persediaan dan pemakaian air pada musim kemarau atau waktu beban puncak. Waduk digunakan untuk merencanakan penambahan energi listrik dari pusat listriknya sendiri dan pusat listrik lainnya dibagian hilir. Waduk ini memungkinkan pengaturan aliran sungai secara permusim dan dapat dibedakan dengan kolam pengatur dari perbandingan pengaturan tahunannya (yearly regulating ratio, yaitu perbandingan dari jumlah cadangan dan aliran masuk tahunan); atau dari jumlah hari penyediaan air, yaitu hari-hari kerja dengan beban penuh dimungkinkan.

Kolam pengatur dapat berguna untuk mengatur aliran air sungai guna keperluan harian atau mingguan. Pada saat beban puncak aliran air perlu dapat diukur selama kira-kira enam jam lamanya. Bila kolam pengatur dimaksudkan untuk mengatur air secara harian, maka jumlah cadangan (reserve) yang dibutuhkan (Q) dapat ditentukan berdasarkan rumus seperti berikut:

$$Q = (Q_2 - Q_1) \times t \times 3600(m^3) \quad \dots \quad 2.1$$

di mana Q_1 = debit turbin per hari (m^3/s)

Q_2 = debit turbin pada saat beban puncak (m^3/s) t = lamanya

beban puncak

Apabila kolam pengatur atau waduk dibangun dengan melintang sungai dan debit turbin berubah-ubah sesuai dengan perubahan beban, maka pengairan, perikanan dan lain-lainnya yang terdapat di hilir sungai juga akan terganggu. Dalam hal demikian, kolam pengatur dibangun di bagian terbawah aliran sungai, sehingga aliran air dari kolam dapat konstan. Kolam pengatur semacam ini disebut kolam kompensasi.

Selain digunakan untuk menampung dan mengatur air, waduk digunakan untuk menciptakan tinggi jatuhnya air, sehingga dapat menggerakkan sebuah turbin secara maksimal.

2.4 Curah Hujan

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam suatu tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Satuan curah hujan selalu dinyatakan dalam satuan milimeter atau inchi namun untuk di Indonesia satuan curah hujan yang digunakan ialah dalam satuan milimeter (mm). Curah hujan dalam 1 (satu) milimeter memiliki arti dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu tertentu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/tahun, mm/ hari, mm/jam, dan sebagainya; yang berturut-turut sering disebut hujan tahunan, harian, jam-jaman, dan sebagainya. Biasanya data yang sering digunakan untuk analisis adalah nilai maksimum, minimum dan nilai rata-ratanya.

2.5 Bangunan Sentral

Bangunan sentral (power house) adalah nama umum bagi fasilitas pada sebuah PLTA. Di dalamnya terdapat beberapa fasilitas atau bagian PLTA seperti turbin air, generator, ruang kontrol, ruang tegangan tinggi, ruang bengkel dan

sebagainya. Rumah pembangkit sangat penting sekali karena semua kegiatan pembangkit energi listrik terpusat disini.

2.6 Turbin air

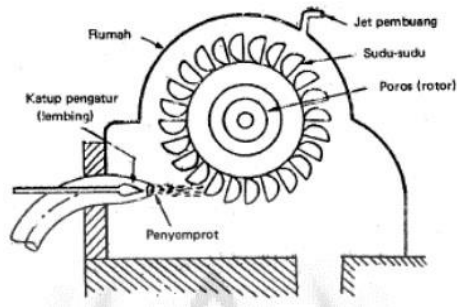
Kincir atau Turbin adalah komponen utama dalam proses untuk pembangkitan energi listrik, turbin berfungsi sebagai pemutar rotor. Macam-macam turbin air yang dikenal adalah sebagai berikut:

1. Turbin implus merupakan jenis turbin tekanan sama. Tekanan yang sama tersebut yaitu tekanan pada aliran air yang keluar dari nosel turbin dan tekanan atmosfer lingkungan sekitar turbin. Energi potensial yang terkandung didalam air dengan ketinggian tertentu dikonversi menjadi energi kinetik melalui suatu pipa pesat (penstock) dan air tersebut masuk turbin melalui salah satu bagian turbin yang disebut nosel.

Penampang nosel lebih kecil jika dibandingkan dengan pipa pesat sehingga kecepatan aliran air yang keluar dari nosel sangat tinggi. Kecepatan air yang tinggi tersebut membentur sudu sebuah turbin dan setelah membentur sudu arah kecepatan aliran dari air akan berubah sehingga terjadi perubahan momentum dari air maka roda turbin akan berputar.

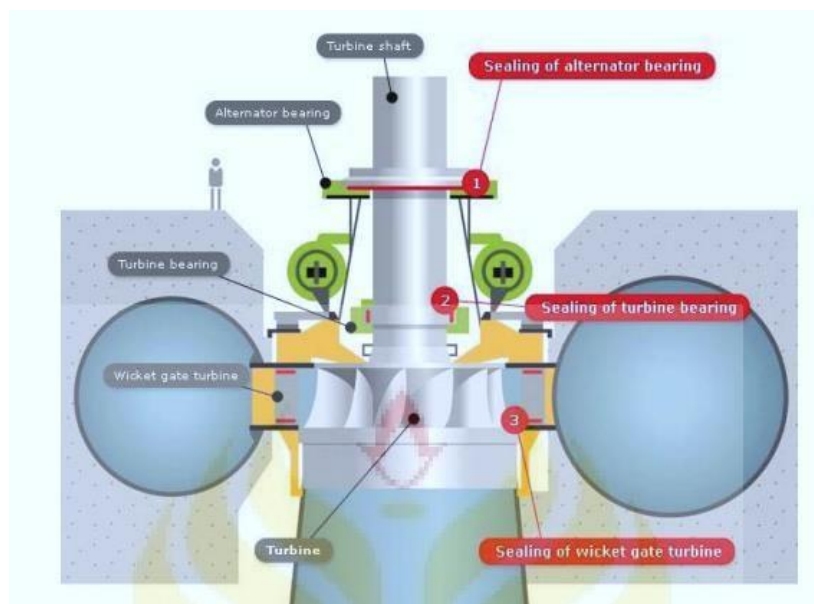
Beberapa jenis turbin yang termasuk jenis turbin impuls yaitu:

- a. Turbin Pelton, untuk pembangkit skala yang besar membutuhkan head yang sangat tinggi 150 meter sedangkan untuk skala mikro, head 20 meter sudah mencukupi.
- b. Turbin Turgo, dapat beroperasi pada head yang rendah sampai tinggi dari 30 s/d 150m. Seperti turbin Pelton, turbin Turgo merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda.
- c. Turbin crossflow, salah satu jenis turbin impuls ini juga dikenal dengan Turbin Michell-Banki yang merupakan penciptanya. Selain itu juga disebut Turbin Osberger yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin crossflow. Turbin crossflow dapat dioperasikan pada debit 20liter/detik sampai 10 m^3 /detik dan head dari 1 sampai 200 m.



Gambar 2.6 Turbin Impuls

2. Turbin reaksi, Turbin jenis ini dibuat sedemikian rupa sehingga rotor bekerja karena aliran air dengan tinggi terjun air karena tekanan. Yang termasuk jenis ini adalah turbin Francis, Turbin aliran diagonal (diagonal flow), dan turbin baling-baling (propeler turbine).
3. Turbin Francis adalah turbin dimana aliran air mengalir ke rotor dengan arah radial dan keluar dengan arah aksial; perubahan arah terjadi sambil melewati rotor.



Gambar 2.7 Turbin Francis

4. Turbin aliran diagonal adalah turbin dimana aliran air melewati rotor dengan arah aksial.

2.7 Generator

Generator adalah sebuah alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang perubahannya dipengaruhi oleh elektromagnetik. Dalam prinsip kerja suatu generator terdapat 3 hal pokok yang harus dipahami yaitu: Adanya fluks magnet yang dihasilkan oleh kutub magnet, Adanya kawat penghantar listrik tempat terbentuknya Gaya Gerak Listrik (GGL), Adanya gerak relative antara fluks magnet dengan kawat penghantar tersebut.

Generator yang bergerak ialah kumparannya (rotor) sedangkan yang tetap adalah magnet (stator).

2.7.1 Klasifikasi Generator

Berdasarkan arah porosnya, generator turbin air dibagi dalam golongan poros datar (horizontal) dan golongan poros tegak (vertical). Golongan poros datar sesuai untuk mesin-mesin yang berdaya kecil atau mesin-mesin dengan berputaran tinggi, sedangkan golongan poros tegak sesuai untuk mesin-mesin yang berdaya besar atau mesin-mesin dengan berputaran rendah. Penggunaan golongan poros tegak sangat baik bagi generator turbin air, antara lain, karena golongan poros tegak memerlukan luas ruang yang kecil dibandingkan dengan golongan poros datar.

Menurut sistem pendinginnya dikenal dua bentuk, yakni saluran terbuka (Open) dan saluran tertutup (Closed). Dalam hal pendinginan dengan udara saluran terbuka, udara dihisap langsung dari suatu bangunan ke dalam tudung generator, lalu dibuang ke luar bangunan itu melalui sebuah saluran udara itu. Dalam hal pendinginan dengan udara saluran tertutup, udara dihisap kedalam dan di keluarkan lagi dari suatu bangunan melalui saluran-saluran tersendiri. Mesin-mesin berdaya besar biasanya dilengkapi dengan tudung dengan sistem peredaran udara tertutup, dimana udara didalam mesin tersebut diedarkan melalui suatu pendingin udara. Meskipun sistim pendinginan dengan zat air (hydrogen) juga dikenal, tetapi sistim ini tidak diterapkan pada generator yang diputar oleh turbin air karena dianggap tidak ekonomis.

2.7.2 Daya Generator

Jika tinggi jatuh efektif maksimum adalah H (m), debit maksimum turbin adalah Q (m^3/s), efisiensi dari turbin dan generator masing-masing adalah η_t dan η_G maka :

$$\text{Daya Teoritis} = 9.8 QH \text{ (kW)} \quad \dots 2.11$$

$$\text{Daya Turbin} = 9.8 \eta_t QH \text{ (kW)} \quad \dots 2.12$$

$$\text{Daya Generator} = 9.8 \eta_t \eta_G QH \text{ (kW)} \quad \dots 2.13$$

Keterangan : Q = Debit Maksimum Turbin (m^3/s)

H = Jatuh tinggi Maksimum (m)

η_t = efisiensi Turbin

η_G = Efisiensi Generator

Daya generator umumnya disebut sebagai output dari PLTA.

2.8 Hipotesis

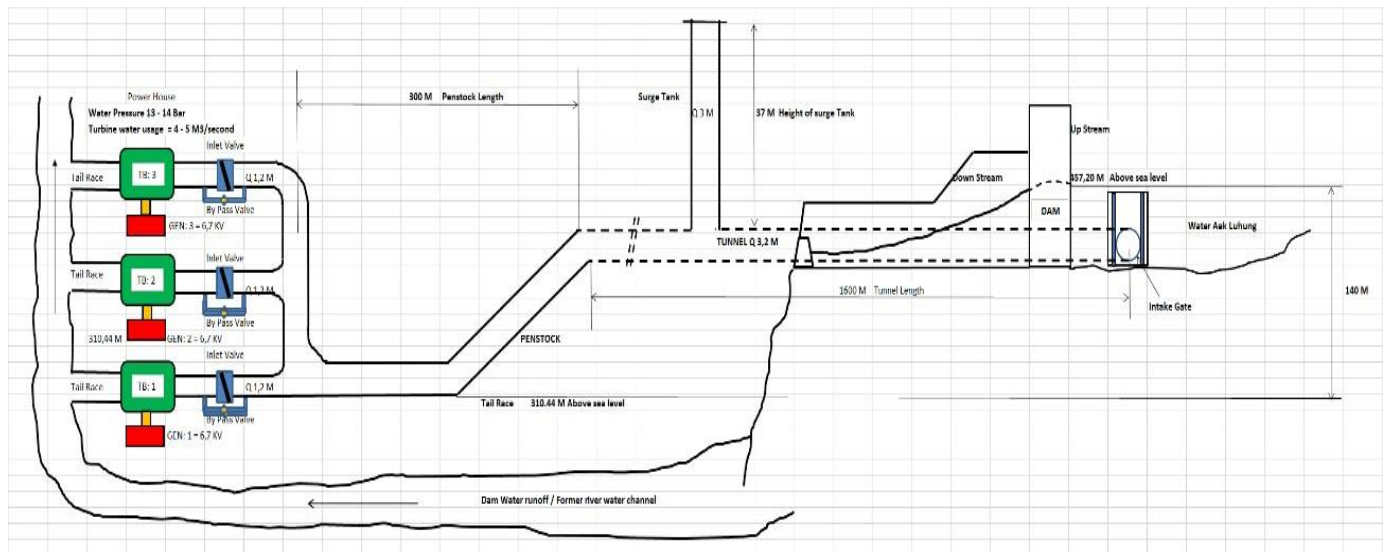
Hipotesis adalah suatu jawaban yang sifatnya sementara terhadap permasalahan sampai terbukti melalui data yang terkumpul. Berdasarkan teori diatas, maka diajukan Hipotesis kerja (H_a): ketidakstabilan curah hujan berpengaruh terhadap produktifitas energi listrik.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN PLTA PAKKAT

Dalam Bab ini saya akan membahas Metodologi Penelitian dimana Bab ini berisi tentang metodologi saya dalam melakukan penelitian Pengaruh Curah Hujan Terhadap Produksi Pembangkit Listrik Tenaga Air Pakkat. Dimana dalam penelitian ini saya melakukan penelitian Pengaruh curah Hujan Terhadap Produksi Pembangkit Listrik Tenaga Air Pakkat Selama 2 Minggu.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) berlokasi di desa Sipulak dusun Nanggumba Desa Purba Bersatu, Kecamatan Pakkat Kabupaten Humbang Hasundutan, dengan kapasitas daya 3 x 6 MW atau sebesar 18 MW.

Pada gambar 3.1 merupakan sketsa dari PLTA Pakkat yang menunjukkan alur proses terjadinya Pembangkit Listrik tenaga Air dari bendungan hingga ke generator.



Gambar 3.1 Sketsa PLTA Pakkat

3.1. Curah Hujan

PLTA Pakkat terletak pada Desa Purba Bersatu Kecamatan Pakkat Kabupaten Humbang Hasudutan, dimana daerah tersebut tergolong daerah tropis basah dengan dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Biasanya musim penghujan terjadi pada bulan September s/d maret.

Satuan curah hujan selalu dinyatakan dalam satuan milimeter atau inchi namun untuk di indonesia satuan curah hujan yang digunakan adalah dalam satuan milimeter (mm). Curah hujan dalam 1 (satu) milimeter memiliki arti dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

Namun pada penelitian ini pengukuran curah hujan digantikan dengan melakukan pengukuran pada ketinggian air di bendungan dan pengukuran ketinggian permukaan air menggunakan sensor dan ditampilkan pada layar monitor yang berada pada power house.

3.2. Bendungan

PLTA Pakkat memiliki satu bendungan dan satu pintu penguras. Tinggi dari bendungan tersebut ialah 4M, Lebar 50 M, dan Panjang 75 M dengan type bendungan *Run Over* dengan debit air $12 \text{ m}^3/\text{s}$ untuk 3 unit turbin dengan tekanan sebesar 14 bar, bendungan berfungsi untuk menampung/menahan air dalam jumlah besar, karena turbin memerlukan pasokan air yang cukup dan stabil. Sedangkan pintu penguras berfungsi untuk jalur alternatif pembuangan sampah dan apabila air melebihi batas maksimum. PLTA Pakkat memiliki satu sumber aliran sungai yang berasal dari sungai Luhung.

Pengukuran ketinggian air pada bendungan sendiri sudah menggunakan sensor pengukur ketinggian air. Sensor pada Bendungan tersebut memiliki batas ketinggian air maksimum yaitu 459.00 m.a.s.l dan apabila ketinggian air dibendungan mencapai ataupun melebihi 460.00 m.a.s.l maka jaringan PLTA akan Padam. Dan ketinggian minimum pada bendungan ialah 454.00 m.a.s.l dan apabila ketinggian air dibendungan kurang atau sama dengan 453.00 m.a.s.l maka jaringan PLTA akan Padam.

3.3. Turbin

Turbin adalah sebuah mesin berputar yang memanfaatkan energi dari fluida. Fluida yang bergerak menjadikan baling-baling berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Guna menghasilkan energi sebesar 18 MW, dioperasikan 3 buah turbin dengan kapasitas masing-masing 6 MW dengan putaran 750 rpm. Adapun tinggi air jatuh efektif untuk memutar turbin 140 m dengan debit air maksimum 5.4 m³/s per turbin. Turbin yang digunakan di PLTA Pakkat adalah turbin Francis dapat dilihat pada gambar 3.2 dan spesifikasi Turbin pada Tabel 3.1:



Gambar 3.2 Turbin Francis pada PLTA Pakkat

Tabel 3.1 Spesifikasi Turbin

Spesifikasi	Keterangan
Tipe	Francis, horizontal spiral
Produksi	Strojirny Brno, a.s.
Year of Manufaktur	2012
Rate Net Head	143 m
Power max	5600 kW
Kecepatan	750 rpm
Debit pada kondisi atas	12 m ³ /s
Debit Maks. Per unit	5,4 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%
Runway speed	1300 rpm
Jumlah servomotor	2
Tekanan normal operasi guide vane	14 bar
Tekanan oli Maks. Guide vane	113 bar

3.4. Generator

Generator listrik adalah sebuah alat yang merubah sumber energi mekanis menjadi energi listrik. Generator terdiri dari dua bagian utama yaitu rotor dan stator. PLTA Pakkat memiliki generator sinkronus yang dilengkapi rotor terdiri dari buah besi yang dililit oleh kawat dan 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 satu poros dengan turbin, sehingga jika turbin berputar maka rotor juga ikut berputar. Magnet yang berputar memproduksi tegangan di kawat setiap kali sebuah kutub melewati "coil" yang terletak di stator. Lalu tegangan inilah yang kemudian menjadi listrik. Selanjutnya dihubungkan langsung ke switchyard. Gambar dan Spesifikasi Generator PLTA Pakkat dapat dilihat pada gambar 3.3 dan tabel 3.2.



Gambar 3.3 Generator Pada PLTA Pakkat

Tabel 3.2 Spesifikasi Generator PLTA Pakkat

Spesifikasi Generator PLTA Pakkat	
Application	Francis
Power	8.138 kVA
Voltage	6.600 V
Extitation Type	Brushless
Current	612 A
Frequency	50 Hz
Speed	150 rpm
Runway speed	1.100 rpm (<10 min.)
Generator's weight	30.000 kg
Bed-frame weight	1.500 kg
Runner mass	450 kg

3.5. Pengukuran Daya

Dalam penelitian ini untuk mendapatkan data yang akan dihasilkan pada bab IV, maka dilakukan pengukuran ketinggian air, daya yang dihasilkan dan debit air menuju turbin menggunakan sebuah sensor, dimana sensor tersebut mengirim hasil pengukurannya secara langsung kepada sebuah komputer yang berada di Power House.

Data yang dihasilkan oleh sensor air dilambangkan dengan Simbol BQ 415 dengan satuan m.a.s.l sedangkan daya dengan satuan MW (Mega watt) dan debit air dengan satuan m³/s. maka data hasil data pengukuran seperti tabel 3.3:

Tabel 3.3 contoh Hasil pengukuran Turbin

Jam	Daya Aktif (MW)	Debit air (m ³ /s)	BQ 415 (m.a.s.l)