



**PENGARUH KETIDAKSTABILAN DEBIT AIR  
DAN CURAH HUJAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA AIR (PLTA) PEJENKOLAN TERHADAP  
PRODUKTIFITAS ENERGI LISTRIK YANG  
DIHASILKAN**

Skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Oleh:

Don Saefal Sarayar

5301410041

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2017**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “ Pengaruh Ketidakstabilan Debit Air dan Curah Hujan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Pejengkolan Terhadap Produktifitas Energi Listrik Yang Dihasilkan“ telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan di sidang panitia ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.

Hari : Jumat

Tanggal : 24 Februari 2017

Pembimbing



Ir. Ulfah Mediaty Arief M.T

NIP. 196605051998022001

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul Pengaruh Ketidakstabilan Debit Air dan Curah Hujan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Pejengkolan Terhadap Produktifitas Energi Listrik Yang Dihasilkan telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 23 bulan Maret tahun 2017.

Oleh

Nama : Don Saefal Sarayar  
NIM : 5301410041  
Program Studi : Pend. Teknik Elektro, S1

**Panitia :**

Ketua

Sekretaris

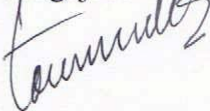


Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T.,M.T.  
NIP. 197805312005011002



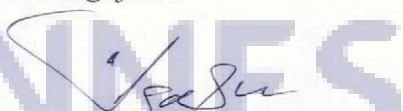
Drs. Agus Suryanto, M.T.  
NIP. 196708181992031004

Penguji I :



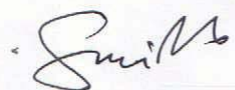
Drs. Sutarno, M.T.  
NIP. 195510051984031001

Penguji II :



Drs. Agus Murnomo, M.T.  
NIP. 195506061986031002

Penguji III/Pembimbing I:



Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T.  
NIP. 196605051998022001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES

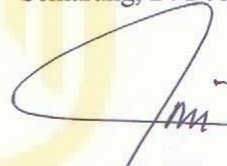


Dr. Nur Qudus, M.T.  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 24 Februari 2017



Don Saefal Sarayar

NIM 5301410041

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

- Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui (Al-Baqarah: 216).
- Jadi Diri Sendiri, Cari Jati Diri, dan Dapatkan Hidup Yang Mandiri
- Hidup ini singkat, maka, jangan membuatnya lebih singkat lagi dengan sesuatu yang sia-sia

### PERSEMBAHAN

Skripsi ini penyusun persembahkan kepada:

1. Bapak dan ibu tercinta yang selalu menyayangi dan mendoakan.
2. Adikku tersayang yang selalu menjadi motivasiku.
3. Rekan seperjuanganku "The Legend" Prodi

Pendidikan Teknik Elektro Angkatan 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan inayah-Nya yang senantiasa tercurah sehingga tersusunlah skripsi yang berjudul “ **PENGARUH KETIDAKSTABILAN DEBIT AIR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PEJENGKOLAN TERHADAP PRODUKTIFITAS ENERGI LISTRIK YANG DIHASILKAN**”.

Terwujudnya skripsi ini tentu saja berkat bimbingan, arahan, kepercayaan serta dorongan dari berbagai pihak. Dengan tulus penulis juga mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik UNNES.
2. Dr – Ing Dhidik Prastiyanto, S.T, M.T., Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
3. Sugeng Purbawanto Dosen Wali yang penuh kesabaran dan kebijaksanaan membimbing dengan selalu memberi semangat.
4. Ir. Ulfah Mediaty Arief M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan skripsi.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ilmu bermanfaat.
6. Bapak Suparlan selaku General Manager UPB Mrica, yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di Sub Unit PLTA Pejengkolan.
7. Bapak Tarmono selaku Supervisor Operasi dan Pemeliharaan PLTA Pejengkolan yang turut membantu penulis dalam penelitian ini.
8. Bapak, Ibu dan adik saya yang telah memberikan dukungan, doa dan motivasi selama proses perkuliahan dan selama pembuatan skripsi ini hingga selesai.

Penulis masih menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna. Penulis berharap semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi pembaca khususnya dan perkembangan pendidikan pada umumnya.

Semarang, 24 Februari 2017

Penulis

## ABSTRAK

**Sarayar, Don Saefal.** 2017. *Pengaruh ketidakstabilan debit air dan curah hujan pada Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Pejengkolan terhadap produktifitas energi listrik yang dihasilkan.* Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing : Ir. Ulfah Mediaty Arief M.T.

Proses pembangkitan energi listrik pada suatu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) kenyatannya tidak selalu maksimal dalam menghasilkan energi listrik, hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan pada pembangkit tersebut. Beberapa faktor diantaranya adalah debit air dan curah hujan yang tidak stabil, sehingga produktifitas energi listrik tidak sesuai dengan yang diharapkan. Seperti yang terjadi pada PLTA Pejengkolan yang memiliki debit air yang tidak tetap karena selain difungsikan untuk pembangkitan energi listrik, debit air pada bendungan Pejengkolan digunakan untuk keperluan irigasi kebeberapa area di Kebumen.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ketidaksetabilan debit air dan curah hujan pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA) terhadap produktifitas energi listrik yang dihasilkan PLTA Pejengkolan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode diskriptif dengan pendekatan kuantitatif untuk mendiskripsikan data penelitian debit air dan curah hujan terhadap produktifitas energi listrik. Pengambilan data dilakukan pada ruang pembangkit dengan mengamati record/Rekaman data KWh dan debit air, sedangkan data curah hujan diperoleh dari catatan Dinas Pekerjaan Umum (DPU) di lingkungan PLTA Pejengkolan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air berpengaruh terhadap produktivitas energi listrik, semakin besar debit air maka semakin besar pula energi listrik yang dapat di hasilkan. Sedangkan curah hujan tidak berpengaruh secara langsung terhadap produktivitas energi listrik yang dihasilkan. Curah hujan yang tinggi tidak mesti meningkatkan produktifitas energi listrik pada PLTA Pejengkolan. Berdasarkan data penelitian pada PLTA Pejengkolan diperoleh data rata-rata debit air sebesar 8,1475 m<sup>3</sup>/detik yang dapat menghasilkan energi listrik rata-rata sebesar 21,3781 KWh selama tahun 2014.

**Kata Kunci : Debit Air, Curah Hujan, PLTA.**

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
1.6.1 Bagian awal.....	5
1.6.2 Bagian isi.....	5
1.6.3 Bagian akhir .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Aliran Sungai / Debit.....	7
2.1.1 Lengkung debit.....	7
2.1.2 Pengukuran Debit Sungai.....	9
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).....	14
2.2.1 Jenis-Jenis Pusat Listrik Tenaga Air .....	16
2.2.2 Waduk dan kolam pengatur.....	19



2.2.3	Bangunan sentral .....	20
2.2.4	Turbin air .....	21
2.2.5	Generator .....	23
2.3	Hipotesis .....	25
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1	Metode Penelitian .....	26
3.2	Variabel Penelitian .....	27
3.2.1	Variabel Dependen .....	27
3.2.2	Variabel Independen .....	27
3.3	Populasi dan Sample .....	28
3.4	Instrumen Pengumpulan Data .....	28
3.5	Metode Pengumpulan Data .....	29
3.6	Waktu dan Tempat .....	29
3.7	Data Penelitian .....	29
3.7.1	Spesifikasi PLTA Pejangkolan.....	30
3.7.2	Debit Air Irigasi Waduk Wadaslintang.....	33
3.7.3	Elevasi Air Bendung Pejengkolan .....	33
3.7.4	Energi listrik yang dibangkitkan (KWh).....	34
3.7.5	Debit air PLTA Pejengkolan (saluran irigasi Bedegolan).....	34
3.7.6	Curah Hujan .....	34
3.8	Teknik Analisis Data .....	35
3.8.1	Deskripsi Data .....	35
3.8.2	Uji Persyaratan Analisis.....	35
3.8.3	Uji Hipotesis.....	38
3.8.4	Uji Model Regresi .....	39
3.8.5	Koefisien Determinasi.....	40
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1	Hasil Penelitian.....	41
4.1.1	Deskripsi Data .....	41
4.1.2	Uji Asumsi Normalitas.....	41
4.1.3	Uji Multikolonieritas .....	43

4.1.4 Uji Heterokedastisitas .....	44
4.1.5 Pengujian Hipotesis.....	45
4.2 Pembahasan .....	49
4.2.1 Pengaruh Debit Air terhadap Produktivitas Listrik di PLTA Pejengkolan .....	49
4.2.2 Pengaruh Curah Hujan terhadap Produktivitas Listrik di PLTA Pejengkolan .....	49
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>52</b>
5.1 Simpulan.....	52
5.2 Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>55</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
<b>3.1 Variabel Penelitian dan Metode Memperoleh Data .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Luas Areal Irigasi.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Statistik Deskriptif .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2 Uji Normalitas Data dengan Kolmogorov-Smirnov .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3 Hasil Uji Multikolinieritas.....</b>	<b>44</b>
<b>4.4 Hasil analisis regresi linier berganda .....</b>	<b>46</b>
<b>4.6 Koefisien Determinasi.....</b>	<b>48</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Contoh lengkung debit.....	8
2.2 Gardu Pengukur .....	10
2.3 Alat Ukur Arus (Current Meter).....	11
2.4 Pengukuran dengan Alat Ukur Arus .....	11
2.5 Pengukuran dengan Alat Ukur Apung .....	13
2.6 PLTA dengan aliran sungai langsung.....	16
2.7 PLTA dengan kolam pengatur .....	17
2.8 PLTA dengan waduk (reservoir).....	18
2.9 PLTA pump storage.....	19
2.10 Turbin Impuls.....	22
3.1 Bendungan Pejengkolan .....	31
3.2 Turbin Air.....	31
3.3 Generator .....	32
3.4 Gardu Pemantauan elevasi bendung.....	33
3.5 KWh Meter Output .....	34
4.1 Grafik Normal P-Plot .....	42
4.2 Hasil Uji Heteroskedastisitas dengan Scatterplot .....	45
4.3 Hubungan Curah hujan dan Debit Air Terhadap Produktifitas.....	50



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Debit air Irigasi Wadaslintang.....	56
Lampiran 2 Elevasi Air Bendung.....	80
Lampiran 3 KWh Produksi .....	81
Lampiran 4 Debit Air Saluran PLTA.....	82
Lampiran 5 Rerata Curah Hujan .....	83
Lampiran 6 Rekap Data Pengamatan .....	84
Lampiran 7 Hasil Analisa SPSS .....	85
Lampiran 8 Data Produktifitas PLTA Pejengkolan Tahun 2014.....	91
Lampiran 9 Data Curah Hujan Selama Tahun 2014 .....	103
Lampiran 10 Surat Keputusan Dosen Pembimbing.....	115
Lampiran 11 Surat Permohonan Izin Penelitian.....	116
Lampiran 12 Surat Balasan Izin Penelitian dari UPB Mrica.....	117
Lampiran 13 Dokumentasi .....	118



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan perekonomian nasional. Khususnya di wilayah operasi Jawa, Madura dan Bali (Jamali) pada tahun 2014 di perkirakan mencapai 154,944 TWh atau tumbuh sebesar 7,6% per tahun dari tahun 2013 kebutuhan listrik Jamali sebesar 144 TWh (RUPTL:2013,3).

Kapasitas energi listrik Jamali tahun 2014 adalah 31,815 MW, sedangkan beban puncak tertinggi 23,420 MW naik  $\pm 3,6\%$  dari tahun 2013. Untuk mengantisipasi kenaikan beban listrik di Jamali setiap tahunnya, Perusahaan Listrik Negara (PLN) terus berupaya meningkatkan kapasitas energi listrik yang dimiliki. Wilayah operasi PLN Jamali sangat potensial untuk pengembangan pembangkit energi listrik jenis PLTA. Terutama di Pulau Jawa, banyak terdapat aliran sungai di pegunungan yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan energi listrik tenaga air. Keuntungan menggunakan PLTA yaitu mudah (cepat) di start dan di stop, bebannya mudah diubah-ubah, angka gangguannya rendah dan biaya operasionalnya murah. Mudahnya pengoperasian PLTA serta beban yang dapat diatur sangat sesuai untuk memenuhi beban puncak. Salah satunya PLTA Pejengolan yang terdapat di Desa Pejengolan, Kecamatan Padureso, Kabupaten Kebumen. Kegunaan pembangunan

PLTA Pejengkolan adalah untuk menambah suplai energi listrik di wilayah Kebumen dan sekitarnya.

PLTA Pejengkolan terkoneksi pada jaringan 22 KV yang tergabung dalam saluran interkoneksi Jamali. Kestabilan pembangkit energi listrik dalam memproduksi energi listrik dapat membantu pemenuhan energi listrik yang semakin tinggi.

PLTA Pejengkolan termasuk jenis PLTA Kolam Tandu Harian. Suplai air PLTA Pejengkolan didapat dari aliran waduk Wadaslintang dan juga dari beberapa sungai musiman di sepanjang saluran irigasi waduk Pejengkolan. Selain sebagai pembangkit energi listrik, waduk Pejengkolan memiliki fungsi utama untuk pembagian aliran irigasi dari waduk Wadaslintang. Waduk Pejengkolan memiliki tiga saluran irigasi yang digunakan untuk mengairi daerah Kebumen dan sekitarnya. Irigasi pada waduk Pejengkolan diantaranya Saluran Induk Wadaslintang Barat (SIWB), Saluran Induk Wadaslintang Timur (SIWT) dan daerah irigasi Bedegolan sebelah selatan yang merupakan aliran melalui PLTA dan spilway. Dikarenakan fungsi tersebut, operasi pembangkitan listrik menjadi kurang maksimal.

Berdasarkan data pengairan Waduk Pejengkolan tahun 2013. Debit air rata-rata setiap hari yang mengalir ke waduk Pejengkolan sebesar 1.728.000 m<sup>3</sup>. Meskipun memiliki sumber air yang besar, PLTA Pejengkolan tidak dapat beroperasi secara berkelanjutan, karena debit air dari irigasi Wadaslintang diprioritaskan untuk mengalir ke saluran irigasi ke beberapa wilayah Kebumen dan sekitarnya. Hal ini menyebabkan debit air untuk pembangkitan tidak tetap / stabil.

Sehingga menyebabkan PLTA tidak maksimal dalam memproduksi energi listrik, dan terkadang sampai tidak dapat beroperasi.

PLTA Pejengkolan memiliki kapasitas pembangkitan sebesar 1,4 MW, sesuai dengan perencanaan pembangkitan waduk Pejengkolan, apabila elevasi air waduk minimal 39,50 meter dengan debit 8,6 m<sup>3</sup>/detik dapat membangkitkan energi listrik sebesar 30.300 KWh. Kemampuan PLTA Pejengkolan saat ini dalam menghasilkan energi listrik sebesar 833,840 KWh dalam satu bulan. (*Laporan Bulanan PLTA Pejengkolan Bulan Juni 2014*)

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis ingin mengetahui pengaruh ketidakstabilan debit air dan curah hujan pada PLTA pejengkolan terhadap produktifitas energi listrik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana pengaruh debit air terhadap produktifitas energi listrik yang dihasilkan PLTA Pejengkolan?
2. Bagaimana pengaruh curah hujan terhadap produktifitas energi listrik yang dihasilkan PLTA Pejengkolan?

## **1.3 Batasan Masalah**

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

1. Penelitian dilakukan pada PLTA Pejengkolan.



2. Aliran air yang digunakan sebagai sumber tenaga untuk memutar generator berasal dari irigasi waduk Wadaslintang yang dikelola oleh Dinas Pekerjaan Umum (DPU).
3. Data curah hujan didapat dari laporan Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Pejengkolan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

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

1. Mengetahui pengaruh Debit Air terhadap produktifitas energi listrik yang dihasilkan PLTA Pejengkolan
2. Mengetahui pengaruh Curah Hujan terhadap produktifitas energi listrik yang dihasilkan PLTA Pejengkolan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh antara lain sebagai berikut:

1. Bagi PLTA Pejengkolan, Penelitian ini akan memberikan solusi pada PLTA Pejengkolan dalam menghasilkan energi listrik lebih maksimal.
2. Bagi lembaga pendidikan (Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang), Penelitian ini sebagai bahan informasi dan pengembangan bagi penelitian berikutnya.
3. Bagi Penulis, Penelitian ini akan memperluas wawasan pengetahuan tentang pembangkitan energi listrik, khususnya tentang pembangkitan energi listrik pada PLTA.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

### **1.6.1 Bagian awal**

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

### **1.6.2 Bagian isi**

Isi skripsi disajikan dalam lima bab dengan beberapa sub bab pada tiap babnya.

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

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

#### **Bab II : LANDASAN TEORI**

Bagian ini mengemukakan tentang landasan teori yang mendukung dalam pelaksanaan penelitian.

#### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Pada bab ini berisi metode yang digunakan dalam melakukan penelitian. Didalam bab ini dibahas tentang rancangan penelitian, objek penelitian, metode pengumpulan data, dan analisis data.

#### **BAB IV : HASIL PENELITIAN, ANALISIS DAN 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.

### 1.6.3 Bagian akhir

Bagian akhir skripsi berisikan daftar pustaka dan lampiran-lampiran.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

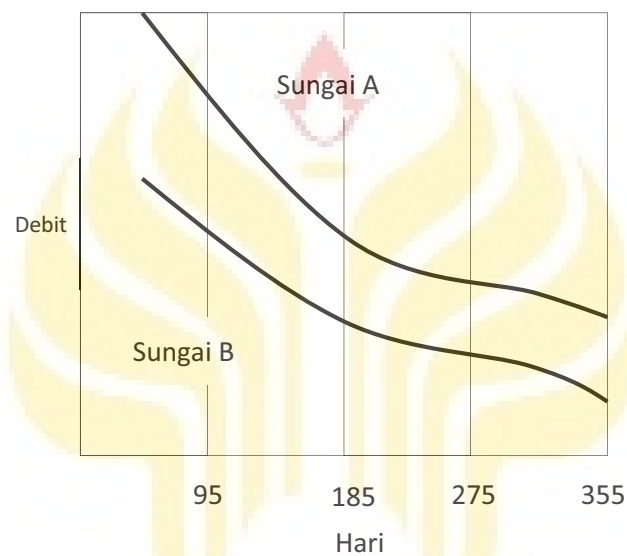
#### 2.1 Aliran Sungai / Debit

Yang dimaksud dengan aliran sungai atau debit adalah jumlah air yang mengalir melalui suatu penampang sungai tertentu per satuan waktu. Debit dipengaruhi oleh beberapa factor, misalnya; oleh curah hujan, keadaan geologi, flora, temperature, dan lain-lain, di sebelah hulu sungai. Debit selalu berubah dari musim ke musim dan dari hari ke hari. Kecenderungan karakteristik dan besarnya debit secara kasar dapat di ketahui dengan pengamatan dalam jangka waktu yang lama. Pengukuran debit sungai sangat penting untuk dapat menentukan tenaga yang dihasilkan oleh Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA). Pengetahuan tentang debit pada waktu banjir mutlak diperlukan untuk keamanan dalam perencanaan dan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). (Dr. Artono Arismunandar dan Dr. Susumu Kuwahara, *Teknik Tenaga Listrik*:1991).

##### 2.1.1 Lengkung debit

Untuk menyelidiki aliran sungai, maka lengkung debit (*Duration Curve*) harus dibuat berdasarkan hidrograf agar dapat diketahui dengan jelas kondisi dari aliran sungai tersebut. Hal ini diperlukan untuk mengetahui aliran sungai yang dapat digunakan dalam 365 hari. Lengkung debit mempunyai jumlah hari 365 pada sumbu horisontal dan debit sungai pada sumbu vertikal, dengan urutan mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil, lihat gambar 2.1. Lengkung ini merupakan

data dasar yang penting untuk merencanakan pusat listrik tenaga air. Tentu saja lengkung debit ini berbeda-beda untuk setiap sungai. Bahkan untuk sungai yang sama, lengkungnya berbeda untuk setiap tahun. Pada umumnya lengkung debit itu rata untuk sungai-sungai yang memiliki hutan lebat, danau dan waduk disebelah hulunya (contoh dapat dilihat dalam gambar 2.1).



*Gambar 2.1 Contoh lengkung debit*

Lengkung debit tahunan rata-rata dari aliran sungai dapat diperoleh dari lengkung debit selama 10 tahun. Tiga metode berikut ini digunakan untuk mendapatkan lengkung debit tahunan rata-rata:

1. Lengkung debit seri : Debit harian rata-rata selama sepuluh tahun ditempatkan berurutan dari yang terbesar sampai yang terkecil. Kekurangan dari cara ini adalah bahwa debit air waktu banjir dan pada musim kemarau terlihat secara berlebihan.
2. Lengkung debit paralel : disini untuk setiap tahun selama sepuluh tahun dibuat lengkung debit bulanan. Kemudian harga rata-rata dari sepuluh tahun

tersebut dihitung untuk satu bulan tertentu dari tiap-tiap tahun. Kekurangan cara ini adalah bahwa debit air pada waktu banjir dan musim kemarau dinilai terlalu kecil.

3. Lengkung debit seri-paralel : disini untuk menghindari kekurangan dari kedua cara tersebut diatas, lengkung debit disusun atas dasar harga rata-rata dari pada nilai rata-rata tahunan dan bulanan dari lengkung debit yang dibuat dengan kedua cara tersebut di atas. (Dr. Artono Arismunandar dan Dr. Susumu Kuwahara, *Teknik Tenaga Listrik*:1991).

### 2.1.2 Pengukuran Debit Sungai

Debit sungai yang merupakan data pokok untuk perencanaan pusat listrik tenaga air, harus di ukur secara teliti dan dalam jangka waktu yang sepanjang mungkin. Ada beberapa cara untuk mengukur debit sungai:

1. Kecepatan rata-rata dari aliran sungai pada suatu bagian dari penampangnya di ukur , kemudian dikalikan dengan luas penampang pada bagian itu. Hasil perkalian luas penampang dengan kecepatan tersebut adalah debit sungai.

$$Q = V \times A \quad \dots \text{pers. 2.1}$$

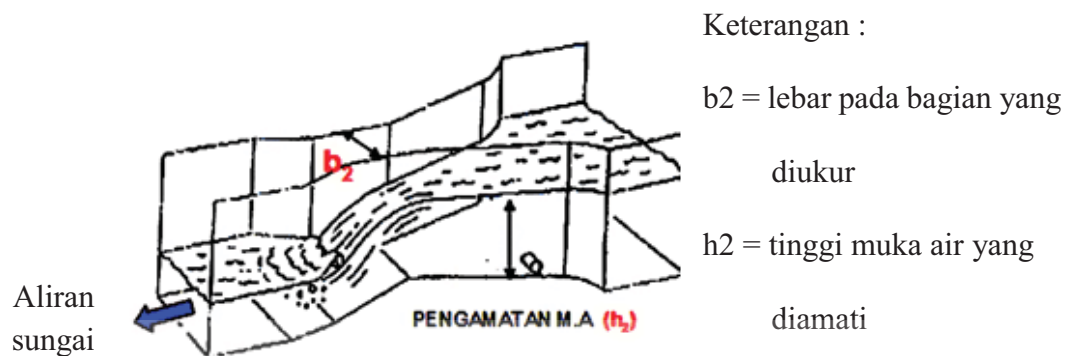
Keterangan:

Q = Debit sungai

V = Kecepatan rata-rata aliran sungai

A = Luas penampang sungai

2. Debit sungai diperoleh dari pengamatan tinggi permukaan air, dengan mempergunakan lengkung debit-tinggi-air di gardu pengukur.



Gambar 2.2 Gardu Pengukur

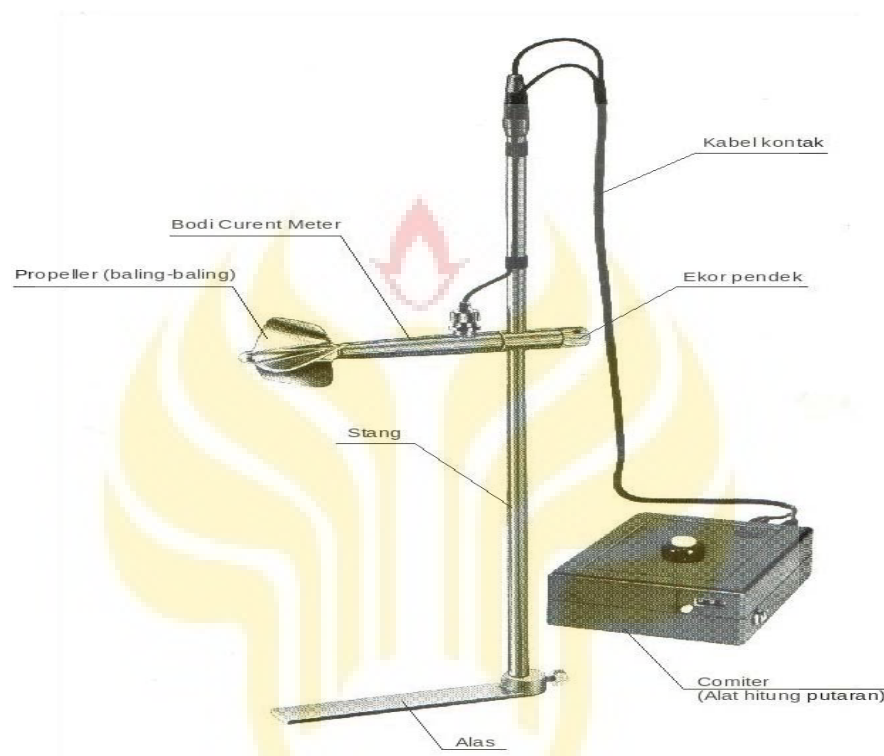
Pada umumnya cara (2) dipergunakan di gardu-gardu pengamatan. Cara lain adalah yang disebut metode sekat (*weir*), yang hanya dipakai pada sungai-sungai yang kecil. Pengukuran cara (1) dan (2) dilakukan di tempat dimana aliran sungai seragam dan tidak menyebabkan kerusakan pada stasiun pengamat tersebut. Persiapan dan pengecekan pada lengkung debit tinggi air, yaitu pengukuran debit sungai harus sebanyak mungkin dilakukan pada beberapa tinggi permukaan air. Dasar sungai mungkin berubah karena adanya banjir dan hal-hal lain. Karena itu lengkung debit tinggi muka air akan berubah pula; karena itu perlu diadakan pengukuran ulang untuk merubah lengkung tadi.

Di bawah ini diberikan beberapa cara untuk mengukur kecepatan aliran:

- a. Dengan alat ukur arus (*current meter*)

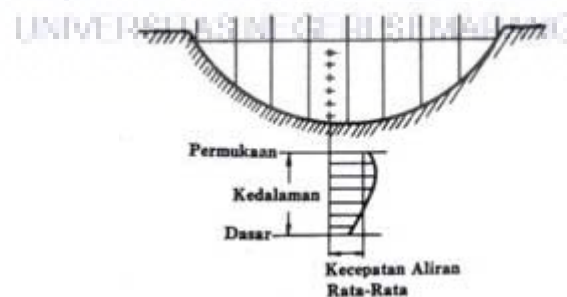
Di sini kecepatan aliran dihitung dengan mengukur jumlah putaran alat tersebut dalam satu satuan waktu. Alat ini menggunakan baling-baling berbentuk pipih atau lengkung (Gambar 2.3). Jumlah putaran diukur dengan membuka atau menutupnya suatu hubungan listrik atau dengan tachometer. Alat pengukur aliran tersebut harus ditera paling sedikit sekali setahun. Untuk mengukur debit, sungai dibagi oleh beberapa garis tegak dengan jarak 1-3 m, tergantung dari lebar

penampang melintang aliran. Tiap garis vertical kemudian dibagi oleh beberapa garis mendatar. Kecepatan air diukur pada tiap titik potong dari garis-garis tegak dan mendatar tadi.



Gambar 2.3 Alat Ukur Arus (Current Meter)

Dari kecepatan aliran air pada garis tegak dapat dibuat grafik, seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2.4 Pengukuran dengan Alat Ukur Arus

Kemudian dapat dihitung kecepatan rata-rata pada penampang melintang dibagian tegak tersebut. Debit sungai diperoleh dengan menjumlah debit dari tiap



penampang tegak. Jarak antara titik-titik pengukuran harus dibuat lebih pendek pada tempat yang dekat dasar sungai dan dinding sungai.

Berikut ini adalah cara yang sederhana untuk menghitung kecepatan aliran rata-rata:

1) Metoda 3 titik :  $V_m = (V_{0.2} + 2V_{0.4} + V_{0.8})/4$  . . .pers. 2.2

2) Metoda 2 titik :  $V_m = (V_{0.2} + 2V_{0.8})/2$  . . .pers. 2.3

3) Metoda 1 titik :  $V_m = V_{0.6}$  . . .pers. 2.4

4) Metode permukaan:  $V_m = 0,8 \times (\text{kec. aliran pada permukaan}) \dots$  pers. 2.5

5) Metode ganda : alat ukur arus dibenamkan ke dalam air dengan kecepatan seragam tertentu sampai mencapai dasar sungai, dan kemudian diangkat lagi sampai mencapai permukaan air; kecepatan aliran rata-rata dihitung dari jumlah putaran dan waktu selama alat dibenamkan, di mana :

$$V_m = \text{kecepatan aliran rata - rata} \quad \dots \text{pers. 2.6}$$

$$V_{0.2}, V_{0.4}, V_{0.6} = \text{kecepatan aliran air pada kedalaman berturut -  
turut 20%, 40%, 60% dari permukaan air.}$$

b. Dengan alat ukur apung (*float*)

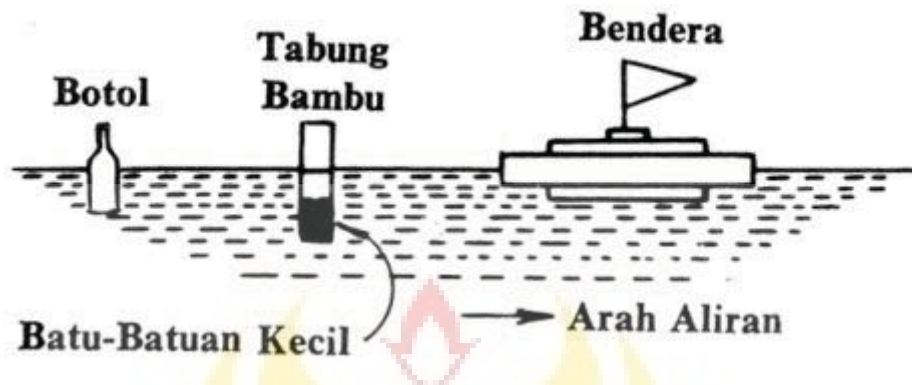
Ada dua macam alat ukur apung yaitu;

1) Alat ukur apung (*surface float*) dan,

2) Tongkat ukur apung (*road float*)

Dalam metoda ini alat tersebut dihanyutkan dibagian sungai yang lurus untuk mengetahui kecepatannya, kemudian kecepatan aliran rata-rata pada tiap penampang dihitung. Seperti pada metoda pengukuran dengan meter, pengukuran dilaksanakan dengan membagi penampang melintang sungai menjadi beberapa

bagian oleh garis-garis tegak. Kecepatan aliran rata-rata dapat dihitung dengan melihat gambar berikut ini.



Gambar 2.5 Pengukuran dengan Alat Ukur Apung

$$V_m = 0,8 \times (\text{kecepatan aliran dari pelampung}) \quad \dots \text{pers. 2.7}$$

Pengukuran dengan alat ini cukup memadai apabila permukaan air tinggi pada waktu banjir, atau jika permukaan air berubah dengan cepat sehingga memerlukan pengukuran dalam waktu yang singkat.

c. Dengan Rumus

Pertama diukur dengan kemiringan dari permukaan air; kemudian kecepatan aliran dihitung berdasarkan rumus seperti dibawah ini. Pengukuran ini digunakan bila alat ukur arus atau alat ukur apung tidak dapat digunakan. Misalnya; Karena banjir dan faktor yang menyebabkan. Alat untuk mengukur kemiringan permukaan air sungai harus dijaga supaya tetap dalam keadaan baik pada waktu pengukuran dilakukan dalam keadaan banjir.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kemiringan dari permukaan air dan kecepatan aliran adalah sebagai berikut:

$$\text{Rumus Manning : } V_m = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad \dots \text{pers.2.8}$$

$$\text{Rumus Kutter : } V_m = \frac{(23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{I}) \sqrt{RI}}{(1 + 23 + \frac{0,00155}{I}) n / \sqrt{R}} \quad \dots \text{pers. 2.9}$$

di mana;  $V_m$  = Kecepatan air rata-rata

$R$  = Jari-jari Hidrolik

$I$  = Kemiringan (*gradient*) Permukaan air sungai

$n$  = Koefisien kekasapan (*roughness*)

Jika metoda ini yang akan digunakan, maka kecepatan air pada waktu debit biasa dan seluruh penampang sungai harus diukur dengan alat ukur arus. Dari hasil pengukuran itu kemudian dapat dihitung kekasapan dasar sungai sehingga dengan demikian dapat diperoleh hasil pengukuran dengan ketelitian yang tinggi. (Dr. Artono Arismunandar dan Dr. Susumu Kuwahara, Teknik Tenaga Listrik:1991).

## 2.2 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 ini biasa disebut sebagai hidroelektrik. Pembangkit listrik ini bekerja dengan cara merubah energi air yang mengalir (dari bendungan atau air terjun) menjadi energi mekanik (dengan bantuan turbin air) dan dari energi mekanik menjadi energi listrik (dengan bantuan generator).

Tenaga air memiliki beberapa keuntungan yang tidak dapat dipisahkan Bahan bakar untuk PLTU adakah batubara. Berdasarkan pengertian yang sama, kita dapat mengatakan bahwa bahan bakar untuk PLTA adalah air. Nyatanya suatu jurnal teknis mengenai tenaga air menamakannya sebagi batubara putih. Tetapi

keunggulan untuk bahan bakar PLTA ini sama sekali tidak akan habis terpakai ataupun berubah menjadi yang lain. PLTA tidak menghadapi masalah pembuangan limbah. PLTA merupakan suatu sumber energi yang abadi. Air melintas melalaui turbin tanpa kehilangan kemampuan pelayanan untuk wilayah di hilirnya. Biaya pengoperasian dan pemeliharaan PLTA sangat rendah.

Pada PLTA, transportasi batubara putih berlangsung secara alamiah. Turbin-turbin pada PLTA bias dioperasikan setiap saat dan cukup sederhana untuk dimengerti. Peralatan PLTA yang mutakhir, umumnya memiliki peluang yang besar untuk bisa dioperasikan selama 50 tahun. PLTA bisa dimanfaatkan untuk cadangan yang bisa diandalkan pada sistem kelistrikan terpadu.

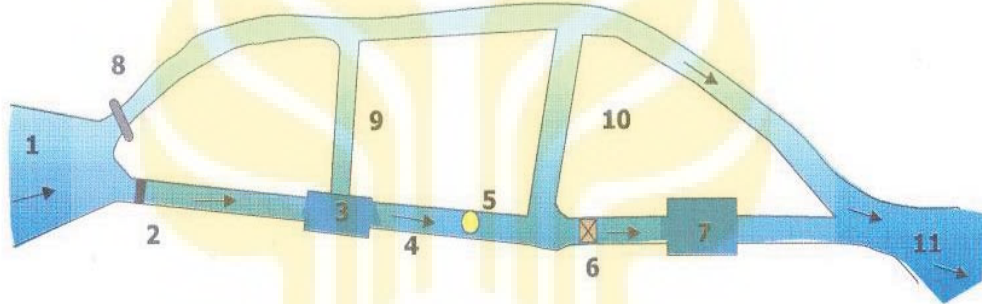
PLTA dapat beroperasi sesuai dengan perancangan sebelumnya, bila mempunyai Daerah Aliran Sungai (DAS) yang potensial sebagai sumber air untuk memenuhi kebutuhan dalam pengoperasian PLTA. Pada operasi PLTA, perhitungan keadaan air yang masuk pada waduk / dam tempat penampungan air, beserta besar air yang tersedia dalam waduk / dam dan perhitungan besar air yang akan dialirkan melalui pintu saluran air untuk menggerakkan turbin sebagai penggerak sumber listrik tersebut, merupakan suatu keharusan untuk dimiliki, dengan demikian kontrol terhadap air yang masuk maupun yang didistribusikan ke pintu saluran air untuk menggerakkan turbin harus dilakukan dengan baik, sehingga dalam operasi PLTA tersebut dapat dijadikan sebagai dasar tindakan pengaturan efisiensi penggunaan air maupun pengamanan seluruh sistem, sehingga PLTA dapat beroperasi sepanjang tahun, walaupun pada musim kemarau panjang.

### 2.2.1 Jenis-Jenis Pusat Listrik Tenaga Air

Berdasarkan penggolongan menurut aliran air, pusat Listrik Tenaga Air di bagi menjadi beberapa jenis, diantaranya:

#### 2.2.1.1 Jenis aliran sungai

Aliran sungai dialirkan langsung melalui saluran terbuka atau tertutup dengan memasang di ujung saluran tersebut (ujung masuk air). Air dimasukkan melalui pipa pesat/saluran terbuka.



Gambar 2.6 PLTA dengan aliran sungai langsung

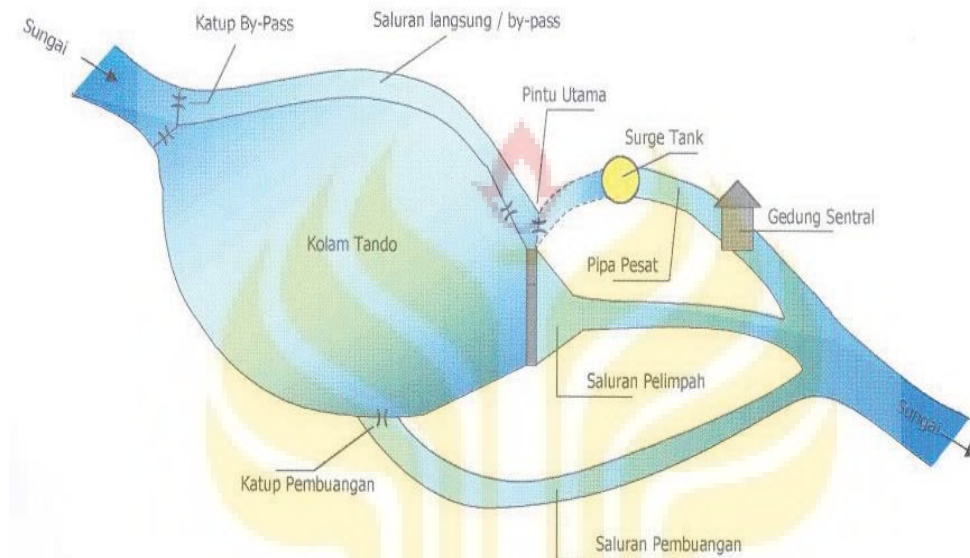
Keterangan:

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

#### 2.2.1.2 Jenis dengan kolam pengatur

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

Air dari kolam tersebut dialirkan melalui pipa pesat menggerakkan turbin untuk membangkitkan tenaga listrik. Kolam tando dilengkapi dengan beberapa pintu air gunanya untuk pengisian / pengosongan bila kolam tando diadakan pemeliharaan.

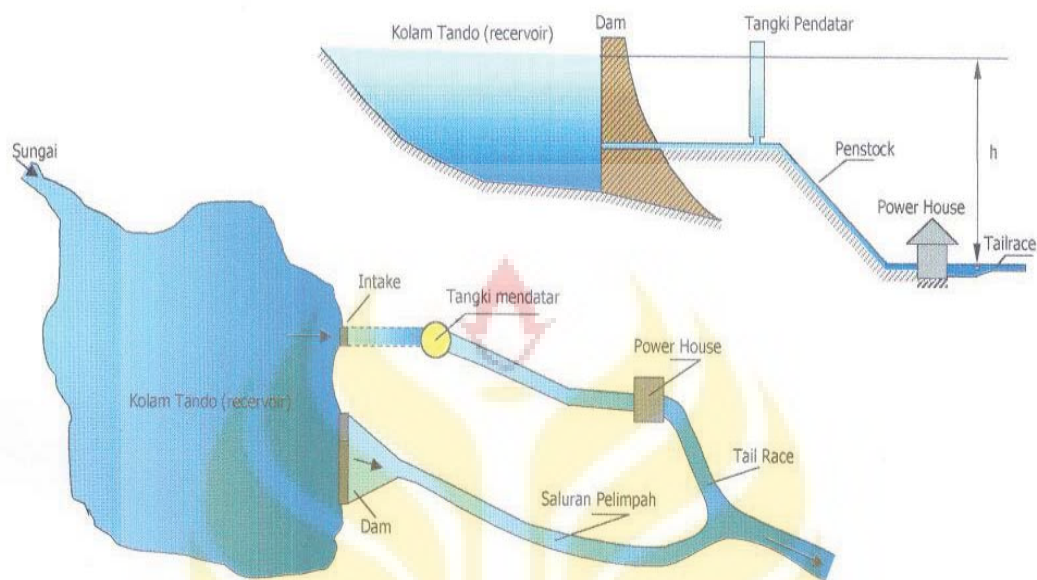


Gambar 2.7 PLTA dengan kolam pengatur

### 2.2.1.3 Jenis waduk (*reservoir*)

PLTA tipe ini mirip dengan prinsip PLTA yang menggunakan kolam pengatur. Tetapi PLTA ini dibuatkan sebuah waduk yang dapat menampung air dalam jumlah besar, sehingga kapasitas pembangkitan energi listrik PLTA juga menjadi lebih besar lagi. Waduk ini biasanya berbentuk hampir seperti danau

buatan, atau dapat dibuat dari danau asli sebagai penampung air hujan sebagai cadangan untuk musim kemarau.

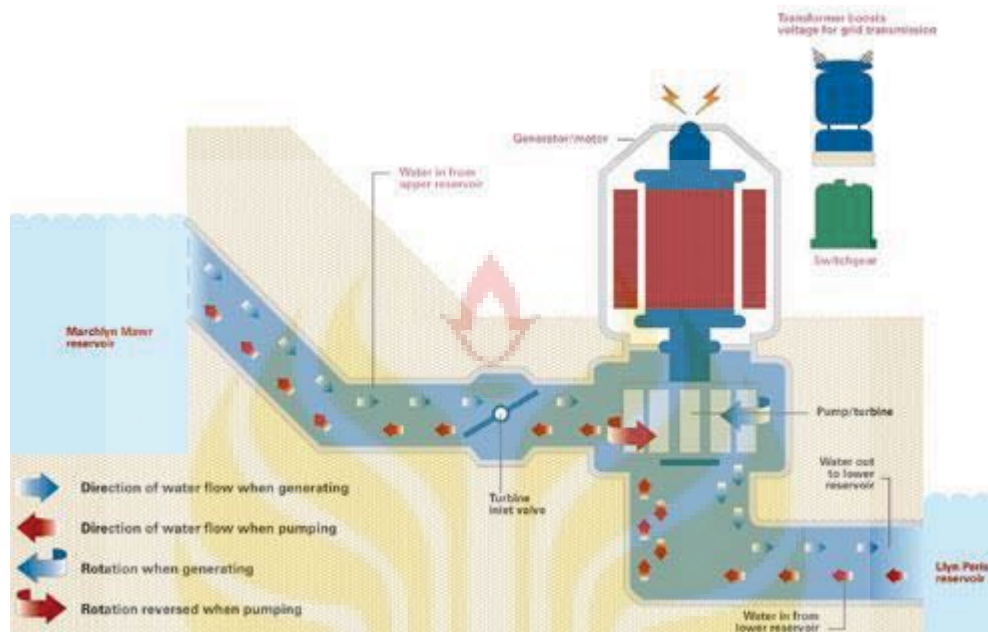


Gambar 2.8 PLTA dengan waduk (reservoir)

#### 2.2.1.4 Jenis di pompa (*pumped storage*)

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 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 karena pada saat malam hari, semua orang serempak menggunakan listrik sehingga beban melonjak secara seketika, sedangkan siang hari hanya sedikit orang yang menggunakan listrik. Pembangkit ini bertujuan untuk menyimpan energi listrik sisa yang dibangkitkan. Sisa listrik

yang dibangkitkan oleh PLTU lainnya digunakan untuk memompa air dan digunakan saat beban puncak di malam hari.



Gambar 2.9 PLTA pump storage

## 2.2.2 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 tenaga listrik dari pusat listriknya sendiri dan pusat listrik lainnya di bagian hilir. Waduk ini memungkinkan pengaturan aliran sungai secara musiman dan dapat dibedakan dengan kolam pengatur dari perbandingan pengaturan tahunan (*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 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 berikut ini:

$$Q = (Q_2 - Q_1) \times t \times 3600(m^3) \quad \dots \text{pers. 2.10}$$

di mana  $Q_1 = \text{debit turbin per hari } (m^3/s)$

$Q_2 = \text{debit turbin pada saat beban puncak } (m^3/s)$

$t = \text{lamanya beban puncak}$

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

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

### 2.2.3 Bangunan sentral

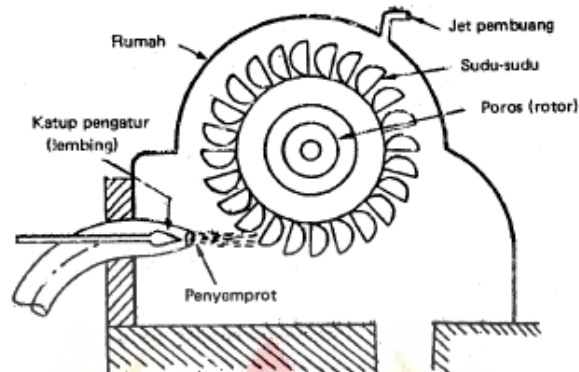
Bangunan sentral (*power house*) adalah nama umum bagi fasilitas pada PLTA. Di dalamnya terdapat fasilitas-fasilitas atau bagian-bagian PLTA seperti turbin air, generator, ruang kontrol, ruang tegangan tinggi, ruang bengkel dan sebagainya. Rumah pembangkit sangat penting sekali karena semua kegiatan pembangkit terpusat disini.

#### 2.2.4 Turbin air

Turbin atau kincir adalah komponen utama dalam proses pembangkitan tenaga listrik, turbin berfungsi sebagai pemutar generator.

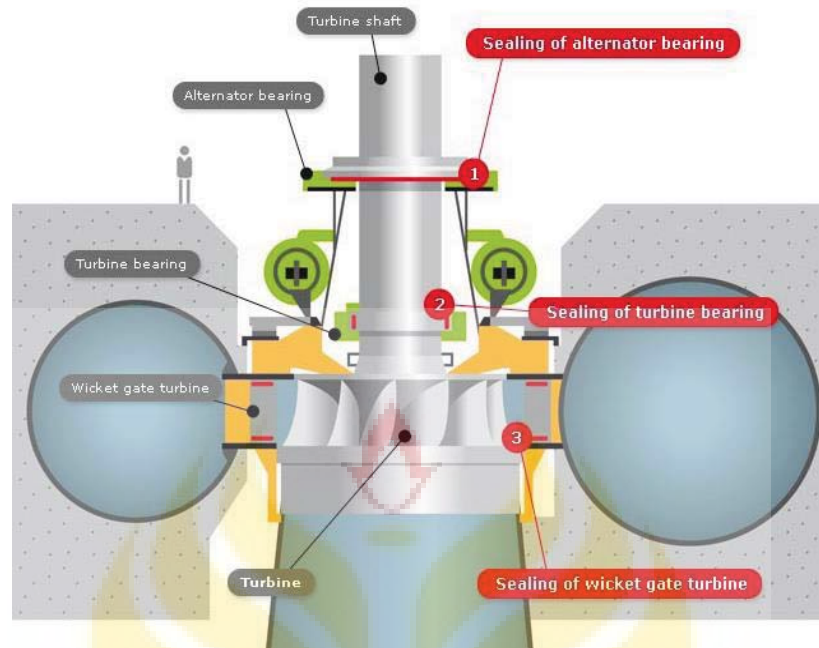
Macam-macam turbin air yang dikenal adalah sebagai berikut:

1. Turbin *impuls*; Turbin ini dibuat sedemikian sehingga rotor (*runner*) bekerja karena aliran air. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada *nozle*. Air keluar dari *nozle* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impuls*). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin *impuls* adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari *nozle* tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Beberapa jenis yang termasuk jenis turbin *impuls* yaitu:
  - a. Turbin *Pelton*, untuk pembangkit skala besar membutuhkan *head* lebih kurang 150 meter tetapi untuk skala *mikro*, *head* 20 meter sudah mencukupi.
  - b. Turbin *Turgo*, dapat beroperasi pada *head* 30 s/d 300 m. Seperti turbin *Pelton*, turbin *Turgo* merupakan turbin *impuls*, tetapi sudunya berbeda.
  - c. Turbin *crossflow*, salah satu jenis turbin *impuls* ini juga dikenal dengan nama Turbin *Michell-Banki* yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut Turbin *Osberger* yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin *crossflow*. Turbin *crossflow* dapat dioperasikan pada debit 20 liter/detik hingga 10 m<sup>3</sup>/detik dan *head* antara 1 s/d 200 m.



Gambar 2.10 Turbin Impuls

2. Turbin reaksi, Turbin jenis ini dibuat sedemikian sehingga rotor bekerja karena aliran air dengan tinggi terjun 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 air mengalir ke rotor dengan arah radial dan keluar dengan arah aksial; perubahan arah terjadi sambil melewati rotor.



Gambar 2.11 Turbin Francis

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

### 2.2.5 Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat merubah 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 kutup magnet, Adanya kawat penghantar listrik tempat terbentuknya Gaya Gerak Listrik (GGL), Adanya gerak relative antara fluks magnet dengan kawat penghantar tersebut.

Generator yang bergerak adalah kumparannya sedangkan yang tetap adalah magnet. Arah ggl induksi medan dan gerak dapat dilihat dengan kaidah tangan

kanan. Apabila ibu jari diarahkan ke arah gerakannya maka jari telunjuk ke arah medan dan jari tengah menunjukkan arah Gaya Gerak Listrik (GGL).

#### 2.2.5.1 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 berdaya kecil atau mesin-mesin berputaran tinggi, sedangkan golongan poros tegak sesuai untuk mesin-mesin berdaya besar atau mesin-mesin 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 udara saluran terbuka, udara dihisap langsung dari suatu bangunan ke dalam tudung generator, lalu dibuang ke luar bangunan itu melalui saluran udara itu. Dalam hal pendinginan udara saluran tertutup, udara dihisap ke dalam dan dikeluarkan lagi dari suatu bangunan melalui saluran-saluran tersendiri. Mesin-mesin berdaya besar biasanya dilengkapi dengan tudung dengan sistem peredaran udara tertutup, di mana udara di dalam mesin diedarkan melalui suatu pendingin udara. Meskipun sistem pendinginan dengan zat air (*hydrogen*) juga dikenal, tetapi sistem ini tidak diterapkan pada generator yang diputar oleh turbin air karena dianggap tidak ekonomis.

### 2.2.5.2 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  $\eta_t$  dan  $\eta_G$  maka :

$$\text{Daya Teoritis} = 9,8 QH \text{ (kW)} \quad \dots \text{pers. 2.11}$$

$$\text{Daya Turbin} = 9,8 \eta_t QH \text{ (kW)} \quad \dots \text{pers. 2.12}$$

$$\text{Daya Generator} = 9,8 \eta_t \eta_G QH \text{ (kW)} \quad \dots \text{pers. 2.13}$$

Daya generator umumnya disebut output dari PLTA.

## 2.3 Hipotesis

Hipotesis adalah suatu jawaban yang sifatnya sementara terhadap permasalahan sampai terbukti melalui data terkumpul (Suharsimi Arikunto, 2010:110). Berdasarkan teori diatas, maka diajukan hipotesis sebagai berikut :

### Hipotesis 1

1. Hipotesis kerja ( $H_a$ ): ketidakstabilan debit air berpengaruh terhadap produktifitas energi listrik.
2. Hipotesis nol ( $H_o$ ): ketidakstabilan debit air tidak berpengaruh terhadap produktifitas energi listrik.

### Hipotesis 2

1. Hipotesis kerja ( $H_a$ ): ketidakstabilan curah hujan berpengaruh terhadap produktifitas energi listrik.
2. Hipotesis nol ( $H_o$ ): ketidakstabilan curah hujan tidak berpengaruh terhadap produktifitas energi listrik.

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

1. Debit air berpengaruh terhadap produktivitas energi listrik yang dapat dihasilkan PLTA Pejengkolan, semakin besar debit air maka semakin besar pula energi listrik yang dapat di hasilkan.
2. Curah hujan tidak berpengaruh secara langsung terhadap produktivitas energi listrik yang dihasilkan PLTA Pejengkolan, Curah hujan yang tinggi tidak mesti meningkatkan produktifitas energi listrik pada PLTA Pejengkolan.
3. Berdasarkan data penelitian pada PLTA Pejengkolan diperoleh data rata-rata debit air sebesar 8,1475 m<sup>3</sup>/detik yang dapat menghasilkan energi listrik rata-rata sebesar 21,3781 KWh selama tahun 2014.
4. Produktifitas dapat dijelaskan dari dua variable debit air dan curah hujan sebesar 38% dengan factor pengganggu atau error sebesar 0,80, sedangkan 62% dipengaruhi oleh variable lain di luar penelitian ini seperti Gangguan pada Jaringan, Gangguan pada Pembangkit, Efisiensi Pembangkit dan Kebutuhan Beban.

#### 5.2 Saran

Saran-saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut :

1. Dengan pengetahuan adanya pengaruh debit air dan curah hujan terhadap produktivitas listrik maka perlu diketahui besarnya debit air perhari selama satu tahun sehingga akan dapat diketahui besarnya energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTA.
2. Curah hujan tidak berpengaruh secara langsung terhadap energi listrik PLTA, namun curah hujan yang besar dapat berpengaruh terhadap debit air yang berkaitan dengan fungsi waduk sebagai salah satu PLTA.
3. Pengoperasian PLTA yang manual menyebabkan banyak debit air yang terbuang melalui saluran limpasan. Penulis menyarankan adanya suatu alat otomatisasi untuk pengaturan kapasitas debit air sesuai dengan kondisi bendungan, sehingga proses produktivitas akan lebih maksimal lagi, debit air yang tersedia tidak terbuang sia-sia melalui saluran limpahan dan akan di maksimalkan melalui turbin air pada PLTA.
4. Bagi penelitian selanjutnya diharapkan bisa menganalisis pengaruh variable diluar penelitian ini seperti Gangguan pada Jaringan, Gangguan pada Pembangkit, Efisiensi Pembangkit dan Kebutuhan Beban terhadap Produktivitas Energi Listrik Pada PLTA Pejengkolan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Artono dan Susumu Kuwahara. 1991. *Teknik Tenaga Listrik*.
- Ghozali, Imam. 2011. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS19*. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hadi, Sutrisno. 2004. *Bimbingan Menulis Skripsi & Thesis*. Yogyakarta Jilid 1: Penerbit Andi.
- Marte, Mochamad. 2010. *Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) Menggunakan Turbin Francis di Bendungan Banjir Kanal Barat Semarang*. Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- Perusahaan Listrik Negara. 2013. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2013-2022. Jakarta.
- Rompas, Parabelem T.D. 2011. Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow Di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Penelitian Saintek*. 16 (2).
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- \_\_\_\_\_. 2015. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Wibowo, Mungin E. 2010. *Panduan Penulisan Karya Ilmiah*. Universitas Negeri Semarang.

