

**STUDI MENGATASI BEBAN PUNCAK
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DENGAN
MENGUNAKAN POMPA AIR**



TUGAS AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Mengikuti Ujian Sarjana Teknik Elektro**

Oleh :

ARDIANSYAH
NIM. 98 812 000 2



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2005**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 24/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)24/7/24

STUDI MENGATASI BEBAN PUNCAK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DENGAN MENGUNAKAN POMPA AIR

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Mengikuti Ujian Sarjana Teknik Elektro

Oleh :

ARDIANSYAH
NIM. 98 812 000 2

Disetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

(Ir. Yance Syarif)

(Ir. H. Usman Harahap)

Mengetahui :



(Drs. Dadan Ramdan, Meng. MSc)



(Ir. Yance Syarif)

Tanggal Lulus : 5 Januari 2005

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 24/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)24/7/24

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan petunjukNya sehingga Penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tugas Akhir ini, serta Selawat dan salam pada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang safaaatnya sangat kita harapkan dikemudian hari.

Tugas akhir ini disusun memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program Strata-I pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.

Adapun judul tugas akhir ini adalah :

“STUDI MENGATASI BEBAN PUNCAK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DENGAN MENGGUNAKAN POMPA AIR”

Dalam Penulisan tugas akhir ini, Penulis banyak mendapatkan bantuan dan masukan yang sangat berharga, maka dalam kesempatan yang berharga ini Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ayahnda dan Ibunda yang tercinta, yang telah banyak memberikan bantuan moril maupun materil yang sangat Penulis butuhkan dalam penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Zulkarnain Lubis, MS. selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Drs. Dadan Ramdan M,eng, M,sc , selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Yance Syarif, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. Yance Syarif, selaku Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Bapak Ir.H. Usman Harahap, selaku Pembimbing II yang telah membimbing Penulis selama penulisan tugas akhir ini.
7. Seluruh Staf Pengajar dan Karyawan Biro Administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area, yang telah menuntun Penulis selama masa perkuliahan.
8. Kakanda Eka Oktaria, Amd dan Adinda Firdaus, Dina Gusdara Nova, Noviarti, yang selalu memberikan motivasi kepada Penulis.
9. Rekan-rekan Mahasiswa khususnya angkatan '98 yang telah banyak memberikan dukungan kepada Penulis dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga amal yang baik yang telah diberikan untuk tugas akhir ini mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dengan segala rendah hati Penulis mengharapkan saran dan masukan yang sangat berarti akan kesempurnaan tugas akhir ini.

Medan, 05 Januari 2005

Wassalam
Penulis

Ardiansyah
98.812.0002

RINGKASAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang harus dipenuhi dalam kehidupan sehari-hari, hal ini seiring dengan kemajuan yang menuntut kontinuitas penyediaan energi listrik.

Pengoperasian suatu pusat pembangkit listrik antara lain untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dengan tingkat keandalan yang baik dalam penyaluran dari suatu sumber pembangkit hingga kepada konsumen.

Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan menggunakan pompa air dalam hal ini merupakan suatu energi yang dapat dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan listrik mengingat penyediaan energi listrik bagi masyarakat semakin meningkat. Pengolahan sumber daya energi ini secara tepat kiranya akan memberikan dorongan yang kuat bagi pertumbuhan ekonomi. Maka energi listrik perlu dikembangkan dalam peningkatan kesejahteraan masyarakat. Oleh sebab itu pemakaian energi listrik suatu negara sering dianggap sebagai salah satu tolak ukur kemajuan dari rakyat.

ABSTRACT

Energi Elektrik merupakan salah satu kebutuhan yang harus dipenuhi dalam kehidupan sehari-hari, hal ini sejalan dengan kemajuan teknologi yang menuntut energi listrik.

Operasi sebuah pembangkit tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dengan tingkat keandalan yang tinggi dalam saluran transmisi dari sumber tenaga listrik ke konsumen.

Pembangkit tenaga listrik tenaga air dengan menggunakan pompa air dalam hal ini merupakan energi yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat yang semakin meningkat. Sumber energi listrik yang tepat dan efisien akan memberikan motivasi yang kuat untuk pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu, energi listrik harus dikembangkan sebagai salah satu indikator kemajuan masyarakat. Dengan demikian, penggunaan energi listrik di suatu negara sering kali dianggap sebagai salah satu indikator kemajuan masyarakat.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
RINGKASAN	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Tujuan Penulisan.....	2
I.3. Batasan Masalah	2
I.4. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR	4
II.1. Umum	4
II.2. Potensi Air	5
II.3. Perkembangan Pusat Tenaga Listrik Dewasa.....	6
II.4. Daya Yang Dihasilkan Oleh Pusat Listrik Tenaga Air	8
II.4.1.Macam Daya Yang Dihasilkan	8
II.4.2.Perhitungan Daya.....	9
II.4.3.Perhitungan Tenaga Yang Dibangkitkan.....	11

II.5. Waduk Dan Kolam Pengatur	11
II.5.1.Waduk	11
II.5.2.Kolam Pengatur	13
II.6. Keuntungan-Keuntungan Dari Pembangkit Listrik Tenaga Air	15
BAB III PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR.....	16
III.1. Pemilihan Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	16
III.2. Pemilihan Lokasi Dari Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	18
III.3. Pemetaan dan Pengukuran Pembuatan Waduk.....	19
III.4. Penggunaan Pipa Pada Pembangkit Listrik Pompa Air.....	20
III.4.1.Pipa Pesat.....	21
III.4.2. Diameter Ekonomis Batang Pipa	22
III.5. Pemilihan Turbin Air.....	23
III.6. Perhitungan Daya Guna Turbin.....	28
III.6.1. Perhitungan Daya Guna Turbin.....	28
III.6.2. Debit Air	30
III.7. Kecepatan Spesifik	31

**BAB IV SISTEM TENAGA PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA POMPA AIR DALAM MENGATASI BEBAN
PUNCAK..... 33**

IV.1. Pembangkit Listrik Tenaga Pompa Air Dalam
Mengatasi Beban Puncak 33

IV.1.1. Beban Dasar 34

IV.1.2. Beban Puncak 34

IV.2. Turbin-Turbin 36

IV.2.1. Penggolongan Berdasarkan Tenaga 36

IV.2.2. Penggolongan Berdasarkan Kecepatan 37

IV.3. Turbin-turbin 38

IV.3.1. Penggolongan Berdasarkan Tenaga 36

IV.3.2. Penggolongan Berdasarkan Kecepatan 37

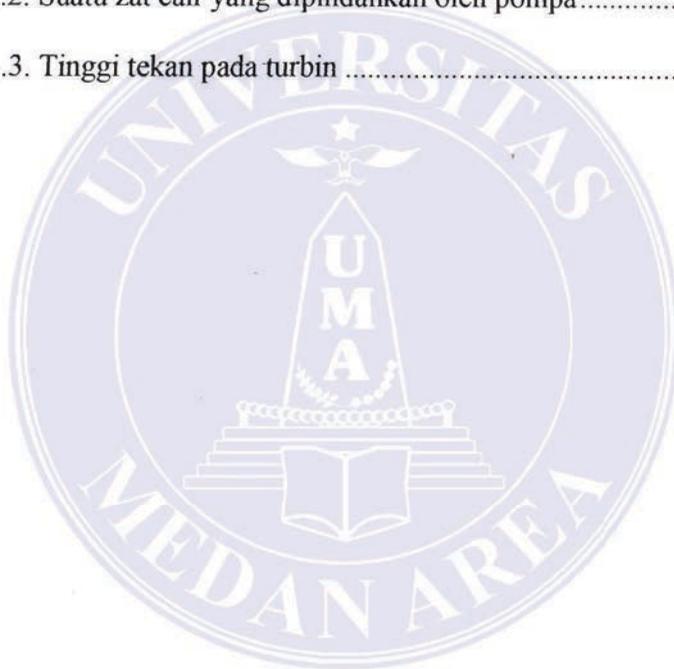
IV.3.3. Penggolongan Berdasarkan Kecepatan Tertentu 37

IV.4. Karakteristik Turbin Air.....	40
IV.4.1. Perubahan Debit dan efisiensi dengan Perubahan Kecepatan.....	40
IV.4.2. Perubahan Debit, Efisiensi dan Daya dengan Perubahan Tinggi Jatuh.....	40
IV.5. Efisiensi Dari Pembangkit Listrik Tenaga Pompa.....	41
IV.6. Daya Pompa.....	42
IV.7. Perhitungan Tenaga Yang Dihasilkan Turbin	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Sistem pemompaan air waduk atas dan waduk bawah.....	20
Gambar 3.2. Batang pipa untuk tekanan tinggi.....	21
Gambar 3.3. Konstruksi Turbin Pelton	24
Gambar 3.4. Instalasi turbin Francis	25
Gambar 3.5. Turbin Kaplan	27
Gambar 4.1. Dua cara memenuhi beban dasar dan beban puncak.....	35
Gambar 4.2. Suatu zat cair yang dipindahkan oleh pompa.....	43
Gambar 4.3. Tinggi tekan pada turbin	45



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebelum manusia mengenal listrik, penerangan yang dikenal waktu itu adalah penerangan dengan menggunakan lilin (candle) ataupun dengan menggunakan bambu (obor).

Tenaga listrik merupakan suatu unsur penunjang yang sangat penting pengembangan secara menyeluruh bagi suatu bangsa di dunia. Sehubungan dengan adanya persediaan-persediaan minyak, batu bara yang terbatas yang digunakan sebagai bahan dasar suatu pembangkit dan adanya permintaan terhadap tenaga listrik sedang mengalami peningkatan, maka untuk itu kita dapat memanfaatkan aliran sungai sebagai pembangkit listrik.

Pada pembangkit listrik tenaga air, air dikumpulkan di dalam sebuah waduk yang tinggi yang dapat dipergunakan atau air yang sangat banyak dapat disimpan dengan membangun suatu bendungan.

Air yang disimpan di dalam ketinggian yang lebih tinggi ini dipergunakan untuk menggerakkan turbin air melalui pipa pesat (penstock) sehingga dapat membangkitkan tenaga listrik. Karena itu persediaan air yang terus menerus merupakan suatu kepentingan yang mutlak untuk dapat membangkitkan suatu tenaga listrik yang dibutuhkan dari suatu pembangkit listrik tenaga air.

1.2. Tujuan Penulisan

Pada penulisan ini, penulis mengambil judul “**STUDI MENGATASI BEBAN PUNCAK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DENGAN MENGGUNAKAN POMPA AIR**”.

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah :

1. Untuk mengetahui bagaimana beban puncak itu terjadi.
2. Untuk mengetahui pemilihan turbin yang baik untuk dipakai.
3. Untuk mengetahui berapa debit air yang digunakan untuk membuat turbin berputar secara normal.
4. Untuk mengetahui berapa kapasitas waduk dalam menampung air pada musim hujan atau tanpa musim kemarau.

1.3. Pembatasan Masalah

Diketahui bahwa pembangkit listrik tenaga air terdiri dari beberapa jenis pusat listrik tersebut air. Pada penulisan ini, penulis tidak membahas secara umum mengenai jenis-jenis dari pembangkit listrik tenaga air tersebut, tetapi penulis membatasi pada pembangkit listrik jenis dipompa. Dimana tenaga pompa ini memompakan air yang berada di bawah ke waduk atas. Serta kapan terjadinya beban puncak tersebut.

1.4. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini dilakukan dengan membaca dan mengutip teori-teori dan konsep maupun hasil penelitian dari buku-buku serta literatur lainnya yang relevan dengan pokok masalah yang dibahas.

Pokok masalah yang dibahas dari Bab 1 sampai Bab 5 yaitu :

Bab 1 Pendahuluan

Pada Bab ini membahas tentang Latar Belakang, Tujuan Penulisan dan Pembatasan Masalah.

Bab 2 Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pada bagian ini menjelaskan Teori-Teori Dasar, Pengertian, serta Pengenalan Yang Mendukung Terhadap Materi yang akan dibahas pada tugas akhir ini.

Bab 3 Perencanaan PLTA

Pada Bab ini membahas mengenai beberapa hal antara lain Pemilihan Waduk, Jumlah Waduk, Jumlah Debit Air serta Perhitungan Daya Guna Turbin

Bab 4 Sistem Tenaga Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pompa Air Dalam Mengatasi Beban Puncak

Pada Bab ini membahas tentang perhitungan efisiensi dan tenaga yang dihasilkan oleh turbin.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Pada Bab ini membahas tentang kesimpulan dari seluruh Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan menggunakan Pompa Air.

BAB II

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR

2.1. Umum

Tenaga merupakan suatu unsur penunjang yang sangat penting bagi pengembangan secara menyeluruh suatu bangsa. Pemanfaatannya secara tepat guna akan merupakan suatu alat yang ampuh untuk merangsang pertumbuhan perekonomian negara. Berdasarkan alasan tersebut, dapat dimengerti apabila pada akhir-akhir ini permintaan akan pembangkit tenaga semakin meningkat di negara-negara seluruh dunia.

Secara garis besar dapat dikatakan bahwa, ditinjau dari segi kebutuhan tenaga hampir dapat dipastikan semua negara di dunia benar-benar sedang mengalami “krisis energi” dan berbagai kesibukan dilakukan untuk menjejak pemanfaatan berbagai alternatif pembangkit energi untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat. Jika digsssunakan perkiraan berdasarkan standar yang berlaku di Amerika Serikat, penggunaan energi di seluruh dunia ini pada tahun ini akan menjadi empat (4) kali dari kebutuhan pada tahun 1970.

Kekaguman manusia terhadap semua gejala alam telah menimbulkan daya tarik untuk memanfaatkannya bagi kesejahteraan kehidupannya. Pasang surut lautan, panas matahari, energi angin, semua dianggap memang diciptakan guna memenuhi kebutuhan mereka akan sumber energi untuk mencapai kesejahteraan

2.2. Potensi Tenaga Air

Pembangkitan tenaga air tergantung pada kondisi geografis, keadaan curah hujan dan areal (penampungan) aliran. Jadi, pembangunan pembangkit tenaga air dapat dilaksanakan di banyak daerah dengan skala kapasitas yang bermacam-macam. Di seluruh dunia air merupakan sumber utama dari tenaga apabila kita tidak mendapatkan air maka akan membuat tubuh kita kekurangan air di dalam tubuh kita (dehidrasi).

Untuk mengembangkan sumber-sumber tenaga air secara wajar, perlu diketahui secara jelas seluruh potensi sumber tenaganya. Jumlah potensi tenaga air di permukaan tanah disebut potensi tenaga air teoritis, sumber-sumber yang dapat dikembangkan ditinjau dari segi teknis disebut dengan potensi tenaga air teknis, sedangkan sumber-sumber yang dapat dikembangkan secara ekonomis disebut potensi tenaga air ekonomis.

Pada umumnya potensi tenaga air ekonomislah yang dianggap sebagai potensi tenaga air. Namun dengan kemajuan di bidang teknologi dan perubahan konsep tentang ekonomi potensi tenaga air, maka kategori potensi tenaga air ekonomis dan potensi tenaga air teknis diperluas hingga meliputi potensi tenaga air teoritis, dan tidak ada perbedaan yang tegas di antara ketiganya. Perbandingan antara potensi tenaga air teknis dan ekonomis terhadap potensi tenaga air teoritis diperkirakan, berturut-turut adalah 34 – 40 % dan 20 – 30 %, berubah-ubah tergantung pada tingkatan teknik dan ekonomi setempat. Potensi tenaga air ekonomis dari sebagian besar negara-negara di dunia diperlihatkan dalam tabel 1.

Tabel 1.
Potensi Ekonomis Tenaga Air untuk Listrik di beberapa Negara di Dunia

Negara	Potensi Ekonomis Tenaga Air
Amerika Serikat (Termasuk Alaska)	648
Kanada	218
Jepang	130
Norwegia	105
Swedia	85
Perancis	76
Italia	60
Austria	43
Swiss	33
Jerman Barat	25

Dengan kemajuan-kemajuan yang telah dicapai oleh pusat-pusat listrik tenaga termis dan nuklir dengan kapasitas yang besar akhir-akhir ini, diharapkan akan timbul kelebihan tenaga listrik pada waktu tengah malam pada waktu yang akan datang. Surplus tenaga air, karenanya dapat dimanfaatkan untuk memompa air ke atas kembali ke dalam kolam penampungan, untuk digunakan keesokan harinya. Karena itu perlu diselidiki penerapannya lebih lanjut, juga dengan memakai air laut dan dalam hubungan dengan pengembangannya secara serba guna, sehingga dengan demikian potensi tenaga air ekonomis dapat dipastikan akan menjadi lebih besar.

2.3. Perkembangan Pusat Listrik Tenaga Air Dewasa ini

Pembangkitan tenaga air akhir-akhir ini menunjukkan ciri-ciri pengembangannya secara besar-besaran, konstruksi dam (bendungan tempat penampungan air untuk membangkitkan tenaga listrik) yang tinggi, kapasitas unit yang semakin besar dan penggunaan teknologi terbaru. Juga terlihat peningkatan

kecenderungan dalam pembangunan pembangkitan tenaga yang digabungkan dengan keperluan irigasi atau pengendalian banjir (proyek serba guna).

Beberapa tahun yang lalu hampir semua bendungan konvensional adalah dari jenis lain telah digunakan, seperti bendungan busur dan bendungan urugan batu, yang disesuaikan dengan topografi dan geologi setempat dan menghasilkan biaya konstruksi yang rendah.

Dewasa ini makin banyak terlihat penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Air yang airnya dipompa ke atas waktu bebannya rendah (pumped storage) atau dalam arti bahwa kapasitas air yang ada dalam bendungan atau waduk atas mulai berkurang dalam menggerakkan turbin untuk membangkitkan tenaga listrik agar berjalan dengan normal seperti sediakala.

Sistem ini sangat menguntungkan untuk memenuhi kebutuhan sistem tenaga listrik, beban dasar dan beban puncak dipenuhi masing-masing oleh pembangkit tenaga termis berkapasitas tinggi dan tenaga air. Dengan demikian maka kombinasi antara kedua sistem ini dapat dilakukan dengan stabil dan ekonomis. Tabel 2 menunjukkan contoh-contoh kombinasi yang terdapat di Negara Jepang. Perkembangan lain adalah pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di bawah tanah. Kadang-kadang sistem ini merupakan jalan keluar dalam pemilihan jenis-jenis pembangkit tenaga yang tepat dan ekonomis oleh karena beberapa macam keadaan misalnya keadaan geologi, topografi, cuaca dan lain-lain. Dalam hal ini Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dipompa ditempatkan di bawah tanah untuk menghindari timbulnya kavitasi.

Tabel 2.
Pusat Listrik Tenaga Air Dengan Kapasitas Besar

PLTA	Negara	Daya Terpasang (MW)	
		Keadaan Akhir	Keadaan Sekarang
Solteira Island	Brasil	3.200	-
Thon Day	Amerika Serikat	2.700	1.350
High Aswan	Mesir	2.400	2.400
Portage Mountain	Kanada	2.300	1.150
Iron Gate	Amerika Serikat	2.050	-
Grand Coulee	Amerika Serikat	1.974	1.974
Niagara	Amerika Serikat	1.950	1.950
Struktur. Laurence	Kanada	1.824	1.824
Guri	Venesuela	1.754	527
Dalles	Amerika Serikat	1.749	1.119

Dengan berkembangnya teknik pembuatan dan dengan demikian juga keandalan hasilnya, maka kapasitas tiap unitnya dapat ditingkatkan. Agar dapat dibangun pembangkit-pembangkit tenaga secara ekonomis, telah banyak direncanakan unit-unit yang besar (sampai 500-600 MW).

2.4. Daya Yang Dihasilkan Oleh Pusat Listrik Tenaga Air

2.4.1. Macam Daya Yang Dihasilkan

Pembangkitan tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga air tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang keluar secara teoritis.

Seperti diketahui banyak macam daya yang dihasilkan di beberapa negara yang telah maju seperti di Jepang daya yang dihasilkan dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Daya Maksimum yaitu daya yang dibangkitkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Air. Pada umumnya yang disebut out put dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah daya maksimum.
2. Daya Pasti (firm output) yaitu daya yang dibangkitkan selama 355 hari dalam setahun untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) jenis aliran sungai langsung dan 365 hari dalam setahun untuk Pembangkit Listrik Air untuk jenis waduk.
3. Daya puncak yaitu hasil yang dibangkitkan selama berjam-jam tertentu setiap hari (umumnya lebih dari 4 jam) yang meliputi 355 hari selama setahun.
4. Daya puncak khusus yaitu daya yang dihasilkan setiap hari tanpa pembatasan jam operasi dalam musim hujan, dikurangi dengan daya pasti.
5. Daya penyediaan (Supply Output), yaitu hasil yang dapat dibangkitkan dalam musim kemarau dengan mempergunakan simpanan air dalam waduk yang dikumpulkan selama musim hujan dikurangi dengan daya pasti.

2.4.2. Perhitungan Daya

Daya yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus seperti di bawah ini :

$$P = 9,8 H Q \text{ (kW)} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

P = Tenaga yang dikeluarkan secara teoritis

H = Tinggi jatuh air efektif (m)

Q = Debit air (m^3/S)

Sebagaimana dapat dipahami dari rumus di atas, daya yang dihasilkan adalah hasil kali dari tinggi jatuh dan debit air, oleh karena itu berhasilnya pembangkitan tenaga air tergantung dari usaha untuk mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar membutuhkan fasilitas dengan ukuran yang besar.

Oleh karena itu tinggi jatuh yang besar dengan sendirinya lebih murah. Di hulu sungai yang mana pada umumnya kemiringan dasar sungai lebih curam akan mudah diperoleh tinggi jatuh yang besar. Oleh karena itu bagian hulu sungai lebih ekonomis, sedangkan bagian hilirnya kurang ekonomis mengingat tinggi jatuh yang kecil dan debit yang besar tadi. Lagi pula di bagian hilir tersebut penduduknya padat, sehingga akan timbul masalah pemindahan penduduk dan karena itu dalam banyak hal tak dapat dihindari tumbuhnya biaya untuk konstruksi.

Akhir-akhir ini giat dilakukan pengembangan sungai secara serba guna dan serentak di daerah hulu sungai. Bangunan-bangunan air semacam itu pada umumnya dipergunakan untuk berbagai kepentingan misalnya untuk pengaturan banjir, perairan kota, industri, pengairan dan pembangkitan tenaga. Jika biaya pembangunannya dapat dipikul bersama oleh karena digunakan untuk banyak tujuan, maka mana mungkin untuk memanfaatkan sumber-sumber alam itu secara ekonomis, sebaliknya biaya tersebut akan menjadi mahal kalau dipergunakan hanya untuk satu tujuan saja, misalnya untuk tenaga listrik.

2.4.3. Perhitungan Tenaga Yang Dibangkitkan

Tenaga yang dihasilkan adalah tenaga listrik yang dibangkitkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Air. Untuk perencanaan, kemungkinan pembangkitan energi dalam setahun dihitung dan ini kemudian dikalikan dengan faktor ketersediaan antara 0,95 – 0,97 untuk mendapatkan tenaga pembangkitan tahunan. Dari harga ini dihitung biaya pembangunan dan biaya pembangkitan yang digunakan dalam perbandingan ekonomis dari berbagai rencana.

$$\eta_{TG} = \eta_T \cdot \eta_G \dots \dots \dots (2)$$

dimana :

η_T = efisiensi turbin

η_G = efisiensi generator

Sesudah efisiensi keseluruhan dihitung, dan atas dasar lengkung aliran, tenaga listrik yang mungkin dibangkitkan dihitung dari aliran air, tinggi terjun dan jumlah jam kerja, sesuai dengan aturan dan kebutuhan sistem tenaga listrik adanya pusat listrik disebelah hilir sangat menguntungkan, karena kenaikan tenaga listrik yang dibangkitkannya sangat dipengaruhi oleh perbaikan air, misalnya dengan menggunakan waduk atau kolam pengatur, pusat listrik dipompa dan sebagainya.

II.5. Waduk dan Kolam Pengatur

2.5.1. Waduk

Waduk menghimpun air waktu musim hujan atau selama jam beban berkurang untuk persediaan dan pemakaian air pada musim kemarau atau waktu beban puncak. Waduk ini 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 dan jumlah cadangan dan aliran masuk tahunan atau dari jumlah hari penyediaan air, yaitu hari-hari kerja dengan beban penuh.

Lengkung massa (mass curve) dari aliran alamiah dipakai untuk mempelajari skala dari waduk. Lengkung massa aliran air sungai untuk jangka waktu tertentu (setahun, bila dimaksudkan dalam pengaturan tahunan) dan lengkung massa debit turbin yang perlu untuk menghasilkan daya (output) pembangkit. Bila lengkung massa debit turbin digeser dari titik dimana kemiringan lengkung massa aliran sungai lebih kecil dari kemiringan lengkung massa debit turbin ke titik dimana kemiringan lengkung massa debit turbin sama atau lebih besar dari lengkung massa aliran sungai, maka perbedaan pada sumbu longitudinal dari kedua lengkung ini menyatakan kekurangan aliran air.

Jadi jumlah maksimum kekurangan air ini adalah kapasitas waduk yang dibutuhkan. Biasanya kapasitas waduk yang dibutuhkan dinyatakan oleh massa dari perbedaan antara jumlah aliran sungai harian dan aliran sungai rata-rata untuk waktu tertentu dan massa dari perbedaan antara aliran sungai yang direncanakan dan aliran rata-rata di atas. Sebenarnya, setelah garis besarnya dipelajari dari gambar semacam itu, muka air tertinggi (penuh), jumlah air yang dapat dipergunakan (draw down), debit turbin maksimum dan hal-hal lain dari rencana-rencana yang diproyeksikan dipilih untuk diteliti segi ekonomisnya. Kemudian, setelah biaya konstruksi dan tenaga yang akan dibangkitkan setahunnya diteliti segi ekonomis.

Dalam sistem tenaga listrik yang menggunakan tenaga air, pusat listrik jenis waduk memegang peranan dalam penyediaan air pada musin kemarau.

Dalam sistem tenaga listrik yang menggunakan tenaga termis, tugas pusat listrik

jenis waduk adalah untuk menyediakan daya (kW) secara stabil sepanjang tahun, yaitu guna penyediaan pada waktu pusat listrik tenaga termis tidak bekerja, guna penyediaan pada waktu beban puncak dan lain sebagainya.

2.5.2. Kolam Pengatur

Kepala permukaan air yang rendah dan bendungan lain yang memerlukan waduk pengimbang untuk melayani fluktuasi jangka pendek, pada umumnya dilengkapi dengan semacam penyimpan mikro dalam kolam dekat pembangkit tenaga. Jika proyek itu dialiri oleh sungai, bendungan utama yang letaknya diarah hulu berfungsi pula sebagai kolam yang diperlukan. Jika proyek itu untuk mengalihkan aliran air, kolam yang diperlukan itu harus dibuat pada ujung saluran dalam bentuk waduk berteluk. Dimanapun letak kolam itu, kapasitasnya harus ditentukan dengan mempetimbangkan pola aliran masuk dan aliran keluar sebagaimana halnya dengan waduk penyimpan air.

Sebenarnya, waduk penyimpan air menyediakan air untuk keperluan jangka panjang, sedangkan kolam melayani fluktuasi air dari jam ke jam sepanjang hari atau kadang-kadang saja, fluktuasi dari hari ke hari dalam siklus mingguan. Persediaan kolam menjamin cukupnya aliran yang memasuki turbin setiap hari, meskipun ada perubahan kondisi muatan maupun aliran.

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

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

Dimana

Q_1 = debit turbin per hari (m^3/S)

Q_2 = debit turbin pada saat beban puncak (m^3/S)

t = lamanya beban puncak

Penyebab daripada fluktuasi adalah sebagai berikut :

- a. Mungkin terjadi dengan tiba-tiba muatan yang meningkat atau menurun pada turbin, sehingga segera membutuhkan air yang lebih banyak atau kurangnya perubahan dalam kebutuhan air ini oleh pusat pembangkit tenaga dapat segera dipenuhi oleh persediaan yang tersimpan dalam kolam oleh keperluan itu. Dengan demikian kolam menyediakan air tambahan manakala diperlukan dan menahan kelebihan air bila tidak diperlukan.
- b. Muatan air atau kebutuhan akan air bisa tetap mantap, tetapi suplai air bisa berubah. Pada aliran yang alami, dengan pembangkit tenaga pada arah dari hulu jika pembangkit tenaga dipasok saluran pengangkut aliran, cabang-cabang dalam saluran dapat menimbulkan perubahan mendadak terhadap aliran yang memasuki kolam.
- c. Kebutuhan air oleh turbin dan aliran alami (suplai), terkadang dapat berubah.

Dalam hal-hal tertentu kolam juga melayani kebutuhan mingguan. Pada kebanyakan negara-negara maju, pada hari-hari libur akhir minggu kebutuhan tenaga listrik menurun. Dalam pada itu air dapat dimasukkan ke dalam kolam pengatur untuk digunakan pada hari-hari kerja selanjutnya.

Perhitungan mengenai kapasitas kolam pengatur untuk bermacam-macam kondisi aliran yang masuk bergaris sejajar dengan perhitungan mengenai

penyimpan air. jika sudah diketahui kebiasaan aliran yang masuk dari jam ke jam setiap harinya, dapatlah kita menghitung kebutuhan jam rata-rata dan selanjutnya dapat mengetahui jumlah komulatif dari rata-rata dalam tiap dua puluh empat jam. Angka inilah yang dibutuhkan oleh kolam untuk menyamai fluktuasi aliran setiap harinya. Keuntungan juga diperoleh dari air yang masuk pada hari yang kosong di akhir minggu, kolam dapat menampung air guna keperluan minggu berikutnya.

2.6. Keuntungan-Keuntungan Dari Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit listrik tenaga air mempunyai beberapa keuntungan antara lain:

1. Biaya pengoperasiannya dan biaya pemeliharaan sangat rendah bila dibandingkan dengan pembangkit lainnya.
2. Turbin pada pembangkit listrik tenaga air dapat dioperasikan atau dihentikan pengoperasiannya setiap saat.
3. Pembangkit listrik tenaga air dapat memberikan pelayanan secara menetap.
4. Pembangkit tenaga listrik tenaga air ini selain sebagai tenaga listrik juga berfungsi terhadap tujuan-tujuan lain seperti irigasi dan pengontrol banjir.
5. Pembangkit listrik tenaga air tidak mengalami masalah dalam pembuangan limbah.

BAB III

PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR

3.1. Pemilihan Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pada saat akan dibangun pembangkit listrik tenaga air, harus diperhatikan hal-hal dalam menentukan pilihan proyek pembangkit listrik tenaga air tersebut, yaitu :

- 1) Besarnya kapasitas tiap proyek harus ditentukan sedemikian rupa sehingga tenaga air yang ada dapat dimanfaatkan dengan efektif.
- 2) Penentuan proyek mana yang akan didahulukan pelaksanaannya harus dilakukan sesudah diadakan pertimbangan terhadap kebutuhan secara menyeluruh dan setempat serta lokasi yang ekonomis, karena lokasi penyediaan tenaga harus disesuaikan dengan lokasi kebutuhan. Dalam hubungan di atas, perlu diperhitungkan secara terperinci hal-hal berikut ini :
 - a. Keadaan aliran air
 - b. Keadaan geografis, geologis dan lain-lain
 - c. Hubungan antara penyediaan dan kebutuhan energi listrik
 - d. Biaya pembangunan
 - e. Keuntungan dari pembangkitan tenaga
 - f. Hubungannya dengan pengembangan sungai secara menyeluruh
 - g. Jangka waktu penyelesaian proyek

Lebih lanjut, sangat penting diperhatikan penentuan besarnya kapasitas pembangkit tenaga hal ini tergantung pada kecenderungan kebutuhan tenaga

dalam masa yang akan datang. Pembangkit-pembangkit tenaga dengan kapasitas yang sama mungkin berbeda biaya konstruksinya, tergantung dari beberapa keadaan, misalnya letak geografis, keadaan geologis dan lain-lain.

Dengan pertimbangan seperti tersebut diatas, hal-hal berikut seyogyanya sejauh mungkin dipenuhi guna memperoleh biaya pembangunan serendah mungkin :

- 1) Tinggi energi yang mudah diperoleh. Jumlah air yang berlimpah-limpah dan keadaan aliran yang bagus.
- 2) Letak geografis dan geologis yang baik untuk bendungan, gedung sentral dan konstruksi lainnya.
- 3) Material untuk beton, bendungan dan lain-lain mudah diperoleh di sekitar proyek.
- 4) Letaknya baik untuk pengangkutan bahan-bahan bangunan dan alat-alat berat.
- 5) Biaya pembangunannya murah.
- 6) Masalah-masalah yang timbul akibat adanya proyek ini mudah dipecahkan.

Selanjutnya, apabila suatu pembangkit yang menggunakan waduk besar dibangun di sebelah hulu sungai, dimana sudah ada pembangkit tenaga di sebelah hilirnya, maka pembuatan waduk besar ini menjadi sangat menguntungkan karena akan menambah tenaga yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga yang telah ada. Bagi proyek yang dimaksudkan untuk pengembangan wilayah sungai serba guna, seperti untuk pengendalian banjir, irigasi dan menghasilkan tenaga listrik, maka penting sekali untuk dapat menentukan dengan tepat kapasitas pembangkit tenaga listrik, sehingga dengan demikian dapat diperoleh manfaat yang sebesar-besarnya bagi seluruh proyek.

Untuk menentukan jadwal dan jangka waktu pembangunan proyek tenaga air perlu dibuat perkiraan tentang ciri-ciri kebutuhan tenaga untuk jangka waktu yang cukup lama. Untuk itu perlu dipilih proyek yang paling ekonomis ditinjau dari biaya dari pengoperasiannya.

3.2. Pemilihan Lokasi Dari Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pemilihan lokasi dari suatu pembangkit listrik tenaga air sebagai berikut :

- 1) Kondisi geologis yang baik, tempat dimana pembangkit listrik tenaga air akan dibangun.
- 2) Pondasi dasar yang baik
Apabila tanah pondasinya lemah, maka akan dibutuhkan biaya yang amat besar untuk pekerjaan pondasi tersebut. Disamping itu keandalannya akan menurun mengingat kemungkinan adanya penurunan pondasi, perembesan air dan lain-lain.
- 3) Permukaan air yang rendah pada waktu terjadi banjir.
- 4) Tanah untuk gedung (perumahan pegawai, gedung tempat kerja, gudang dan lain-lain) dan gardu induk dapat diperoleh disekitar proyek pembangkit listrik tenaga air tersebut.
- 5) Waduk yang akan dibangun harus memiliki daerah tangkapan yang luas. Dengan luasnya tangkapan dari waduk ini memungkinkan kebutuhan akan listrik akan semakin besar disebabkan oleh air yang ada dalam waduk ini akan melimpah dan besar.
- 6) Kuantitas air yang mencukupi pada suatu tinggi jatuh yang sesuai harus tersedia.

7) Harus terdapat penyesuaian yang tepat untuk pembangunan simpan air.

3.3. Pemetaan Dan Pengukuran Pembuatan Waduk

3.3.1. Pemetaan Dan Pengukuran

Pekerjaan dan pengukuran akan mencakup daerah-daerah sebagai berikut :

- 1) Daerah pembuatan waduk yang akan tergenang air
- 2) Daerah-daerah yang diperkirakan akan menjadi tempat kedudukan pembuatan bendungan, maupun tempat-tempat yang diperkirakan akan menjadi tempat kedudukan bangunan pelengkap bendungan yang bersangkutan.

Pekerjaan dan pemetaan dengan pengukuran ini diperlukan untuk melakukan hal-hal sebagai berikut :

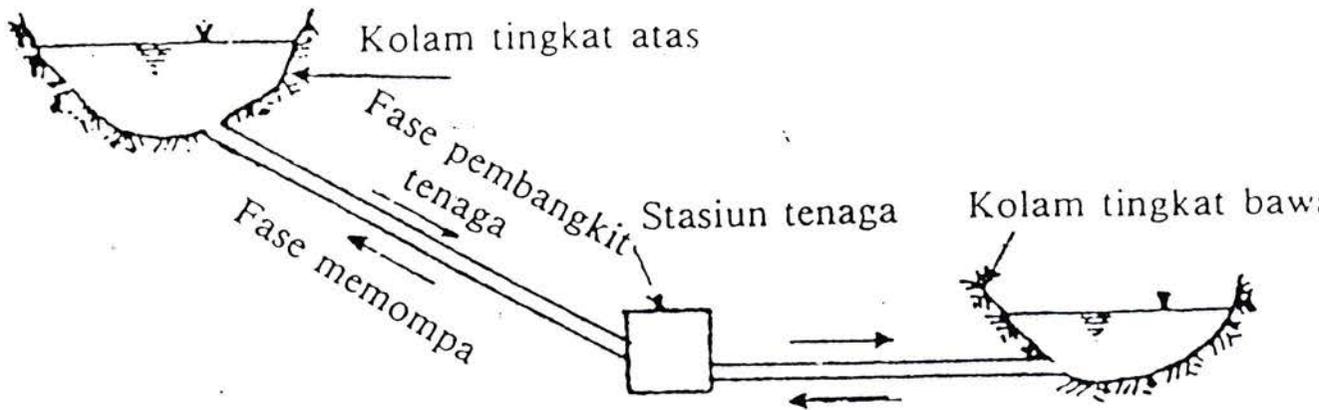
- 1) Memperhatikan volume waduk yang akan dibuat
- 2) Menentukan kedudukan bangunan serta bangunan-bangunan pelengkapnya

Skala peta disesuaikan dengan luasnya daerah genangan yaitu dengan ketentuan seperti yang tertera pada tabel 3.1 dan garis-garis interval tinggi 1 M, 2 M.

Tabel 3.1. Luas daerah genangan waduk dan skala peta yang lazim dipergunakan

Luas Daerah Genangan Waduk	Skala
Lebih dari dari 100 ha	1 : 2.000 ~ 1 : 5.000
Antara 50 ÷ 100 ha	1 : 1.000 ~ 1 : 2.000
Lebih kecil dari 50 ha	1 : 500 ~ 1 : 1.000

Pada waduk PLT pompa air dasar-dasar pengaturan terdiri dari dua kolam, satu pada lokasi kolam atas dan lainnya kolam bawah dengan menempatkan posisi rumah stasiun pembangkit ditengah-tengah, seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.1.



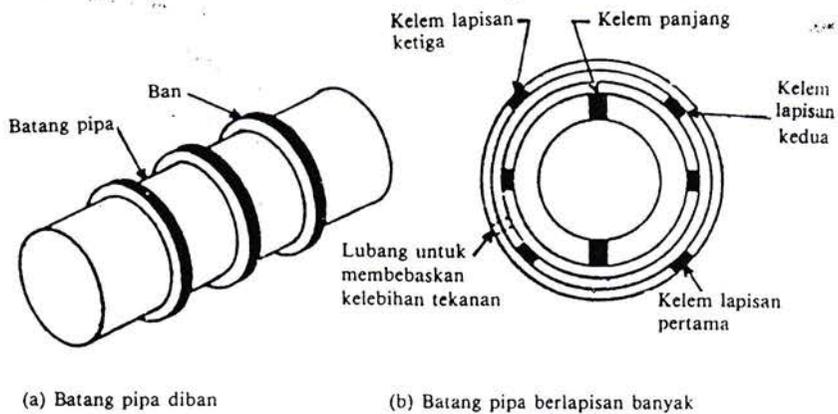
Gambar 3.1 . Sistem pemompaan air waduk atas dan waduk bawah

Air yang mengalir dari kolam dari lokasi yang lebih tinggi dari rumah tenaga listrik dan dari rumah tenaga listrik ke kolam yang rendah, dengan mengangkut air dari arah yang lain tergantung pada tingkatan pembangkit listrik atau tingkat pemompaan.

Cara kerja stasiun-stasiun pembangkit dapat dikenal sebagai tingkat menggerakkan turbin-turbin sebagai stasiun pembangkit listrik dan stasiun pemompaan ketika pompa dan motor ada dalam operasi.

3.4. Penggunaan Pipa Pada Pembangkit Listrik Pompa Air

Batang pipa membutuhkan kekuatan terhadap tekanan tinggi, biasanya dibuat dari pipa baja yang dilapis. Bila digunakan pipa baja lembaran, maka diperlukan kepalan yang cukup untuk menahan tekanan dari dalam. Pipa berlapis mempunyai ketebalan yang cukup untuk menahan tekanan yang tinggi. Cara ini menunjukkan pengaruh pertegangan dalam pipa seperti yang diharapkan, dimana pipa dapat bertahan dalam pengoperasian dengan tegangan yang tinggi. Pada dasarnya bentuk pipa yang digunakan seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Batang pipa untuk tekanan tinggi

3.4.1. Pipa Pesat

Pipa pesat adalah sebagai alat penghantar air dari waduk ke pembangkit. Kadang-kadang pipa pesat dapat diletakkan diatas tanah maupun dipendam dalam tanah. Umumnya dianjurkan pipa pesat di atas tanah, kecuali jika keadaan setempat sedemikian hingga pipa pesat terpendam menjadi lebih ekonomis. Hal-hal yang menguntungkan pipa pesat diatas tanah :

- 1) Ruangannya untuk konstruksi lebih leluasa
- 2) Lebih mudah untuk pemeliharaan dan reperasi
- 3) Lebih tahan lama
- 4) Biasanya pemasangan lebih murah

Keadaan yang baik untuk pipa pesat terpendam :

- 1) Pipa pesat melalui lereng-lereng pegunungan yang curam dengan pondasi dari tanah, hingga menyebabkan pembuatan anker blok & sockel sulit.
- 2) Pada lereng yang curam sering ada bahaya longsoran dari tanah atau batu, yang mungkin merusak pipa pesat, bila tak terpendam dalam tanah.

3.4.2. Diameter Ekonomis Batang Pipa

Menentukan ukuran pipa untuk melancarkan pelepasan air yang diperlukan. Ada dua variabel, yaitu diameter batang pipa D dan kecepatan aliran V yang berupa kebalikan dari proporsi D^2 . Jadi, ada berbagai kombinasi V dan D yang dapat memberikan pelepasan yang sama. Kita harus ingat pula bahwa kehilangan friksional dalam batang pipa dengan $h_f = \frac{f l}{12,1 D^5}$ juga tergantung pada diameter dan pada gilirannya menentukan efisiensi transmisi pada batang pipa. Jadi, makin besar diameter untuk pelepas, akan makin kecil kepalanya dan makin besar pembuatan kepala pada turbin, sehingga menghasilkan perkembangan tenaga yang lebih besar. Selain itu, batang pipa yang lebih besar akan mengurangi kecepatan aliran.

Metoda rumus empiris bisa digunakan untuk menentukan ukuran atau diameter batang pipa. Rumus empiris merupakan pemecahan bentuk praktis yang disederhanakan berdasarkan pengalaman. Mungkin yang tidak cocok dengan kondisi yang berada dari kesimpulan yang diperoleh. Dua rumus yang terkenal adalah USBR (United States Bureau of Reclamation) dan dari G. Sarkaria:

$$1) \text{ Rumus USBR } V = 0,125 \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (4)$$

dimana V = kecepatan optimum dalam m/s

dan H = Kepala yang berfungsi maksimum dalam m

2) Rumus Sarkaria :

$$D = 0,62 \frac{P^{0,35}}{H^{0,65}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana D = diameter batang pipa dalam m

P = hp yang dipindahkan melalui pipa

H = kepala maksimum pada ujunga batang pipa dalam m.

Sebagai tambahan, masih banyak lagi rumus yang tersedia.

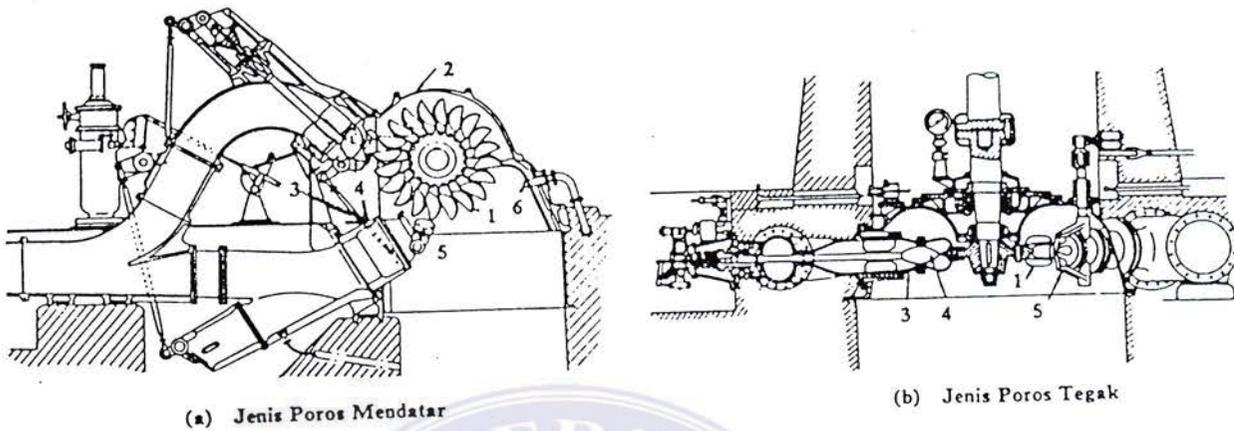
3.5. Pemilihan Turbin Air

Turbin air dipergunakan sebagai penggerak utama didalam pusat listrik tenaga air.

1) Turbin Pelton 1889 untuk jatuh yang tinggi, yaitu diatas 300 m

Konstruksi daripada turbin Pelton terdiri dari sebuah piringan lingkaran pada pinggir-pinggirnya. Sekarang jenis poros mendatar adalah yang paling banyak dipakai. Dahulu, jenis yang dipergunakan adalah jenis yang mendatar. Rotornya dilengkapi dengan ember yang dipasang di sekeliling piringannya. Ember-ember tersebut menerima semprotan air mula-mula dari nozzles, yang kemudian mengembalikan pancaran air ini setelah membaginya ke sebelah kiri dan kanan dengan bantuan impuls yang didapatnya pada piringan. Ada dua macam ember, yaitu yang terpasang dengan piringan dengan baut dan yang dicor menjadi satu dengan piringnya. Sebuah jarum dipasang di pusat mulut pancaran untuk mengatur jumlah aliran air, yaitu dengan menggerakannya maju dan mundur, dan untuk mengisi lubang keluar dari mulut pancaran ini digerakkan oleh pengatur kecepatan sesuai dengan perubahan beban.

Defector adalah alat untuk membelokkan pancaran air dan dipasang antara pancaran dan rotor. Bila beban tiba-tiba dibuang, defektor secara darurat menghalang-halangi pancaran air. kemudian, tempat keluar mulut pancaran dengan perlahan-lahan disumbat oleh jarumnya. Kenaikan kecepatan turbin air dan kenaikan tekanan pada pipa pesat dikendalikan oleh sebuah katub kecil.



(a) Jenis Poros Mendatar

(b) Jenis Poros Tegak

Gambar 3.3 Konstruksi Turbin Pelton

Keterangan gambar:

1 = Ember

4 = Jarum

2 = Rumah

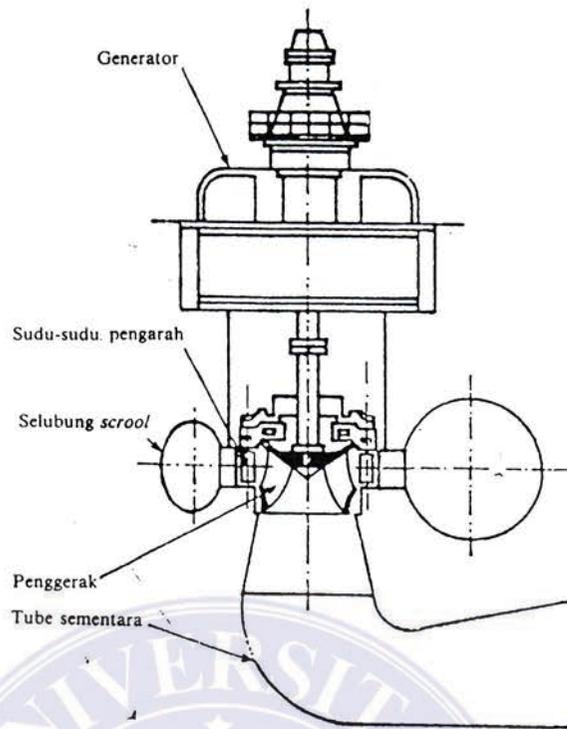
5 = Deflektor

3 = Mulut Pancaran

6 = Mulut Pengereman Pancaran

2) Turbin Francis 1849 untuk tinggi jatuh sedang, yaitu 60 m – 300 m.

Turbin francis bekerja dengan aliran air yang bertekanan. Jadi, untuk turbin-turbin francis itu selalu mengalir penuh dengan penggerak yang sama dengan selubung penuh air. penggerak dari turbin francis ini terdiri dari sebuah nomor dari pisau-pisau yang melengkung dilas benar-benar pada dua shroud. Deretan pisau-pisau bervariasi dari 12 sampai 22 tergantung kepada kecepatan-kecepatan spesifik. Pada semua yang terkumpul dari turbin Francis dinyatakan paada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Gambar dari instalasi turbin Francis

Air dari pisa pesat masuk ke dalam selubung spiral di bawah tekanan dan mengalir melalui pintu-pintu kecil masuk ke dalam penggerak, air melalui sebuah tube, yang terkenal sebagai tube sementara dan saluran buang. Tube sementara merupakan tipe busur dan hanya penting untuk reaksi turbin. Tujuan dari tube sementara adalah untuk mengetahui kecepatan tinggi aliran air, yang keluar dari penggerak juga untuk mengusahakan penggerak mempunyai tingkat aliran hilir tanpa mengorbankan tinggi air yang bersangkutan.

Pintu-pintu kecil diletakkan sepanjang bagian pinggir dari penggerak. Mereka diletakkan pada pivot-pivot dan dapat berputar sekeliling mereka. Perputaran dari pintu-pintu kecil adalah diatur secara kontrol dan perubahan ukuran dari pembukaan pintu pemasukan turbin melalui pintu dimana air dapat mengalir dan mengawasi kecepatan mengalir berlebihan.

Fungsi dari pintu-pintu kecil untuk melangsungkan air ke penggerak pada sudut yang dikehendaki. Selubung spiral juga terkenal sebagai selubung scroll membawa air dari batang pipa ke turbin.

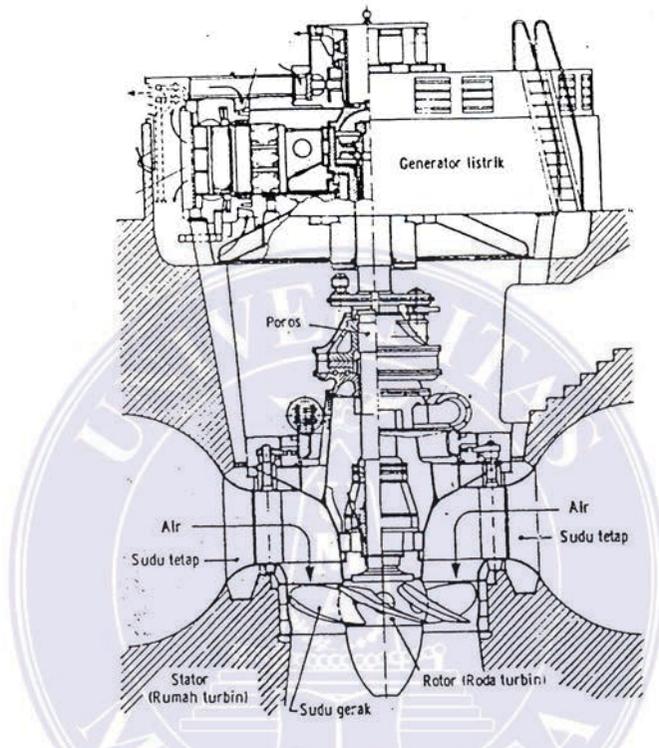
3) Turbin baling-baling dan kaplan 1913 untuk tinggi jatuh rendah.

Turbin baling-baling digolongkan menjadi dua menurut konstruksi bila rotornya, yaitu turbin baling-baling dengan bilah rotor tetap dan turbin kaplan dengan bilah sudu yang dapat digerakkan secara otomatis dan hidrolis. Sudu rotor pada turbin kaplan mempunyai konstruksi yang dapat digerakkan (menurut kordinatnya dan sumbunya) dan dapat berubah arah sudut bilahnya dengan tangan (secara manual) atau otomatis sesuai dengan pembukaan sudu antaranya. Bila rotor dibuka dan ditutup oleh tekanan minyak melalui katub pengontrol rotor dari alat-alat pengukur kecepatan. Hubungan antara pembukaan sudu antar dan sudu bilah rotor biasanya dipertahankan oleh alat penghubung dari pengatur kecepatan, agar turbin dapat bekerja dengan daya guna yang tinggi.

Peraturan yang umum untuk baling-baling dan turbin adalah kurang lebih sama dengan turbin francis. Jadi, selubung scroll, cincin stay dan tube sementara dalam keadaan similar seperti dalam selubung turbin francis dan menjalankan fungsi yang sama. Perbedaan yang besar adalah dimana turbin francis dicampurkan dengan turbin-turbin aliran.

Baling-baling dan kaplan merupakan turbin-turbin aliran aksial. Penggerak turbin ini bagaimanapun menyerupai sebuah ulir atau sebuah bailng-baling yang terdiri dari pusat pada periphery dimana baling-baling berbentuk lengkung dinaikkan. Jumlah payung untuk sebuah baling-baling turbin kaplan bervariasi

dari 3 ke 8 tergantung pada jangkauan (range) kecepatan spesifik. Baling-baling berbentuk sebuah badan berongga semikonikal permukaan luar dimana menjadi batas dari permukaan air. di dalam poros terdapat corong turbin. Dalam hal turbin-turbin kaplan, rumah-rumah poros penyelesaian mekanikal yang otomatis mengubah dayung tergantung pada beban.



Gambar 3.5. Turbin kaplan

Turbin kaplan dengan ciri-ciri dayung yang bergerak, disini kita harus menyebutkan keuntungan istimewa dari turbin kaplan. Sebab keuntungan dari dayung, turbin kaplan pemeliharaannya sangat tinggi, efisiennya bagi suatu daerah mempunyai beban efektif dari 50% ke bawah sampai 50% diatas beban yang diizinkan. Sebaliknya turbin baling-baling memperlihatkan kurva yang lemah dalam hal dimana efisiensi menunjukkan sebuah penurunan yang tiba-tiba untuk perubahan beban yang kecil karena itu jelas bahwa turbin baling-baling hanya

dapat dipergunakan untuk sebuah proyek yang kemantapan seperti itu, sehingga beban yang tidak berubah dapat diperkirakan. Pada hampir semua situasi yang lain, turbin kaplan akan menjadi pilihan yang otomatis.

Jadi untuk membangun sebuah pembangkit listrik tenaga air haruslah diperhatikan jenis turbin apa yang digunakan di dalamnya, apabila turbin yang digunakan salah ataupun keliru maka secara otomatis akan merugikan konsumen karena pada konsumen akan terjadi kekurangan arus listrik. Jadi dalam pemilihan jenis turbin ini haruslah selektif agar tidak merugikan pada konsumen.

3.6. Perhitungan Daya Guna Turbin

3.6.1. Perhitungan Daya Guna Turbin

Daya guna turbin di dapat dengan menggunakan rumus berikut :

$$\eta = \frac{P}{9,8 Q H} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

η = daya guna turbin (%)

P = daya turbin (kW)

Q = debit air (m³/s)

H = tinggi terjun efektif (m)

Untuk mendapatkan daya guna turbin secara langsung dengan menggunakan cara termodinamika dengan mengukur perubahan suhu air yang disebabkan karena hilang tenaga hidrolis dalam turbin.

Untuk jenis dengan aliran sungai langsung debit maksimum turbin ditentukan sedemikian rupa sehingga biaya konstruksinya menjadi minimum berdasarkan lengkung debit sepuluh tahun terakhir atau lebih. Nilainya pada

umumnya dua kali debit dalam musim kemarau. Jika sekiranya juga dipertimbangkan faktor-faktor habisnya sumber-sumber air dalam masa yang akan datang, penyediaan tenaga dalam musim kemarau dengan sumber-sumber tenaga dalam bentuk lain, perbaikan pusat-pusat listrik tenaga termis waktu jumlah air banyak dan lain-lain, maka nilai tersebut diatas diperbesar sampai tiga atau empat kali. Jika debit maksimum diperbesar maka biaya konstruksi per kW menjadi lebih murah, sebaliknya biaya konstruksi per kW menjadi lebih mahal. Demikianlah maka akan terjadi hal-hal yang tidak menguntungkan, yaitu bahwa tenaga yang dihasilkan rata-rata menjadi berkurang dan waktu beroperasi dengan beban tidak penuh menjadi lama.

Sebaliknya jika debit maksimum diperkecil tenaga yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik tersebut sepanjang tahun dapat diharapkan akan sama dengan tenaga nominalnya. Dalam bulan-bulan tertentu dengan banyaknya hujan lebat, air yang akan mengalir akan bertambah banyak atau besar dan pemanfaatannya akan berkurang. Hal ini akan mengakibatkan biaya per kW akan naik.

Untuk pembangkit listrik tenaga air dengan kolam pengatur air sungai disimpan pada waktu malam bebannya minimum digunakan pada waktu beban puncak untuk beberapa jam waktu siang hari. Dengan demikian debit alamiah dari sungai, baik harian maupun mingguan diatur dengan kolam pengatur ini. Oleh karena itu debit sungai ditentukan sesuai dengan kondisi beban harian ataupun mingguan yang akan terjadi. Ada beberapa cara untuk mengetahui beban yang akan terjadi tersebut. Satu cara diantaranya adalah dengan memperkirakan dan menghitung lengkung beban yang lazim setiap bulan, baik dalam musim hujan ataupun dalam musim kemarau.

Penentuan debit maksimum dibatasi juga oleh adanya pemakaian air sungai di bagian hilir. Disamping itu apabila disebelah hulu sungai direncanakan pembuatan sebuah waduk, maka hal ini memungkinkan direncanakannya sebuah proyek yang lebih besar dengan memakai debit air yang lebih besar dalam waktu yang lebih lama, oleh karena adanya waduk tersebut.

Sedangkan untuk jenis waduk, waduknya digunakan untuk menyimpan dan melepaskan simpanan air sepanjang tahun, guna memenuhi kebutuhan pada waktu beban puncak. Debit air maksimum ditentukan oleh jumlah air yang dapat diatur selama beban puncak dalam musim kemarau. Hal ini dapat dihitung dari kondisi beban dalam musim kemarau, jumlah air yang tersimpan di dalam waduk untuk persediaan pada hari-hari kering dan debit alamiah dari sungai pada waktu musim kemarau. Pada umumnya, besarnya debit maksimum adalah sekitar 3 – 4 kali jumlah debit rata-rata dari waduk dalam musim kemarau dan debit alamiah dari sungainya sendiri.

3.6.2. Debit Air

Jumlah debit air adalah jumlah air yang pasti dimanfaatkan sepanjang tahun. Ini diperoleh dari jumlah air di dalam musim kering dikurangi dengan jumlah air yang dialirkan di bagian hilir untuk keperluan pengairan sawah-sawah petani, perikanan, pariwisata dimana dengan baiknya dan bagusnya tatanan air ini akan menimbulkan banyaknya turis mancanegara maupun domestik yang ingin melihat keindahan daripada air tersebut baik itu bendungan maupun air terjun dan lain-lain.

Untuk jenis waduk, nilainya adalah jumlah air yang dapat dipakai selama 365 hari dalam setahun, dikurangi dengan jumlah debit air bagi pemakaian seperti tersebut diatas. Disamping itu diperhatikan persediaan air yang dapat disimpan dalam waduk yang lain untuk dipergunakan untuk musim kemarau agar kebutuhan daya listrik tidak berkurang. Apabila dalam waduk ini kekurangan air maka untuk dapat memenuhi kebutuhan akan listrik bagi konsumen diperlukan listrik yang sangat besar maka untuk memenuhi hal ini dialirkan air dari waduk yang lain sehingga kebutuhan akan listrik tidak berkurang dan konsumen tidak dirugikan.

3.7. Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik adalah kecepatan suatu model turbin dimana dapat menghasilkan daya satu hp setiap tinggi jatuh $H =$ satu fit.

Dalam bentuk persamaan, kecepatan spesifik dinyatakan sebagai berikut :

$$n_s = \frac{n\sqrt{P}}{(H)^{5/4}} \dots\dots\dots (7)$$

dimana,

n_s = kecepatan turbin pada efisiensi maksimum, rpm

P = daya turbin, hp

H = tinggi air, ft

Biasanya turbin dengan kecepatan spesifik yang rendah dipergunakan untuk H yang tinggi, sedangkan turbin dengan kecepatan spesifik yang tinggi dipergunakan H yang rendah.

Turbin dikatakan bekerja pada perencanaannya apabila turbin bekerja pada kondisi air tertentu atau untuk muatan dan tinggi tertentu memperoleh efisiensi

yang maksimum. Namun demikian, hal tersebut tidak selamanya dipertahankan mengingat kemungkinan terjadinya perubahan beban, sehingga muatan harus dirubah jika dikehendaki putaran turbin yang konstan atau bila terjadi perubahan tinggi jatuh air pada musim kemarau atau musim hujan. Jadi penyimpangan dari titik perencanaannya selalu dapat terjadi, dimana hal tersebut akan menyebabkan berubahnya efisiensi turbin.

Poros turbin direncanakan berhubungan langsung dengan poros generator yang dihubungkan dengan sebuah kopling tetap, sehingga putaran turbin sama dengan putaran generator. Besarnya putaran generator diperoleh dari persamaan berikut :

$$n = \frac{60 \cdot f}{P} \dots\dots\dots(8)$$

dimana :

n = putaran generator, rpm

f = frekuensi, Hz

p = jumlah pasangan kutub

dari persamaan diatas untuk jumlah pasangan kutub generator yang berbeda, didapat putaran generator dan putaran turbin kemudian di dapat pula besarnya putaran turbin dan putaran spesifik dengan putaran generator untuk jumlah pasangan kutub yang berbeda.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari pembahasan bab-bab terdahulu maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Meskipun tenaga listrik tidak dapat didisimpan dalam skala besar sebagai energi listrik, tetapi dapat disimpan dalam energi lain, dalam hal ini sebagai energi potensial.
2. Dapat meningkatkan efisiensi dari pengoperasian pusat-pusat pembangkit lainnya yang melayani beban dasar, dan ini berarti merupakan suatu penghematan energi.
3. Pusat-pusat pembangkit yang beroperasi melayani beban dasar akan berkerja dengan faktor beban yang besar.
4. Dengan bertambah besarnya faktor beban, akan memperkecil biaya operasi per Kwh, dari pembangkit beban dasar.

5.2. Saran

Adapun saran-saran yang bisa diberikan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menjaga kontinuitas pelayanan dari suatu pembangkit, perlu dibutuhkan suatu pembangkit listrik yang melayani beban dasar.

2. Energi dalam jumlah besar hanya dapat disimpan secara mekanikal, dan dalam hal ini suatu Pembangkit Listrik Tenaga Pompa Air.
3. Jenis turbin yang digunakan harus sesuai dengan ketinggian tinggi tekan air dari waduk atas kewaduk bawah.
4. Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Pompa Air kurang efisien karena tegangan yang dikeluarkan turbin dari generator digunakan kembali oleh pompa air, untuk menaikkan air dari waduk bawah kewaduk atas.

