

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul :

### **PENDAYAGUNAAN AIR LIMPAHAN *COOLING WATER* DI PTPN X SEBAGAI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK**

Tugas akhir ini disusun bertujuan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menghasilkan karya yang baik, tetapi penulis merasa karya ini masih jauh dari sempurna. Meski demikian penulis berharap karya ini dapat bermanfaat secara luas sebagai salah satu karya dalam ilmu pengetahuan di Indonesia.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

---

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, perkenankanlah penulis menghaturkan terima kasih kepada:

ALLAH SWT, Tuhan semesta alam yang telah memberikan berkah, rahmat, kemudahan dan nikmat-Nya.

*Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, Msc. Ph.D* sebagai dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga dalam memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir Ini.

1. *Seluruh Dosen, Karyawan dan Staf Pegawai* di jurusan Teknik Elektro – FTI–ITS yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

*Bapak Gamber Prasetyo*, selaku ASMAN OPDIS PT.PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Jaringan Surabaya Barat, yang telah banyak meluangkan waktu untuk menjelaskan prinsip-prinsip operasi sistem distribusi.

*Cahyo, Rofiq, Handoko*, yang banyak membantu dalam menyediakan semua data yang dibutuhkan untuk penyelesaian Tugas Akhir Ini.

*Ayahanda dan Ibunda tercinta*, yang telah memberikan doa, keikhlasan, kesabaran, bimbingan, kasih sayang dan segalanya untuk kebahagiaan dan kelancaran untuk penulis dalam kehidupan dan studinya hingga terselesaikan Tugas Akhir ini. Semoga ALLAH SWT selalu memberikan kebahagiaan dunia akhirat untuk ayahanda dan ibunda.

Kakak H. Bahri dan Hj. Kasmawati, H.Amir, Hj Lili, yang telah memberikan kasih sayangnya, bantuan dan dukungan untuk kelancaran penulis. Harman dan Adik Dewi yang Imoet yang gemesin...

Adikku Hadi yang telah memberikan kasih sayangnya, bantuan dan dukungan untuk kelancaran penulis. Keponakanku Ariel Andika yang lucu dan imut-imut cepat gede ya... biar kayak Ariel PeterPan beneran...

*My best Friends Okty-chan, Uniq-san, Nobee, Hendra, Ita-san*, mbak Ira, yang selalu memberikan dorongan semangat dan motivasi untuk meraih yang terbaik. Semua tentang kita : kuliah bareng, susah senang bareng, kemana-mana always bareng. Semua itu adalah episode terbaik dalam hidupku. Arigato Gozaimashita.....

*Hike-Hik2*, yang telah mengisi hari-hariku yang indah, selalu hadir disaat aku butuh dan slalu memberi semangat disaat aku down. Selalu pengertian n mau ngerti semua kesibukanku.

Teman-teman satu perjuangan di bangku kuliah Oksie partnert TA yang Baiiiiik banget, Aan, Tommy, Arifan, Dudi, Sony, Irul, Himawan, Bagus, Ade makasih atas” Smallville ”nya, Koko, Fathur, Ucok, Arief, Irwan, dan yang laen yang lupa tak sebut matur nuwun atas kerja samanya selama ini.

*Putri-chan* yang telah memberikan warna tersendiri, Arigatou Gozimashita ne.... *Pika Imoet* thanks banget...pernah jadi teman baikku....

Teman-teman Timor boys Basri, Yudi yang menyenangkan..

*Mbah Mo dan kru-nya* yang telah dengan sabar menjaga motorku dan keamanan kampus tercinta.Matur nuwun

Dan semuanya pihak yang telah membantu memberikan bantuan dan doanya.

Juli 2006

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	i
<b>PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Permasalahan dan Batasan Masalah.....	2
1.3. Tinjauan Pustaka.....	2
1.4. Tujuan .....	3
1.5. Metode Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
1.7. Relevansi .....	5
<b>BAB II AUDIT DAN KONSERVASI ENERGI</b>	
2.1. Manajemen Energi.....	7
2.2. Prinsip-Prinsip Umum Manajemen Energi.....	8
2.3. Unsur Utama Manajemen Energi.....	9
2.4. Pengertian Audit Energi.....	10
2.5. Pelaksanaan Audit Energi.....	10
2.6. Prosedur Pelaksanaan Audit Energi.....	11
2.7. Setelah Audit Energi.....	12
2.8. Pengertian Konservasi Energi.....	12
2.9. Manfaat Konservasi Energi.....	14
2.10. Lingkup Usaha Konservasi Energi di Sektor Industri.....	16
2.11. Unsur Keberhasilan Konservasi Energi.....	18
2.12. Hambatan-Hambatan Konservasi Energi.....	20
<b>BAB III PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR</b>	
3.1. Prinsip Pembangkitan Energi Air.....	23
3.2. Taksiran Potensi Tenaga Air.....	25
3.3. Daya yang Dihasilkan oleh Pusat Listrik Tenaga Air.....	27
3.3.1. Macam Daya yang Dihasilkan.....	27
3.3.2. Perhitungan Daya.....	27
3.3.3. Perhitungan Tenaga yang Dibangkitkan.....	28
3.4. Jenis-Jenis Pusat Listrik Tenaga Air.....	28

3.4.1.	Berdasar Cara Pengaturan Air.....	28
3.4.2.	Berdasar Ketinggian.....	29
3.5.	Bagian-Bagian Utama PLTA.....	30
3.5.1.	Bangunan Sipil.....	31
3.5.1.1.	Bendungan.....	31
3.5.1.2.	Saluran Pelimpah ( <i>Spillway</i> ).....	31
3.5.1.3.	Saluran Air ( <i>Water Way</i> ).....	32
3.5.1.4.	Bangunan Pengambil Air ( <i>Intake</i> ).....	32
3.5.1.5.	Pipa Pesat ( <i>Penstock</i> ).....	32
3.5.1.6.	Tangki Pendatar ( <i>Surge Tank</i> ).....	33
3.5.1.7.	Gedung Sentral ( <i>Power House</i> ).....	33
3.5.2.	Turbin Air.....	34
3.5.2.1.	Jenis Turbin Air.....	34
3.5.2.2.	Konstruksi Turbin Air.....	37
3.5.2.2.1.	Konstruksi Turbin Pelton.....	37
3.5.2.2.2.	Konstruksi Turbin Francis....	38
3.5.2.2.3.	Konstruksi Turbin Aliran Diagonal.....	39
3.5.2.2.4.	Konstruksi Turbin Baling- Baling.....	40
3.5.2.3.	Kecepatan Jenis.....	42
3.5.3.	Fasilitas Peralatan Listrik.....	43
3.5.3.1.	Generator.....	43
3.5.3.2.	Pengatur Tegangan Otomatis.....	45
3.5.3.3.	Transformator.....	45
3.6.	Pusat Listrik Tenaga Mikrohidro dan Minihidro.....	46
3.7.	Keuntungan Pengembangan Pusat Listrik Tenaga Air.....	47
3.8.	Kelemahan Pengembangan Pusat Listrik Tenaga Air.....	49
3.9.	Peranan Listrik Tenaga Air dalam Sistem Tenaga.....	50
<b>BAB IV PERENCANAAN PEMANFAATAN AIR LIMPAHAN</b>		
<b>COOLING WATER SEBAGAI PEMBANGKIT</b>		
<b>LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI PG. PTPN X</b>		
4.1.	Tinjauan Umum PTPN X.....	53
4.2.	Sistem Tenaga Listrik di PG. PTPN X.....	55
4.3.	Potensi Air.....	58
4.4.	Perhitungan Daya.....	60
4.5.	Perencanaan PLTMikrohidro.....	74

4.5.1.	Turbin Air.....	76
4.5.2.	Generator.....	79
4.6.	Analisis Harga Energi.....	79
4.6.1.	Tarif PLN.....	79
4.6.2.	Perhitungan Efisiensi Biaya.....	80
4.6.3	Perhitungan Harga Energi untuk PLTMikrohidro.	85
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1.	Kesimpulan.....	87
5.2.	Saran.....	87
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	xv
<b>LAMPIRAN</b>	.....	xvii
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	.....	xviii

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Lengkung Jujuh Aliran.....	25
Gambar 3.2. PLTA dengan Terjunan Tinggi .....	29
Gambar 3.3. PLTA dengan Terjunan Menengah.....	30
Gambar 3.4. Bendungan.....	31
Gambar 3.5. Turbin Jenis Pelton.....	35
Gambar 3.6. Runner Turbin Francis.....	36
Gambar 3.7. Turbin Kaplan.....	37
Gambar 3.8. Konstruksi Turbin Pelton.....	38
Gambar 3.9. Konstruksi Turbin Francis.....	39
Gambar 3.10. Konstruksi Turbin Aliran Diagonal .....	40
Gambar 3.11. Konstruksi Turbin Kaplan.....	41
Gambar 3.12. Turbin Tabung (Turbin Kaplan Jenis Poros Mendatar).....	42
Gambar 4.1. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Watoetoelis.....	64
Gambar 4.2. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Toelangan.....	65
Gambar 4.3. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Kremboong.....	66
Gambar 4.4. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Gembolkrep.....	67
Gambar 4.5. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Djombang Baru.....	68
Gambar 4.6. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Tjoekir.....	69
Gambar 4.7. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Lestari.....	70
Gambar 4.8. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Meritjan.....	71
Gambar 4.9. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Pesantren Baru.....	72
Gambar 4.10. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Ngadirejo.....	73
Gambar 4.11. Perbandingan Energi Listrik dari PLN, PLTU, dan PLTM di PG. Modjopanggung.....	74
Gambar 4.12. Gambar Perencanaan PLTMikrohidro.....	75

Gambar 4.13. Contoh Turbin Francis..... 78  
Gambar 4.14. Contoh Rotor pada Hydro Generator..... 79