

849341 Helog



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



RSM

333.793 2

Kel

8-1

2009

TUGAS AKHIR - RE 1599

**STUDI RENCANA DETAIL KETENAGALISTRIKAN DAN
ENERGI APJ PAMEKASAN (2010-2020)**

Ahmad Fauzan Halim
NRP 2201109042

Dosen Pembimbing
Ir.Syariffudin Mahmudsyah, M.Eng
Ir.Soedibyo, MMT

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2009

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	12 - 2 - 2009
Terima Dari	H
Daftar Agenda Prp.	808

**STUDI RENCANA DETAIL KETENAGALISTRIKAN DAN ENERGI APJ
PAMEKASAN (2010-2020)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Ir. Syarifuddin Mahmudsyah, M.Eng
NIP. 130 520 749

Dosen Pembimbing II



Ir. Soedibyo, MMT
NIP. 130 885 769



ABSTRAK

Energi listrik sangat penting peranannya dalam kehidupan manusia. Pertumbuhan penduduk 4 Kabupaten di Madura yang pesat mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi listrik yang tinggi pula di Madura. Pembangkit listrik yang ada umumnya menggunakan bahan bakar fosil yang merupakan bahan bakar tak terbarukan. Sehingga semakin lama jumlahnya akan menipis dan harganya semakin mahal.

Oleh karena itu diperlukan adanya energi alternatif yang dapat menggantikan peranan bahan bakar fosil sebagai pembangkit listrik di masa mendatang. Tiap Kabupaten di Madura memiliki energi alternatif yang merupakan energi terbarukan dengan jumlah cukup besar. Akan tetapi masih sedikit dimanfaatkan.

Kata kunci : Kebutuhan energi listrik, energi alternatif, analisa ekonomi investasi, potensi energi terbarukan.

ABSTRACT

Energy of electricity is very importance role in human life. The high growth of residents in 4 city in Madura Island make result the high increasing requirement of electricity energy in Madura Island. Existing Power station generally use fossil fuel that representing unrenueable fuel. So its amount will attenuate and its price will more expensive in a short time.

Therefore, need an existing amount of alternative energy which can replace fossil fuel role as power station in future. Each city in Madura Island has a great amount of alternative energy which representing renewable energy. However still a little amount has exploited.

Key words : *Electricity Energy Demand, alternative energy, economic investation analysis, renewable energy potention.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul :

Rencana Detail Ketenagalistrikan Dan Energi APJ Pamekasan 2010-2020

Tugas Akhir ini mempunyai beban 4 SKS (Satuan Kredit Semester) dan disusun guna memenuhi persyaratan untuk mencapai Gelar Sarjana Teknik Elektro pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari akan adanya kekurangan, baik dalam penyusunan maupun pembahasan masalah karena keterbatasan pengetahuan penulis. Besar harapan penulis bahwa buku Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Februari 2009

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT karena selesainya tugas akhir ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang dalam dan tulus kepada:

1. Allah SWT atas iman, rahmat dan hidayah yang telah dianugerahkan selama ini.
2. Rasulullah Muhammad SAW untuk sunnah, ajaran dan petunjuk untuk kehidupan yang baik dunia dan akhirat.
3. Keluargaku, kedua orang tua ku Abdul Djamaly dan Maryam Karaman buat dukungan, kesabaran dan kasih sayang.untuk kak Ita dan mas Prayit ,dan buat kak Sari makasih banyak
4. Ir.Syariffudin Mahmudsyah, M.Eng dan Ir.Soediby,MMT selaku dosen pembimbing untuk segala masukan, koreksi, ilmu dan bimbingan serta untuk ilmu selama penulis studi di Sistem Tenaga, Teknik Elektro – ITS
5. Dr. Ir. Mochamad Ashari, M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro – ITS
6. Seluruh dosen Teknik Elektro – ITS yang telah memberikan ilmu serta pengetahuanya.
7. Seluruh karyawan JTE – ITS untuk bantuan administrasinya
8. Pimpinan dan karyawan PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.
9. Untuk Panji ,kus,agus dan lubib makasih bantuanya.
10. Seluruh teman – teman yang membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Untuk masa lalu...masa sekarang...dan masa yang akan datang...

DAFTAR ISI

Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	i
Abstrak.....	iii
Abstract.....	iii
Kata Pengantar.....	v
Ucapan Terima Kasih.....	vii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel.....	

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Metodologi.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
1.6 Relevansi.....	6

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Pemenuhan Energi dan Perkiraan Beban.....	7
2.2 Perencanaan Sistem Tenaga Listrik.....	7
2.2.2 Perkiraan Kebutuhan Energi.....	8
2.1.3 Pemilihan Teknologi.....	8
2.3 Evaluasi Ekonomi.....	8
2.3.1 Karakteristik dan Pertumbuhan Beban.....	9
2.3.2 Karakteristik Beban Energi Listrik.....	11
2.3.3 Metoda Peramalan Kebutuhan Energi.....	12
2.3.4 Karakteristik Metoda Peramalan Kebutuhan Listrik.....	12
2.4. Metode-metode Dalam Menganalisa Peramalan Beban.....	13
2.4.1 Metode Regresi Darab.....	13
2.4.2 Metode DKL 3.0.....	13
2.4.3 Metode DKL 3.0.....	17

2.5	Pentingnya Energi Alternatif.....	20
2.5.1	Klasifikasi Energi.....	20
2.5.2	Kebijaksanaan Energi.....	21
2.5.2.1	Tujuan Kebijakan Energi.....	21
2.5.2.2	Langkah Kebijakan Energi	22
2.5.3	Peluang Pemanfaatan Energi Terbaruka.....	23
2.6	Pemanfaatan Energi Terbarukan Untuk Pembangkit Tenaga Listrik.....	28
2.6.1	Pembangkit Energi listrik.....	28
2.6.2	Perencanaan Pembangkit Tenaga Listrik.....	29
2.6.3	Biaya Pembangkitan Energi Listrik.....	32
2.6.3	Harga Energi Listrik.....	33
2.6.4	Analisa Ekonomi Investasi.....	34
2.7	Energi Angin.....	35
2.7.1	Pemanfaatan Energi Angin.....	36
2.7.3	Keuntungan dan Kerugian Pemanfaatan Energi Angin.....	38
2.8	Energi Biomassa.....	39
2.8.1	Pembangkit Listrik Tenaga Uap	39
2.8.2	PLTD Gasifikasi Biomassa.....	39
2.8.3	Pemanfaatan Biomassa untuk Energi.....	43
2.9	Energi Gelombang Laut.....	43
2.9.1	Konversi Energi Gelombang Laut dengan Sistem Tapered-Chanel.....	44
2.9.2	Konversi Energi Gelombang Laut dengan Sistem Selter Nodding Duck.....	46
2.9.3	Konversi Energi Gelombang Laut dengan Sistem Cavity Resonator.....	47
2.9.4	Potensi Energi Gelombang.....	47
2.10	Energi Panas Bumi.....	48
2.10.1	Klasifikasi Sumber Daya Panasbumi.....	49
2.10.2	Perhitungan Potensi Panas Bumi.....	51
2.10.3	Beberapa Keuntungan Pengembangan PLTP di Indonesia....	53
2.11	Energi Surya.....	54
2.11.1	Radiasi Surya	55
2.11.2	Konversi Surya Termal Elektrik.....	56

2.11.4	Efisiensi Konversi Sel Surya.....	56
2.11.5	Potensi Radiasi Untuk PV.....	58
2.12	Potensi Energi Nuklir.....	59
2.12.1	Keselamatan Reaktor.....	59
2.12.2	Kontroversi permasalahan PLTN di Madura.....	62
BAB III SISTEM KETENAGALISTRIKAN JAWA TIMUR KHUSUSNYA WILAYAH MADURA		
3.1	Industri Kelistrikan Nasional.....	65
3.2.	Tinjauan Sistem Kelistrikan Jawa-Bali.....	67
3.3	PLN Distribusi Jawa Timur.....	68
3.3.1	Data Pelanggan.....	72
3.3.2	Beban Puncak.....	74
3.3.3	Pasokan Tenaga Listrik dari Pembangkit Sendiri.....	75
3.3.3	Susut Distribusi.....	75
3.3.5	Pembagian Area Pelayanan PLN Distribusi Jawa Timur...	76
3.4	Area Pamekasan (PKS).....	77
3.4.1	Perkembangan Konsumen dan Daya tersambung di tiap Kabupaten.....	78
3.4.2	Perkembangan Jaringan Listrik.....	79
3.5	Data Umum dan Kondisi Ketenagalistrkan Tiap Kabupaten di Pulau Madura	80
3.5.1	Kabupaten Bangkalan.....	80
3.5.2	Kabupaten Sampang.....	84
3.5.3	Kabupaten Pamekasan.....	87
3.5.4	Kabupaten Sumenep.....	90
BAB IV		
4.1	Analisis Peramalan Kebutuhan Beban Sistem Kelistrikan Pulau Madura.....	93
4.1.1	Asumsi Makro Ekonomi.....	93
4.1.2	Prakiraan Kebutuhan Listrik.....	93
4.1.3	Metode Regresi Darab.....	94
4.1.3.1	Kabupaten Bangkalan.....	95
4.1.3.2	Kabupaten Sampang.....	100
4.1.3.3	Kabupaten Pamekasan.....	104

4.1.3.4	Kabupaten Sumenep.....	109
4.1.4	Metode D.K.L 3.....	114
4.1.5	Sarana Pembangunan Jangka Panjang.....	129
4.1.6	Perkembangan Jaringan Distribusi di APJ Pamekasan.....	130
4.1.6.1	Prediksi Kebutuhan Tenaga Listrik disetiap Kabupaten Pulau Madura.....	122
4.1.6.2	Prediksi Perkembangan Jaringan Di Wilayah Madura.....	123
4.1.6.3	Keikutsertaan Non-PLN Dalam Penyediaan Tenaga Listrik.....	125
4.2	Potensi Energi Untuk Pembangkit Listrik di Pulau Madura..	125
4.2.1	Potensi Energi Tidak Terbarukan.....	129
4.2.1.1	Potensi Batu bara di Jawa Timur.....	131
4.2.2	Energi Terbarukan.....	132
4.2.2.1	Potensi Energi Panas Bumi.....	132
4.2.2.2	Potensi Energi Angin.....	133
4.2.2.3	Potensi Energi Biogas.....	138
4.2.2.4	Potensi Energi Biomassa.....	140
4.2.2.5	Potensi Energi Gelombang Laut	148
4.2.2.6	Potensi Energi Surya.....	150
4.3	Analisa Harga Energi.....	152
4.3.1	Perhitungan Harga Energi PLT Angin.....	152
4.3.2	Perhitungan Harga Energi PLT Biomassa.....	154
4.3.3	Perhitungan Harga Energi PLT Gelombang Laut.....	156
4.3.4	Perhitungan Harga Energi PLT Panas Bumi.....	156
4.3.5	Perhitungan Harga Energi PLT Surya.....	157
4.3.6	Perhitungan Harga Energi PLT Nuklir.....	157
4.4	Analisa Keputusan Pemanfaatan Energi Terbarukan untuk Kelistrikan di Propinsi Jawa Timur.....	158
4.4.1	Langkah-langkah dalam Analisa Keputusan	158
4.4.2	Analisa Keputusan dalam Pembangunan Pembangkit Tenaga Listrik.....	159
4.4.3	Prioritas Pembangkit Listrik Yang Sesuai Untuk Kelistrikan Madura Berdasarkan Analisa Keputusan.....	159
4.5	Kebijakan Pemerintah Daerah Yang Diperlukan.....	160

4.5.1	Kebijakan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Daerah	160
4.5.2	Kebijakan Usaha Penunjang Tenaga Listrik	160
4.5.3	Kebijakan Konservasi Energi.....	162
4.5.4	Kebijakan Lindungan Lingkungan.....	162
4.6	Pengembangan Kelistrikan di Wilayah APJ Pamekasan Di Masa Datang Sesuai Dengan RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah).....	166

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	167
5.2	Saran	168

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan Regresi	14
Gambar 2.2	Kurva Beban	30
Gambar 2.3	Skema terjadinya angin	36
Gambar 2.4	Konverter Gasifikasi	41
Gambar 2.5	Sketsa Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan Teknik TAPCHAN	45
Gambar 2.6	Skema Pembangkit Listrik Dengan Sistem Selter Nodding Duck	46
Gambar 2.7	Terjadinya Energi Panas Bumi	48
Gambar 2.8	Sistem Vapor-Dominated	52
Gambar 2.9	Skema Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi dengan Uap Basah	52
Gambar 2.10	Skema Pembangkit Listrik Tenaga Surya Thermal	56
Gambar 2.11	Kerangka dan Modul Surya	57
Gambar 2.12	Skema Pembangkit Listrik Tenaga Surya Photovoltaic	59
Gambar 3.1	Kondisi Energi Mix Nasional Tahun 2005 dan Sasaran Energi Mix Nasional Tahun 2025	65
Gambar 3.2	Peta Wilayah PLN Distribusi Jawa Timur	68
Gambar 3.3	Peta Jaringan PT.PLN UBD Jatim	77
Gambar 3.4	Grafik Beban puncak dan load faktor APJ Pamekasan	80
Gambar 3.5	Peta Kabupaten Bangkalan	81
Gambar 3.6	Peta Kabupaten Sampang	85
Gambar 3.7	Peta Kabupaten Pamekasan	88
Gambar 3.8	Peta Kabupaten Sumenep	91
Gambar 4.1	Rencana Jaringan SUTT dan SUTET Jawa Timur Th. 2009-2014	123
Gambar 4.2	Peta Jaringan 150 kV APJ Pamekasan	124
Gambar 4.3	Pembangunan Jaringan SUTT 150 kV melalui Jembatan SURAMADU	124
Gambar 4.4	Posisi Ekspor Impor Bahan Bakar Fosil di Indonesia dari Tahun 2000 sampai dengan Tahun 2025	128
Gambar 4.5	Anjungan Minyak Oyong Lepas Pantai camplong	131

DAFTAR ISI

Gambar 4.6	Sistem Konversi Energi Angin	133
Gambar 4.7	Siklus Analisa Keputusan	150
Gambar 4.8	Strategi Kebijakan Energi Nasional dengan Energy Mix untuk mendukung Pembangunan Nasional yang berkelanjutan	153
Gambar 4.9	Tujuan Pengelolaan Lingkungan	155
Gambar 4.10	Peta Jaringan Listrik Kab. Pamekasan	157
Gambar 4.11	Peta Jaringan Listrik Kab. Pamekasan	157



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa Senyawa Polutan	25
Tabel 2.2	Perbandingan Harga BBM dalam Rupiah dari Berbagai Negara	27
Tabel 2.3	Prinsip Pertahanan Berlapis	50
Tabel 3.1	Konsumen Energi listrik Sistem Jawa-Bali	67
Tabel 3.4	Desa Berlistrik Tingkat kabupaten Dan Kota 2007	70
Tabel 3.4	Data Pelanggan 2007	72
Tabel 3.8	Data Beban Puncak (MW) dan Load Factor (%)	75
Tabel 3.9	Data Pembangkit Sendiri dan sewa Tahun 2007	76
Tabel 3.10	Data Realisasi Susut Distribusi	76
Tabel 3.11	Data-data Kelistrikan di Area PKS Tahun 2007	78
Tabel 3.12	Tabel Jumlah Penduduk Akhir Tahun APJ PMK	78
Tabel 3.13	Perkembangan JTM di APJ Pamekasan	79
Tabel 3.14	Beban puncak APJ Pamekasan	79
Tabel 3.15	Neraca Energi Listrik MWh Per area APJ Pamekasan 5 tahun terakhir	80
Tabel 3.16	Luas, Jumlah desa dan kepadatan penduduk Kab. Bangkalan	82
Tabel 3.17	Jumlah Pelanggan dan Rasio Elektrifikasi Kab. Bangkalan Tahun 2007	83
Tabel 3.18	Luas, Jumlah desa dan kepadatan penduduk Kab. Sampang	85
Tabel 3.19	Jumlah Pelanggan dan Rasio Elektrifikasi Kab. Sampang	87
Tabel 3.20	Luas, Jumlah desa dan kepadatan penduduk Kab. Pamekasan	88
Tabel 3.21	Jumlah Pelanggan dan Rasio Elektrifikasi Kab. Pamekasan	89

	Luas, Jumlah Penduduk dan kepadatan pendudukKab. Sumenep	90
Tabel 3.22		
Tabel 3.23	Jumlah Pelanggan dan Rasio Elektrifikasi Kab. Sumenep	91
Tabel 4.1	Data Input Perhitungan Kebutuhan Beban di Kabupaten Bangkalan	98
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi Untuk Kab. Bangkalan Menggunakan Regresi Darab	100
Tabel 4.3	Peramalan Produksi Energi Listrik Kab. Bangkalan	102
Tabel 4.4	Peramalan Beban Puncak Kab. Bangkalan	103
Tabel 4.5	Data Input Perhitungan Kebutuhan Beban di Kabupaten Sampang	104
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi Untuk Kab. Sampang Menggunakan Regresi Darab	106
Tabel 4.7	Peramalan Produksi Energi Listrik Kab. Sampang	107
Tabel 4.8	Peramalan Beban Puncak Kab. Sampang	108
Tabel 4.9	Data Input Perhitungan Kebutuhan Beban di Kabupaten Pamekasan	109
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi Untuk Kab. Pamekasan Menggunakan Regresi Darab	111
Tabel 4.11	Peramalan Produksi Energi Listrik Kab. Pamekasan	112
Tabel 4.12	Peramalan Beban Puncak Kab. Pamekasan	113
Tabel 4.13	Data Input Perhitungan Kebutuhan Beban di Kabupaten Sumenep	114
Tabel 4.14	Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi Untuk Kab. Sumenep Menggunakan Regresi Darab	116
Tabel 4.15	Peramalan Produksi Energi Listrik Kab. Sumenep	113
Tabel 4.16	Peramalan Beban Puncak Kab. Sumenep	115
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi Untuk APJ Pamekasan menggunakan Model DKL 3	115
Tabel 4.18	Perbandingan Hasil Perhitungan Energi Terjual antara Regresi Darab dengan DKL 3	116
Tabel 4.19	Rencana Peningkatan RE Kab Bangkalan	116

Tabel 4.20	Peningkatan RE 50%	116
Tabel 4.21	Peningkatan RE 75%	117
Tabel 4.22	Peningkatan RE 90%	118
Tabel 4.23	Peningkatan RE 100%	119
Tabel 4.24	Rencana Peningkatan RE Kab Sampang	120
Tabel 4.25	Peningkatan RE 25%	120
Tabel 4.26	Peningkatan RE 50%	121
Tabel 4.27	Peningkatan RE 75%	122
Tabel 4.28	Peningkatan RE 100%	122
Tabel 4.29	Rencana Peningkatan RE Kab Pamekasan	123
Tabel 4.30	Peningkatan RE 50%	123
Tabel 4.31	Peningkatan RE 60%	124
Tabel 4.32	Peningkatan RE 80%	124
Tabel 4.33	Peningkatan RE 100%	125
Tabel 4.34	Rencana Peningkatan RE Kab Sumenep	126
Tabel 4.35	Peningkatan RE 25%	127
Tabel 4.36	Peningkatan RE 50%	128
Tabel 4.36	Peningkatan RE 75%	129
Tabel 4.37	Peningkatan RE 100%	129
Tabel 4.38	Perencanaan pemenuhan kebutuhan Energi di APJ Pamekasan	129
Tabel 4.39	Prediksi Kebutuhan Tenaga Listrik Kabupaten di Madura sampai Tahun 2020	130

443	Tabel 4.40	Prediksi Beban Puncak Kabupaten di Madura sampai Tahun 2020	131
444	Tabel 4.41	Perusahaan Penambang Gas	138
445	Tabel 4.42	Potensi Panas Bumi Di Indonesia	139
446	Tabel 4.43	Kecepatan Angin	143
447	Tabel 4.44	Potensi Energi Angin di Pulau Madura	144
448	Tabel 4.45	Kandungan Bahan Kering dan Volume Gas Yang Dihasilkan Tiap Jenis Kotoran	147
449	Tabel 4.46	Potensi Energi Biogas di Madura	147
450	Tabel 4.47	Potensi Energi Biomassa di Madura	148
451	Tabel 4.48	Potensi Energi Gelombang Laut di Madura	149
452	Tabel 4.49	Potensi Energi Surya di Madura	150
453	Tabel 4.51	Potensi Energi Terbarukan di Madura	151
454	Tabel 4.52	Analisa Keputusan Pemanfaatan Energi Terbarukan di Madura Ditinjau dari Segi Teknis dan Ekonomis	160

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk, semakin berkembangnya beberapa desa dan adanya otonomi daerah yang memacu tiap-tiap daerah untuk meningkatkan pendapatan ekonominya, baik melalui perdagangan, pariwisata, maupun industri, maka kebutuhan akan energi listrik pun semakin meningkat. Kebutuhan listrik yang semakin meningkat tersebut jika tidak diimbangi dengan suplai listrik yang cukup akan menyebabkan menurunnya tingkat keandalan dari sistem kelistrikan.

Selama tiga dasawarsa terakhir, penyediaan tenaga listrik dilakukan oleh PT PEN (Persero) sebagai Pemegang Kuasa Usaha Ketenagalistrikan (PKUK). Permintaan listrik yang tinggi dalam kurun waktu tersebut tidak mampu dipenuhi, sehingga partisipasi dari pelaku-pelaku lain seperti koperasi, swasta dan industri sangat diperlukan untuk membangkitkan tenaga listrik baik untuk kepentingan sendiri maupun untuk kepentingan umum. Dengan terbitnya Keputusan Presiden Nomor 37 Tahun 1992 tentang Usaha Penyediaan Tenaga Listrik oleh Swasta membuka jalan bagi usaha ketenagalistrikan untuk kepentingan umum skala besar, baik bagi proyek yang direncanakan oleh Pemerintah maupun melalui partisipasi swasta.

Akibat krisis ekonomi yang menimpa Indonesia pada pertengahan tahun 1997, Pemerintah menerbitkan Keputusan Presiden Nomor 39 Tahun 1997 tentang Penangguhan/Pengkajian Kembali Proyek Pemerintah, Badan Usaha Milik Negara, dan Swasta Yang Berkaitan Dengan Pemerintah/Badan Usaha Milik Negara, maka proyek-proyek yang telah direncanakan oleh Pemerintah maupun proyek yang diusulkan oleh swasta ditangguhkan atau dikaji kembali. Sesuai Keputusan Presiden Nomor 15 Tahun 2002 tentang Pencabutan Keputusan Presiden Nomor 39 Tahun 1997 tentang Penangguhan/Pengkajian Kembali Proyek Pemerintah, Badan Usaha Milik Negara, dan swasta yang berkaitan dengan Pemerintah/Badan Usaha Milik Negara, maka proyek 26 IPP yang ditunda telah selesai dinegosiasi ulang.

Melalui Keputusan Presiden Nomor 7 Tahun 1998 tentang Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha Swasta Dalam Pembangunan dan atau Pengelolaan Infrastruktur, pelaksanaan pembangunan infrastruktur diatur melalui tender, termasuk untuk pengadaan sektor ketenagalistrikan.

Pemerintah dan Pemerintah Daerah dapat menyediakan dana pembangunan sarana penyediaan tenaga listrik untuk membantu kelompok masyarakat tidak mampu, pembangunan sarana penyediaan tenaga listrik di daerah yang belum berkembang, dan pembangunan tenaga listrik di daerah terpencil, dan pembangunan listrik pedesaan.. Undang-undang tersebut mengatur penyelenggaraan usaha ketenagalistrikan menurut fungsi usaha. Penyediaan tenaga listrik perlu diselenggarakan secara efisien melalui kompetisi dan transparansi dalam iklim usaha yang sehat dengan pengaturan yang memberikan perlakuan yang sama kepada semua pelaku usaha dan memberi manfaat yang adil dan merata kepada semua konsumen. Namun sesuai putusan Mahkamah Konstitusi tanggal 15 Desember 2004 Undang-undang tersebut dibatalkan dan demi kekosongan hukum Undang-Undang No 15 Tahun 1985 tentang Ketenagalistrikan diberlakukan kembali. Dengan demikian maka usaha penyediaan tenaga listrik untuk umum diselenggarakan oleh PKUK dan Pemegang Izin Usaha Ketenagalistrikan.

Untuk kelengkapan peraturan sektor tenaga listrik Pemerintah pada tanggal 16 Januari 2005 telah menerbitkan Peraturan Pemerintah Nomor 3 Tahun 2005 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1989 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Tenaga Listrik. Khusus untuk sektor tenaga listrik, pengaturan tentang kerjasama atau pembelian tenaga listrik, pengelolaan, pelaksanaan pembangunan serta pengadaan usaha penyediaan tenaga listrik tunduk kepada Peraturan Pemerintah 4 Nomor 3 Tahun 2005 ini yang dulunya diatur melalui Keputusan Presiden Nomor 7 tahun 1998.

Dan pada tahun 2007 telah diundangkan Undang-undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi yang secara umum berisi Sumber daya energi sebagai kekayaan alam merupakan anugerah Tuhan Yang Maha Esa kepada rakyat dan bangsa Indonesia. Selain itu, sumber daya energi merupakan sumber daya alam yang strategis dan sangat penting bagi hajat hidup rakyat banyak terutama dalam peningkatan kegiatan ekonomi, kesempatan kerja, dan ketahanan nasional maka sumber daya energi harus dikuasai negara dan dipergunakan bagi sebesar-besarnya kemakmuran rakyat sebagaimana diamanatkan dalam Pasal 33 Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945.

Pengelolaan energi yang meliputi penyediaan, pemanfaatan, dan pengusahaannya harus dilaksanakan secara berkeadilan, berkelanjutan, rasional, optimal, dan terpadu guna memberikan nilai tambah bagi perekonomian bangsa dan Negara Kesatuan Republik Indonesia. Penyediaan, pemanfaatan, dan pengusahaan energi yang dilakukan secara terus menerus guna meningkatkan kesejahteraan rakyat

dalam pelaksanaannya harus selaras, serasi, dan seimbang dengan fungsi lingkungan hidup. Mengingat arti penting sumber daya energi, Pemerintah perlu menyusun rencana pengelolaan energi untuk memenuhi kebutuhan energi nasional yang berdasarkan kebijakan pengelolaan energi jangka panjang. Berdasarkan hal tersebut di atas perlu dibentuk Undang-Undang tentang Energi sebagai landasan hukum dan pedoman dalam rangka pengaturan dan pengelolaan di bidang energi.

Dengan adanya dasar hukum tersebut suatu daerah dituntut mampu membuat Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah (RUKD) yang disesuaikan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan karakteristik daerah tersebut dalam pemenuhan kebutuhan tenaga listriknya.

Dilihat dari kapasitas daya listrik yang terpasang di kabupaten-kabupaten di Pulau Madura, kapasitas dayanya masih kurang. Hal ini juga menjadi salah satu faktor penghambat usaha pengembangan Pulau Madura dan menghambat masuknya investor ke Pulau Madura khususnya 4 kabupaten yang ada di Pulau Madura, keterbatasan sarana ketenagalistrikan menyebabkan investasi awal menjadi lebih tinggi karena investor harus menyediakan investasi tambahan untuk membangun pembangkit tenaga listrik untuk kepentingan sendiri.

Sebagai negara kepulauan yang berada pada garis khatulistiwa, Indonesia mempunyai sumber-sumber energi baru dan terbarukan yang melimpah dengan total potensi sebesar $1,2 \times 10^9$ MW sedangkan yang sudah dimanfaatkan masih sangat kecil, yaitu sekitar 4679,37 MW atau $3,88 \times 10^{-4}$ % dari total potensi sehingga masih memungkinkan untuk ditingkatkan pemanfaatannya dalam rangka memenuhi kebutuhan energi listrik dari sumber energi yang murah, ramah lingkungan dan terbarukan¹.

Madura merupakan suatu daerah yang kaya akan sumber energi alternatif, yaitu energi angin, energi biogas, energi biomassa, energi gelombang air laut, energi panas bumi, dan energi surya, yang diperkirakan akan mampu menjadi sumber energi alternatif mulai dari skala kecil sampai ke skala besar. Sebagai langkah antisipasi kemungkinan adanya krisis energi, maka pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan (EBT) atau yang sering disebut sebagai energi alternatif harus dioptimalkan sebagai pendukung kebutuhan energi. Sejumlah wilayah di Madura memiliki sumber daya alam potensial, namun belum tergarap secara optimal. Sampang, misalnya, memiliki potensi yang dapat dikembangkan menuju Madura yang lebih baik,

¹ Ditjen Listrik dan Pengembangan Energi, *Ripebat*, Jakarta, 1999.

yaitu sektor pertambangan fosfat, dolomit, dan gas bumi. Hasil tambang tersebut telah ditemukan di sekitar Pulau Mandangin dengan produksi diperkirakan 6.000 barel per hari. Di samping itu, sedang dilakukan survei oleh Kodeco dan PT Santos pada lepas pantai Camplong dan Ketapang yang diperkirakan mengandung gas bumi.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Seberapa besar kapasitas listrik yang terpasang serta kebutuhan energi listrik saat ini dan perkiraan kebutuhan energi listrik untuk tahun-tahun mendatang di masing-masing Kabupaten di pulau Madura?
2. Berapa potensi energi terbarukan di 4 Kabupaten tersebut dan seberapa besar sumber dayanya dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik dan perannya dalam upaya menunjang kelistrikan di pulau Madura?
3. Berapa harga energi masing-masing potensi energi terbarukan, serta bagaimana tingkat kelayakan investasinya sebagai pembangkit tenaga listrik?

Agar pembahasan lebih terfokus pada permasalahan dan tujuan yang hendak dicapai, dilakukan pembatasan sebagai berikut :

1. Pembahasan energi baru dan terbarukan difokuskan pada energi air, energi angin, energi biogas, energi biomassa, energi gelombang laut, energi panas bumi, dan energi surya.
2. Analisa peramalan kebutuhan listrik menggunakan metode Regresi Darab
3. Pembahasan dari sisi ekonomi hanya mempertimbangkan kelayakan investasi pembangunan proyek pembangkit.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah memberikan masukan pada daerah tiap Kabupaten yang ada di Pulau Madura agar nantinya mampu membentuk tim energi daerah yang kompeten atau Forum Perencanaan Ketenagalistrikan Daerah untuk menciptakan iklim kompetisi di bidang pengusahaan tenaga listrik daerah yang mampu mendukung perkembangan perekonomian daerah sehingga terkuasainya kemampuan analisis energi, penyusunan perencanaan energi yang komprehensif, RUKD yang akan menjadi acuan pemerintah pusat dalam menyusun RUKN dan perancangan kebijakan energi oleh tim energi daerah. Masukan yang dimaksud adalah:

1. Mengidentifikasi potensi energi terbarukan di Jawa Timur khususnya di Madura.
2. Pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) sebagai sumber energi alternatif yang mampu mendukung kelistrikan di tiap Kabupaten di Madura.
3. Terpenuhinya kebutuhan energi listrik bagi masyarakat dan industri.

1.4 Metodologi

Studi perencanaan ketenagalistrikan daerah (RUKD) dengan energi terbarukan sangat memerlukan adanya data-data potensi sumber energi terbarukan. Untuk itu dalam penyusunan tugas akhir ini dilakukan melalui tahapan-tahapan yang sistematis dengan penyediaan data yang akurat.

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang dibahas adalah:

1. Melakukan studi literature
2. Mengumpulkan data yang berhubungan dengan permasalahan yang terkait di Pemerintah Daerah Kabupaten - kabupaten di Pulau Madura, dan Pembangkit-pembangkit tenaga listrik yang mensuplai daya listrik ke Madura, PT. PLN (Persero) Wilayah Jatim Sektor Madura
3. Menganalisa data secara teknis-ekonomis serta penyusunan laporan.

1.5 Sistematika Pembahasan

Penulisan tugas akhir ini disusun dengan sistematika pembahasan sebagai berikut :

- a. Bab satu membahas mengenai latar belakang, permasalahan, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan, dan relevansi.
- b. Bab dua membahas tentang dasar pengembangan energi terbarukan sebagai pembangkit tenaga listrik.
- c. Bab tiga berisi data tentang kondisi kelistrikan Tiap Kabupaten di pulau Madura.
- d. Bab empat berisi analisa pemanfaatan energi terbarukan sebagai pembangkit tenaga listrik di masing-masing Kabupaten sesuai dengan batasan-batasannya.
- e. Bab lima merupakan penutup yang berisi kesimpulan dan saran sehubungan dengan penulisan tugas akhir ini.

1.6 Relevansi
Dari hasil pembahasan penyusunan Rancangan Umum Kelistrikan Daerah di tiap Kabupaten Pulau Madura ini, maka diharapkan dapat memberikan masukan untuk PT PLN, pemerintah daerah, ataupun pihak swasta untuk merencanakan dan membangun sistem kelistrikan yang sesuai dengan kondisi daerah di tiap Kabupaten dan nantinya dapat menunjang pendapatan daerah masing-masing.

1.4 Metodologi

Studi perencanaan ketenagalistrikan daerah (RUKD) dengan energi terbaharukan sangat memerlukan adanya data-data sumber energi terbaharukan. Untuk itu dalam penyusunan tugas akhir ini dilakukan melalui tahapan-tahapan yang sistematis dengan penyediaan data yang akurat.

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang dibahas adalah:

1. Melakukan studi literatur
2. Mengumpulkan data yang berhubungan dengan permasalahan yang terkait di Pemerintah Daerah Kabupaten - kabupaten di Pulau Madura, dan Pembangkit-pembangkit tenaga listrik yang mensuplai daya listrik ke Madura, PT. PLN (Persero) Wilayah Jatim Sektor Madura
3. Menganalisa data secara teknis-ekonomis serta penyusunan laporan.

1.5 Sistematika Pembahasan

Penulisan tugas akhir ini disusun dengan sistematika pembahasan sebagai berikut :

- a. Bab satu membahas mengenai latar belakang permasalahan, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan, dan relevansi.
- b. Bab dua membahas tentang dasar pengembangan energi terbaharukan sebagai pembangkit tenaga listrik.
- c. Bab tiga berisi data tentang kondisi ketenagalistrikan tiap Kabupaten di pulau Madura.
- d. Bab empat berisi analisa pemanfaatan energi terbaharukan sebagai pembangkit tenaga listrik di masing-masing Kabupaten sesuai dengan batasan-batasannya.
- e. Bab lima merupakan penutup yang berisi kesimpulan dan saran selubung dengan penulisan tugas akhir ini.

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Pemenuhan Energi dan Perkiraan Beban

Dalam sistim perencanaan yang hendak memanfaatkan sumber energi alam pada suatu daerah tertentu, sangat membutuhkan banyak waktu dan modal. Sehingga keputusan yang diambil haruslah benar-benar efektif digunakan dan ekonomis. Yang perlu diperhatikan adalah mengetahui akan kebutuhan energi listrik (*energy demand*). Sehingga sumber daya alam pada negara /daerah tertentu sebagai penghasil daya listrik, seperti energi steam, air, nuklir, gas, dan lain-lain nantinya dapat dikembangkan dengan melihat kemampuan energi listrik dengan permintaan energi listrik sekaligus lokasi dimana kebutuhan tersebut dipenuhi.

Perkiraan pada dasarnya merupakan suatu dugaan /prakiraan mengenai terjadinya suatu peristiwa di masa akan datang. Dalam kegiatan perencanaan /prakiraan merupakan kegiatan mula dari proses tersebut.

Prakiraan di bidang tenaga listrik pada dasarnya merupakan prakiraan kebutuhan energi listrik (watt jam) dan prakiraan beban tenaga listrik (watt). Keduanya sering disebut dengan Demand and Load Forecasting. Hasil prakiraan ini digunakan untuk membuat rencana pemenuhan kebutuhan maupun pengembangan penyediaan tenaga listrik setiap saat secara cukup dan baik serta terus menerus. Untuk pembuatan suatu perencanaan, umpamanya perencanaan pemakaian energi, perlu dibuat program-program yang bertahap, misalnya jangka pendek (sekitar 1 hingga 2 tahun), menengah (5 – 10 tahun) dan panjang (25 tahun). Ada banyak cara/metode yang dipakai, disini akan dibahas mengenai klasifikasi, karakteristik dan cara perhitungan dalam prakiraan.

2.2 Perencanaan Sistem Tenaga Listrik

Dalam perencanaan sistim tenaga listrik harus dipertimbangkan dengan baik untuk menentukan pilihan yang tepat agar diperoleh hasil yang optimal bagi masa sekarang maupun yang akan datang. Adapun beberapa hal penting yang perlu diperhatikan, adalah:

2.2.1. Perkiraan Kebutuhan Energi

Perkiraan kebutuhan tenaga listrik merupakan salah satu factor penting dalam perencanaan sistim pembangkit Tenaga listrik, hal ini dikarenakan factor ketidakpastian pada jangka waktu yang ada. Terdapat

dua hal ketidakpastian dalam perkiraan pemakaian (demand forecast) pada sistim tenaga listrik yaitu:

- a) ketidakpastian karena acaknya beban setiap waktu pada sisi pemakaian oleh konsumen
- b) ketidakpastian yang berhubungan dengan perkiraan kebutuhan dimasa akan datang.

2.2.2 Pemilihan Teknologi

Ada beberapa teknologi konversi Energi yang dapat diperoleh saat ini, namun tiap teknologi mempunyai karakteristik yang berbeda sehingga hal ini menjadi pertimbangan dalam pemilihan teknologi konversi yang terbaik di masa akan datang

2.2.3 Evaluasi Ekonomi

Aspek yang mendasar dari setiap evaluasi ekonomi adalah fungsi waktu dan fungsi modal. Dengan evaluasi ekonomi dapat dilihat aliran biaya dalam suatu sistim tenaga listrik pada selang waktu tertentu, guna menentukan kelayakan suatu teknologi konversi secara ekonomi.

2.3 Beban

Beban dapat dibedakan menjadi beberapa katagori, tergantung klasifikasi yang digunakan.

1) Berdasarkan jenis pemakai

a. Beban rumah tangga

Kebutuhan energi listrik untuk rumah tangga, seperti halnya energi listrik untuk menghidupkan radio, televisi, pemanas air, kulkas, alat masak elektrik dan pealatan rumah tangga lainnya.

b. Beban Industri

Pelanggan sektor industri terdiri atas pabrik-pabrik baik berkapasitas besar maupun kecil.

c. Beban Bisnis (Komersial)

Pelanggan sektor komersial terdiri atas hotel, pasar swalayan, gedung pertunjukkan dan lain-lain.

d. Beban Sosial

Pelanggan sektor publik meliputi pelanggan yang bersifat umum yang bisa langsung dinikmati oleh masyarakat seperti rumah sakit, sekolah, tempat ibadah, gedung yayasan dan lain-lain.

e. Beban Gedung Perkantoran Pemerintah

Kebutuhan energi listrik yang digunakan untuk kepentingan gedung perkantoran yang dimiliki oleh pemerintah.

f. Beban Penerangan Jalan

Kebutuhan energi listrik yang dipergunakan untuk penerangan jalan.

2) *Berdasarkan Waktu*

a. Beban sekarang

Kebutuhan sekarang merupakan kebutuhan energi listrik yang harus segera dipenuhi hal ini berkaitan dengan kurangnya energi yang tersedia karena penambahan konsumsi energi oleh pelanggan yang sudah ada.

b. Beban akan datang

Kebutuhan masa datang berkaitan dengan perkiraan kenaikan kebutuhan energi listrik karena penambahan pelanggan dari penduduk yang belum menikmati energi listrik maupun pelanggan karena penambahan penduduk maupun industri yang pada saat ini belum ada atau masih dalam perkiraan. Hal ini perlu diperhitungkan karena berpengaruh dalam perencanaan kapasitas dari suatu pembangkit tenaga listrik yang akan dibangun.

2.3.1 Karakteristik dan Pertumbuhan Beban

Kebutuhan akan energi listrik selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun sesuai dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri. Untuk memenuhi perkembangan kebutuhan akan energi listrik tersebut tentunya diperlukan suatu analisa tentang karakteristik dari beban listrik di suatu wilayah sehingga dapat ditentukan suatu perencanaan tentang perkembangan beban tersebut. Dengan diketahuinya besar perkembangan beban maka dapat pula dibuat perencanaan tentang usaha pemenuhan kebutuhan energi listrik dalam daerah tersebut dan dalam jangka waktu tertentu

Besarnya pertumbuhan kebutuhan listrik dalam suatu daerah dapat diketahui dengan menggunakan peramalan akan perkembangan beban di daerah tersebut. Secara garis besar, pembuatan ramalan kebutuhan tenaga listrik dapat dibagi dalam beberapa tahap:

1. Perumusan masalah

Pada tahap awal ini dilakukan pendefinisian dan pengkajian akan masalah yang akan dihadapi. Masalah yang dihadapi adalah menyusun model energi lokal yang diharapkan dapat menunjang proses perencanaan model energi nasional.

2. Menentukan parameter- parameter yang berpengaruh

Dalam menyusun pengembangan model energi perlu adanya parameter-parameter yang mempengaruhi pemakaian energi di masa mendatang. Semakin cermat dalam menentukan parameter-parameter yang berpengaruh, maka analisa perkembangan model energi akan semakin mendekati kebenaran.

Contoh parameter: penggunaan energi pada masing-masing sektor.

3. Menentukan sumber data

Tahap berikutnya adalah menentukan sumber data, yang dimaksud di sini adalah kevalidan data bergantung dari mana data tersebut diperoleh.

Data tersebut terdiri dari:

- a. Data primer, yaitu data yang didapat langsung dari sumbernya.
- b. Data sekunder, yaitu data yang tidak langsung atau data yang diperoleh dari orang lain yang tidak merupakan sumber.

4. Pengumpulan data dan analisa data

Setelah parameter-parameter yang berpengaruh ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data-data yang diperlukan dan jelas dari mana data-data tersebut diambil, sehingga kevalidan data-data tersebut tidak diragukan lagi.

5. Menyusun model energi

Pada tahap keempat ini dimulai dengan penyusunan model energi dengan parameter-parameter yang telah ditentukan dari analisa data. Model energi terdiri atas dua model, yaitu:

- a. Sisi kebutuhan.
- b. Sisi supply energi yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

6. Model Demand

Pada model ini dibuat peramalan demand. Peramalan demand menyangkut masing-masing sektor, yaitu sektor rumah tangga, sektor komersial, sektor industri dan sektor publik.

7. Model Supply

Setelah melihat hasil-hasil dari model demand, maka langkah selanjutnya adalah menentukan supply energi yang harus disediakan.

8. Pengujian model peramalan



Pengujian dilakukan dengan memasukkan data awal. Hasil dari data awal tersebut diuji, apakah sudah sesuai dengan tingkah laku model yang sebenarnya.

9. Analisa hasil peramalan
Tahap ini merupakan tahap analisa dari peramalan, apakah benar-benar sudah sesuai dengan kondisi dan keadaan pada perkembangan yang akan datang.
10. Penggunaan hasil peramalan
Hasil peramalan diharapkan akan dapat membantu memberikan informasi data dalam menetapkan kebijaksanaan umum bidang energi secara nasional

2.3.2 Karakteristik Beban Energi Listrik

Beban energi listrik dalam suatu wilayah memiliki karakteristik tertentu yang berbeda dengan daerah lainnya. Perbedaan ini disebabkan oleh jenis penggunaan energi listrik oleh konsumen pada daerah tersebut. Dalam satu hari (24 jam) kebutuhan energi listrik di suatu daerah akan mengalami perubahan sesuai dengan beban. Setiap daerah memiliki bentuk kurva beban yang berbeda-beda sesuai dengan jenis dari pemakaian energi dari konsumennya.

Dalam tugas akhir ini konsumen tenaga listrik untuk analisa dibagi menjadi beberapa bagian yaitu:

1. Pelanggan sektor rumah tangga
Jumlah pelanggan dan penambahan pelanggan rumah tangga setiap tahun ditentukan oleh jumlah penduduk dan rasio kelistrikan pada masing-masing PLN wilayah. Rasio kelistrikan merupakan suatu parameter yang menunjukkan kemampuan PLN untuk memberikan fasilitas kelistrikan bagi calon pelanggan sektor rumah tangga.
2. Pelanggan sektor komersial
Pelanggan sektor komersial terdiri atas hotel, swalayan tempat pertunjukkan dan lain-lain. Salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah sektor komersial adalah pelanggan rumah tangga. Besarnya pelanggan komersial setiap tahun menunjukkan perbandingan yang konstan terhadap pelanggan rumah tangga, yang disebut dengan rasio pelanggan komersial.
3. Pelanggan sektor Industri
Pelanggan sektor industri terdiri atas pabrik-pabrik baik yang berkapasitas besar maupun kecil. Perencanaan kelistrikan untuk sektor industri pada PLN wilayah sangat dipengaruhi oleh

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) daerah setempat dan juga pertumbuhan kelistrikan sektor industri.

4. Pelanggan sektor publik

Pelanggan sektor publik meliputi pelanggan yang bersifat umum yang bisa langsung dinikmati oleh masyarakat seperti penerangan jalan, rumah sakit, gedung-gedung pemerintah, perkantoran, sekolah, tempat ibadah, gedung-gedung yayasan dan lain-lain.

2.3.3 Metoda Peramalan Kebutuhan Energi

Ramalan di bidang tenaga listrik pada dasarnya merupakan ramalan kebutuhan energi listrik (watt jam) dan ramalan beban tenaga listrik (watt). Keduanya sering disebut dengan istilah demand and load forecasting. Hasil dari peramalan ini digunakan untuk membuat rencana pemenuhan kebutuhan maupun pengembangan penyediaan tenaga listrik setiap saat secara cukup dan terus menerus.

Untuk membuat suatu perencanaan, umpamanya perencanaan pemakaian energi atau tenaga listrik, perlu dibuat proyeksi-proyeksi bertahap, misalnya jangka *pendek* (sekitar 5 tahun), jangka *menengah* (10-15 tahun), dan jangka *panjang* (25 tahun).

2.3.4 Karakteristik Metoda Peramalan Kebutuhan Listrik

Metoda peramalan pada umumnya mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Jangka waktu ke depan
Dalam melakukan perencanaan harus memperhatikan rentang waktu ke depan yang akan dilihat dan beberapa periode yang diinginkan. Hal ini sangat berpengaruh terhadap peramalan yang akan dipilih dan berhubungan pula dengan ketelitian yang akan dicapai.
- Pola data
Pola data didapat dengan cara memplotkan hasil pengumpulan data masa lalu dalam suatu grafik. Dengan mengetahui pola data yang terjadi dapat ditentukan metode-metode yang akan digunakan sebagai pendekatan.
- Model peramalan
Model peramalan dapat dibagi atas beberapa macam, yaitu :

- a. Model time series, menyatakan hubungan variabel dan waktu atau $G = F(t)$. Dasarnya adalah data masa lalu dan tidak bisa mengukur hubungan interaksinya hanya bisa memprediksi akan tetapi tidak menyatakan mengapa hal tersebut bisa terjadi.
 - b. Model regresi, menyatakan hubungan sebab-akibat atau $Y = F(x)$. Dasarnya adalah hubungan sebab akibat tersebut.
 - c. Model statistik, yaitu atas dasar perhitungan statistik untuk perhitungan kuantitatif.
- Ketepatan
Ketepatan ini berhubungan dengan kesalahan (error) yang terjadi dimana ketepatan peramalan dapat dilihat dari
 1. Item yang diramalkan dihubungkan dengan karakteristik situasi
 2. Melihat kecenderungan yang terjadi, kemudian dilihat interaksinya antara variabel yang dipersoalkan dan kemudian dihubungkan dengan karakteristik model.
 3. Jumlah data yang tersedia dan perumusan waktu dalam penyelesaian masalah

2.4. Metode-metode Dalam Menganalisa Peramalan Beban

2.4.1. Metode Regresi Darab

Seringkali dalam praktek ataupun kehidupan sehari-hari ingin diketahui hubungan antara dua atau lebih peubah. Misalnya hubungan antara berat dan tinggi badan orang, hubungan antara tekanan darah seseorang dengan umurnya dan lain-lain. Dalam hal ini ada yang disebut sebagai peubah bebas (*Independent Variable*), yaitu suatu peubah yang sifatnya mempengaruhi peubah yang lain dan peubah yang dipengaruhi disebut peubah tak bebas (*Dependent Variable*), disebut tak bebas karena nilainya sangat tergantung dari peubah bebas.

Banyak soal yang datanya dinyatakan oleh lebih dari sebuah variabel. Karenanya, dalam hal ini akan diuraikan bagaimana menelaah kumpulan data yang terdiri atas banyak variabel. Mengingat analisis kumpulan data yang terdiri atas banyak variabel pada dasarnya merupakan peluasan dari analisis yang datanya terdiri atas dua variabel, maka di sini terutama hanyalah akan dibicarakan penelaahan kumpulan

data yang dilukiskan oleh dua variabel saja. Untuk keperluan penelaahan, kepada kedua variabel itu maka kita gunakan simbol yang lazim dipakai, ialah X dan Y yang dapat diberi indeks menurut keperluannya. Jadi sekarang yang akan ditinjau ialah kumpulan pasangan data dalam bentuk : X_1, X_2, \dots, X_n dan Y_1, Y_2, \dots, Y_n atau pasangan (X_i, Y_i) ; $i = 1, 2, \dots, n$; sehingga sampel yang berukuran n itu terdiri atas n buah pasang data.

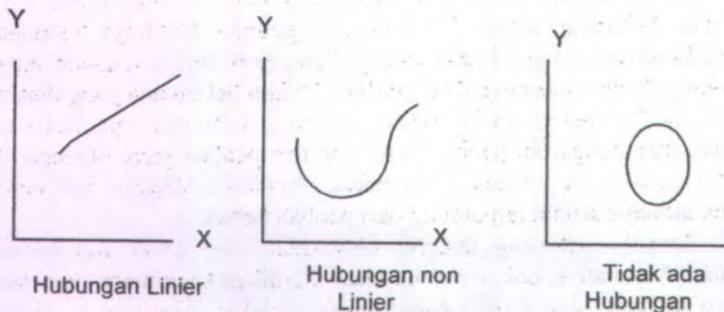
Hal-hal yang akan dipelajari mengenai kumpulan data yang terdiri atas dua variabel ini adalah :

1. Mempelajari derajat asosiasi antara kedua variabel. Bagian ini dalam statistika lebih dikenal dengan nama analisa korelasi.
2. Mempelajari hubungan yang ada di antara variabel-variabel sehingga dari hubungan yang diperoleh kita dapat menafsir variabel yang satu apabila harga variabel lainnya diketahui. Bagian ini dikenal dengan nama analisis regresi.

Regresi adalah salah satu metode untuk membuat persamaan garis (kurva) secara matematis yang paling mewakili hubungan antara X dan Y. persamaan garis ini disebut sebagai persamaan regresi. Sedangkan kegunaan regresi adalah untuk menganalisa bentuk hubungan matematis antara dua peubah atau lebih.

Dari analisis regresi yang telah dilakukan, maka dapat ditarik tiga kesimpulan antara hubungan X dan Y:

1. Hubungan linier.
2. Hubungan tidak linier.
3. Tidak ada hubungan.



Gambar 2.2.
Hubungan Regresi

Terkadang beberapa peubah prediktor bebas x_1, \dots, x_m dikaitkan pada peubah respon Y . Dalam suatu percobaan, sering si pencoba mengendalikan beberapa kemungkinan sumber keragaman, yang mana mempunyai pengaruh yang berarti dalam memprediksikan peubah respon sedangkan yang lainnya tidak. Dalam keadaan seperti itu, penting sekali mengeluarkan peubah yang tidak berarti dari model dan hanya mengikutsertakan peubah yang membantu prediksi Y . Proses ini disebut pembuatan model.

Suatu model yang mengaitkan peubah respon Y pada suatu himpunan peubah prediktor bebas $\{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ diukur tanpa galat,

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon, \dots \dots \dots (2.2)$$

disebut model statistik linier. Suatu anggapan umum bahwa ;

$$E(\varepsilon) = 0, \text{ Var}(\varepsilon) = \sigma^2$$

Di samping itu sering dianggap bahwa distribusi ε (karenanya itu juga Y) normal. Penggunaan matriks memudahkan penentuan dan penurunan persamaan yang terkait. Bila kita hipotesiskan persamaan di atas sebagai hubungan yang berdasarkan teori antara semua x dengan Y , maka kita dapat menulis (untuk setiap $i = 1, 2, 3, \dots, n$) :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i, \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan demikian seluruh himpunan pengamatan dapat dituliskan sebagai :

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_1 = \beta_0 + \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{21} + \dots + \beta_k x_{k1} + \varepsilon_1 \\ Y_2 = \beta_0 + \beta_1 x_{12} + \beta_2 x_{22} + \dots + \beta_k x_{k2} + \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ Y_n = \beta_0 + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \dots + \beta_k x_{kn} + \varepsilon_n \end{array} \right.$$

Dalam lambang matriks dapat dituliskan sebagai

$$Y = X'\beta + \varepsilon \dots\dots\dots(2.4)$$

Di mana,

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ Y_n \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \cdot \\ \beta_n \end{bmatrix}, \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \cdot \\ \varepsilon_n \end{bmatrix},$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & & & \\ x_{k1} & x_{k2} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix}$$

Di sini X' disebut matriks rancangan.

Untuk mencari penaksir kuadrat terkecil untuk β , kita pandang jumlah kuadrat galat bila Y diprediksi dengan $\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki}$ dan cari $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ yang meminimumkan.

$$Q(\beta) \equiv S(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k) = \sum_{i=1}^n (Y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki}))^2$$

Perlu diperhatikan bahwa

$$\begin{aligned} Q(\beta) &= (Y - X'\beta)'(Y - X'\beta) \\ &= Y'Y - \beta'XY - Y'X'\beta + \beta'XX'\beta \end{aligned}$$

dengan menurunkan Q(B) terhadap β , kemudian disamakan dengan 0, dan diselesaikan untuk β maka diperoleh

$$\beta = (XX')^{-1}XY \dots\dots\dots(2.5)$$

2.4.2. Metode DKL 3.0

Peramalan kebutuhan energi listrik merupakan dugaan atau perkiraan jumlah pertumbuhan pelanggan serta kebutuhan energi listrik untuk beberapa kurun waktu yang akan datang. Salah satu metode yang dipakai sekarang ini adalah metode DKL 3.0¹ yang meramalkan kebutuhan energi listrik dari masing-masing kelompok beban serta perkiraan besarnya beban puncak yang terjadi pada suatu periode tertentu.

a. Sektor Rumah Tangga

Peramalan kebutuhan energi listrik terhadap pelanggan, Penduduk dan konsumsi energi dipengaruhi oleh beberapa hal meliputi :

- Jumlah dan tingkat pertumbuhan penduduk.
- Rasio elektrifikasi.
- Penambahan jumlah pelanggan rumah tangga baru.
- Tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik pelanggan rumah tangga.
- Konsumsi spesifik pelanggan rumah tangga baru.

Untuk menghitung peramalan kebutuhan energi listrik maka dipergunakan beberapa persamaan berikut ini.

$$P_t = P_{t-1} \times (1 + i_t) \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

- P_t = jumlah penduduk pada tahun t (jiwa).
- P_{t-1} = jumlah penduduk pada tahun t - 1 (jiwa)
- i_t = tingkat pertumbuhan penduduk (%) pada tahun t.

$$Pel.R_t = RE_t \times H_t \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana :

- $Pel. R_t$ = jumlah pelanggan rumah tangga pada tahun t (jiwa).
- RE_t = rasio elektrifikasi pada tahun t (%).
- H_t = jumlah rumah tangga pada tahun t.

$$\Delta Pel.R_t = Pel.R_t - Pel.R_{t-1} \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana :

- $\Delta Pel. R_t$ = penambahan pelanggan baru pada tahun t.

¹ (PT. PLN Persero) Distribusi Jawa Timur, 2002

Pel. R_{t-1} = jumlah pelanggan pada tahun t (jiwa).

$$ER_t = [ER_{t-1} \times (1 + G_t)] + [\Delta Pel.R_t \times KS_t] \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana:

- ER_t = konsumsi energi listrik pelanggan tahun t (Wh).
- ER_{t-1} = konsumsi energi listrik pelanggan tahun t-1 (Wh).
- G_t = tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik pelanggan rumah tangga pada tahun t (%).
- KS_t = konsumsi spesifik pelanggan baru tahun t (Wh).

b. Sektor Komersil

Peramalan kebutuhan energi listrik terhadap pelanggan sektor komersil dipengaruhi oleh beberapa hal meliputi :

- Jumlah pelanggan rumah tangga dan pelanggan komersil baru.
- Rasio pelanggan komersil.
- Tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik pelanggan komersil.

Untuk menghitung peramalan kebutuhan energi listrik maka dipergunakan beberapa persamaan berikut ini :

$$Pel.K_t = RPK \times Pel.R_t \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana :

- Pel. K_t = jumlah pelanggan komersil pada tahun t (jiwa).
- RPK = rasio pelanggan komersil (%).
- Pel. R_t = jumlah pelanggan rumah tangga pada tahun t (jiwa).

$$EK_t = EK_{t-1} \times (1 + G_t) \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana :

- EK_t = konsumsi energi listrik pelanggan komersil tahun t (Wh).
- EK_{t-1} = konsumsi energi listrik pelanggan komersil tahun t-1 (Wh).
- G_t = tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik pelanggan komersil pada tahun t (%).

c. Sektor Publik

Peramalan kebutuhan energi listrik terhadap pelanggan sektor publik juga dipengaruhi oleh beberapa hal meliputi :

- Jumlah pelanggan rumah tangga dan pelanggan publik baru.
- Rasio pelanggan publik.
- Tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik pelanggan publik.

Untuk menghitung peramalan kebutuhan energi listrik maka dipergunakan beberapa persamaan berikut ini :

$$Pel.P_t = RPP \times Pel.R_t \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana :

Pel. P_t = jumlah pelanggan publik pada tahun t.

RPP = rasio pelanggan publik (%).

Pel. R_t = jumlah pelanggan rumah tangga pada tahun t (jiwa).

$$EP_t = EP_{t-1} \times (1 + G_t) \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana :

EP_t = konsumsi energi listrik pelanggan publik tahun t (Wh).

EP_{t-1} = konsumsi energi listrik pelanggan publik tahun t-1 (Wh).

G_t = tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik pelanggan publik pada tahun t (%).

d. Sektor Industri

Peramalan kebutuhan energi listrik terhadap pelanggan sektor komersil dipengaruhi oleh beberapa hal meliputi :

- Jumlah pelanggan industri baru.
- Elastisitas pelanggan terhadap sektor industri.
- Tingkat pertumbuhan PDRB pada sektor industri dari suatu wilayah.

Untuk menghitung peramalan kebutuhan energi listrik maka dipergunakan beberapa persamaan berikut ini :

$$Pel.I_t = Pel.I_{t-1} \times (1 + G_I) \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana :

Pel. I_t = jumlah pelanggan industri pada tahun t.

Pel. I_{t-1} = jumlah pelanggan industri pada tahun t-1.

G_I = pertumbuhan PDRB sektor industri (%).

$$EI_t = EI_{t-1} \times \left[1 + \left(\frac{e_I \times G_I}{100} \right) \right] \quad \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana :

e_I = elastisitas pelanggan terhadap sektor industri (%).

EI_{t-1} = konsumsi energi listrik pelanggan industri tahun t-1 (Wh).

EI_t = konsumsi energi listrik pelanggan industri tahun t (Wh).

2.5 Pentingnya Energi Alternatif

Energi listrik mutlak diperlukan dan dikembangkan seiring dengan perkembangan informasi dan teknologi. Saat ini energi listrik merupakan kebutuhan primer bagi setiap manusia yang sadar akan kebutuhan informasi dan teknologi. Pemenuhan suplai listrik dewasa ini dan akan datang mengambil langkah untuk mengantisipasi kekurangan pembangkit listrik energi fosil dengan dikembangkannya suatu pembangkit yang tidak bergantung pada energi fosil, yang dapat dijamin ketersediaan energinya untuk waktu tak terbatas, serta bisa dikatakan bebas dari adanya pencemaran udara akibat proses selama pembangkitan berlangsung, yang disebut energi terbarukan. Pemakaian energi terbarukan sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah dalam meningkatkan pemanfaatan energi yang ramah lingkungan terutama di daerah pedesaan, mengingat hampir 80% dari jumlah penduduk Indonesia hidup di pedesaan dan memanfaatkan sumber energi yang tersedia di lokasi setempat. Tetapi sampai saat ini jenis energi ini belum banyak dipergunakan secara luas dalam kehidupan sehari-hari untuk tujuan komersial.

Pemakaian energi secara tepat dan berdaya guna tinggi memerlukan perencanaan yang cukup matang dan bijak, yang harus ditunjang oleh kemampuan pengembangan, penyerapan, dan penerapan teknologi maju yang berwawasan lingkungan.

2.5.1 Klasifikasi Energi²

Sumber daya alam secara umum dapat dibagi menjadi sumber daya yang dapat diperbarui (*renewable resource*) dan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui (*non-renewable resource* atau *depletable resource*). Pengklasifikasian itu sangat dipengaruhi oleh peran variabel waktu (*time*). Sumber daya alam yang dapat diperbarui merupakan sumber daya alam yang dapat terus menerus tersedia sebagai input produksi dengan batas waktu tak terhingga. Air, hutan, panas matahari, dan sebagainya termasuk dalam sumber daya alam yang dapat diperbarui. Sedangkan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui adalah sumber daya alam yang persediaannya sebagai input produksi sangat terbatas dalam jangka waktu tertentu. Yang termasuk di sini adalah minyak bumi, gas bumi, batu bara, dan sebagainya.

² Mahmudsyah, Syariffuddin, Ir. M.Eng., dan Anam, Sjamsjul, Ir., *Diktat Kuliah : Manajemen Sistem Energi, Teknik Elektro - FTI ITS, Surabaya, 1996.*

Klasifikasi sumber energi dalam ekonomi energi sama dengan ekonomi sumber daya alam, yaitu berdasarkan ketersediaan (stock) sumber daya energi yang dapat diperbarui dan tidak dapat diperbarui. Namun pengklasifikasian dalam ekonomi energi harus pula melihat aspek-aspek lainnya, yaitu pemakaian (*use*) dan nilai komersial. Sumber energi, dilihat dari segi pemakaian, terdiri atas energi primer dan energi sekunder. Energi primer adalah energi yang diberikan oleh alam dan belum mengalami proses pengolahan lebih lanjut. Sementara energi sekunder adalah energi primer yang telah menjalani proses lebih lanjut.

Minyak bumi ketika baru digali dari dalam tanah masih merupakan energi primer. Jika minyak bumi diproses menjadi bahan bakar, maka bahan bakar ini adalah energi sekunder. Demikian pula dengan air terjun. Air terjun yang belum diolah masih merupakan energi primer. Jika kemudian di air terjun ini dipasang alat pembangkit listrik maka listrik yang dihasilkan merupakan energi sekunder. Bila dilihat dari nilai komersial, maka sumber energi terdiri atas energi komersial, non-komersial dan energi baru. Energi komersial adalah energi yang sudah dipakai dan dapat diperdagangkan dalam skala ekonomis, sementara energi non-komersial adalah energi yang sudah dipakai dan dapat diperdagangkan tetapi tidak dalam skala ekonomisnya. Energi baru adalah energi yang sudah dipakai tetapi sangat terbatas dan sedang dalam tahap pengembangan (*pilot project*). Energi ini belum dapat diperdagangkan karena belum mencapai skala ekonomis.

2.5.2 Kebijakan Energi

2.5.2.1 Tujuan Kebijakan Energi

Kebijakan energi di Indonesia mempunyai tujuan sebagai berikut³:

- a. Menjamin penyediaan di dalam negeri secara terus menerus dalam jumlah dan mutu yang sesuai dengan kebutuhan dan harga yang dapat dijangkau oleh masyarakat, sehingga hal itu turut meningkatkan taraf hidup rakyat dan mendorong laju pertumbuhan sosial-ekonomi yang cukup tinggi.
- b. Mengusahakan agar minyak bumi, gas bumi, dan sumber energi lainnya dapat tersedia untuk ekspor, sehingga sumber energi dapat berperan sebagai penghasil devisa bagi pembangunan.

³ Badan Koordinasi Energi Nasional, *Kebijakan Umum Bidang Energi*, Departemen Pertambangan dan Energi, Jakarta, 1 September 1991.

- c. Bahan bakar minyak digunakan sehemat-hematnya terutama untuk keperluan yang tidak dapat diganti dengan bentuk energi lain, seperti sebagai bahan bakar pengangkutan dan bahan bakar bagi industri.
- d. Mengembangkan sumber energi lainnya, terutama sumber energi terbarukan, agar dalam waktu yang tidak lama sumber energi itu sejauh mungkin dapat menggantikan sumber energi yang tidak terbarukan.
- e. Pelestarian lingkungan agar dapat perhatian sepenuhnya dalam usaha mengelola sumber energi.

Sedangkan dalam edisi revisi, tujuan kebijaksanaan energi nasional mempunyai tujuan⁴ :

- a. Menciptakan iklim yang kondusif agar tujuan pembangunan energi tercapai.
- b. Memberikan kepastian kepada pelaku di bidang pembangunan energi.

Hal ini juga untuk merubah paradigma tentang sumber energi di Indonesia yang berlimpah dengan paradigma baru bahwa sumber energi di Indonesia sangat terbatas. Implikasi kebijaksanaan energi nasional dilaksanakan dengan berpedoman⁵ :

- a. Tidak adanya pengalokasian jenis energi.
- b. Terciptanya kompetisi pasar dalam pemanfaatan energi (tergantung daya saing dan nilai ekonomisnya).
- c. Agar dapat berkompetisi, energi baru dan terbarukan diberikan insentif.

2.5.2.2 Langkah Kebijaksanaan Energi

Makin berkurangnya ketersediaan sumber daya energi fosil, khususnya minyak bumi, yang sampai saat ini masih merupakan tulang punggung dan komponen utama penghasil energi listrik di Indonesia, serta makin meningkatnya kesadaran akan usaha untuk melestarikan lingkungan, maka telah disusun kebijaksanaan energi yang diimplementasikan melalui langkah kebijaksanaan⁶ :

a. Intensifikasi

Intensifikasi survei dan eksplorasi dilakukan untuk mengetahui dengan lebih pasti potensi sumber daya energi yang secara

⁴ Badan Koordinasi Energi Nasional, *Kebijaksanaan Umum Bidang Energi*, Departemen Pertambangan dan Energi, Jakarta, 27 Juli 2000.

⁵ Ibid.

⁶ Ibid.

ekonomis dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi guna meningkatkan kesejahteraan rakyat. Eksplorasi cadangan baru minyak dan gas bumi, batubara, panas bumi, tenaga air, mineral radioaktif, biomassa, serta sumber daya non komersial lainnya yang terbarukan akan ditingkatkan, terutama di daerah-daerah yang belum pernah disurvei.

b. Diversifikasi

Diversifikasi energi dilakukan dengan mengurangi pangsa minyak bumi untuk konsumsi dalam negeri dan menggantikannya dengan jenis energi lain. Kebijakan diversifikasi akan meningkatkan penganekaragaman penggunaan berbagai jenis energi dengan memperhatikan aspek ekonomi guna meningkatkan kesejahteraan rakyat. Diversifikasi energi tersebut akan dilaksanakan dengan melihat prioritas pengembangan sumber energi.

c. Konservasi

Konservasi energi adalah upaya penggunaan energi secara hemat dan efisien. Kebijakan konservasi bertujuan memelihara kelestarian sumber daya yang ada melalui penggunaan sumber daya secara bijaksana bagi tercapainya keseimbangan antara pembangunan, pemerataan dan pengembangan lingkungan hidup. Upaya konservasi energi diarahkan untuk meningkatkan pembangunan yang merata dan berkelanjutan. Dalam hubungannya dengan itu akan dikembangkan penggunaan teknologi produksi dan penggunaan energi yang lebih efisien dari segi teknis, ekonomis dan kesehatan lingkungan.

2.5.3 Peluang Pemanfaatan Energi Terbarukan

Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi dalam penentuan peluang pengembangan energi di Indonesia, yaitu⁷ :

a. Menipisnya Cadangan Minyak Bumi

Setelah terjadinya krisis energi yang mencapai puncaknya pada dekade 1970, dunia menghadapi kenyataan bahwa persediaan minyak bumi, sebagai salah satu tulang punggung produksi energi terus berkurang, bahkan beberapa ahli berpendapat, bahwa dengan pola konsumsi seperti sekarang, maka dalam waktu 50 tahun cadangan minyak bumi dunia akan habis. Keadaan ini bisa diamati dengan kecenderungan meningkatnya harga minyak di pasar di dalam negeri, serta ketidakstabilan harga tersebut di pasar

⁷ Majalah Elektro Indonesia, *Pengembangan Energi Terbarukan Sebagai Energi Aditif di Indonesia*, Elektro Online dan Indosat Net, 1997.

internasional, karena beberapa negara maju yang merupakan konsumen minyak terbesar mulai melepaskan diri dari ketergantungannya kepada minyak bumi sekaligus berusaha mengendalikan harga agar tidak meningkat. Sebagai contoh, pada tahun 1970 negara Jerman mengkonsumsi minyak bumi sekitar 75% dari total konsumsi energinya, namun pada tahun 1990 konsumsi tersebut menurun hingga tinggal 50% (Pinske, 1993). Jika dikaitkan dengan penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar sistem pembangkit listrik, maka kecenderungan tersebut berarti akan meningkatkan pula biaya operasional pembangkit yang berpengaruh langsung terhadap biaya satuan produksi energi listriknya. Di lain pihak biaya satuan produksi energi listrik dari sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber daya energi terbarukan menunjukkan tendensi menurun, sehingga banyak ilmuwan percaya bahwa pada suatu saat biaya satuan produksi tersebut akan lebih rendah dari biaya satuan produksi dengan minyak bumi atau energi fosil lainnya.

b. *Meningkatnya Kesadaran Masyarakat akan Kesadaran Lingkungan*

Dalam sepuluh tahun terakhir ini, pengetahuan dan kesadaran masyarakat akan pelestarian lingkungan hidup menunjukkan gejala yang positif. Masyarakat makin peduli akan upaya penanggulangan segala bentuk polusi, mulai dari sekedar menjaga kebersihan lingkungan sampai dengan mengontrol limbah buangan dan sisa produksi. Banyak pembangunan proyek fisik yang memperhatikan faktor pelestarian lingkungan sehingga kerusakan ataupun pengotoran yang merugikan lingkungan sekitar dapat dihindari, minimal dikurangi. Setiap bentuk produksi energi dan pemakaian energi secara prinsip dapat menimbulkan bahaya bagi manusia karena pencemaran udara, air dan tanah, akibat pembakaran energi fosil, seperti batubara, minyak dan gas di industri, pusat pembangkit maupun kendaraan bermotor.

Tabel 2.4⁸*Beberapa Senyawa Polutan dan Akibatnya pada Manusia*

Zat Polutan	Akibat Yang Mungkin Pada Manusia
SO ₂ (Sulphur Dioksida)	a. Sesak napas b. Membuat asma c. Memperberat asma (Asthma Bronchiale)
CO (Carbon Monoksida)	a. Mata kabur (Amblyopia) b. Gangguam fungsi pikir c. Gangguan gerakan otot / motorik / refleksi d. Gangguan fungsi paru e. Peracunan fungsi tubuh dengan mengikat hemoglobin (Hb), kekurangan oksigen dan kematian
NO _x (Nitrogen Oksida)	a. Membentuk methemoglobin (MethHb) dan menyebabkan fibrosis serta gangguan paru-paru dan endema paru-paru b. Melemahkan sistem pertahanan paru dan saluran pernafasan c. Gangguan penyumbatan paru-paru d. Gangguan fungsi pembuluh darah
Partikel Debu (SPM = suspendent particulate matter)	a. Partikel debu berukuran 0.3 - 0.6 mikron bisa sampai di kantung - kantung udara paru-paru b. Partikel debu berukuran diatas 0.6 mikron akan tertahan di saluran pernafasan bagian atas (hidung dan tenggorokan)

Limbah produksi energi konvensional, dari sumber daya energi fosil, sebagian besar memberi kontribusi terhadap polusi udara, khususnya berpengaruh terhadap kondisi iklim. Pembakaran energi fosil akan membebaskan karbon (CO₂) dan beberapa gas yang merugikan lainnya ke atmosfer. Pembebasan ini merubah komposisi kimia lapisan udara dan mengakibatkan terbentuknya efek rumah kaca (*treibhouse effect*), yang memberi kontribusi pada peningkatan suhu bumi. Guna mengurangi pengaruh negatif tersebut, sudah sepantasnya dikembangkan pemanfaatan energi terbarukan dalam produksi energi

⁸ Litbang Republika, Jakarta, Minggu 28 September 1997.

listrik. Sebagai ilustrasi, setiap kWh energi listrik yang diproduksi dari energi terbarukan dapat menghindarkan pembebasan 974 gr CO₂, 962 mg SO₂ dan 700 mg NO_x ke udara, daripada jika diproduksi dari energi fosil.

Bisa dihitung, jika pada tahun 1990 yang lalu 85% dari produksi energi listrik di Indonesia (sekitar 43.200 GWh) dihasilkan oleh energi fosil, berarti terjadi pembebasan 42 juta ton CO₂, 41,5 juta ton SO₂ serta 30 ribu ton NO_x.

Kita tahu bahwa CO₂ merupakan salah satu penyebab terjadinya efek rumah kaca, SO₂ mengganggu proses fotosintesis pada tumbuhan, karena merusak zat hijau daunnya, serta menjadi penyebab terjadinya hujan asam bersama-sama dengan NO_x. Sedangkan NO_x sendiri secara umum dapat menumbuhkan sel-sel beracun dalam tubuh makhluk hidup, serta meningkatkan derajat keasaman tanah dan air jika bereaksi dengan SO₂.

2.5.4 Kendala Pemanfaatan Energi Terbarukan

Pemanfaatan sumber daya energi terbarukan sebagai bahan baku produksi energi listrik mempunyai kelebihan antara lain⁹:

1. Relatif mudah didapat
2. Dapat diperoleh dengan gratis, berarti biaya operasional sangat rendah
3. Tidak mengenal problem limbah
4. Proses produksinya tidak menyebabkan kenaikan temperatur bumi
5. Tidak terpengaruh kenaikan harga bahan bakar

Akan tetapi bukan berarti pengembangan pemanfaatan sumber daya energi baru dan terbarukan ini terbebas dari segala kendala. Khususnya di Indonesia, ada beberapa kendala yang menghambat pengembangan energi terbarukan bagi produksi energi, seperti¹⁰:

1. Harga jual energi fosil, misalnya minyak bumi, solar, dan batubara, di Indonesia masih sangat rendah. Meskipun baru saja dinaikkan sebesar 15%, harga jual energi fosil di Indonesia masih paling murah sekalipun di wilayah Asia Tenggara.

⁹ Majalah Elektro Indonesia, op. cit.

¹⁰ Ibid.

Tabel 2.5¹¹
Perbandingan Harga BBM dalam Rupiah
dari Berbagai Negara Tahun 2005

Negara	Premium	Minyak Solar	Minya k
Indonesia	4.500	4.700	2.000
Singapura	6.468	985	1.051
Malaysia	2.518	1.514	1.513
Thailand	1.879	-	2.093
Filipina	2.792	1.805	1.518
Hongkong	12.765	6.831	3.289
Korea Selatan	4.402	-	1.803
Brunai	1.827	1.573	2.030

2. Rekayasa dan teknologi pembuatan sebagian besar komponen utamanya belum dapat dilaksanakan di Indonesia, jadi masih harus mengimpor dari luar negeri.
3. Biaya investasi pembangunan yang tinggi menimbulkan masalah finansial pada penyediaan modal awal.
4. Belum tersedianya data potensi yang lengkap karena masih terbatasnya studi dan penelitian yang dilakukan.
5. Secara ekonomi belum dapat bersaing dengan pemakaian energi fosil.
6. Kontinuitas penyediaan energi listrik rendah, karena sumber daya energinya sangat bergantung pada kondisi alam yang perubahannya tidak menentu.

Potensi sumber daya energi baru dan terbarukan, seperti panas bumi, matahari, angin, air, dan biomassa, ini secara prinsip memang dapat diperbaharui, karena selalu tersedia di alam. Namun pada kenyataannya potensi yang dapat dimanfaatkan adalah terbatas.

Tidak di setiap daerah dan setiap waktu matahari bersinar cerah, air jatuh dari ketinggian dan mengalir deras, serta angin bertiup dengan kencang. Disebabkan oleh keterbatasan-keterbatasan tersebut, nilai sumber daya energi sampai saat ini belum dapat begitu menggantikan kedudukan sumber daya energi fosil sebagai bahan baku produksi energi listrik. Oleh sebab itu energi baru dan terbarukan ini lebih tepat disebut sebagai energi aditif, yaitu sumber daya energi tambahan untuk memenuhi peningkatan energi listrik, serta menghambat atau mengurangi peranan sumber daya energi fosil.

¹¹ Ahmad Zidan, Pengamat Energi, I.S.M, Surabaya 30 September 2000.

2.6 Pemanfaatan Energi Terbarukan Untuk Pembangkit Tenaga Listrik

2.6.1 Pembangkit Energi listrik

2.6.1.1 Jenis Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkit tenaga listrik dibedakan menjadi beberapa jenis. Penggolongan ini berdasarkan beberapa kriteria. Jenis-jenis pembangkit tenaga listrik adalah sebagai berikut¹² :

- 1) *Berdasarkan energi yang dipakai*
 - a) Energi Terbarukan
 - (1) Pembangkit Listrik Tenaga Air
 - (2) Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
 - (3) Pembangkit Listrik Tenaga Magma
 - (4) Pembangkit Listrik Tenaga Fotovoltaik
 - (5) Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut
 - (6) Pembangkit Listrik Tenaga Angin
 - (7) Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut
 - (8) Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa
 - b) Energi Tak Terbarukan
 - (1) Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
 - (2) Pembangkit Listrik Tenaga Gas
 - (3) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Batubara)
 - (4) Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
- 2) *Berdasarkan Pembebanan*
 - a) Pembangkit Untuk Beban Dasar (Base Load PowerPlant)
 - b) Pembangkit Untuk Beban Puncak (Peak Load Power Plant)
- 3) *Berdasarkan Lokasi*
 - a) Central Power Station (pembangkit pusat)
 - b) Isolated Power Plant (pembangkit daerah)

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan pembangunan pembangkit tenaga listrik sehingga pembangkit tenaga listrik akan bekerja secara optimal sampai waktu yang telah ditentukan.

Hal yang perlu diperhatikan yaitu¹³ :

- 1) Biaya pembangkitan
- 2) Keamanan dari pembangkit tenaga listrik

¹² _____, *Power Plant*, New Delhi, 1978.

¹³ Ibid.

- 3) Keandalan
- 4) Effisiensi
- 5) Kemudahan pemeliharaan
- 6) Kondisi kerja yang baik

Karena pengaruh dari usia, waktu operasi, dan beberapa hal lain, setiap pembangkit tenaga listrik akan mengalami penurunan efisiensi. Dengan adanya penurunan efisiensi maka suatu pembangkit tenaga listrik tidak akan bekerja secara optimal lagi atau keandalannya sudah menurun. Tiap pembangkit tenaga listrik mempunyai keandalan yang berbeda-beda. Namun secara umum keandalan dari pembangkit tenaga listrik berkisar antara 20 sampai dengan 25 tahun. Untuk pembangkit tenaga nuklir, keandalannya sekitar 15 sampai dengan 20 tahun, untuk pembangkit tenaga diesel keandalannya hanya sekitar 15 tahun.

2.6.1.2 Perencanaan Pembangkit Tenaga Listrik

Di dalam perencanaan pembangunan pembangkit tenaga listrik terdapat beberapa ketentuan yang perlu diperhatikan seperti¹⁴ :

1) *Beban tersambung*

Pembangunan pembangkit tenaga listrik harus disesuaikan dengan besarnya beban yang harus disuplai serta perkembangan dari kebutuhan beban tersebut. Harus ditentukan sampai berapa tahun pembangkit yang akan dibangun dapat mensuplai beban dari daerah yang dilayani.

2) *Permintaan Maksimum*

Besarnya kebutuhan akan energi listrik di suatu daerah tentunya tidaklah sama dalam satu hari. Permintaan akan energi listrik dalam satu hari akan berfluktuasi setiap jam. Oleh karena itu pembangunan pembangkit tenaga listrik yang direncanakan haruslah dapat memenuhi permintaan maksimum dari suatu daerah.

3) *Faktor Permintaan*

Faktor permintaan merupakan rasio dari permintaan maksimum akan energi listrik terhadap besarnya beban yang tersambung.

4) *Faktor Beban*

Faktor beban adalah rasio dari beban rata-rata terhadap permintaan maksimum.

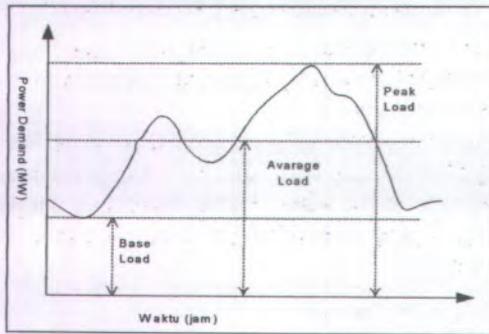
5) *Base Load dan Peak Load*

¹⁴ Ibid.

Pembangkit tenaga listrik bekerja dalam faktor beban yang berbeda. Oleh karena itu harus ditentukan jenis pembangkit yang bekerja pada base load serta pembangkit mana yang harus diaktifkan pada beban puncak (*peak load*). Biasanya untuk menanggung beban dasar dipakai pembangkit yang memiliki kapasitas besar dan harga pembangkitan yang rendah, misalnya pembangkit tenaga air.

6) *Kurva Beban*

Kurva beban merupakan grafik yang menunjukkan besarnya permintaan akan energi listrik dari suatu wilayah dalam satu hari (24 jam), yang selalu berubah setiap jamnya. Kurva beban akan memberikan informasi tentang besarnya perubahan beban yang terjadi dalam suatu wilayah dalam satu hari sehingga dapat ditentukan secara ekonomis dan efisien penjadwalan jenis pembangkit yang dijalankan.



Gambar 2.4
Kurva Beban

7) *Faktor Kapasitas Pembangkit*

Faktor kapasitas pembangkit merupakan rasio perbandingan antara besarnya energi nyata yang diproduksi dalam kWh dengan energi maksimum yang dapat dibangkitkan.

Persamaannya adalah :

Persamaannya adalah :

$$\text{Plants capacity factor} = \frac{E}{C \times t} \dots\dots\dots (2.15)$$

di mana :

- E = energi yang diproduksi (kWh)
- C = kapasitas dari pembangkit (kW)
- t = total waktu dari pengoperasian (jam)

8) *Faktor Pengoperasian Pembangkit*

Faktor pengoperasian merupakan rasio dari energi yang dibangkitkan dalam waktu tertentu dibandingkan dengan energi maksimum yang mungkin dibangkitkan dalam waktu pengoperasian pembangkit listrik.

Persamaannya adalah:

$$\text{Plant use factor} = \frac{E}{C \times t} \dots\dots\dots (2.16)$$

di mana :

- E = energi yang diproduksi (kWh)
- C = kapasitas dari pembangkit (kW)
- t = total waktu dari pengoperasian (jam)

9) *Faktor Perbedaan*

Faktor perbedaan merupakan rasio dari jumlah permintaan maksimum dengan besarnya permintaan maksimum simultan dari sistem. Tidak semua sistem pelayanan memerlukan energi listrik dengan faktor permintaan yang sama. Oleh karena itu pembangkit harus mampu melayani beban dengan faktor permintaan yang berbeda.

10) *Kurva Durasi Beban*

Dari kurva beban suatu wilayah dapat dibuat kurva durasi beban yang menunjukkan penjadwalan dari pembangkit sesuai dengan besarnya beban yang harus dilayani.

11) *Kapasitas Pembangkit Tenaga Listrik*

Kapasitas dari pembangkit tenaga listrik haruslah di atas atau sama dengan besarnya beban puncak (*peak load*) yang harus dilayani dalam suatu wilayah.

12) *Prinsip dari Design Pembangkit Tenaga Listrik*

Dalam perencanaan pembangkit tenaga listrik terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

- a) Biaya modal yang rendah
- b) Keandalan dalam menyuplai beban
- c) Biaya perawatan yang rendah

- d) Biaya operasi yang rendah
- e) Efisiensi yang tinggi
- f) Harga energi dibangkitkan yang rendah
- g) Dapat menyuplai perkembangan kebutuhan beban
- h) Design yang mudah

Untuk sistem kelistrikan yang terpisah dan relatif kecil, rencana penambahan fasilitas pembangkit dilakukan dengan cara *deterministik*, yaitu dengan menetapkan bahwa kapasitas cadangan yang dibutuhkan sama dengan kapasitas gangguan dua unit pembangkit terbesar. Sebaliknya, pada sistem pembangkit yang terdiri dari beberapa tipe pembangkit (misalnya hidro dan thermal), kriteria perencanaan yang dipakai adalah kemungkinan kegagalan pembebanan (*loss of load probability*), yaitu 4 sampai 6 hari pertahun untuk sistem di luar Jawa.

2.6.2 Biaya Pembangkitan Energi Listrik

Biaya total dari pembangkitan tenaga listrik dapat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu¹⁵ :

- 1) Harga dasar

Terdiri dari beberapa biaya seperti berikut :

 - a) Biaya modal pembangkit tenaga listrik
 - Harga tanah
 - Biaya bangunan
 - Biaya perawatan
 - Biaya instalasi
 - Biaya perancangan pembangkit
 - b) Biaya modal untuk sistem distribusi utama yang meliputi biaya pembangunan gardu dan saluran transmisi
 - Bunga, pajak dan asuransi dari modal
 - Biaya manajemen dan organisasi
 - Penurunan harga
- 2) Harga Energi
 - a) Harga bahan bakar
 - b) Harga biaya pengoperasian
 - c) Harga peralatan dan komponen
 - d) Harga penyuplai, seperti :
 - Air untuk ketel uap
 - Minyak pelumas
 - Biaya air untuk perawatan teknis
- 3) Tuntutan Konsumen

¹⁵ K, Nakajima, *Design Manual Of Overhead Transmission Lines*, Tokyo, 1990.

Meliputi beberapa tuntutan yang tergantung pada jumlah konsumen. Macam-macam biaya berdasarkan pada beberapa hal di bawah ini :

- a) Biaya modal untuk sistem distribusi sekunder dan penurunan biaya, pajak dan bunga dari biaya modal.
 - b) Harga dari pemeriksaan dan pemeliharaan dari jaringan distribusi dan transformator
 - c) Biaya tenaga kerja untuk lapangan dan kantor
 - d) Harga dari kebutuhan publisitas
- 4) Keuntungan Ivestasi
- Investor mengharapkan pengembalian modal dan tentunya dengan bunganya sebagai keuntungan dari investasi modal. Biaya pembangkitan tenaga listrik dapat diturunkan dengan cara menerapkan beberapa perhitungan ekonomis seperti:
- a) Dengan mengurangi investasi awal dari pembangkit tenaga listrik
 - b) Dengan cara memilih unit pembangkit untuk kapasitas yang sesuai.
 - c) Dengan menjalankan pembangkit tenaga listrik dalam kondisi beban maksimum
 - d) Dengan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar sehingga biaya pembangkitan menjadi lebih rendah
 - e) Dengan menyederhanakan pengoperasian pembangkit tenaga listrik sehingga tenaga pengoperasian lebih sedikit diperlukan
 - f) Dengan menempatkan pembangkit tenaga listrik sedekat mungkin dengan beban sehingga jaringan transmisinya menjadi lebih pendek.

2.6.3 Harga Energi Listrik

Tiap pembangkit listrik mempunyai harga energi listrik yang berbeda-beda yang besarnya bervariasi tergantung pada biaya pembangunan, perawatan, dan biaya operasi dari pembangkit listrik tersebut. Secara umum harga energi yang dihasilkan suatu pembangkit listrik dihitung dengan parameter-parameter yang diperlukan , yaitu :

1. Biaya pembangkitan per kW
2. Biaya pengoperasian per kWh
3. Biaya perawatan per kWh
4. Suku bunga
5. Depresiasi

6. Umur operasi

7. Daya yang dibangkitkan

Dengan parameter-parameter seperti yang tersebut di atas dapat dihitung harga energi listrik tiap kWh yang dibangkitkan oleh suatu pembangkit tenaga listrik.

a. *Annuity Suku Bunga*

Nilai suku bunga yang dipergunakan adalah suku bunga per tahun yang harus dibayar dengan memperhitungkan umur dari pembangkit yang mempunyai rumus sebagai berikut :

$$Asb = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots (2.17)$$

b. *Annuity Depresiasi*

Nilai depresiasi didapatkan dari perkiraan penyusutan nilai pembangkit per tahun hingga mendekati atau mencapai 100 persen dari nilai (*value*) pembangkit dan nilai depresiasi per tahun mempunyai rumus sebagai berikut :

$$Ad = \frac{d}{(1+d)^n - 1} \dots\dots\dots (2.18)$$

c. *Harga Energi*

$$= \frac{\text{biaya pembangkitan} \times \text{kapasitas} (Asb + Ad)}{\text{energi yang dibangkitkan setahun}} + \text{operasi} + \text{perawatan} \quad (2.19)$$

di mana

i = suku bunga (%)

d = depresiasi (%)

n = umur pembangkit (tahun)

2.6.4 Analisa Ekonomi Investasi

Sebelum suatu proyek dilaksanakan perlu dilakukan analisa dari investasi tersebut sehingga akan diketahui kelayakan suatu proyek dilihat dari sisi ekonomi investasi. Ada beberapa metode penilaian proyek investasi, yaitu¹⁶ :

¹⁶ Tilameo, *Studi Kelayakan Investasi Untuk Suatu Perusahaan Retail Listrik Tegangan Menengah Di Daerah Kerja PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Cabang Sidoarjo*, Thesis, ITS – Surabaya, 2000.

a) *Net Present Value (NPV)*

NPV adalah nilai sekarang dari keseluruhan Discounted Cash Flow atau gambaran ongkos total atau pendapatan total proyek dilihat dengan nilai sekarang (nilai pada awal proyek). Teknis perhitungan yang harus dilakukan adalah mentransfer seluruh aliran keuangan yang terjadi selama umur proyek (tahun pertama sampai tahun ke-n) ke dalam suatu harga present value (nilai tahun ke-0), tanpa memperhatikan pada tahun seberapa investasi dapat dikembalikan, berarti proyek layak. Menghitung NPV dilakukan dengan cara menghitung cash flow tiap tahun yakni dengan membandingkan antara pengeluaran dengan pemasukan pada tiap-tiap tahun, lalu menghitung discount factor maka akan didapat discount cash flow dengan mengalikan cash flow dan discount factor.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{At}{(1+k)^{xt}} \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana :

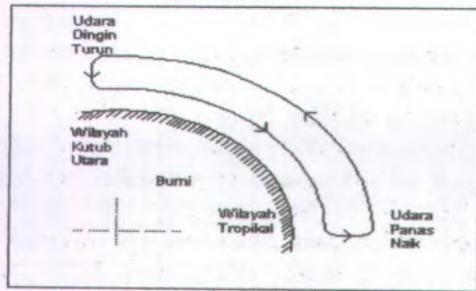
- K = discount rate yang digunakan
- At = cash flow pada periode t
- N = periode yang terakhir di mana cash flow diharapkan

b) *Internal Rate of Return (IRR)*

IRR adalah discount rate yang akan menghasilkan NPV = 0. Besarnya NPV dari suatu cash flow akan bergantung pada tingkat discount yang dipakai. Semakin besar discount rate maka NPV semakin menurun. Dengan kata lain, IRR adalah suatu indikator yang dapat menggambarkan kecepatan pengembalian modal dari suatu proyek. Proyek layak diterima apabila IRR lebih besar dari suku bunga di bank atau tingkat pengembalian untuk suatu proyek investasi (minimum attractive rate of return - MARR). Jika tidak, maka lebih ekonomis menyimpan uang di bank. IRR dasarnya harus dicari dengan cara coba-coba (trial and error).

2.7 Energi Angin

Pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin.



Gambar 2.7¹⁷

Skema Terjadinya Angin

Di daerah khatulistiwa yang panas, udaranya menjadi panas, mengembang dan menjadi ringan, naik ke atas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin, misalnya daerah kutub. Sebaliknya di daerah kutub yang dingin, udaranya menjadi dingin dan turun ke bawah. Dengan demikian terjadi suatu perputaran udara, berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis khatulistiwa menyusuri permukaan bumi, dan sebaliknya, suatu perpindahan udara dari garis khatulistiwa kembali ke kutub utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi. Perpindahan udara seperti ini dikenal sebagai angin pasat.

2.7.1 Pemanfaatan Energi Angin

Secara umum pemanfaatan energi angin dipengaruhi oleh beberapa pengaruh, antara lain :

A. Pengaruh Kecepatan Angin

Tenaga yang dihasilkan dari angin berbanding lurus dengan pangkat tiga dari kecepatan angin dan dijelaskan dengan rumus di bawah ini :

$$P = c \times 0,5 \times \zeta \times v^3 \dots\dots\dots (2.25)$$

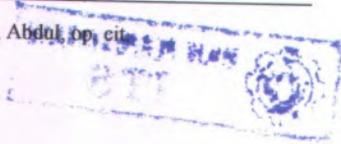
di mana : $c = \frac{16}{27}$

$\zeta =$ densitas udara
 $= 1,18 \text{ kg/m}^2$

$v =$ kecepatan angin dalam m/detik

$P =$ Daya angin dalam W/m^2

¹⁷ Kadir, Abdul, op. cit.



Berdasarkan pendekatan potensi aplikatif, perhitungan potensi energi angin sebagai berikut :

$$P_a = C \times 0,5 \times \rho \times v^3 \times \frac{8 \times 365}{1000} \times \frac{LDP \times \frac{P}{100}}{a_1} \times a_t \dots\dots\dots (2.26)$$

- Di mana P_a = Potensi Angin dalam kWh/tahun
 :
 a_t = Luas lahan yang dibutuhkan untuk 1 (satu) turbin angin dalam m^2
 a_1 = Luas tangkapan angin dalam m^2
 = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$
 D = Diameter rotor blade
 LDP = Luas DP (daerah potensi)
 P = Prosentase luas DP yang dipergunakan untuk angin

B. Tipe Turbin

Tipe turbin ada dua, yaitu:

- 1) Turbin berporos vertikal : baling-baling berputar dalam arah horisontal
- 2) Turbin berporos horisontal : baling- baling berputar dalam arah vertikal

Kelebihan turbin berporos vertikal dibanding dengan horisontal adalah operasi turbin ini tidak bergantung arah angin dan pada kecepatan angin yang rendah (<5m/det).

C. Efisiensi Turbin

Efisiensi dari PL Tenaga Angin dapat didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan dibagi dengan energi masuk. Efisiensi maksimum dari turbin-turbin angin ini secara teoritis, dengan menggunakan teknologi yang tersedia sekarang, adalah sekitar 50%. Menurut teori efisiensi aerodinamika, batas maksimum dari efisiensi turbin angin, dikenal sebagai limit Betz, adalah 59.3%. Tapi dalam prakteknya, turbin-turbin angin modern hanya dapat mencapai efisiensi 40-50%. Akan tetapi efisiensi turbin ini kurang diperhatikan karena sumber energinya gratis dan terbarukan.



D. Faktor Kapasitas

Faktor Kapasitas ini dapat berubah-ubah dari bulan ke bulan, bergantung kecepatan angin pada bulan tersebut. Karena besarnya berubah-ubah, maka biasanya dicari harga rata-rata per tahun.

2.7.2 Kendala Pemanfaatan Energi Angin di Indonesia

Pengembangan energi angin memang masih belum dilakukan secara besar-besaran, oleh karena masih banyak kendalanya, antara lain pembiayaan dan harga energi yang masih belum mampu bersaing, dan beberapa kendala lainnya, seperti :

1. Kecepatan angin di Indonesia yang rendah, lokasi yang kecepatan anginnya sedang terdapat jauh dari pemukiman, misalnya di daerah pegunungan sehingga memerlukan jaringan distribusi
2. Udara pada daerah pantai umumnya mengandung garam dan ini mengakibatkan cepatnya terjadi perkaratan, sehingga harus memakai material yang tahan karat. Material yang tahan karat harganya relatif mahal.
3. Perusahaan yang mengembangkan turbin berskala kecil pada kecepatan angin rendah masih sedikit atau masih terbatas.
4. Pembuatan rotor yang anti karat dan alternator masih sukar di Indonesia.

2.7.3 Keuntungan dan Kerugian Pemanfaatan Energi Angin

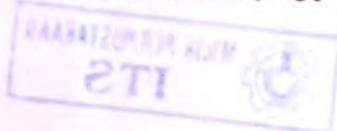
Pemanfaatan dari energi angin ini mempunyai beberapa keuntungan dan kerugian yang perlu diperhitungkan.

Keuntungan dari pemanfaatan energi angin ini adalah :

1. Sumber energi tersedia pada lokasi setempat
2. Memberikan lapangan kerja bagi masyarakat setempat
3. Tidak memerlukan bahan bakar
4. Bersih lingkungan
5. Teknologi *blade* atau baling-baling mirip dengan teknologi helikopter yang telah mapan

Sedangkan kelemahan-kelemahannya antara lain :

1. Angin tidak selalu bertiup sepanjang waktu
2. Memerlukan pemeliharaan yang periodik dan rutin



3. Daerah-daerah yang mempunyai potensi angin umumnya jauh dari pemukiman sehingga memerlukan jaringan distribusi
4. Perkembangan turbin angin di luar ditujukan untuk kecepatan angin di atas 6 m/detik dan berkapasitas di atas 50 KW.

2.8 Energi Biomassa

Pemakaian biomassa untuk pembangkit tenaga listrik dibedakan menjadi dua. Yang pertama menggunakan biomassa sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap, sedangkan yang kedua memanfaatkan biomassa sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga diesel, untuk itu biomassa dikonversi terlebih dahulu melalui proses gasifikasi hingga menghasilkan gas.

2.8.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pada pembangkit listrik tenaga uap ini, biomassa akan berfungsi sebagai bahan bakar menggantikan bahan bakar konvensional seperti minyak ataupun batubara. Biomassa yang digunakan bisa dari kayu maupun limbah. Pemakaian biomassa bisa secara langsung maupun melalui proses gasifikasi terlebih dahulu. Untuk biomassa yang berasal dari limbah mempunyai beberapa persoalan. Diantara persoalan itu antara lain¹⁸ :

- a. Tidak ada kapasitas cadangan jika limbah tidak tersedia. Tempat pembakaran tidak bisa dipergunakan untuk batu bara ataupun bahan bakar lain, karena konstruksinya memang sendiri.
- b. Limbah harus disortir sebelum dipakai sebagai bahan bakar.
- c. Sampah perlu dicampur dengan minyak bakar, untuk meningkatkan efisiensi pembakaran sampai habis.
- d. Perlu adanya pengaturan untuk membuang sisa limbah yang tidak terbakar.

2.8.2 PLTD Gasifikasi Biomassa

Pembangkit listrik tenaga diesel gasifikasi biomassa terdiri dari empat bagian utama, yaitu unit konversi, unit pemurnian, mesin diesel, dan generator. Keempat bagian tersebut merupakan satu kesatuan yang saling melengkapi dalam proses konversi biomassa menjadi energi listrik.

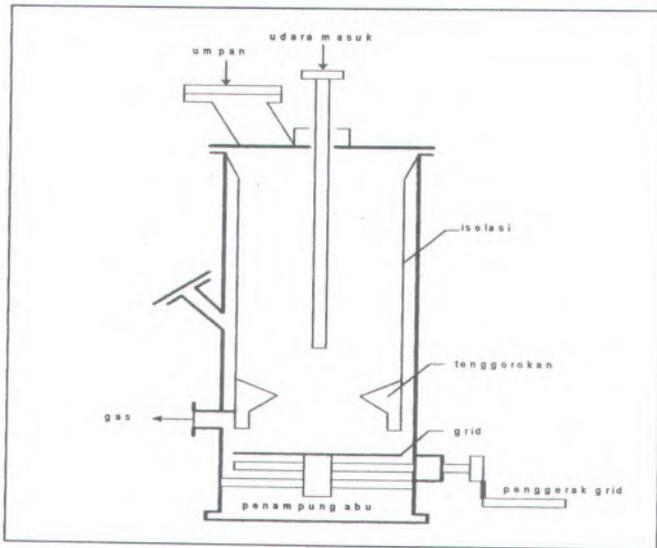
¹⁸ Ibid.

A. Unit Konversi

Merupakan tungku reaktor, terbuat dari plat baja yang dilapisi batu tahan api dimana biomassa dibakar dengan tidak sempurna sehingga menghasilkan gas-gas yang masih mempunyai nilai bakar.

Hampir semua jenis biomassa dapat dipakai sebagai bahan baku proses gasifikasi karena mengandung unsur karbon, hydrogen, dan oksigen. Akan tetapi untuk memperlancar proses maka memerlukan persyaratan teknis, di antaranya kadar air biomassa tidak boleh lebih dari 30% bentuk partikel mendekati bulat atau kubus. Ukuran partikel antara 0,5 cm sampai 5 cm dan tidak mengandung zat organik dan kerapatannya di atas 400 kg/m^3 . Proses gasifikasi merupakan proses reaksi kimia antara padatan yang digunakan sebagai umpan, berupa biomassa, dengan udara atau uap air, atau campuran dari keduanya pada suhu tinggi. Proses ini merupakan konverter seperti pada gambar 2.8.

Konverter ini beroperasi sebagai penggerak tidak langsung, dimana udara dan bahan umpan mengalir dari atas ke bawah. Udara dialirkan melalui pipa-pipa yang terletak di poros silinder konverter. Pemasukan umpan dilakukan secara berselang-seling dari bagian atas konverter. Pada konverter ada bagian yang disebut tenggorokan yang letaknya di bagian bawah dan terjadi penyempitan. Di atas tenggorokan, proses yang terjadi adalah pirolisa, dimana terjadi pengarang dan pembentukan tar. Pada saat melalui tenggorokan, terjadi oksidasi terhadap arang dan tar, di sekitar tenggorokan inilah konversi menjadi gas utama terjadi.



Gambar 2.8

Konverter Gasifikasi

Di bawah tenggorokan gas yang terjadi tadi akan bereaksi dengan arang panas (sekitar 600°C - 700°C) dan terjadi reduksi CO_2 menjadi CO . Abu yang terbentuk secara berselang-seling dikeluarkan dari grid yang terdapat pada bagian paling bawah konverter. Gas hasil dialirkan ke luar melalui saluran-saluran keluar yang terdapat di bawah tenggorokan. Apabila bahan umpan yang digunakan berukuran kecil, seperti sekam atau serbuk kayu hasil penggergajian, maka sebelum pemisahan terhadap zat-zat yang kondensibel maka perlu dilakukan pemisahan dari partikel abu/arang yang ikut terbawa serta dengan gas yang keluar. Fungsi utama dari ruangan di atas tenggorokan adalah untuk menyimpan transien dari umpan yang dimasukkan dalam konverter, sebelum terkonsumsi dalam reaksi gasifikasi. Dengan adanya simpanan penyangga ini maka konsumsi bahan umpan untuk reaksi gasifikasi dapat terjadi secara kontinyu, walaupun pengumpanan dilaksanakan secara berselang-seling. Kelancaran aliran bahan umpan ini penting sekali di dalam menjaga kestabilan proses, yaitu kestabilan harga suhu tenggorokan di sekitar 1300° - 1400° K. Bila kelancaran aliran bahan umpan tidak terjadi, maka terdapat rongga-rongga yang dapat mengakibatkan terlambatnya penyediaan bahan untuk reaksi gasifikasi. Bila ini terjadi, maka temperatur tenggorokan akan turun di sekitar 1000° K yang akan mengakibatkan proses menjadi kurang stabil.

B. Unit Pemurnian Gas dan Pendinginan

Unit pemurnian gas terdiri dari rangkaian alat yang berfungsi memisahkan zat pengotor (tar, partikel, air dan lain-lain) dari gas.]

C. Mesin Diesel

Motor diesel yang digunakan pada PLTD gasifikasi biomassa ini adalah mesin diesel empat tak dengan bahan bakar solar. Mesin diesel empat tak bekerja dalam empat langkah, berturut-turut dalam silinder terdapat langkah masuk (isap), langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah keluar (pembuangan).

Kemampuan kerja mesin diesel dipengaruhi oleh banyak hal, di antaranya adalah pengaruh oleh lingkungan seperti ketinggian, temperatur dan kelembaban.

D. Sistem Pendingin

Sistem pendingin yang diperlukan bagi diesel generating set dapat dilakukan dengan dua cara berdasarkan jenis fluida pendingin yang digunakan :

1. Sistem pendingin dengan air
2. Sistem pendingin dengan udara.

E. Generator

Energi mekanis yang dihasilkan oleh mesin diesel yang berupa daya putar untuk mengubahnya menjadi energi listrik diperlukan suatu generator dimana pada generator, kecepatan putar yang dibutuhkan untuk menghasilkan tenaga listrik berbeda-beda tergantung oleh frekuensi kelistrikan dan jumlah pasang kutub dari generator tersebut sesuai rumus berikut :

$$f = \frac{p \times n}{60} \dots\dots\dots (2.27)$$

- di mana :
- f = frekuensi generator dalam Hertz
 - p = jumlah pasang kutub
 - n = jumlah putaran sinkron dalam rpm

Kecepatan putaran suatu generator juga mempengaruhi konstruksi generator tersebut. Generator untuk putaran tinggi secara konstruksi akan berbeda dengan generator untuk putaran rendah. Perbedaan konstruksi ini dikarenakan semakin tinggi putaran rotor,

gaya sentrifugalnya juga semakin besar, untuk itu semakin tinggi putaran generator, diameter rotornya dibuat semakin kecil untuk mengurangi gaya sentrifugal.

Selain itu secara konstruksi pemakaian generator dengan putaran tinggi akan lebih menguntungkan daripada generator putaran rendah untuk suatu output yang sama, dengan memilih generator putaran tinggi diperoleh dimensi mesin yang lebih kecil. Jadi dengan generator putaran tinggi diperoleh keuntungan, yaitu :

- a. menghemat ruang karena dimensi lebih kecil
- b. ukuran overhear crane yang dipergunakan dalam power house lebih kecil
- c. pengangkutan lebih mudah

2.8.3 Pemanfaatan Biomassa untuk Energi

Dengan memanfaatkan biomassa sebagai sumber energi, terdapat beberapa keuntungan, seperti :

- a. Dapat diperbarui
- b. Harganya relatif murah dan mudah didapat
- c. Teknologi pemanfaatannya tersedia dari yang sederhana sampai canggih
- d. Bersih dari bahan-bahan pencemar, seperti SO_2 , NO_x , dan logam berat
- e. Pengoperasiannya mudah

Sesuai perkiraan potensi energi terhadap tujuh komoditi penghasil limbah biomassa padat dari sektor kehutanan, pertanian, dan perkebunan, memperlihatkan bahwa limbah kayu hutan menduduki peringkat pertama yang paling berpotensi, diikuti selanjutnya oleh limbah padi, jagung, ubi kayu, kelapa, kelapa sawit, dan tebu. Agar suplai bahan bakar kayu tersebut dapat terus berkelanjutan, maka perlu dipikirkan adanya suplai yang berasal dari kebun atau hutan tanaman energi (*energy crops*).

2.9 Energi Gelombang Laut

Energi gelombang dapat dipandang sebagai konsentrasi dari energi surya. Angin dibangkitkan oleh perbedaan panas di bumi, dan ketika angin menghembus air pada permukaan yang terbuka, angin mentransfer energinya ke air lalu membentuk gelombang. Tenaga terkonsentrasi pada setiap tahapan pada proses transformasi, sehingga energi surya yang biasanya sekitar 100 W/m^2 dapat ditransformasikan ke dalam

gelombang dengan tenaga hingga mencapai 1000 kW per meter pada puncak gelombang.

2.9.1 Konversi Energi Gelombang Laut dengan Sistem Tapered-Chanel

Pemanfaatan gelombang laut dengan teknologi TAPCHAN pada prinsipnya sama dengan pembangkit listrik tenaga air biasa yaitu dengan memanfaatkan energi potensial. Air disalurkan dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah yang langsung digunakan untuk memutar turbin. Penggunaan energi gelombang laut untuk energi listrik di sini tidak secara langsung ditransfer menjadi energi listrik, melainkan gelombang tersebut hanya digunakan sebagai energi untuk menaikkan air ke dalam reservoir.

Muka gelombang masuk ke mulut kolektor dan meneruskan ke konverter, amplitudo gelombang tersebut akan bertambah naik karena disebabkan oleh adanya penyempitan saluran konverter. Dengan memanfaatkan kenaikan amplitudo tersebut maka sebagian besar massa air akan tumpah ke dalam reservoir yang tinggi permukaan air dalam reservoir lebih tinggi dari permukaan air laut. Dari reservoir, air tersebut disalurkan lewat saluran yang langsung akan memutar turbin generator.

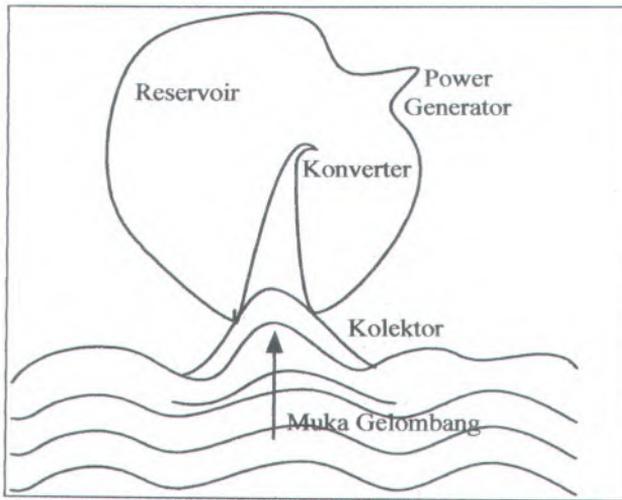
Agar didapat energi yang optimal, maka muka gelombang yang masuk ke kolektor haruslah terbebas dari pantulan. Oleh karena itu posisi mulut kolektor dan gelombang datang haruslah diatur sedemikian rupa sehingga efek pantulan tersebut menjadi kecil.

Untuk menghindari terjadinya efek pantulan yang besar dapat dilakukan dengan cara :

1. Memilih lokasi yang tepat
2. Mengarahkan muka gelombang dengan cara fucosing (membuat breakwater)

Dalam penentuan lokasi TAPCHAN ini diperlukan beberapa alternatif, yaitu :

1. Membentuk kolektor sesuai dengan arah datang muka gelombang
2. Membuat breakwater yaitu mendifraksikan (mengarahkan) muka gelombang ke mulut kolektor yang ditentukan dengan tidak merubah karakteristik dari gelombang tersebut



Gambar 2.9¹⁹

Sketsa Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan Teknik TAPCHAN

Dengan demikian reservoir selalu diisi dan air laut dapat dipakai untuk menjalankan turbin.. Turbin yang dipakai adalah turbin air yang bertekanan rendah (3-7 m) yang umumnya turbin kaplan atau turbin pipa.

Turbin kaplan terdiri dari²⁰ :

1. Rumah spiral
2. Turbin
3. Pipa pelepas air

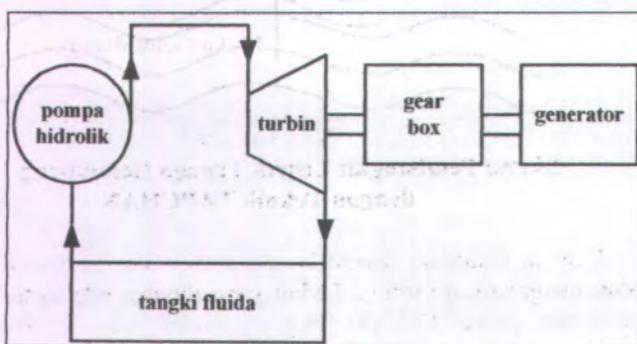
Turbin kaplan juga memiliki daun-daun turbin yang dapat diatur. Turbin kaplan dengan tekanan rendah memiliki 4 – 6 daun, sedangkan yang dengan tekanan tinggi memiliki 8 daun. Daun dibuat dari baja , tapi ada juga yang dibuat dari baja tahan karat yang lebih mampu menahan gejala kavitasi. Keuntungan metode Tapered Chanel adalah pembangkitan tenaga listrik tidak tergantung pada tinggi dan frekuensi gelombang.

¹⁹ O. F. Patty, Ir., *Tenaga Air*, Penerbit Erlangga, 1995.

²⁰ Integrated Power Coorp., *Training Manual Nusa Peninda Rural Power Delivery System Project*, Section 2 - Introducing to PV.

2.9.2 Konversi Energi Gelombang Laut dengan Sistem Selter Nodding Duck

Sistem Selter Nodding Duck adalah sistem apung yang mempunyai bentuk bundar pada bagian belakang dengan displaimen tetap, sedangkan bagian depan bergerak tanpa mengganggu pergerakan air pada gelombang yang datang, oleh karena itu tidak memantulkan energi. Sistem Nodding Duck memiliki efisiensi berkisar 50 – 90%, dapat diharapkan sesuai dengan perbandingan karakteristik dimensi alat (jari-jari pada bagian belakang) terhadap panjang gelombang dan harga periode gelombang. Tiap-tiap unit dipusatkan pada tulang belakang (back bone) yang paralel dengan puncak gelombang.



Gambar 2.10²¹

Skema Pembangkit Listrik Dengan Sistem Selter Nodding Duck

Pada sistem Shelter Nodding Duck, pergerakan rotasi relatif antara gaya inersia rendah dari badan alat konversi dan gaya inersia besar dari pendulum yang dapat berubah menjadi tekanan hidrolik, kemudian dengan melalui tekanan hidrolik tadi, selanjutnya dapat digunakan untuk memutar turbin, karena turbin tersebut dihubungkan satu poros dengan generator, maka akan menghasilkan tenaga listrik. Karena berbentuk bebek maka ukurannya harus sesuai dengan dengan panjang gelombang agar ayunan dapat tepat terhadap gelombang. Badan luar dari sistem Selter Nodding Duck terdiri dari plat baja.

²¹ Mc Cormick, Michael E., *Ocean Wave Energy Conversion*, A Wiley Interscience Publication, New York, 1981.

2.9.3 Konversi Energi Gelombang Laut dengan Sistem Cavity Resonator

Pembangkit jenis ini didasarkan pada tabung silinder yang sebagian ditenggelamkan di dalam air laut. Penutup atas berbentuk kerucut yang puncaknya mempunyai lubang kecil (*orifice*), sedang bagian bawah tabung silinder dibiarkan terbuka sehingga air laut dapat masuk ke dalam tabung tersebut.

Jika tabung ini terkena gelombang yang kontinyu, maka air laut di dalam tabung akan bergerak naik turun (berosilasi). Air yang berosilasi tersebut akan mendesak dan merenggangkan udara yang terjebak di atasnya sehingga menekan udara keluar melalui *orifice*. Karena diameter *orifice* jauh lebih kecil dari diameter tabung silinder maka udara yang keluar melalui *orifice* tersebut mempunyai tekanan udara yang lebih besar. Di atas *orifice* ini kemudian dipasang turbin yang akan berputar karena tekanan udara tersebut, yang mana akhirnya akan digunakan untuk memutar generator listrik. Riset mengenai teknologi energi gelombang ini baru dimulai pada tahun 1970-an (sebagai pengaruh dari adanya krisis minyak), tapi kemudian, pada 1980-an riset ini surut lagi. Dengan adanya kemauan untuk mengurangi emisi CO₂, akhir-akhir ini riset mulai dikembangkan lagi.

2.9.4 Potensi Energi Gelombang

Energi yang dikandung oleh gelombang laut merupakan penjumlahan dari energi kinetik dan energi potensial. Besarnya kandungan energi gelombang dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2}{2} \dots\dots\dots (2.28)$$

dengan : E = Energi gelombang (J/m)

ρ = berat jenis air = $1025 \frac{kg}{m^3}$

H = tinggi gelombang (m)

g = gravitasi bumi = $9,8 \frac{m}{dt^2}$

Sedangkan daya gelombang dinyatakan dengan rumus :

$$P = \frac{\rho g^2 H^2 T}{8\pi} \dots\dots\dots (2.29)$$

dengan : $P =$ daya gelombang (W/m)
 $T =$ Periode gelombang (det)

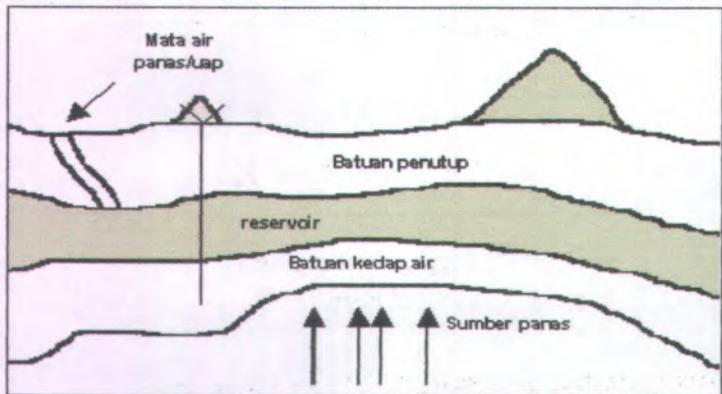
2.10 Energi Panas Bumi

Energi panas bumi secara umum didefinisikan sebagai panas yang dihasilkan oleh bumi. Panas ini diduga dihasilkan oleh pusat bumi, antara lain karena terjadinya peluruhan unsur-unsur kimia tertentu, seperti uranium, thorium, dan potassium.

Energi panas bumi merupakan salah satu energi terbarukan yang potensial dikembangkan di Indonesia. Penggolongan energi panas bumi sebagai sumber daya yang bisa terbarukan didasarkan pada teori terjadinya energi panas bumi.

Teori ini menyebutkan adanya lima persyaratan yang harus dipenuhi agar dapat terbentuk energi panas bumi, yaitu :

1. Adanya sumber panas dari dalam bumi
2. Tersedianya lapisan batu yang berfungsi sebagai pembawa panas
3. Adanya akuifer (lapisan tembus air) sebagai penyimpan (reservoir) air panas/uap yang terjadi
4. Adanya batuan penutup (*cap rock*) di atas batuan reservoir untuk menjaga fluida panas bumi yang sudah terbentuk tidak hilang begitu saja
5. Adanya air pada kerak bumi



Gambar 2.11
Terjadinya Energi Panas Bumi

Sebagai daerah vulkanik, wilayah Indonesia sebagian besar kaya akan sumber energi panas bumi. Jalur gunung api membentang di Indonesia dari ujung pulau Sumatera, sepanjang pulau Jawa-Bali, NTT, NTB, menuju kepulauan di laut Banda, Halmahera, dan pulau Sulawesi. Panjang jalur tersebut lebih dari 7.500 km dengan lebar berkisar antara 50 km – 200 km dengan jumlah gunung api baik yang aktif maupun yang sudah tidak aktif berjumlah 150 buah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, di sepanjang jalur tersebut terdapat 217 prospek panas bumi.

Pemanfaatan energi panas bumi sebagian besar untuk membangkitkan tenaga listrik. Selain itu energi panas bumi juga digunakan langsung untuk kegiatan non-listrik, seperti pertanian, peternakan, pemanas ruangan, industri, pengeringan, dan pemandian air panas.

2.10.1 Klasifikasi Sumber Daya Panasbumi

Panitia Teknis Panas bumi mengelompokkan sumber daya panas bumi secara umum menjadi 2 kategori yaitu²² :

1. Potensi (*Resource*)

Besarnya potensi ini didasarkan atas data-data yang didapat dari manivestasi panas bumi, seperti sumber air panas, kubangan lumpur panas, semprotan air panas, uap panas, dan lain-lain yang ditemukan pada suatu daerah yang dihubungkan dengan kegiatan vulkanik daerah sekitarnya. Besarnya potensi ini dapat dibagi menurut tingkat kepotensialan, yaitu :

a. Potensi Spekulatif

Potensi spekulatif didasarkan atas prospek panas bumi yang ditunjukkan oleh manivestasi panas bumi, seperti sumber mata air panas, solfatara, fumarola dan lain-lain, yang dihubungkan dengan letak atau keberadaan jalur vulkanik disekitarnya. Untuk setiap prospek panas bumi diperkirakan memiliki luas potensi 20 km² dengan potensi 12,5 MW/km². Jadi untuk setiap manivestasi panas bumi yang ditemukan diperkirakan memiliki potensi 250 MW.

b. Potensi Hipotetik

Potensi hipotetik ditentukan apabila tinjauan secara regional yang meliputi survei geologi, survei geokimia, dan contoh beberapa prospek panas bumi telah dilakukan. Luas area panas

²² Pertamina, *Indonesia Geothermal Reserves And Resources*.

bumi dan ketebalan reservoir ditentukan dari geologi regional dan luas distribusi dari manifestasi panas bumi yang ditemukan di permukaan. Temperatur bawah tanah ditentukan dari perhitungan geothermometer yang menggunakan data-data yang dianalisa dari gas yang dikandung pada manifestasi panas bumi yang bersangkutan. Besarnya potensi diperkirakan dengan perhitungan store heat.

2. Cadangan (*reserve*)

Besarnya cadangan didasari oleh penafsiran data-data geologi, geokimia, geofisika, dan data-data keteknikkan yang tersedia pada saat perhitungan dilakukan. Cadangan ini dapat diklasifikasikan lagi menjadi 3 berdasarkan tingkat kepastiannya, yaitu :

a. Cadangan mungkin

Besarnya cadangan mungkin ini didasarkan atas data geosains, seperti geologi, geokimia, dan geofisika terpadu yang telah dapat menyimpulkan model tentatif dari sistem panas bumi setempat. Luas area dan karakteristik reservoir ditentukan dari pengukuran resistivitas air dan batuan atau dari *magneto telluric survey*. Besarnya cadangan terduga ini dihitung dengan menggunakan persamaan empiris *store heat* dengan mengambil asumsi pada data porositas dan saturasi air.

b. Cadangan Terduga

Penghitungan potensi kelas cadangan terduga memiliki tingkat kepastian yang lebih besar dibandingkan dengan cadangan mungkin. Besarnya dihitung jika telah dilakukan pemboran sumur eksplorasi, sebab temperatur, porositas, serta karakteristik reservoir dapat diketahui dari sumur eksplorasi yang dihasilkan. Besarnya cadangan terduga dihitung berdasarkan persamaan store heat batuan dan fluida.

c. Cadangan Terbukti

Kelas ini ditentukan berdasarkan sumur-sumur yang telah berproduksi. Potensinya dihitung berdasarkan persamaan-persamaan matematis dan parameternya berdasarkan data-data sumur produksi. Konsep model suatu lapangan dikembangkan melalui integrasi seluruh data, termasuk data pengujian sumur yang antara lain memberikan data-data volume dan termodinamika fluida di dalam reservoir.

2.10.2 Perhitungan Potensi Panas Bumi

Secara umum kualitas dari panas bumi akan ditentukan dari struktur lapisan batuan yang dilewati atau lapisan di mana potensi ini terbentuk. Oleh karena itu pada sebagian sumber panas bumi ada yang mempunyai kualitas yang sangat jelek terhadap lingkungan dan sebagian yang lain sumber panas bumi yang terjadi mempunyai kualitas yang relatif baik.

Penghitungan potensi panas bumi didasarkan pada perkiraan massa dan panas yang tersimpan pada lokasi prospek panas bumi. Persamaan untuk menghitung total potensial energi thermal banyak dimodifikasi karena faktor-faktor tertentu, seperti faktor penemuan dan penggunaan. Jumlah MWe total dihitung dengan rumus sebagai berikut²³

$$MW(e) = \frac{(Q_{total})(RF)(E)}{T} \dots\dots\dots (2.30)$$

di mana:

- Q_{total} = total energi panas bumi (MW thermal)
- $Q_{total} = Q_{fluid} + Q_{rock} \dots\dots\dots (2.31)$
- RF = *recovery factor* (50%)
- E = konversi energi thermal ke energi listrik (10 %)
- T = time generating (detik)

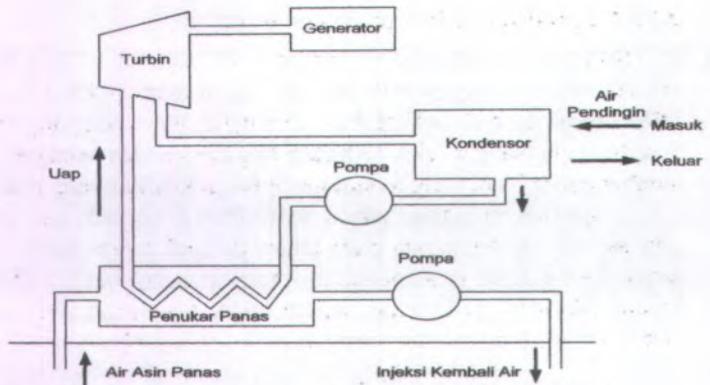
2.15.3 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

Berdasarkan pada klasifikasi, pembangkit listrik tenaga panas bumi dapat dibedakan menjadi beberapa bagian, yaitu :

a) Vapor-Dominated System

Jika sumber panas bumi menghasilkan uap kering yang bersih maka uap tersebut dapat langsung digunakan pada turbin. Sumber panas bumi jenis ini paling ideal dan paling menguntungkan untuk digunakan dalam pembangkit tenaga listrik.

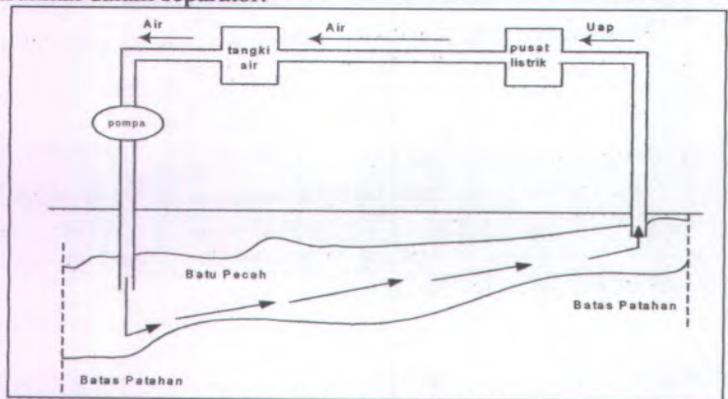
²³ Sumartono, Untung, *Prospek Panas Bumi HDR Indonesia*, Komite Nasional Indonesia World Energy Council, Jakarta, 1997.



Gambar 2.12
Sistem Vapor-Dominated

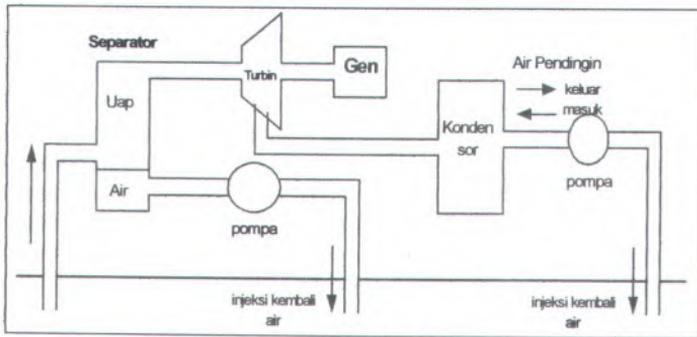
b) Liquid-Dominated System (Flashed Steam)

Jika sumber air panas menghasilkan uap yang bercampur dengan air panas yang mempunyai kandungan garam dengan konsentrasi rendah maka sebelum uap dimasukkan dalam turbin terlebih dahulu harus dimasukkan dalam separator.



Gambar 2.13
Skema Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi dengan Uap Basah

c) Liquid-Dominated Binary Cycle System



Gambar 2.14
Skema Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
dengan Uap Basah

Jika fluida yang dihasilkan berupa air panas yang konsentrasi garamnya tinggi maka diperlukan adanya fluida sekunder yang memiliki titik didih rendah seperti isobutane, amonia dan freon untuk pembangkit listrik. Air panas dari sumber dibawa ke penukar panas untuk kemudian diinjeksikan kembali ke dalam tanah. Siklus ini disebut dengan siklus primer. Kemudian pada sisi lain dari penukar panas ini dilewatkan fluida sekunder yang memiliki titik didih yang rendah, maka setelah meninggalkan penukar fluida tersebut berubah menjadi uap. Uap inilah yang yang digunakan untuk menggerakkan turbin.

Pembangkit sistem ini dikenal dengan sistem binary cycle, yang secara keseluruhan tampak seperti gambar 2.15. Pada pemanfaatan panas bumi dengan sistem ini dapat digunakan sumber panas bumi dengan temperatur 90°C - 159°C .

2.10.3 Beberapa Keuntungan Pengembangan PLTP di Indonesia

Ada beberapa keuntungan yang bisa didapatkan dari pengembangan pembangkit listrik tenaga panas bumi di Indonesia, antara lain :

- a) Sumber energi panas bumi merupakan sumber energi terbaru yang tidak dapat diekspor, sehingga pemanfaatannya dapat mengurangi pemakaian energi minyak dalam negeri.
- b) Sumber energi panas bumi relatif lebih bersih dari bahan-bahan pencemar yang dapat mencemari udara dibandingkan dengan sumber-sumber energi fosil
- c) Secara geografis cocok dikembangkan untuk listrik pedesaan dari skala kecil, menengah, maupun besar.

2.10.5 Dampak Lingkungan Pengembangan Panas bumi

Pemanfaatan setiap jenis energi akan membawa perubahan terhadap lingkungan sekitarnya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Demikian pula halnya dengan pemanfaatan energi panas bumi, akan memberikan dampak pada lingkungan yang akan berpengaruh pada ekosistem daerah setempat. Besar kecilnya dampak pada pemanfaatan energi panas bumi akan tergantung pada beberapa faktor, antara lain :

1. Jenis sumber energi panas bumi yang dikembangkan.
2. Kandungan kimia uap atau air panasnya
3. Teknologi yang dikembangkan dalam perekayasaannya untuk mengkonversikannya menjadi energi listrik

Dampak pengembangan tenaga panas bumi terhadap lingkungan meliputi pencemaran udara, pencemaran air permukaan, air bawah tanah serta kebisingan.

2.11 Energi Surya

Radiasi sinar surya yang mencapai bumi memiliki dua komponen, yaitu radiasi langsung (*beam*) dan radiasi langit (*diffuse*). Radiasi langsung ini dapat dikumpulkan/dikonsentrasikan dengan lensa atau cermin, sedangkan yang *diffuse* tidak dapat.

Energi surya mempunyai karakteristik sebagai berikut :

a. Bersih

Tidak menghasilkan gas-gas yang mencemari lingkungan, seperti CO₂ dan NO_x yang dihasilkan bahan bakar fosil.

b. Tak terbatas

Energi surya tidak seperti energi lain yang bisa habis dalam kurun waktu tertentu, seperti minyak bumi habis dalam kurun waktu 43 tahun, batubara dalam kurun waktu 174 tahun, gas alam dalam kurun waktu 56 tahun, dan uranium dalam kurun waktu 66 tahun lagi.

c. Fluktuasi tinggi

Isolasi radiasi surya berfluktuasi terhadap iklim, kondisi tempat, juga pergantian waktu sehari-hari.

d. Kerapatan rendah

Kerapatan energi surya di permukaan bumi lebih kurang 1,2 kW per meter persegi.

Pemakaian sistem sel surya di Indonesia digunakan pada daerah pedesaan atau daerah kepulauan yang belum atau sulit mendapatkan aliran listrik dari PLN. Penggunaan sel surya di Indonesia untuk listrik pedesaan antara lain untuk pompa air, TV umum, telekomunikasi, dan

kulkas untuk klinik kesehatan masyarakat pedesaan. Sedangkan di negara maju sistem teknologi sel surya sudah dipergunakan untuk keperluan komersial perlistrikan suatu perkotaan dan percontohan untuk transportasi kendaraan darat (mobil surya).

2.11.1 Radiasi Surya

Untuk memahami teknologi pengolahan energi surya, perlu diketahui spektrum dari sinar surya. Spektrum surya dapat dibagi menjadi 3 rentang yang utama, yaitu :

1. Rentang ultraviolet ($\lambda < 0.4 \mu\text{m}$) : 95% dari *irradiance* (iradiasi)
2. Rentang kelihatan ($0.4 \mu\text{m} < \lambda < 0.7 \mu\text{m}$) : 45% dari *irradiance*
3. Rentang infrared ($\lambda > 0.7 \mu\text{m}$) : 46% dari *irradiance*

Fluks energi radiasi yang sampai ke atmosfer bumi adalah sekitar 1 kW/m^2 . Dengan mengetahui radiasi rata-rata bisa dihitung potensi radiasi di suatu tempat dengan persamaan²⁴ :

$$P_s = R_s \times LDP \times \frac{P}{100} \dots\dots\dots (2.32)$$

Potensi energi radiasi dalam MW dihitung dengan asumsi bahwa dalam 1 hari energi radiasi selama 8 jam (1/3 hari).

$$P_s = \frac{R_s \times LDP \times \frac{P}{100}}{8} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (2.33)$$

Dalam setahun energi radiasi yang diterima oleh suatu daerah potensi bisa dihitung dengan persamaan²⁵ :

$$P_s = R_s \times LDP \times \frac{P}{100} \times 365 \dots\dots\dots (2.34)$$

dimana :

- P_s = Potensi energi surya (MW)
- R_s = Radiasi harian rata-rata (kW/m^2)
- LDP = Luas daerah potensi (m^2)

²⁴ Ditjen Listrik dan Pengembangan Energi, op.cit.

²⁵ Ibid.

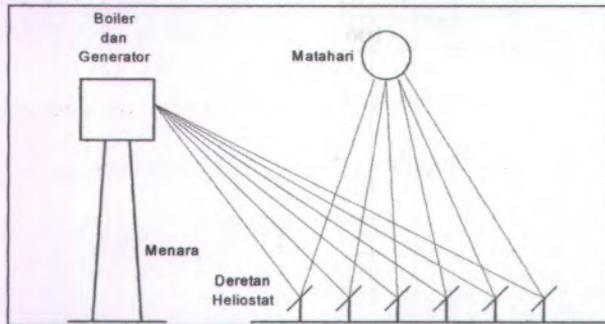
P = Prosentase daerah potensi (%)

Teknologi pemrosesan energi surya dikategorikan dalam dua jenis, yaitu thermal dan PV (*photovoltaics*). Pada sistem thermal, panas dari radiasi surya dimanfaatkan untuk secara langsung memanaskan sesuatu (misalnya air) atau secara tidak langsung untuk menggerakkan generator. Sedangkan pada sistem PV, radiasi surya dikonversikan secara langsung ke energi listrik (DC) oleh sel-sel solar semikonduktor. Rentang kelihatan dan ultraviolet dimanfaatkan pada teknologi surya PV, sedangkan rentang *infrared* pada teknologi thermal.

2.11.2 Konversi Surya Termal Elektrik

Pada sistem konversi ini energi panas matahari akan dimanfaatkan untuk menjadi energi listrik. Untuk itu diperlukan sebuah konzentrador optik untuk pemanfaatan energi surya, sebuah alat untuk menyerap energi yang dikumpulkan, suatu sistem pengangkut panas, dan sebuah mesin untuk membangkitkan tenaga listrik.

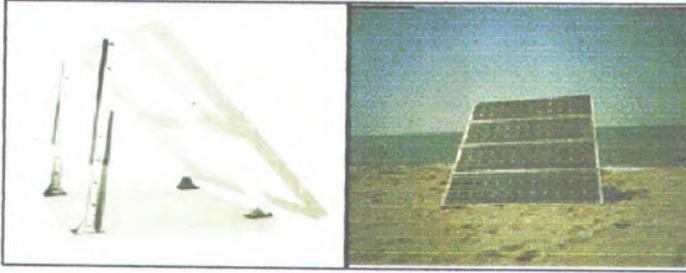
Konzentrador diperlukan untuk memfokuskan panas surya pada titik yang dikehendaki dimana diletakkan penyerap energi panas untuk membuat uap bagi sebuah turbin selama enam hingga delapan jam sehari. Supaya pembangkit listrik tenaga surya termis dapat bekerja 24 jam sehari maka perlu dilengkapi boiler konvensional. Boiler ini akan menggantikan fungsi matahari sebagai pemanas jika matahari sudah tidak bersinar lagi karena energi matahari efektif hanya 8 jam sehari.



Gambar 2.15
Skema Pembangkit Listrik Tenaga Surya Thermal

2.11.3 Konversi Energi Sel Surya

Efek PV merupakan suatu efek yang dihasilkan energi listrik apabila suatu bahan tertentu terkena radiasi matahari. Saat ini bahan silikon merupakan bahan yang paling umum digunakan dalam pembuatan sel surya karena banyak ditemukan pada batu karang dan pasir di pesisir pantai.



Gambar 2.16
Kerangka dan Modul Surya

Pada prinsipnya kristal silikon murni merupakan suatu penghantar yang buruk (isolator). Hal ini disebabkan karena semua elektron pada orbit terluar dari kristal silikon saling membuat ikatan sehingga tidak terdapat elektron-elektron bebas.

Sel surya (*solar cell*) adalah suatu mekanisme yang bekerja dengan efek fotovoltaiik, dimana foton dari radiasi surya diserap dan kemudian dikonversikan menjadi energi listrik. Sel surya yang selama ini banyak digunakan, pada mulanya dipakai sebagai penyuplai daya listrik yang utama pada satelit-satelit, sejak peluncuran satelit Sputnik tahun 1957.

Panel surya terdiri dari sejumlah sel-sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel agar menghasilkan arus dan tegangan listrik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Bahan yang digunakan untuk pembuatan sel surya umumnya adalah bahan semikonduktor dari berbagai macam unsur.

2.11.4 Efisiensi Konversi Sel Surya

Efisiensi energi surya pada dasarnya ditentukan oleh proses pembuatan sel surya dan bahan yang digunakan sel tersebut. Faktor efisiensi konversi energi sel surya merupakan faktor yang sangat penting dalam pengoperasian sistem PV. Semakin besar efisiensi sel surya maka

semakin sedikit sel surya yang diperlukan dalam suatu aplikasi sistem array PV.

Efisiensi konversi energi surya didefinisikan sebagai perbandingan daya output listrik dan daya input energi matahari, atau :

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}}$$

dapat juga ditulis :

$$\eta = \frac{V_{mp} \cdot I_m \cdot p}{\rho_{in} \cdot A} \dots\dots\dots (2.35)$$

Meskipun berdasarkan percobaan pembuatan sel dengan efisiensi hampir mencapai antara 20% - 45%²⁶, semua sel-sel yang dikomersialkan kurang lebih mempunyai efisiensi tersebut. Tetapi ada beberapa yang mempunyai efisiensi di bawah efisiensi tersebut, antara lain sel single-crystal mempunyai besar efisiensi 13% - 15%²⁷, sel yang berasal dari polycrystalline ingos batas efisiensinya dari 9% - 13%²⁸, dan sel *thin-film* besar efisiensinya 5% - 10%²⁹.

2.11.5 Potensi Radiasi Untuk PV

Potensi radiasi surya suatu wilayah untuk teknologi surya PV dihitung dengan rumus :

$$E = 0,1 \cdot E_{Radiasi} \text{ (kWh/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.36)$$

$E_{Radiasi}$ diperoleh dari pengukuran langsung (untuk beberapa tahun).

Aplikasi dari energi surya saat ini yang terutama adalah dengan teknologi photovoltaic (PV). Sistem solar PV ini banyak dimanfaatkan di desa-desa dan lokasi terpencil dimana tidak terjangkau oleh jaringan listrik. Mengingat radiasi sinar matahari di Indonesia ini rata-rata mencapai 4,5 kWh/m²/hari, maka dapat dikatakan bahwa teknologi PV merupakan opsi yang dimungkinkan untuk pembangkitan tenaga listrik di seluruh wilayah Indonesia.

Sebagai gambaran, di bawah ini mengenai radiasi surya di wilayah Indonesia :

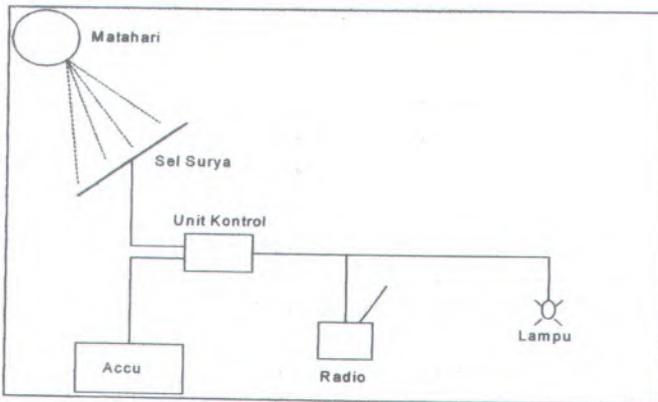
²⁶ Integrated Power Coerp, op. cit.

²⁷ Ibid.

²⁸ Ibid.

²⁹ Ibid.

1. Wilayah kepulauan timur antara Sulawesi dan Bali Barat dan Papua Timur, secara umum dapat dikatakan kering dan dengan radiasi surya tertinggi yang mencapai 6 - 6,5 kWh/m²/hari.
2. Daerah pegunungan di Papua, Sulawesi dan Jawa, yang kadang-kadang berkabut pada siang hari, beradiasi 4,5 - 5,5 kWh/m²/hari.
3. Kawasan dataran rendah, misalnya Kalimantan, Jawa dan Sumatera, yang merupakan daerah rawa-rawa dan hutan lebat, beradiasi 4 - 5 kWh/m²/hari.



Gambar 2.17

Skema Pembangkit Listrik Tenaga Surya Photovoltaic

2.12 Potensi Energi Nuklir

2.12.1 Keselamatan Reaktor

A. Persyaratan Keselamatan

Bertujuan meminimalkan penyebaran zat radioaktif. Pendekatan dasar yang digunakan adalah menentukan kriteria untuk dosis radiasi dan kemungkinan kecelakaan, kemudian merancang, membangun dan mengoperasikan PLTN sehingga memenuhi kriteria keselamatan. Pendekatan rancangan keselamatan umumnya didasarkan pada prinsip pertahanan berlapis untuk mencegah kecelakaan, memproteksi reaktor dan mengurangi dampak kecelakaan terhadap lingkungan.

Tabel 2.6
Prinsip Pertahanan Berlapis

TINGKAT	FUNGSI	SISTEM DAN PRINSIP
1	Pencegahan	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem Kendali Keselamatan • Karakteristik Melekat • Margin rancangan • Jaminan mutu
2	Proteksi	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem Keselamatan • Diversifikasi/Penggandaan alat
3	Pengurangan Dampak	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan Pengungkung • Sistem Penyerap Pencemar • Rencana Kedaruratan Nuklir

Ketenaganukliran menyangkut kehidupan dan keselamatan orang banyak, oleh karena itu di Indonesia dikuasai oleh negara. Semua kegiatan untuk memproduksi listrik dengan tenaga nuklir diatur oleh Pemerintah

Badan Pengawas adalah badan yang bertugas melaksanakan pengawasan terhadap segala kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir. Badan Pengawas bertanggungjawab untuk menyelenggarakan peraturan, perizinan, dan inspeksi

IAEA menetapkan program dan standar jaminan mutu untuk diterapkan pada pembangunan PLTN. Kriteria jaminan mutu sebagai salah satu persyaratan keselamatan keselamatan harus dipenuhi oleh perancang PLTN. Program jaminan mutu harus disiapkan sesuai ketentuan yang diberikan IAEA untuk diterapkan pada tahap rancangan, fabrikasi, konstruksi maupun testing sistem PLTN.

Standar mutu disesuaikan dengan tingkat pentingnya sistem atau peralatan bagi keselamatan PLTN. Standar mutu yang paling ketat dikenakan kepada peralatan keselamatan dengan prioritas tinggi.

Sistem keselamatan reaktor berfungsi untuk memonitor dan memproteksi, mematikan reaktor dan menyediakan pendinginan darurat teras reaktor

- Model pengungkung reaktor yang dikembangkan di Amerika Serikat dengan skala 1/6 telah dapat menahan tekanan sebesar 3 kali lipat atas rancangan tanpa terjadi kerusakan selama testing tahun 1967 di Laboratorium Nasional Sandia

- Suatu kecelakaan terparah PLTN mengasumsikan bahwa satu kombinasi yang sangat tidak mungkin dari berbagai kejadian/kerusakan dapat terjadi. Bagaimanapun juga sederetan sistem proteksi yang direkayasa serta penghalang pelindung struktur harus digunakan untuk menjamin keselamatan PLTN. Sebagai contoh, suatu kerusakan pipa basis rancangan hipotesis hanya terjadi jika kejadian berikut berlaku sekaligus, yakni:
- Gempa bumi, lebih besar dibandingkan dengan yang diperkirakan berdasar sejarah geologi dari daerah tapak, menggoncangkan sistem dan struktur keselamatan.
- Kedua sumberdaya eksternal normal tidak tersedia untuk mengoperasikan sistem keselamatan.
- Pipa paling besar yang sangat membahayakan pecah .
- Pecahnya pipa terjadi tiba-tiba dan putus seketika.
- Kegagalan tunggal terjadi dari sembarang komponen aktif sistem keselamatan yang diperlukan untuk memproteksi PLTN
- Laboratorium Nasional Sandia menabrakkan satu jet phantom F-14 berkecepatan 480 MPH ke dinding beton bertulang (reinforced) besar untuk mempelajari apa yang terjadi seandainya satu pesawat menabrak PLTN. Kerusakan pada dinding sangat kecil. Badan pesawat membuat satu cekungan dengan kedalaman kurang dari 1 inci.
- Bahan bakar untuk PLTN Air Ringan memiliki Uranium 235 yang diperkaya sebesar $\pm 3\%$, sehingga tidak dapat meledak dalam situasi apapun.
- Keandalan Reaktor Lebih dari 35 tahun, dunia telah memiliki pengalaman lebih dari 12.000 tahun pengoperasian reaktor (tahun reaktor) dari semua jenis. PLTN telah memberikan pengalaman 8000 tahun reaktor. Hal ini menandakan tentang keandalannya. Kontribusi daya nuklir pada suplai listrik dunia terus bertambah dari tahun ke tahun. Akhir tahun 1989 komposisi produksi energi listrik dunia adalah dari termal klasik (minyak bumi, batubara, dan gas) 64,5%, tenaga air 23,1%, panas bumi 0,3%, dan nuklir 12,1% dengan produksi total sekitar 2670 Giga Watt. Pada tahun 1995, daya nuklir memberikan kontribusi sekitar 17% dari konsumsi listrik dunia, diproduksi dari sekitar 437 PLTN yang beroperasi di 30 negara.
- Untuk memenuhi kebutuhan operasi PLTN yang andal dan ekonomis, penjual-penjual PLTN di dunia umumnya melaksanakan program pengembangan dan standardisasi. Dengan program ini dicapai konsensus antara perancang/penjual, badan perizinan,

industri, dan pemakai. Keandalan PLTN di dunia semakin baik. Faktor ketersediaan rerata PLTN di dunia di atas 70% semenjak pertengahan tahun 1980an mencapai diatas 80% saat ini. Sebagai contoh, selama tahun 1996 PLTN di Amerika Serikat mencapai faktor kapasitas rerata 82,5% dibandingkan dengan target 87% pada tahun 2000. Faktor kapasitas adalah presentase produksi listrik maksimum yang dapat dicapai oleh suatu PLTN, dibatasi hanya oleh faktor-faktor dalam kendali manajemen.

2.12.2 Kontroversi permasalahan PLTN di Madura

a. Jerat perang Ulama-preman

Radiasi nuklir yang tak terkelolah edengan baik sangat berbahaya bagi manusia maupun alam. Menurut Mutmainnah, teknologi nuklir bisa membantu masyarakat Madura." Madura yang terdiri dari empat kabupaten, mengalami kelangkaan air dan listrik. Keduanyya sulit didapatkan sehingga, jika rencana pembangunan PLTN ini mengatas namakan pemenuhan kebutuhan listrik dan air, masyarakat Madura dari lapisan manapun dipastikan merespon positif rencana tersebut. Bila Mutmainnah khawatir dari sisi bahaya nuklir, Mulyadi, kelahiran Ketapang, Saampang, lebih memperhatikan efek kerasnya temperamen warga Madura terhadap keamanan proyek tersebut. Madura mempunyai dua simpul penguasa, ulama dan preman. Jika sebelumnya preman cenderung bersikap merugikan masyarakat dan Ulama sebagai pengayom, sekarang semuanya terbalik. Ulama menjadi cenderung menjadi pembela birokrasi, sementara preman "makin dekat" dengan rakyat. Di beberapa tempat preman terpilihsebagai kepala desa dengan alasan bisa menghindarkan desanya dari gangguan perampok dan sejenisnya. Jika polarisasi ini diketahui pemerintah, ia menjadi makan empuk untuk menciptakan konflik horizontal. Jika kemudian salah satu simpul diimiong – imingi duit, siapa yang tidak mau ? jika demikian, salah satu pihak bisa begitu menggebu membela pembangunan proyek nuklir dan yang lainnya menghalanginya. Agar masyarakat Madura yang satu sisi keras namun juga mudah dimanfaatkan itu tidak gampang terhasut.

b. Walhi : perlu pembangkit listrik tetapi bukan nuklir

Indonesia tetap perlu membangun Pusat Pembangkit Tenaga Listrik, tetapi tidak menggunakan Nuklir, demikian diskusi yang dilaksanakan oleh Wlhi (Whana Lingkungan Hidup). Semakin majunya teknologi di Indonesia, kebutuhan terhadap listrik mau tidak mau semakin meningkat. Ini tidak bisa di pungkiri, tapi jangan sampai

pemenuhan energi listrik ini dipenuhi eksplorasi nuklir. Sebelumnya, Amerika memiliki 110 reaktor nuklir (semacam pembangkit listrik dari nuklir) yang merupakan 25,4 % penghasil nuklir dari seluruh persediaan didunia. Kini dari 110, Amerika akan menutup 103 reaktor tersebut. Begitu juga Jerman tahun 2002 menutup 19 reaktor nuklir, dan tahun 2003 mereka telah menutup seluruhnya. Keadaan ini berbanding terbalik dengan Indonesia. Ketika negara maju mulai menutup pembangkit dari nuklir, karena tahu bahaya yang bakal dihasilkan, Indonesia malah akan membukanya ironis sekali.

c. Kontra

Seperti diketahui, latar belakang diskusi ini berkenaan dengan rencana pemerintah Indonesia didukung Batan untuk membangun PLTN di Madura. Hal ini menimbulkan pro dan kontra, terutama akibat dari efek negatif yang dihasilkan oleh radiasi nuklir. Di Jakarta pada tgl 18 juni pemerintah pusat telah melakukan pertemuan dengan Mitsubishi Heavy Industries (MHI) salah satu investor luar negeri yang akan menanam modal untuk pembangunan PLTN Madura. Dan dari data yang kami peroleh, keduanya telah membuat MoU atau nota kesepakatan dalam pembangunan PLTN di Madura, jelas Hening.

d. Terpaksa

Pemerintah sendiri ngotot membangun PLTN, konon karena keterpaksaan. Menurut Zainuddin dari dinas Energi Jatim hingga tahun 2025 nanti, kebutuhan energi listrik tumbuh lebih dari 10% per tahun. Sementara, cadangan minyak menipis. Tahun 2015, Indonesia diperkirakan akan menjadi pengimpor minyak bumi. Gas bumi akan segera menyusul karena telah lama diekspor secara besar-besaran padahal cadangannya hanya 2% dari gas dunia

“Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan yang tersisa adalah pembangunan PLTN.” Tapi otoritas pembangunannya ada dipemerintah pusat soal besarnya dana yang dibutuhkan, Zainudin menyebut pemerintah tidak akan terbebani karena pembangunannya diserahkan kepada swasta. Kecenderungan menganggap mudah inilah yang dikritik iwan. Dimata pemerintah, pembangunan PLTN menjadi hal yang sangat mudah. Pada hal, efek negatif yang dihasilkan tidak sebanding dengan manfaatnya. Efektif ini dipicu dua hal pertama, Human error yang bisa menyebabkan kebocoran dengan daya jangkauan yang sangat luas dan berakibat fatal bagi lingkungan dan makhluk hidup. Kecenderungan pekerja indonesia bekerja serampangan

kemungkinan human error ini sangat tinggi. Kedua, salah satu yang dihasilkan PLTN adalah Plutonium bahan baku pembuatan senjata nuklir. Begitu pula Uranium, limbah yang dihasilkan PLTN, akan berdampak pada genetika. Tentang cadangan energi listrik di Indonesia yang dikatakan pemerintah semakin hari semakin menipis, Iwan menepisnya.

Dalam manajemen kekayaan sumber energi, kesalahan terbesar yang dilakukan pemerintah adalah terus menerus mengeksplor sumber energi yang lebih bersih, yaitu Gas, Minyak bumi, dan batu bara hanya untuk mendapatkan tambahan devisa. Dengan mengimpor energi Nuklir yang jelas berbahaya untuk pemenuhan kebutuhannya, ini jelas kebijakan konyol ungkapnya.

Sebagai diketahui, saat ini pemerintah Indonesia dibantu oleh pemerintah PLTN di Madaya. Hal ini menimbulkan kekhawatiran karena PLTN merupakan salah satu teknologi yang dihasilkan oleh industri nuklir. Industri nuklir pada tahun 1950-an pernah mengalami kecelakaan pertama di negara Amerika Serikat (MHI) salah satu insiden yang terjadi pada tahun 1979 saat penelitian modal untuk pembangunan PLTN Madaya. Dan dari data yang kami peroleh, beberapa tahun sebelum MHI saat ini kecelakaan dalam pembangunan PLTN di Madaya telah terjadi.

d. Terpaksa

Pemerintah sendiri pernah membangun PLTN. Namun karena ketepatan waktu, tenaga, keahlian dan biaya Energi listrik hingga tahun 2012 masih belum terwujud. Saat ini sudah lebih dari 100 per tahun pemerintah membangun rumah-rumah di Madaya. Tahun 2012, Indonesia diperkirakan akan menjadi penghasil minyak bumi Gas yang akan segera menjadi negara yang dapat secara signifikan memenuhi kebutuhan cadangannya hingga 20 dan seterusnya.

Selain itu, saat ini masih menunggu pembangunan yang selesai adalah pembangunan PLTN. Tapi karena pembangunannya ada di pemerintah pusat yang beresnya dan yang dibuktikan. Kemudian, pemerintah tidak akan membangun karena pembangunannya dibuktikan kepada swasta. Kemudian, pemerintah sudah mulai yang dibuktikan. Pemerintah, pembangunan PLTN menjadi hal yang sangat mahal. Pada hal, oleh orang yang dibuktikan tidak sebanding dengan manfaatnya. Efektif ini lebih dan hal pertama. Namun itu yang bisa membuktikan kebutuhan dengan dan jangka yang sangat luas dan bahkan ini hal yang sangat dan mungkin. Kemudian, pemerintah Indonesia sebagai

BAB III

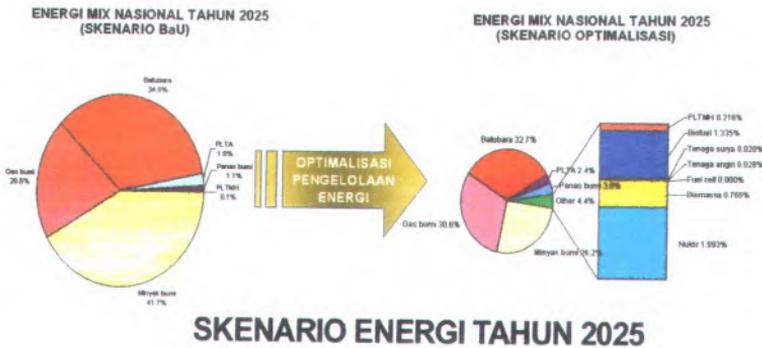
SISTEM KETENAGALISTRIKAN JAWA TIMUR KHUSUSNYA WILAYAH MADURA

3.1 Industri Kelistrikan Nasional

Pengembangan industri kelistrikan di Indonesia pada dasarnya memiliki 2 tujuan pokok :¹

1. Terselenggaranya penyediaan tenaga listrik dalam jumlah yang cukup dengan harga yang wajar, handal, aman, efisien serta ramah lingkungan untuk kesejahteraan rakyat.
2. Terwujudnya pemanfaatan energi secara efisien, aman, dan ramah lingkungan untuk pembangkitan tenaga listrik

PEMANFAATAN ENERGI KEDEPAN



SKENARIO ENERGI TAHUN 2025

Gambar 3.1

Kondisi Energi Mix Nasional Tahun 2005 dan Sasaran Energi Mix Nasional Tahun 2025

Untuk mencapai tujuan tersebut maka dirumuskan strategi sebagai berikut:

- a. Memungkinkan berbagai skema investasi dalam usaha penyediaan tenaga listrik.

¹ Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 11 Maret 2003, Pedoman dan Pola Tetap Pengembangan Industri Ketenagalistrikan Nasional 2003-2020

- Penerapan struktur pasar yang kompetitif bagi wilayah yang telah memungkinkan.
 - Memberikan daya tarik untuk berinvestasi melalui tarif dan insentif lainnya.
 - Penyediaan dana oleh Pemerintah dan Pemerintah Daerah untuk pengembangan daerah terpencil, daerah belum berkembang dan listrik perdesaan.
- b. Melakukan rasionalisasi tarif dan peningkatan kandungan lokal.
- Rasionalisasi Tarif Dasar Listrik (TDL) PLN
 - Rasionalisasi harga jual listrik swasta kepada PLN
 - Peningkatan kemampuan nasional dalam Usaha Penunjang Tenaga Listrik.
- c. Mengoptimalkan peran seluruh pelaku usaha penyediaan tenaga listrik
- PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan listrik (*Electric Utility*) yang telah berkembang dan berpengalaman sejak lama, perlu dioptimalkan peranannya dengan berkonsentrasi pada bisnis utama (*Core Business*), yaitu usaha penyediaan tenaga listrik. Untuk kegiatan usaha penunjang tenaga listrik dapat dilakukan sepanjang tidak bertentangan dengan Undang-undang Nomor 20 Tahun 2002 tentang Ketenagalistrikan.
 - Meningkatkan pengawasan terhadap pelaku usaha penyediaan tenaga listrik melalui *benchmarking* kinerja operasi dan keuangan.
 - Meningkatkan transparansi kepada publik dalam proses penetapan biaya investasi, serta mengumumkan secara periodik harga pokok penjualan listrik diberbagai daerah atau titik konsumsi.
- d. Menerapkan prinsip “*Good Governance*”
- Mengurangi peran Pemerintah dan memberdayakan peran lembaga independen dan pelaku usaha di sektor ketenagalistrikan.
 - Melakukan pengambilan keputusan secara transparan dan akuntabel.
- e. Membentuk tim fasilitasi untuk membantu pemerintah daerah
- Melakukan “*Capacity Building*”.
 - Secara bertahap meningkatkan tugas dekonsentrasi (kewenangan Pemerintah Pusat yang dilakukan Pemerintah Daerah).

3.2. Tinjauan Sistem Kelistrikan Jawa-Bali

Sistem kelistrikan Jawa-Bali adalah merupakan suatu sistem tenaga listrik yang telah terinterkoneksi, dimana pembangkit tenaga listrik yang tersebar di Jawa dan Bali terhubung antara satu dengan lainnya melalui saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV dan transmisi tegangan ekstra tinggi 500 kV membentuk satu sistem. Selanjutnya melalui Gardu Induk 500/150 kV dan 150/20 kV memasuki sistem distribusi di 5 (unit) PLN Distribusi, yaitu Distribusi Jakarta Raya-Tangerang, Jawa Barat dan Banten, Jawa Tengah dan DI Yogyakarta, Jawa timur dan Bali.

Secara manajemen, Sistem Kelistrikan Jawa-Bali dibagi dalam 4 (empat) Region, yakni Region 1 (Jakarta Raya dan sebagian Jawa Barat), Region 2 (Jawa Barat), Region 3 (Jawa Tengah dan DIY) serta Region 4 (Jawa Timur dan Bali), dibawah manajemen PLN Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa-Bali (PLN P3B). Dengan demikian Sistem Kelistrikan Jawa Timur dilayani oleh sub-sistem Region 4 dan merupakan bagian dari Sistem Kelistrikan Jawa-Bali.

Komposisi konsumen dan energi terjual sistem Jawa bali dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.1²
Konsumen Energi listrik Sistem Jawa-Bali

Tariff Group	2003	2004	2005	2006	2007	Share (%)
Rumah Tangga	20.420.608	21.120.382	21.783.455	22.471.889	23.171.663	93,40%
Industri	36.715	36.867	37.619	37.900	38.052	0,16%
Bisnis	850.283	892.728	946.366	986.236	1.028.681	3,95%
Sosial	454.677	472.611	489.434	506.659	524.593	2,09%
Gedung Kantor Pemerintah	38.866	39.808	40.410	41.220	42.162	0,18%
Penerangan Jalan Umum	39.219	49.599	56.515	63.561	73.941	0,22%
Jumlah	21.840.368	22.611.995	23.353.799	24.107.465	24.879.092	100.00%

3.3. PLN Distribusi Jawa Timur

Perkembangan dan pertumbuhan sektor Ketenagalistrikan di Jawa Timur tidak dapat dipisahkan dari perkembangan dan pertumbuhan perekonomian daerah Jawa Timur. Demikian pula sebaliknya

² Website PT. PLN, www.pln.co.id, 2007

perkembangan dan pertumbuhan perekonomian daerah Jawa Timur tergantung kepada ketersediaan tenaga listrik. Ketersediaan tenaga listrik pengaruhnya sangat besar terhadap perkembangan investasi masa datang dikarenakan saat ini tenaga listrik merupakan sumber energi utama dalam menunjang proses produksi.



Gambar 3.2
Peta Wilayah PLN Distribusi Jawa Timur

Dalam upaya memajukan daerah, Pemerintah Daerah Propinsi Jawa Timur dan Pemerintah Daerah Kabupaten / Kota telah dan terus giat melakukan promosi daerahnya masing-masing sebagai tempat investasi.

Luas wilayah Propinsi Jawa Timur yang mencapai 46.712.80 Km², sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Timur Tahun 1997/1998 – 2011/2012, wilayah Jawa Timur dibagi dalam 9 Satuan Wilayah Pembangunan (SWP), yang masing-masing mempunyai kawasan andalan, yaitu :

- a. SWP Gerbangkertosusila (Gresik, Bangkalan, Mojokerto, Surabaya, Sidoarjo, dan Lamongan)
- b. SWP Malang – Pasuruan
- c. SWP Probolinggo – Lumajang
- d. SWP Jember dan sekitarnya
- e. SWP Banyuwangi
- f. SWP Madiun dan sekitarnya
- g. SWP Kediri dan sekitarnya
- h. SWP Tuban – Bojonegoro
- i. SWP Madura dan kepulauan

Dari 9 SWP tersebut yang mempunyai sektor industri sebagai kawasan andalan hanya 3 SWP, yaitu SWP Gerbangkertosusila, SWP Malang – Pasuruan, dan SWP Tuban – Bojonegoro.

Total luas daerah Jawa Timur 46.428 km², 29 Kabupaten, 9 Kota, 658 Kecamatan, 8.497 Desa dengan Jumlah 10.275 juta rumah tangga, total pelanggan sebanyak 6,729 juta pelanggan dengan angka rata-rata per kapita pada tahun 2007 untuk Propensi Jawa timur tercatat sebesar 0,24 kVA/Kapita dan 515,19 kwh/kapita, sedang ratio elektrifikasi tahun 2007 terhitung 65,49% dan ratio elektrifikasi desa 99,20%. Kapasitas terpasang pembangkit Listrik PT.PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur sampai dengan akhir Desember 2007 mencapai 14,87 MW dengan 49 unit pembangkit dan jumlah penyulang 863 buah dengan rincian:

- PLTD 46 unit dengan kapasitas terpasang total 12,42 MW
- PLTM 3 unit dengan kapasitas terpasang total 2,45 MW
- Panjang Jaringan tegangan menengah 29.929,27 Kms
- Panjang Jaringan tegangan rendah 57.989,21 Kms
- Total Gardu Distribusi 20 KV 36.275 Unit dan 4.275,02 MVA

Jumlah transfer tenaga listrik dari PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban Jawa Bali, PLTD, PLTM dan Pembangkit Swasta lainnya pada tahun 2007 sebanyak 21.163.305 MWh. Jumlah tersebut meningkat 5,53% jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Penjualan tenaga listrik tahun 2007 sebesar 19.467 MWh atau naik sebesar 6,25% di banding tahun 2006, Daya tersambung 9.153,2 MVA atau naik sebesar 4,72% di banding tahun 2006. Jumlah total pelanggan pada tahun 2007 mencapai 6.728.822 pelanggan dengan berbagai segmentasi tarif. Jumlah pelanggan pada tahun 2007 meningkat 2,36% bila dibandingkan dengan jumlah pelanggan tahun 2006. Sedangkan harga jual listrik yang diterapkan berbeda untuk tiap segmentasinya, namun apabila jumlah tersebut dijumlahkan dan dirata-rata pertahunnya diperoleh nilai jual rata-rata pada tahun 2006 mencapai 615,13 Rp./KWh, sehingga tampak adanya kenaikan harga jual rata-rata tarif sebesar 1,26%.

Jumlah desa yang dialiri dari total desa 8.497 desa terdiri dari 794 desa dalam kota dan 7.703 desa luar kota, sampai dengan tahun 2007 untuk daerah kabupaten dan kota terlistriki sebanyak 8,429 desa dengan rincian 792 desa dalam kota (100%) dan 7.637 desa luar kota (98,14). Sehingga rasio elektrifikasi desa sebesar 99,20%

Kebutuhan tenaga listrik daerah Jawa Timur dilayani dari energy transfer dari sistem interkoneksi Jawa – Madura - Bali (JAMALI)

sebagai pemasok utama melalui jaringan SUTET (500 kV), dan SUTT (150 dan 70 kV), serta dari pembangkit-pembangkit kecil/embedded (PLTA Wonorejo – PJB dan Captive) melalui jaringan TM, serta oleh pembangkitan sendiri (PLTD dan PLTM Sampean Baru), pembangkit sewa (PLTD). Tenaga listrik ini disalurkan kepada pelanggan melalui jaringan SUTT, JTM dan JTR.

PLTD yang dimiliki oleh PLN Distribusi Jawa Timur mempunyai kapasitas terpasang total 5.740 kW, yang digunakan pada isolated area tersebar (pulau-pulau : Giligenting, Kangean, Mandangin, Sapeken, Sapudi, Talango, Perikanan, Tambak). Kapasitas ini masih lebih rendah bila dibandingkan dengan potensi kebutuhan listrik yang ada, sehingga diperlukan pasokan daya tambahan dengan melakukan sewa PLTD (Sapudi dan Perikanan) sebesar kapasitas terpasang total 2.300 kW.

Tabel 3.2
Desa Berlistrik Tingkat kabupaten Dan Kota 2007

NO	KABUPATEN	JUMLAH	DESA	%	Desa Belum
		DESA	BERLISTRIK		BERLISTRIK
1	GRESIK	356	355	99,72	1
2	SIDOARJO	353	353	100,00	0
3	MALANG	389	389	100,00	0
4	PASURUAN	365	361	98,90	4
5	PROBOLINGGO	330	328	99,39	2
6	KEDIRI	344	344	100,00	0
7	BLITAR	248	248	100,00	0
8	TULUNG AGUNG	271	271	100,00	0
9	MADIUN	206	206	100,00	0
10	MAGETAN	235	235	100,00	0
11	NGAWI	217	217	100,00	0
12	JEMBER	247	247	100,00	0
13	LUMAJANG	204	204	100,00	0
14	MOJOKERTO	304	303	99,67	1
15	JOMBANG	306	306	100,00	0
16	NGANJUK	284	284	100,00	0
17	PAMEKASAN	189	189	100,00	0
18	SAMPANG	186	183	98,39	3
19	SUMENEP	332	320	96,39	12

Lanjutan tabel

20	BANGKALAN	281	256	91,10	25
21	BANYUANGI	217	217	100,00	0
22	SITUBONDO	136	133	97,79	3
23	BONDOWOSO	215	200	93,02	15
24	BOJONEGORO	430	430	100,00	0
25	LAMONGAN	474	474	100,00	0
26	TUBAN	328	328	100,00	0
27	PONOROGO	303	303	100,00	0
28	TRENGGALEK	157	157	100,00	0
29	PACITAN	171	171	100,00	0

Lanjutan Tabel 3.2

NO	KOTA	JUMLAH	DESA	%	DESA
		DESA	BERLISTRIK		BELUM
31	MALANG	57	57	100,00	
32	PASURUAN	34	34	100,00	
33	PROBOLINGGO	29	29	100,00	
34	KEDIRI	46	46	100,00	
35	BLITAR	21	20	95,24	1
36	MADIUN	27	27	100,00	
37	MOJOKERTO	18	18	100,00	
38	BATU	24	23	95,83	1

3.3.1. Data Pelanggan

Total pelanggan PLN Distribusi Jatim sampai dengan tahun 2007 berjumlah 6,728 juta, terdiri dari pelanggan sektor Rumah Tangga sebesar 5,83 juta, Bisnis 309,282 pelanggan, Industri 10,969 pelanggan, dan Publik 11,398 pelanggan.

Sampai dengan tahun 2007 daya tersambung pelanggan PLN Distribusi Jawa Timur adalah 9.153,21 MVA, dengan komposisi per sektor pelanggan sebagai berikut : Rumah Tangga 4.577,35 MVA, Bisnis 1.209,90 MVA, Industri 2.816,50 MVA, dan Publik yang turun menjadi 123,69 MVA. Dimana penjualan Energi listrik mencapai 19.467.437 MWh, dengan komposisi persektor pelanggan Rumah Tangga 7.107.487 MWh, Industri 8.947.218 MWh, Publik 188,450 MWh.

Pendapatan pada tahun 2007 yaitu 12.125,43 Milyar dengan komposisi per sektor pelanggan. Rumah tangga 3,939,75 Milyar, Bisnis 1.590,62 Milyar, Industri 6.599,82 Milyar, Publik 141.32 Milyar.

Tabel 3.3

Data Pelanggan 2007

Tipe	JUMLAH	JUMLAH	JUMLAH	JUMLAH
	Pelanggan	Daya Terasang (MVA)	Shang Terjang (MVA)	Pendapatan (Rp Miliar)
S-2 TR s/d 450 VA	70.718	31.82	61.499	17.99
S-2 TR s/d 900 VA	48.201	43.38	59.378	26.16
S-2 TR 1300 VA	15.784	20.52	29.960	17.13
S-2 TR 2200 VA	7.259	15.97	25.536	15.27
S-2 TR 2201 VA s/d 200 kva	9.013	136.54	191.851	125.89
S-3 TM diatas 200 kva	68	51.99	97.892	56.26
JUMLAH SUBJAL	151.093	309.23	468.116	238.71
S-1 TR-220 VA	2.081	0.43	2.959	0.41
R-1 TR/Tanpa Meter	0	-	33	0.02
R-1 TR s/d 450 VA	3.698.387	1.664.37	2.943.406	1.157.49
R-1 TR s/d 900 VA	1.941.949	1.747.75	2.324.334	1.431.97
R-1 TR s/d 1.300 VA	381.100	495.43	753.590	531.09
R-1 TR s/d 2.200 VA	136.403	300.08	509.105	352.13
R-2 TR > 2.201 VA s/d 6.600 VA	56.109	247.53	396.971	309.70
R-3 TR diatas 6.600 VA	9.497	121.75	177.089	156.96
Jumlah Pasokan Tenaga	6.224.726	4.577.35	7.167.487	3.898.73
B-1 TR s/d 450	148.167	66.68	96.329	51.71
B-1 TR s/d 900	45.531	40.98	65.174	41.86
B-1 TR 1300	32.793	42.63	67.039	46.91
B-1 TR 2200	33.264	73.18	97.769	75.40
B-2 TR > 2.201 VA S/D 200kVA	49.218	662.14	1.005.149	795.79
B-3 TM diatas 200 kVA	309	342.30	749.351	578.95
Jumlah BIKUM	309.282	1.309.98	2.090.813	1.590.82
T/TM diatas 200 kVA	-	-	-	-
JUMLAH TRAKSI	-	-	-	-
C/TM diatas 200 kVA	-	-	-	-
JUMLAH CURAN	-	-	-	-
M (Mhizuna)	-	-	238.060	316.26

Lanjutan tabel

JUMLAH MULYAGUNA	-	-	238.260	316.26
I-1 TR.s/d 450 VA	4	0.00	4	0.00
I-1 TR.s/d 900 VA	34	0.03	42	0.03
I-1 TR.1300 VA	94	0.12	196	0.14
I-1 TR.2.200 VA	199	0.44	499	0.40
I-1 TR.2.201 VA s/d 14 kVA	2.873	26.96	26.932	23.15
I-2 TR.>14 KVA s/d 200 kVA	6.376	533.16	941.633	730.22
I-3 TM.Diatas 200 kVA	1.371	1.669.52	5.138.021	3.288.55
I-4/T.T diatas 30.000 kVA	18	586.26	2.819.890	1.557.34
JUMLAH INDUSTRI	10.969	2.816.30	8.947.218	5.999.22
P-1 TR. s/d 450 VA	2.076	0.93	1.641	1.17
P-1 TR. s/d 900 VA	2.109	1.90	2.654	2.14
P-1 TR. 1.300 VA	1.894	2.46	4.222	3.26
P-1 TR. 2.200 VA	1.438	3.16	5.248	4.06
P-1 TR. 2.201VA s/d 200 kVA	3.822	70.90	115.765	89.42
P-2 TM.diatas 200 kVA	59	44.33	58.919	41.26
JUMLAH PUBLIK	11.369	120.69	188.430	141.32
P-3/TR	20.404	125.55	439.295	278.96
JUMLAH P-3/TR	20.404	125.55	439.295	278.96
JUMLAH SELURUHNYA	6.728.822	9.132.1	19.407.437	12.126.43

3.3.2 Beban Puncak

Beban puncak sistem tenaga listrik di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur terjadi pada malam hari sekitar pukul 19.00 s/d 21.00. Fenomena ini menunjukkan bahwa pemakaian tenaga listrik masih didominasi untuk keperluan konsumtif (penerangan dan hiburan di rumah tangga). Dan ini jelas kurang menggembirakan karena harga jual kWh untuk keperluan konsumtif seperti sektor rumah tangga dan penerangan jalan kurang menguntungkan. Dengan semakin terbatasnya daya pembangkit, maka sejak akhir tahun 2002 PLN Distribusi Jatim telah melakukan upaya pengendalian beban puncak dengan melakukan pengendalian penyambungan baru, program DSM (Demand Side Management) dan pembelian kelebihan daya captive power saat WBP.

Dalam kurun waktu tahun 2007 pertumbuhan beban puncak Distribusi Jawa Timur tidak sebesar tahun sebelumnya. Hal ini sangat baik, karena berarti menunjukkan pertumbuhan tenaga listrik (kWh) lebih besar pada luar waktu beban puncak (LWBP), dan ini juga ditunjukkan

dengan semakin meningkatnya load factor (LF). Selain dari pada itu, hal tersebut sangat menguntungkan karena sejak tahun 2002 telah diberlakukan transfer price terurai dari single buyer (PLN Pusat) kepada unit-unit Distribusi se Jawa Bali, yaitu terdiri atas harga kWh LWBP, harga kWh WBP, dan harga kapasitas (kW) per-bulan yang dihitung dari beban puncak koinsiden unit Distribusi. Realisasi beban puncak dan load faktor selama periode tahun 2007 Tabel 3.8 di bawah ini.

Tabel 3.4
Data Beban Puncak (MW) dan Load Factor (%)

Uraian	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN
Beban Puncak (MW)	2.956	2.960	2.965	2.961	3.111	3.060
Load Factor (%)	79.18	71.78	79.65	77.55	78.43	76.33
Uraian	JUL	AGUST	SEP	OKT	NOV	DES
Beban Puncak (MW)	3.002	3.070	3.082	3.119	3.154	2.993
Load Factor (%)	80.80	78.32	74.04	72.00	76.09	79.16

3.3.3 Pasokan Tenaga Listrik dari Pembangkit Sendiri

Khusus untuk melayani pulau-pulau di sekitar Madura dan Gresik PLN Distribusi Jatim mengoperasikan PLTD sendiri dan melakukan sewa PLTD dari pihak ketiga. Serta untuk memanfaatkan potensi alam (air), maka PLN Distribusi Jatim juga mengoperasikan PLTM di Situbondo dan Nganjuk. Data kemampuan pembangkit PLN Distribusi Jatim (sendiri) dan pembangkit PLTD sewa pada tahun 2007 adalah sebagai berikut :

Tabel 3.5
Data Pembangkit Sendiri dan sewa Tahun 2007

URAIAN	JML UNIT	DAYA (KW)		BEBAN PUNCAK	PRODUKSI KWH
		TERPASANG	MAMPU	(KW)	
PLTM Widias	1	650	400	0	0
PLTD APJ PKS	32	7.377	6.140	2.808	9.218.875
PLTM APJ STB	2	1.800	1.800	1.700	3.498.799
PLTD APJ GSK	14	5.044	4240.	1.607	8.958.248
JUMLAH	49	14871	12.580	6115	21675922

3.3.4 Susut Distribusi

Kenaikkan susut distribusi pada tahun 2003, salah satunya disebabkan adanya program mengurangi umur piutang sebagai upaya memperbaiki arus kas dengan melakukan perubahan pola penagihan dari Pola B menjadi Pola A, sehingga pada saat perubahan seakan-akan terdapat 1 bulan rekening hilang atau diloncati. Data susut distribusi 5 (lima) tahun terakhir menunjukkan bahwa upaya penekanan susut belum menampakkan hasil yang optimal.

Tabel 3.6
Data Realisasi Susut Distribusi

URAIAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN
Susut Distribusi (%)	9.81	8.40	8.55	8.34	8.22	7.95
URAIAN	JUL	AGUST	SEPT	OKT	NOV	DES
Susut Distribusi (%)	8.03	7.92	8.33	7.87	7.84	7.80

Sumber : PLN Distribusi Jawa Timur, 2007, diolah kembali.

3.3.5 Pembagian Area Pelayanan PLN Distribusi Jawa Timur

Dari gambar 2.3 dapat dilihat bahwa unit kerja PT.PLN UBD Jawa Timur dibagi menjadi 14 area pelayanan sampai pada Juni 2002, termasuk wilayah Madura yang menjadi satu dalam area Pamekasan (APJ PKS) Dan sejak Juli 2003 terdapat penambahan 2 unit kerja pada PT.PLN UBD Jawa Timur. Yaitu area Ponorogo (PRG) dan area Surabaya Barat (SBB). Sehingga sampai saat ini PT.PLN UBD Jawa

Timur memiliki total 16 area pelayanan. Dibawah ini adalah peta pembagian 16 area beserta data-datanya pada tahun 2005 :

PETA JARINGAN UBD JAWA TIMUR



Gambar 3.3
Peta Jaringan PT. PLN UBD Jatim

3.4 Area Pamekasan (PKS)

Area Pamekasan memiliki total jumlah pelanggan sebanyak 408.695 pelanggan dengan daya tersambung sebesar 294,38 MVA, sedangkan energi terjual sebesar 451,89 GWh dan susut distribusi sebesar 34,76 %. Sedangkan beban puncak rata-rata area ini sebesar 282,3 MW.

Area PKS ini beranggotakan Kab. Pamekasan, Kab. Sumenep, Kab. Bangkalan dan Kab. Sampang. Data-data kelistrikan tiap kabupaten disajikan dalam tabel 3.15 berikut.

Tabel 3.7

Data-data Kelistrikan di Area PKS Tahun 2007

Kota/Kab.	Energi Terjual (GWh)	Pelanggan	Daya Tersambung (MVA)	Beban Puncak (MW)
Kab. Pamekasan	119,32	113.830	81,001	62,77
Kab. Sumenep	142,32	135.470	97,5	86,85

Lanjutan Tabel

Kota/Kab	Energi Terjual (GWh)	Pelanggan	Daya Tersambung (Mva)	Beban Puncak (MW)
Kab. Bangkalan	134,08	111.122	94,07	67,32
Kab. Sampang	71,62	50.35	34,74	65,36

3.4.1 Perkembangan Konsumen dan Daya tersambung di tiap Kabupaten.

Konsumsi tenaga listrik Wilayah Madura atau APJ Pamekasan cukup besar dari total kebutuhan tenaga listrik di Jawa Timur. Hal ini dapat dilihat dari jumlah konsumen dan daya tersambung serta konsumsi energi listrik di APJ Pamekasan.

Pemenuhan kebutuhan listrik di Madura disuplai dari Jawa Timur yang mana melewati saluran bawah laut. Untuk itu perlunya pembangkit tenaga listrik. Beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan listrik di Madura..APJ Pamekasan Memiliki ratio elektrifitas sebesar 47,35,Pertumbuhan penduduk Madura disajikan pada tabel berikut

Tabel 3.8
Tabel Jumlah Penduduk Akhir Tahun APJ PMK

Tahun	Kabupaten			
	Sampang	Pamekasan	Bangkalan	Sumenep
1993	704,138	635,04	717,964	918,926
1994	702,759	634,197	720,111	922,201
1995	705,03	636,855	721,558	925,287
1996	706,578	662,921	725,653	952,868
1997	707,923	664,527	732,123	954,215
1998	709,495	666,675	733,778	956,091
1999	710,658	671,544	749,202	958,358
2000	715,233	674,133	762,046	966,189
2001	721,869	695,504	772,932	978,763
2002	736,771	704,682	777,05	985,8
2003	753,221	712,828	828,917	1,045,719
2004	772,539	727,685	837,133	1,058,895
2005	780,946	756,231	890,830	1,064,980

Lanjutan Tabel

Tahun	Sampang	Pamekan	Bangkalan	Sumenep
2006	792,198	782,917	926,559	1.069.928
2007	847,361	813.876	945,863	1,076,592

Sumber Data : Balai Pusat Statistik Surabaya setelah diolah

3.4.2 Perkembangan Jaringan Listrik

Jaringan listrik dibagi 3 bagian menurut besar tegangannya. Yaitu Jaringan Tegangan Rendah (JTR) untuk tegangan 220 volt, Jaringan Tegangan Menengah (JTM) untuk 6 & 20 kV dan Jaringan Tegangan Tinggi (JTT) untuk 150 & 500 kV. Dalam 5 tahun terakhir JTR tidak mengalami perubahan namun untuk JTM mengalami pertumbuhan rata-rata panjang jaringan sebesar 5,63. Sampai tahun 2003, panjang jaringan JTM di Madura mencapai 2.811,67 Kms.

Tabel 3.9

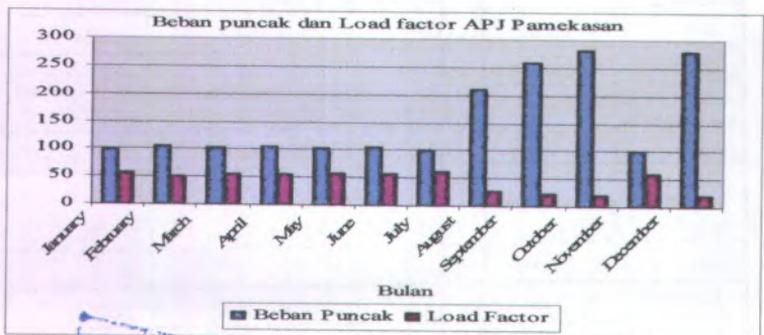
Tahun	2003	2004	2005	2006	2007
APJ Pamekasan	2811.7	2828.0	2846.8	2855.6	2881.3

Sumber : Data PLN 2007

Tabel 3.10

Beban puncak APJ Pamekasan

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Beban Puncak	99.4	105.6	103.3	104.6	102.7	104.9	100.6	210.8	258.3	282.3	101.2	279.3
Load Factor	56.15	51.36	54.8	55.01	58.34	58.31	60.85	27.57	22.26	20.96	59.73	20.25



Gambar 3.4
Grafik Beban puncak dan load faktor APJ Pamekasan

Tabel 3.11
Neraca Energi Listrik MWh Per area APJ Pamekasan 5 tahun terakhir

Tahun	2003	2004	2005	2006	2007
Siap terjual	509803	528815	553056	578747	617512
Terjual	332615	386024	402911	421618	458046
Susut (MWh)	177187.57	142790.52	150144.76	157129.399	159466.608
Susut(%)	34.76	26.40	27.15	27.15	25.82

3.5 Data Umum dan Kondisi Ketenagalistrikan Tiap Kabupaten di Pulau Madura

3.5.1 Kabupaten Bangkalan

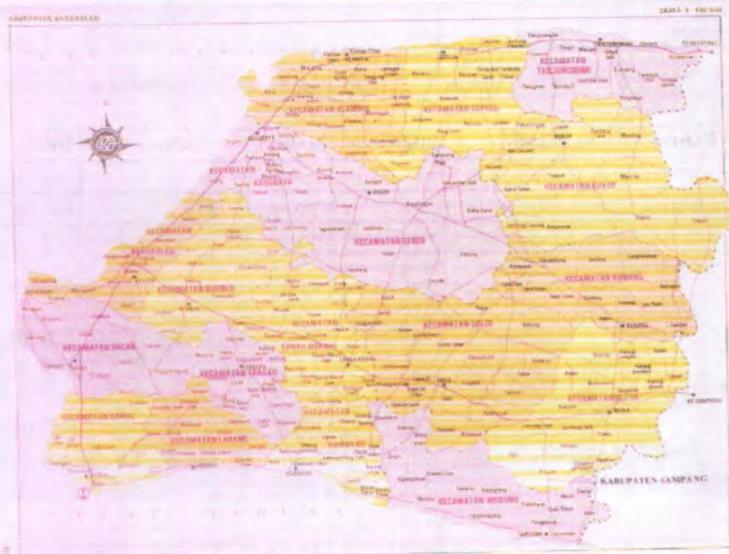
Secara Geografis Kabupaten Bangkalan terletak $112^{\circ}40'06''$ – $113^{\circ}08'04''$ Bujur Timur dan $06^{\circ}51'39''$ – $07^{\circ}11'39''$; Lintang Selatan. Dengan ketinggian daerah Kab. Bangkalan dari Permukaan Laut yaitu dari Jarak 2 meter sampai 10 meter.

Adapun batas - batas wilayahnya adaalh sebagai berikut:

- Disebelah Utara berbatasan dengan laut Jawa,
- Disebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Sampang,
- Disebelah Selatan dan Barat berbatasan dengan Selat Madura.

Luas Wilayah, Jumlah Desa dan Kepadatan Tiap Kecamatan di Kab. Bangkalan untuk tahun 2007 dapat dilihat pada tabel 2.28.



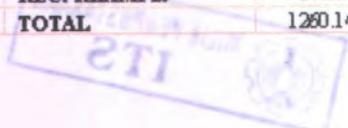


Gambar 3.5 Peta Kabupaten Bangkalan

Tabel 3.12

Luas, Jumlah desa dan kepadatan penduduk Kab. Bangkalan

No.	NAMA KECAMATAN	Luas Area (km ²)	Jumlah Desa/Kelurahan	Kepadatan Penduduk/km
1.	KEC. KAMAL	41.40	10	2023,4
2.	KEC. LABANG	35.23	13	925,57
3.	KEC. KWANYAR	47.81	16	761,10
4.	KEC. MODUNG	78.79	17	568,00
5.	KEC. BLEGA	92.82	19	586,32
6.	KEC. KONANG	81.09	13	547,72
7.	KEC. GALIS	120.56	21	127,90
8.	KEC. TANAH MERAH	68.56	23	102,00
9	KEC. TRAGAH	39.58	18	1504,8
10	KEC. SOCAH	53.82	11	1031,5
11	KEC. BANGKALAN	35.02	13	1621,0
12	KEC. BURNEH	66.10	12	1612,6
13.	KEC. AROS BAYA	42.46	18	970,00
14.	KEC. GEGER	123.31	13	488,29
15.	KEC. KOKOP	125.75	13	504,84
16.	KEC. TANJUNG BUMI	67.49	14	713,93
17.	KEC. SEPULU	73.25	15	1360,8
18.	KEC. KLAMPIS	67.10	22	734,00
	TOTAL	1280.14	281	845,20



Kondisi kelistrikan di Kab. Bangkalan per Kecamatan dapat dilihat seperti tabel berikut ini.

Tabel 3.13
Jumlah Pelanggan dan Rasio Elektrifikasi Kab. Bangkalan Tahun 2007

NO	NAMA DESA	JUMLAH PENDUDUK	JUMLAH	JUMLAH	RASIO
			RUMAH TANGGA	PELANGGAN LISTRIK	ELEKTRIFIKASI (%)
1	KEC. KAMAL	47271	10075	10074	99,99
2	KEC. LABANG	32608	7235	5986	82,74
3	KEC. KWANYAR	36212	9395	4948	52,67
4	KEC. MODUNG	46629	11357	8552	75,24
5	KEC. BLEGA	54428	11915	6729	56,48
6	KEC. KONANG	49148	10058	1519	15,10
7	KEC. GALIS	15070	4954	4411	89,04
8	KEC. TANAH MERAH	13379	9314	4293	46,09
9	KEC. TRAGAH	27585	5393	2704	50,14
10	KEC. SOCAH	55304	11871	10977	92,47
11	KEC. BANGKALAN	56752	16115	16051	99,60
12	KEC. BURNEH	57085	8812	6216	70,54
13	KEC. AROSBAYA	45318	11411	5545	48,59
14	KEC. GEGER	60760	13189	2994	22,70
15	KEC. KOKOP	63484	12009	1230	10,24
16	K.TANJUNG BUMI	48126	11612	10506	90,48
17	KEC. SEPULU	42887	10750	4994	46,46
18	KEC. KLAMPIS	52302	16467	5588	33,81

Sumber : Biro Pusat Statistik Kecamatan Dalam Angka, 2007, diolah kembali

Dilihat dari Tabel 3.29 bahwa rasio elektrifikasi dari Kab. Bangkalan sebesar 61,08%. Sedangkan Kecamatan yang rasio elektrifikasinya masih rendah atau masih di bawah rata-rata rasio elektrifikasi Kab. Bangkalan yaitu Kecamatan :

1. Kec. Kokop (10,24%)
2. Kec. Konang (15,10%)
3. Kec. Geger (22,70%)
4. Kec. Klampis (33,81%)
5. Kec. Sepulu (46,46%)

6. Kec. Klampis (41,9%)
7. Kec. Arosbaya (48,56%)
8. Kec. Tragah (50,14%)

3.5.2 Kabupaten Sampang

Secara Geografis Kabupaten Sampang terletak $113^{\circ}08' - 113^{\circ}39'$ Bujur Timur dan $06^{\circ}05' - 07^{\circ}13'$ Lintang Selatan. Dan batas wilayahnya di Sebelah Utara dibatasi oleh laut Jawa, sebelah timur oleh Kabupaten Pamekasan, sebelah selatan dibatasi oleh selat Madura dan sebelah baratnya dibatasi oleh Kabupaten Bangkalan.

Ketinggian daerah Kab. Sampang dari Permukaan Laut yaitu dari Jarak 1,5 meter sampai 118 meter..





Gambar 3.6

Peta Kabupaten Sampang

Luas Wilayah, Jumlah Desa dan Kepadatan Tiap Kecamatan di Kab. Sampang untuk tahun 2007 sebagai berikut:

Tabel 3.14

Luas, Jumlah desa dan kepadatan penduduk Kab. Sampang

No.	KECAMATAN	Luas Area (km ²)	Jumlah Desa/Kelurahan	Kepadatan Penduduk
1.	SRESEH	71,95	12	408,31
2.	TORJUN	86,89	18	570,61
3.	SAMPANG	70,01	12+6	1.429,68
4.	CAMPLONG	69,93	14	1.014,39
5.	OMBEN	116,31	20	554,87
6.	KEDUNGUNG	123,08	18	559,68
7.	JRENGIK	65,35	14	505,49
8.	TAMBELANGAN	89,97	11	434,48
9.	BANYUATES	141,23	20	430,31
10.	ROBATAL	164,79	16	550,93
11.	KETAPANG	125,28	14	544,36
12.	SOKOBANAH	108,51	12	608,69
		1.233,3	180+6	601,10

Untuk kondisi Kelistrikan di Kabupaten Sampang per Kecamatan dapat dilihat pada tabel 3.29.

Tabel 3.15
Jumlah Pelanggan dan Rasio Elektrifikasi Kab. Sampang

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi (%)
1.	Kec. SRESEH	7.197	7.401	100,00
2.	Kec. TORJUN	11.232	6.560	58,40
3.	Kec. SAMPANG	24.224	15.767	65,09
4.	Kec. CAMPLONG	13.876	4.931	35,54
5.	Kec. OMBEN	15.885	2.854	17,97
6.	Kec. KEDUNGDUNG	15.293	2.178	14,24
7.	Kec. JRENGIK	8.364	672	8,03
8.	Kec. TAMBELANGAN	8.187	900	10,99
9.	Kec. BANYUATES	16.560	2.865	17,30
10.	Kec. ROBATAL	21.134	3.559	16,84
11.	Kec. KETAPANG	19.246	5.937	30,85
12.	Kec. SOKOBANAH	15.978	2.606	16,31
	TOTAL	17.7176	56.230	31,74

Sumber : Biro Pusat Statistik Kecamatan Dalam Angka, 2007, diolah kembali

Dari data yang diperoleh dari Biro Pusat Staistik, Rasio elektrifikasi di Kab. Sampang sangat memprihatinkan yaitu sebesar 31,74% dan itu lebih kecil dari rasio elektrifikasi Jatim tahun 2007 yaitu 63,9%. Dari 12 Kecamatan di Kab. Sampang yang sudah dikatakan berlistrik adalah Kec. Sreseh, Kec. Sampang dan Kec. Torjun sedangkan 9 kecamatan lainnya masih perlu pehingkatan namun yang sangat diprioritaskan untuk ditingkatkan kondisi ketenagalistrikannya adalah:

2. Kec. Jrengik dengan Rasio Elektrifikasi 8,03%.
3. Kec. Tambelangan dengan Rasio Elektrifikasi 10,99%
4. Kec. Kedungdung dengan Rasio Elektrifikasi 14,24%
5. Kec. Sokobanah dengan Rasio Elektrifikasi 16,31%
6. Kec. Robatal dengan Rasio Elektrifikasi 16,84%
7. Kec. Banyuates dengan Rasio Elektrifikasi 17,30%
- 8.

3.5.3 Kabupaten Pamekasan

Secara Geografis Kabupaten Pamekasan terletak 113°19'–113°58' Bujur Timur dan 06°51' – 07°31 Lintang Selatan. Dan batas

wilayahnya di Sebelah Utara dibatasi oleh laut Jawa, sebelah timur oleh Kabupaten Sumenep, sebelah selatan dibatasi oleh selat Madura dan sebelah baratnya dibatasi oleh Kabupaten Sampang.

Ketinggian daerah Kab. Pamekasan dari Permukaan Laut yaitu dari Jarak 6 meter sampai 350 meter. Sedangkan luas Wilayah, Jumlah Desa dan Kepadatan Tiap Kecamatan di Kab. Pamekasan untuk tahun 2003 dapat dilihat pada Tabel 3.30





Gambar 3.7
Peta Kabupaten Pamekasan

Tabel 3.16
Luas, Jumlah desa dan kepadatan penduduk Kab. Pamekasan

No.	KECAMATAN	Luas Area (km ²)	Jumlah Desa/Kelurahan	Kepadatan Penduduk
1.	TLANAKAN	48.10	17	1.091
2.	PADEMAWU	71.90	22	957
3.	GALIS	31.86	10	850
4.	LARANGAN	40.86	14	1.227
5.	PAMEKASAN	26.47	18	2.994
6.	PROPO	71.49	27	975
7.	PALENGAAN	88.48	12	763
8.	PEGANTENAN	86.04	13	974
9.	PAKONG	30.71	12	1.057
10.	KADUR	52.43	10	843
11.	WARU	70.03	12	738
12.	BATUMARMAR	97.05	13	640
13.	PASEAN	76.88	9	642
	TOTAL	792.30	189	900

Tabel 3.17
Jumlah Pelanggan dan Rasio Elektrifikasi Kab. Pamekasan

No.	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi (%)
1.	KEC. TLANAKAN	14.017	8.057	57,48
2.	KEC. PADEMAWU	18332	8072	44,03
3.	KEC. GALIS	7914	7429	93,87
4.	KEC. LARANGAN	13302	7971	59,92
5.	KEC. PAMEKASAN	20.314	8.277	40,75
6.	KEC. PROPO	15.986	7.903	49,44
7.	KEC. PALENGAAN	15.577	7.898	50,70
8.	KEC. PEGANTENAN	14.353	7.769	54,13
9.	KEC. PAKONG	8.778	8.400	95,69
10.	KEC. KADUR	11901	7935	66,68
11.	KEC. WARU	11.801	8.974	76,04
12.	KEC. BATUMARMAR	16.161	8.952	55,39
13.	KEC. PASEAN	12.332	8.206	66,54
	TOTAL	180.768	105.843	58,55

Kabupaten Pamekasan bisa dikatakan Ibukota dari Pulau Madura karena sebelum adanya otonomi daerah, pembangunan di pulau Madura dipusatkan di Kab. Pamekasan sehingga Area Pelayanan Jaringan PT. PLN di Pulau Madura ditempatkan di Kab. Pamekasan. dari hal tersebut secara logika kondisi ketenagalistrikan di Kab. Pamekasan dikategorikan tinggi namun setelah dilihat pada Tabel 2.65, rasio elektrifikasi Kab. Pamekasan masih di bawah rata-rata rasio elektrifikasi Jawa Timur yaitu sebesar 52,96%.

Dari 13 Kecamatan di Kab. Pamekasan, kecamatan yang masih perlu ditingkatkan lagi rasio elektrifikasinya adalah:

1. Kec. Pamekasan dengan Rasio Elektrifikasi 40,75%
2. Kec. Pademawu dengan Rasio Elektrifikasi 44,03%
3. Kec. Proppo dengan Rasio Elektrifikasi 49,44%

3.5.4 Kabupaten Sumenep

Kabupaten Sumenep secara geografis terbagi atas dua bagian yaitu:

- Bagian Daratan dengan Luas : 1.146,93 Km² (54,79 %) terbagi atas 17 Kecamatan dan satu pulau di kecamatan Dungkek.
- Bagian Kepulauan dengan luas : 946,53 Km² (45,21%) terdiri dari 126 buah pulau, 48 pulau berpenghuni dan 78 pulau tidak berpenghuni, 104 buah pulau bernama dan 22 buah pulau tanpa nama. Bagian kepulauan terbagi atas delapan Kecamatan yaitu Kec. Giligenting, Talango, Nonggunong, Gayam, Raas, Arjasa, Sapeken dan Kec. Masalembu.

Sedangkan pulau paling utara adalah Pulau Keramaian terletak di Kec. Masalembu dengan jarak ± 151 mil laut dari Kec. Kalianget. Pulau paling Timur adalah Pulau Sakala yang terletak di Kec. Sapeken dengan jarak ± 165 mil Laut dari kecamatan Kalianget.





Gambar 3.8
Peta Kabupaten Sumenep

Tabel 3.18
Luas, Jumlah Penduduk dan kepadatan penduduk Kab. Sumenep

No	Kecamatan	Luas Area	Jumlah	Kepadatan
		(Km ²)	Penduduk	Penduduke/Km ²
1	Pragaan	57,84	64.432	1.113,97
2	Bhuto	51,25	47.054	918,13
3	Saronggi	67,71	36.326	536,49
4	Giligenting	30,32	23.760	783,64
5	Talango	50,27	41.179	819,16
6	Kalianget	30,19	40.487	1.341,07
7	Sumenep	27,84	70.236	2.522,84
8	Batuan	27,1	11.542	425,90
9	Lenteng	71,41	61.025	854,57
10	Ganding	53,97	38.115	706,23
11	Guluk-guluk	59,57	52.644	883,73
12	Pasongsongan	119,03	46.535	390,95
13	Ambunten	50,54	39.586	783,26
14	Rubaru	84,46	37.366	442,41

No	Kecamatan	Luas Area	Jumlah	Kepadatan
		(Km ²)	Penduduk	Penduduke/Km ²
15	Dasuk	64,5	29.877	463,21
16	Manding	68,88	27.811	403,76
17	Batuputih	112,31	43.696	389,07
18	Gapura	65,78	37.959	577,06
19	Batang-Batang	80,36	53.571	666,64
20	Dungkek	63,35	37.403	590,42
21	Nonggunong	40,08	14.392	359,08
22	Gayam	88,4	35.360	400,00
23	Raas	38,9	35.283	907,02
24	Sapeken	201,89	39.060	193,47
25	Ajasa	241,99	60.458	249,84
26	Kangayan	204,68	21.648	105,77
27	Masalembu	40,85	23.123	566,05
	TOTAL	2093,47	1.069.928	511,08

Sumber : Biro Pusat Statistik Kecamatan Dalam Angka, 2007, diolah kembali

Untuk kondisi Kelistrikan di kabupaten Sumenep per Kecamatan, dilihat pada tabel 3.33 dan lampiran 1.

Tabel 3.19
Jumlah Pelanggan dan Rasio Elektrifikasi Kab. Sumenep

No.	KECAMATAN	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi
				(%)
1	Pragaan	15769	10637	67,46
2	Bhuto	12547	11557	92,11
3	Saronggi	11801	6311	53,48
4	Giligenting	7754	1535	19,80
5	Talango	12679	1862	14,69
6	Kalianget	10727	7523	70,13
7	Sumenep	19076	16071	84,25
8	Batuan	3379	3652	108,08
9	Lenteng	29372	6633	22,58
10	Ganding	11105	3698	33,30
11	Guluk-guluk	13523	4603	34,04

No.	KECAMATAN	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi
				(%)
12	Pasongsongan	11027	5511	49,98
13	Ambunten	11367	9057	79,68
14	Rubaru	10833	10266	94,77
15	Dasuk	9540	3781	39,63
16	Manding	8167	7073	86,60
17	Batuputih	14306	5479	38,30
18	Gapura	11006	7723	70,17
19	Batang-Batang	16609	8613	51,86
20	Dungkek	13817	1202	8,70
21	Nonggunong	4649	1089	23,42
22	Gayam	13201	2641	20,01
23	Raas	10468	0	0,00
24	Sapeken	11356	1500	13,21
25	Arjasa	22677	3936	17,36
26	Kangayan	8236	0	0,00
27	Masalembu	6296	0	0,00
	Total	331287	141953	42,85

sumber :Badan pusat statistik Kabupaten Sumenep 2007

Disebutkan diatas bahwa Kab. Sumenep memiliki daerah kepulauan yang mencapai 45,21 % dari total luas daerahnya, oleh sebab itu distribusi listrik ke daerah kepulauan masih kurang maka PT. PLN mengusahakan pembangkit PLTD di beberapa pulau di Kab. Sumenep. Dari data perusahaan PT. PLN APJ Pamekasan ada 5 pulau yang sampai saat ini menggunakan pembangkit PLTD yaitu :

- Sapeken
- Kangean
- Sapudi
- Gili Genting
- Talango

Dari Tabel 2.67 dapat dilihat bahwa rasio elektrifikasi Kab. Sumenep sebesar 36,38% dan lebih rendah 27,52% dari rata-rata rasio elektrifikasi Jawa Timur yang sebesar 63,9%. Sebagian besar kecamatan di Kab. Sumenep rasio elektrifikasinya masih rendah bahkan belum berlistrik. Kecamatan yang menjadi prioritas utama untuk ditingkatkan kondisi kelistrikannya secara berurutan adalah :

- Kec. Masalembu
- Kec. Ra'as

3. Kec. Sapeken
4. Kec. Dungkek

BAB IV

ANALISA DATA

4.1 Analisis Peramalan Kebutuhan Beban Sistem Kelistrikan Pulau Madura

Pada proses pengembangan sistem kelistrikan di Pulau Madura, diperlukan prakiraan yang dapat digunakan sebagai dasar dalam mempertimbangkan kebutuhan suatu pembangunan ketenagalistrikan di 4 Kabupaten di Pulau Madura. Meningkatnya kebutuhan listrik tanpa diimbangi dengan penyediaan tenaga listrik yang memadai, Jawa Timur khususnya di wilayah Pulau Madura akan menjadi krisis tenaga listrik dan dampaknya akan sering terjadi pemadaman. Akan tetapi penyediaan tenaga listrik tanpa melihat perkembangan kebutuhan tenaga listrik berdampak pada besarnya investasi dan kecenderungan tarif listrik semakin mahal.

4.1.1 Asumsi Makro Ekonomi

Tenaga listrik sudah merupakan kebutuhan primer bagi banyak orang, apabila listrik mati sesaat seakan-akan perekonomian lumpuh karena semua peralatan yang mendorong pergerakan ekonomi menggunakan tenaga listrik. Demikian juga sebaliknya perekonomian semakin meningkat, taraf hidup masyarakat akan menjadi meningkat dan pemakaian tenaga listrik juga akan semakin meningkat. Indikator perekonomian masyarakat ditentukan dari PDRB (Pendapatan Daerah Regional Bruto), yang menjadi salah satu variabel pertumbuhan kebutuhan listrik. PDRB semakin meningkat ada kecenderungan pemakaian peralatan tenaga listrik semakin meningkat sehingga kebutuhan tenaga listrik akan semakin besar.

4.1.2 Prakiraan Kebutuhan Listrik

Dalam merencanakan suatu sistem ketenagalistrikan perlu diadakan suatu analisa peramalan kebutuhan beban. Hal tersebut berguna untuk mengetahui sejauh mana peningkatan kebutuhan beban di suatu wilayah. Sehingga dalam perencanaan nantinya dapat diketahui seberapa besar kebutuhan beban yang diperlukan untuk masa mendatang.

Dengan memperkirakan besarnya kebutuhan tenaga listrik di masing-masing Kabupaten di Pulau Madura dalam kurun waktu 10 tahun yang akan datang (2010 - 2020) maka diharapkan hasil tersebut

akan bermanfaat bagi manajemen PLN Distribusi Jawa Timur sebagai masukan dalam perencanaan pengembangan sarana dan prasarana kelistrikan. Oleh karena itu analisa peramalan beban cukup berperan penting dalam tugas akhir ini.

Dalam melakukan analisa peramalan kebutuhan beban ada beberapa kesalahan yang mendasar karena menggunakan suatu metode peramalan. Hal ini disebabkan ada banyak faktor yang sebenarnya berpengaruh namun tidak ikut dimasukkan dalam perhitungan peramalan. Namun tentunya dengan alasan tertentu faktor-faktor tersebut memang tidak diikuti karena tidak bersifat kuantitas atau tidak dalam bentuk data angka.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam analisa peramalan beban adalah sebagai berikut :

- a. Faktor politik, pengaruhnya pada tingkat keamanan dan kondisi pemerintahan suatu negara/wilayah. Faktor ini cenderung diabaikan dalam analisa peramalan kebutuhan beban karena tidak mengandung data akurat untuk melakukan perhitungan, jadi hanya bersifat kualitatif.
- b. Faktor investasi, pengaruhnya pada tingkat perekonomian suatu negara. Faktor ini juga cenderung diabaikan karena tidak mewakili secara keseluruhan kondisi perekonomian suatu negara/wilayah.
- c. Faktor konsumsi energi, pengaruhnya pada besarnya pemakaian energi listrik di suatu negara/wilayah. Biasanya disebut pelanggan listrik, faktor ini yang sangat berperan dalam menentukan perubahan energi yang terpakai atau terjual. Pertumbuhan faktor ini dipengaruhi oleh pertumbuhan jumlah kelompok pelanggan rumah tangga dan pertumbuhan kelompok pelanggan industri/usaha.
- d. Faktor jumlah penduduk, pengaruh cukup dominan karena semakin bertambah penduduk suatu negara/wilayah maka cenderung diikuti dengan peningkatan permintaan akan kebutuhan listrik.
- e. Faktor pendapatan GNP suatu negara, pengaruh juga dominan karena menyangkut dalam hal kemampuan untuk membeli suplai energi listrik. Kecenderungannya adalah semakin tinggi GNP suatu negara/wilayah maka semakin tinggi pula konsumsi listriknya.

4.1.2.1 Kabupaten Bangkalan

Data pada tabel 4.1 adalah data 10 tahun terakhir yang digunakan dalam perhitungan perkiraan beban di kabupaten Bangkalan. Dan diharapkan hasil dari perhitungan ini dapat dijadikan acuan untuk pembangunan dan peningkatan kebutuhan listrik di kabupaten Bangkalan.

Tabel 4.1

Data Input Perhitungan Kebutuhan Beban di Kabupaten Bangkalan

Tahun	Energi terjual (GWH)	Pelanggan RT (ribuan)	Komersial	Industri	Publik	Penduduk (ribuan)	PDRB (milyar)
1998	67,484	70185	2303	76	4684	733,778	747,206
1999	58,068	70668	2319	77	4716	749,148	764,218
2000	80,284	76302	2504	83	5092	762,090	794,723
2001	101,838	83896	2753	91	5599	773,500	1.940,570
2002	102,766	87311	2865	95	5827	775,910	2.003,147
2003	94,192	89873	2949	98	5998	826,258	2.085,885
2004	102,951	95624	3140	104	6386	837,660	2.274,866
2005	110,592	102.375	3362	111	6837	850,476	2.359.036
2006	119,813	109.603	3600	119	7321	863,488	2.446.320
2007	129,778	117.341	3854	128	7838	876,700	2.536.834
2008	140,537	125.625	4127	137	8393	890,113	2.630.697

Bangkalan dalam angka diolah kembali

Dalam 10 tahun terakhir (1998 – 2008) pelanggan Rumah Tangga (RT) mengalami pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 7.06% sehingga pada tahun 2008 jumlahnya mencapai 117.341 ribu pelanggan. Pelanggan Komersial dengan pertumbuhan rata-rata 7.07% jumlahnya mencapai 4127 pelanggan. Kemudian pelanggan Industri dengan tingkat pertumbuhan 7.06% memiliki pelanggan sebanyak 137. Sedangkan Pelanggan Publik pada tahun 2008 memiliki pelanggan sebanyak 8393 dengan pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 7.07%.

Asumsi pertumbuhan dari setiap parameter yang digunakan adalah merupakan pertumbuhan rata-rata dari data kurun waktu 10 tahun tersebut, yaitu untuk energi terjual pertumbuhannya sekitar 8,27%, pelanggan rumah tangga pertumbuhannya 7.06%, komersial 7.07%, industri 7.06%, publik 7.07%, sedangkan untuk pertumbuhan penduduknya adalah 1,53 % dan untuk pertumbuhan PDRB Kabupaten Bangkalan pada tahun 2000-2001 mengalami fluktuasi yang sangat

besar sekitar 144 %, sedangkan dari tahun 1998-1999 mengalami perubahan sebesar 3.7%.

Perhitungan perkiraan beban dilakukan dengan menggunakan data yang berasal dari indikator energi makro dan ekonomi makro yang ada pada wilayah Pulau Madura per-Kabupaten. Data yang dipakai merupakan data dalam kurun waktu 10 tahunan dengan hasil perhitungan merupakan perkiraan beban untuk jangka menengah selama kurun waktu 10 tahun. Melalui persamaan berikut ini:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} \dots \dots \dots (4.1)$$

Adapun untuk perhitungan dengan metode analisis regresi darab dengan persamaan 4.1, dapat dilihat pada halaman berikut ini :

$$Y = \begin{bmatrix} 67,484 \\ 58,068 \\ 80,284 \\ 101,838 \\ 102,766 \\ 94,192 \\ 102,951 \\ 110,592 \\ 119,813 \\ 129,778 \\ 67,484 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 70121 & 70442 & 74382 & 83284 & 87311 & 92675 & 97424 & 102377 & 109402 & 11781 & 121421 \\ 2383 & 2319 & 2784 & 2753 & 3241 & 2969 & 3140 & 3342 & 3400 & 3275 & 4127 \\ 73 & 74 & 40 & 44 & 74 & 77 & 83 & 98 & 91 & 90 & 104 \\ 3270 & 3472 & 3710 & 3944 & 4420 & 4714 & 4892 & 5199 & 5277 & 5990 & 4324 \\ 4420 & 4714 & 5092 & 5199 & 5277 & 5990 & 4324 & 4037 & 7321 & 7835 & 8395 \\ 79378 & 78945 & 74289 & 7751 & 7759 & 824278 & 82744 & 818474 & 843482 & 87470 & 898113 \end{bmatrix}$$

$$\beta = (XX')^{-1} XY \dots \dots \dots (4.2)$$

Dengan persamaan 4.2 untuk mencari β , maka didapat nilai β adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 113.4591039 \\ \beta_1 &= 0.059458726 \\ \beta_2 &= -3.92483936 \\ \beta_3 &= -4.077251724 \\ \beta_4 &= 1.130331282 \\ \beta_5 &= -0.000233424 \\ \beta_6 &= 1.26996E-05 \end{aligned}$$

Sehingga persamaan (4.1) menjadi:

$$Y = -113,4591039 + (0,059458726)X_1 + (-3,92483936) X_2 + (-4,077251724)X_3 + (1,130331282) X_4 + (-0,000233424)X_5 + (1,26996E-05) X_6 \dots \dots \dots (4.3)$$

Dengan menggunakan persamaan 4.3. maka diperoleh hasil perhitungan perkiraan kebutuhan energi dalam bentuk tabel 4.3.

Tabel 4.2

Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi Untuk Kab. Bangkalan Menggunakan Regresi Darab

Tahun	Energi tepat (GWh)	Pelanggan RT (ribuan)	Elektro mial	Industri	Publik	Persekit (ribuan)	PSBB (ribu)
2009	152,144	134.494	4418	146	8986	903,732	2.728.033
2010	164,657	143.989	4731	157	9621	917,559	2.828.970
2011	178,138	154.155	5065	168	10302	931,598	2.933.642
2012	192,653	165.038	5423	179	11030	945,851	3.042.187
2013	208,272	176.690	5807	192	11810	960,323	3.154.748
2014	225,071	189.164	6217	206	12645	975,016	3.271.473
2015	243,128	202.519	6657	220	13539	989,934	3.392.518
2016	262,53	216.817	7128	236	14496	1005,079	3.518.041
2017	283,367	232.125	7632	252	15521	1020,457	3.648.209
2018	305,736	248.513	8171	270	16618	1036,07	3.783.192
2019	329,741	266.057	8749	289	17793	1051,922	3.923.170
2020	355,491	284.841	9367	310	19051	1068,016	4.068.328

Dari tabel 4.3 di atas terlihat pertumbuhan energi listrik terjual pertahun adalah sekitar 6,701 % pada 10 tahun kedepan. Pada tahun 2020 energi yang dibutuhkan untuk melayani kebutuhan beban sebesar 355,491 GWh. Jadi perkiraan beban puncak tahun 2020 adalah sebesar $355,491/8760 = 40,58 \text{ MW} \times 1,4 = 56,81 \text{ MW}$. Faktor 1,4 adalah untuk daya *reserve margin* dan daya untuk pemakaian sendiri serta *losses* daya.

A. Analisa energi produksi Kabupaten Bangkalan

Perkiraan energi produksi ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$EPT_t = \frac{ETS_t}{1 - (LT_t + PS_t)} \quad (4.4)$$

di mana :

EPT_t = Energi produksi pada tahun t (GWh)

ETS_t = Energi terjual PLN total pada tahun t (GWh)

LT_t = Rugi-rugi transmisi dan distribusi pada tahun t (%)

PS_t = Pemakaian sendiri pada tahun t (%)

Misalnya untuk tahun 2009,

$ETS_t = 152,144 \text{ GWh}$

$LT_t = 34,31\%$

$PS_t = 5,6\%$

Maka $EPT_t = 253.19 \text{ GWh}$

Total produksi energi listrik hingga tahun 2014, sebagaimana tabel 4.4 di bawah ini adalah :

Tabel 4.3
Peramalan Produksi Energi Listrik Kab. Bangkalan

Tahun	Energi Produksi (GWh)	Energi Jual (GWh)
2009	253.19	152.14
2010	274.02	164.66
2011	296.45	178.14
2012	320.61	192.65
2013	346.60	208.27
2014	374.56	225.07
2015	404.61	243.13

Lanjutan tabel 4.3

2016	436.89	262.53
2017	471.57	283.37
2018	508.80	305.74
2019	548.74	329.74
2020	591.60	355.49

B. Peramalan pertumbuhan beban puncak Kab. Bangkalan

Rumus untuk mengetahui beban puncak adalah sebagai berikut :

$$BP_t = \frac{EP_t}{8,76 \times LF_t} \quad (4.5)$$

di mana :

BP_t = Beban puncak pada tahun t

EP_t = Energi produksi pada tahun t

LF_t = Faktor beban pada tahun t.

Sedangkan Faktor beban dirumuskan :

$$LF_t = 0,45 \times \frac{ERT_t}{ETS_t} + 0,55 \times \frac{EK_t + EP_t}{ETS_t} + 0,7 \times \frac{EIS_t}{ETS_t} \quad (4.6)$$

Dari perhitungan diatas, maka diperoleh hasil sebagai berikut

Tabel 4.4
Peramalan Beban Puncak Kab. Bangkalan

Tahun	Produksi Energi Listrik (GWh)	Faktor Beban (%)	Beban Puncak (MW)
2009	253.19	44.69%	64.67
2010	274.02	44.21%	70.75
2011	296.45	43.75%	77.35
2012	320.61	43.31%	84.50
2013	346.60	42.89%	92.24
2014	374.56	42.49%	100.62
2015	404.61	42.12%	109.67
2016	436.89	41.76%	119.437

Lanjutan tabel 4.4

2017	471.57	41.42%	129.972
2018	508.80	41.10%	141.323
2019	548.74	40.80%	153.544
2020	591.60	40.51%	166.691

4.1.2.2 Kabupaten Sampang

Data pada tabel 4.6 adalah data 10 tahun terakhir yang digunakan dalam perhitungan perkiraan beban di kabupaten Sampang.

Tabel 4.5

Data Input Perhitungan Kebutuhan Beban di Kabupaten Sampang

Tahun	Kemangi Rumahan (GWR)	Pelanggan RT (ribuan)	Komersial	Industri	Publik	Pada tahun (ribuan)	PPWS (ribuan)
1999	27,378	32,435	1329	13	1344	710,658	552,495
2000	37,462	33,15	2401	13	1343	715,233	562,278
2001	64,872	52,128	3786	20	2112	721,869	573,11
2002	67,652	54,686	3960	21	2215	741,339	587,001
2003	51,652	42,56	989	17	2438	782,263	606,639
2004	62,447	47,284	1216	18	2645	790,32	615,617
2005	65,54	51,866	1589	18	2867	772,539	624,2356
2006	68,45	56,892	1786	20	3078	792,539	624,2356
2007	71,62	62,404	21678	23	3347	801653,2	632,9749
2008	77,54	68,451	27876	25	3587	820091,2	641,8366

Sampang dalam Angka diolah kembali

Dalam 10 tahun terakhir (1998 – 2008) pelanggan Rumah Tangga (RT) mengalami pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 6,4% walaupun pada tahun 2003 ada penurunan sekitar 25 % sehingga pada tahun 2003 jumlahnya mencapai 42,560 ribu pelanggan. Pelanggan Komersial dengan pertumbuhan rata-rata 4,2% pada tahun 2002 mencapai 3.960 pelanggan namun pada tahun 2003 ada penurunan sebesar 75% namun kemudian berangsur naik sekitar 4,2% sehingga pada tahun 2008 jumlahnya mencapai 68,451 ribu pelanggan. Kemudian pelanggan Industri dengan tingkat pertumbuhan 5,4% memiliki pelanggan sebanyak 18. Sedangkan Pelanggan Publik pada tahun 2008 memiliki

pelanggan sebanyak 3587 dengan pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 7,8%.

Asumsi pertumbuhan dari setiap parameter yang digunakan adalah merupakan pertumbuhan rata-rata dari data kurun waktu 10 tahun tersebut, yaitu untuk energi terjual pertumbuhannya sekitar 12,68%, pelanggan rumah tangga pertumbuhannya 9,69%, komersial 23,68%, industri 6,96%, publik 9,28%, sedangkan untuk pertumbuhan penduduknya adalah 1,15% dan pertumbuhan PDRB-nya sekitar 1,40 %.

Adapun untuk perhitungan dengan metode analisis regresi darab dengan persamaan 4.1, dapat dilihat pada halaman berikut ini :

$$Y = \begin{pmatrix} 27,378 \\ 37,462 \\ 64,872 \\ 67,652 \\ 51,652 \\ 62,447 \\ 62,447 \\ 65,54 \\ 68,45 \\ 71,62 \\ 77,54 \end{pmatrix}$$

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3437 & 33170 & 72120 & 54484 & 4254 & 47204 & 71844 & 54390 & 43404 & 48471 & 54484 \\ 1329 & 2401 & 3764 & 3940 & 909 & 1214 & 1539 & 1784 & 21470 & 27074 & 1329 \\ 13 & 13 & 20 & 21 & 17 & 16 & 16 & 20 & 23 & 21 & 13 \\ 1344 & 71040 & 71233 & 721549 & 741339 & 782243 & 79032 & 3078 & 3347 & 3707 & 1344 \\ 71040 & 71233 & 721549 & 741339 & 782243 & 79032 & 77239 & 79239 & 80143 & 820091 & 71040 \\ 552497 & 542278 & 572110 & 587001 & 404439 & 415417 & 4242354 & 4242354 & 432977 & 441834 & 552497 \end{pmatrix}$$

Dengan persamaan 4.2 untuk mencari β , maka didapat nilai β adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 37,4740000000 \\ \beta_1 &= -0,0003685003 \\ \beta_2 &= 0,0086409201 \\ \beta_3 &= -0,7120000000 \\ \beta_4 &= 0,0369398350 \\ \beta_5 &= -0,0001226951 \\ \beta_6 &= 0,0000683000 \end{aligned}$$

Sehingga persamaan (4.1) menjadi:

$$Y = 37,4740000000 + (-0,0003685003)X_1 + (0,0086409201)X_2 + (-0,7120000000)X_3 + (0,0369398350)X_4 + (-0,0001226951)X_5 + (0,0000683000)X_6 \dots \dots \dots (4.7)$$

Dengan menggunakan persamaan 4.7. maka diperoleh hasil perhitungan perkiraan kebutuhan energi dalam bentuk tabel 4.8.

Tabel 4.6
Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi Untuk Kab. Sampang Menggunakan Regresi Darab

Tahun	Energi sejati (GWh)	Pelanggan RT (ribuan)	Komersial	Industri	Publik	Penduduk XX (ribuan)
2009	93.03	75,091	749	25	4,123	837,038
2010	102.09	82,368	680	27	4,506	846,708
2011	112.16	90,351	617	29	4,924	856,49
2012	123.34	99,108	560	31	5,381	866,385
2013	135.72	108,713	509	33	5,881	876,394
2014	149.39	119,25	462	35	6,427	886,518
2015	164.48	130,807	419	38	7,024	896,76
2016	181.11	143,485	381	40	7,676	907,12
2017	199.42	157,391	345	43	8,389	917,6
2018	219.57	172,645	314	46	9,168	928,2
2019	241.71	189,378	285	49	10,019	938,923
2020	266.03	207,732	258	53	10,949	949,77

Dari tabel 4.6 di atas terlihat pertumbuhan energi listrik terjual pertahun adalah sekitar 8,83 % pada 10 tahun kedepan. Pada tahun 2020 energi yang dibutuhkan untuk melayani kebutuhan beban sebesar 266,03 GWh. Jadi perkiraan beban puncak tahun 2020 adalah sebesar $266,03/8760 = 30,37 \text{ MW} \times 1,4 = 42,52 \text{ MW}$. Faktor 1,4 adalah untuk daya *reserve margin* dan daya untuk pemakaian sendiri serta *losses* daya.

A. Analisa energi produksi Kab. Sampang

Perkiraan energi produksi ditentukan dengan persamaan 4.5 seperti di atas dan dimisalkan untuk tahun 2009,

$$ETS_t = 93,03 \text{ GWh}$$

$$LT_t = 34,31\%$$

$$PS_t = 5,6\%$$

$$\text{Maka } EPT_t = 154,82 \text{ GWh}$$

Total produksi energi listrik hingga tahun 2020, sebagaimana tabel 4.9 di bawah ini adalah :

Tabel 4.7
Peramalan Produksi Energi Listrik Kab. Sampang

Tahun	Energi Produksi (GWh)	Energi Jual (GWh)
2009	154.82	93.03
2010	169.90	102.09
2011	186.65	112.16
2012	205.26	123.34
2013	225.86	135.72
2014	248.61	149.39
2015	273.72	164.48
2016	301.40	181.11
2017	331.87	199.42
2018	365.39	219.57
2019	402.24	241.71
2020	442.71	266.03

B. Peramalan pertumbuhan beban puncak Kab. Sampang

Dengan rumus untuk mengetahui beban puncak seperti persamaan 4.6 dan 4.7, maka diperoleh hasil sebagai berikut,

Tabel 4.8
Peramalan Beban Puncak Kab. Sampang

Tahun	Produksi Energi Listrik (GWh)	Faktor Beban (%)	Beban Puncak (MW)
2009	154.82	39.22%	45.06
2010	169.90	39.12%	49.58
2011	186.65	38.99%	54.65
2012	205.26	38.83%	60.35
2013	225.86	38.65%	66.71
2014	248.61	38.47%	73.76
2015	273.72	38.29%	81.60
2016	301.40	38.11%	90.28
2017	331.87	37.94%	99.86
2018	365.39	37.77%	110.43
2019	402.24	37.62%	122.07
2020	442.71	37.47%	134.87

4.1.2.3 Kabupaten Pamekasan

Data pada tabel 4.9 adalah data 10 tahun terakhir yang digunakan dalam perhitungan perkiraan beban di Kabupaten Pamekasan seperti yang tercantum dalam tabel dibawah

Tabel 4.9

Data Input Perhitungan Kebutuhan Beban di Kabupaten Pamekasan

Tahun	Energi terjual	Pelanggan RT	Komersial	Industri	Publik	Penduduk	PDRB
	(GWh)	(ribuan)				(ribuan)	(juta)
1998	56,741	82,633	1534	37	2952	666,675	459,204
1999	77,254	84,791	1724	36	3075	671,544	471,523
2000	87,872	87,71	3009	34	4005	674,133	482,873
2001	98,559	91,425	6148	49	4551	683,916	490,318
2002	102,766	93,611	6295	50	4660	704,683	500,787
2003	94,192	95,283	7503	41	3697	712,828	517,339
2004	111,146	102,905	7645	42	3844	719,956	527,685
2005	122,31	110,818	9,022	42	3,985	515,267	535,57
2006	172,57	119,34	10,648	43	4,131	503,142	543,572
2007	185,65	128,517	12,566	43	4,282	491,302	551,693
2008	199,38	138,4	14,83	44	4,439	479,74	559,936

Pamekasan dalam Angka diolah kembali

Dalam 10 tahun terakhir (1998 – 2008) pelanggan Rumah Tangga (RT) mengalami pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 7,68% sehingga pada tahun 2008 jumlahnya mencapai 138,4 ribu pelanggan. Pelanggan Komersial dengan pertumbuhan rata-rata 18,01% jumlahnya mencapai 14,83 pelanggan. Kemudian pelanggan Industri dengan tingkat pertumbuhan 0,98% memiliki pelanggan sebanyak 44 walaupun terjadi penurunan pada tahun 2003 sebesar 1,8%. Sedangkan Pelanggan Publik pada tahun 2008 memiliki pelanggan sebanyak 4,439 dengan pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 3,66%.

Asumsi pertumbuhan dari setiap parameter yang digunakan adalah merupakan pertumbuhan rata-rata dari data kurun waktu 10 tahun tersebut, yaitu untuk energi terjual pertumbuhannya sekitar 12,34%, pelanggan rumah tangga pertumbuhannya 7,68%, komersial 18,01%, industri 0,98%, publik 3,66%, sedangkan untuk pertumbuhan penduduknya adalah 1,25% dan pertumbuhan PDRB-nya sekitar 1,50%

Untuk perhitungan dengan metode analisis regresi darab dengan persamaan 4.1, dapat dilihat pada halaman berikut ini :

$$Y = \begin{pmatrix} 56,741 \\ 77,254 \\ 87,872 \\ 98,559 \\ 102,76 \\ 94,192 \\ 111,14 \\ 122,31 \\ 172,57 \\ 185,65 \\ 199,38 \end{pmatrix}$$

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 22,43 & 26,78 & 27,1 & 28,42 & 29,43 & 29,23 & 30,59 & 33,02 & 33,94 & 35,17 & 35,6 \\ 1,54 & 1,74 & 1,68 & 1,62 & 1,57 & 1,51 & 1,45 & 1,39 & 1,34 & 1,28 & 1,23 \\ 37 & 34 & 34 & 49 & 58 & 61 & 62 & 62 & 63 & 63 & 64 \\ 292 & 287 & 288 & 271 & 248 & 247 & 254 & 255 & 252 & 252 & 249 \\ 44,47 & 47,54 & 47,13 & 42,24 & 34,42 & 32,22 & 30,94 & 27,27 & 25,14 & 24,22 & 23,78 \\ 4,924 & 4,723 & 4,223 & 4,022 & 3,822 & 3,722 & 3,622 & 3,522 & 3,422 & 3,322 & 3,222 \end{pmatrix}$$

Dengan persamaan 4.2 untuk mencari β , maka didapat nilai β adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \beta_0 &= -38.19482090007 \\ \beta_1 &= 0.00074824240 \\ \beta_2 &= 0.00147337633 \\ \beta_3 &= -0.46100000000 \\ \beta_4 &= 0.01608136128 \\ \beta_5 &= -0.00004272286 \\ \beta_6 &= 0.00007800000 \end{aligned}$$

Sehingga persamaan (4.1) menjadi:

$$Y = -38.19482090007 + (0.00074824240)X_1 + (0.00147337633) X_2 + (-0.46100000000)X_3 + (0.01608136128) X_4 + (-0.00004272286)X_5 + (0.00007800000)X_6 \dots \dots \dots (4.8)$$

Dengan menggunakan persamaan 4.8. maka diperoleh hasil perhitungan perkiraan kebutuhan energi dalam bentuk tabel 4.13.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi Untuk Kab. Pamekasan Menggunakan Regresi Darab

Tahun	Konsumsi terjual	Pelanggan ET	Komersial	Industri	Publik	Produksi	PSBB
	(GWh)	(ribuan)				(ribuan)	(milijar)
2009	215.31	149,043	17,502	44	4,602	468,451	568,302
2010	232.17	160,504	20,656	45	4,771	457,427	576,793
2011	250.63	172,847	24,377	45	4,945	446,663	585,411
2012	270.89	186,138	28,77	45	5,127	436,152	594,158
2013	293.18	200,452	33,953	46	5,314	425,888	603,035
2014	317.78	215,867	40,07	46	5,509	415,866	612,045
2015	345.01	232,467	47,29	47	5,711	406,079	621,190
2016	375.23	250,343	55,81	47	5,920	396,523	630,471
2017	408.86	269,594	65,865	48	6,137	387,192	639,891
2018	446.39	290,326	77,732	48	6,362	378,081	649,452
2019	488.40	312,652	91,737	49	6,595	369,184	659,155
2020	535.55	336,694	108,265	49	6,837	360,496	669,004

Dari tabel 4.10 di atas terlihat pertumbuhan energi listrik terjual pertahun adalah sekitar 7,14 % pada 10 tahun kedepan. Pada tahun 2020 energi yang dibutuhkan untuk melayani kebutuhan beban sebesar 535,55 GWh. Jadi perkiraan beban puncak tahun 2020 adalah sebesar $535,55/8760 = 61,13 \text{ MW} \times 1,4 = 85,59 \text{ MW}$. Faktor 1,4 adalah untuk daya *reserve margin* dan daya untuk pemakaian sendiri serta *losses* daya.

A. Analisa energi produksi Kab. Pamekasan

Perkiraan energi produksi ditentukan dengan persamaan 4.5 seperti di atas dan dimisalkan untuk tahun 2009,

$$ETS_t = 215.31 \text{ GWh}$$

$$LT_t = 34,31\%$$

$$PS_t = 5,6\%$$

$$\text{Maka } EPT_t = 358.31 \text{ GWh}$$

Total produksi energi listrik hingga tahun 2020, sebagaimana tabel 4.11 di bawah ini adalah :

Tabel 4.11
Peramalan Produksi Energi Listrik Kab. Pamekasan

Tahun	Energi Produksi (GWh)	Energi Jual (GWh)
2009	358.31	215.31
2010	386.37	232.17
2011	417.09	250.63
2012	450.81	270.89
2013	487.90	293.18
2014	528.84	317.78
2015	574.16	345.01
2016	624.44	375.23
2017	680.41	408.86
2018	742.87	446.39
2019	812.78	488.40
2020	891.24	535.55

B. Peramalan pertumbuhan beban puncak Kab. Pamekasan

Dengan rumus untuk mengetahui beban puncak seperti persamaan 4.6 dan 4.7, maka diperoleh hasil sebagai berikut,

Tabel 4.12
Peramalan Beban Puncak Kab. Pamekasan

Tahun	Produksi Energi Listrik (GWh)	Faktor Beban (%)	Beban Puncak (MW)
2009	358.31	36.81%	111.12
2010	386.37	37.15%	118.74
2011	417.09	37.48%	127.03
2012	450.81	37.81%	136.09
2013	487.90	38.14%	146.01
2014	528.84	38.47%	156.94
2015	574.16	38.78%	169.01

Lanjutan tabel 4.12

2016	624.44	39.08%	182.40
2017	680.41	39.37%	197.30
2018	742.87	39.64%	213.95
2019	812.78	39.89%	232.61
2020	891.24	40.12%	253.60

4.1.2.4 Kabupaten Sumenep

Data pada tabel 4.13 adalah data 10 tahun terakhir yang digunakan dalam perhitungan perkiraan beban di Kabupaten Sumenep.

Tabel 4.13

Data Input Perhitungan Kebutuhan Beban di Kabupaten Sumenep

Tahun	Energi terjual	Pelanggan RT	Komersial	Industri	Publik	Pembekal	PDSE
	(GWh)	(ribuan)					
1998	122,318	77,811	1100	20	5409	956,091	912,509
1999	136,822	80,676	1.381	22	5568	958,358	939,558
2000	153,045	83,646	1.733	26	5.731	966,189	979,558
2001	171,192	87,114	7.806	51	4.290	978,763	950,263
2001	171,192	87,114	7.806	51	4.290	978,763	950,263
2002	194,291	95,996	8.602	56	4.764	985,132	977,367
2003	207,524	93,585	6.820	43	7.023	1.045,72	1.004,00
2004	240,024	96,907	8.204	47	7.222	1.058,90	1.025,29
2005	257.58	104,254	9,843	52	7,428	1,073,277	1,046,173
2006	285.59	112,158	11,81	58	7,641	1,087,854	1,067,484
2007	318.16	120,662	14,17	65	7,859	1,102,629	1,089,228
2008	356.03	129,81	17,001	73	8,083	1,117,604	1,111,416

Sumenep dalam Angka diolah kembali

Dalam 10 tahun terakhir (1998 – 2008) pelanggan Rumah Tangga (RT) mengalami pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 7,58% sehingga pada tahun 2008 jumlahnya mencapai 129,81 ribu pelanggan. Pelanggan Komersial dengan pertumbuhan rata-rata 19,98% jumlahnya mencapai 17,001 pelanggan. Kemudian pelanggan Industri dengan

tingkat pertumbuhan 11,47% memiliki pelanggan sebanyak 73. Sedangkan Pelanggan Publik pada tahun 2008 memiliki pelanggan sebanyak 8,083 dengan pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 2,85%.

Asumsi pertumbuhan dari setiap parameter yang digunakan adalah merupakan pertumbuhan rata-rata dari data kurun waktu 10 tahun tersebut, yaitu untuk energi terjual pertumbuhannya sekitar 10,6%, pelanggan rumah tangga pertumbuhannya 7,58%, komersial 19,98%, industri 11,47%, publik 2,85%, sedangkan untuk pertumbuhan penduduknya adalah 1,35 % dan pertumbuhan PDRB-nya sekitar 2,03 %.

Sedangkan perhitungan dengan metode analisis regresi darab dengan persamaan 4.1, dapat dilihat pada halaman berikut ini :

$$Y = \begin{pmatrix} 122,318 \\ 136,822 \\ 153,045 \\ 171,192 \\ 171,192 \\ 194,291 \\ 207,524 \\ 240,024 \\ 257,58 \\ 285,59 \\ 356,03 \end{pmatrix}$$

$$X = \begin{pmatrix} \begin{array}{cccccccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 7211 & 28676 & 27666 & 27114 & 27114 & 95996 & 93555 & 96997 & 184254 & 112192 & 138662 \\ 1100 & 1321 & 1733 & 7286 & 7286 & 2482 & 6329 & 2294 & 9243 & 1121 & 1417 \\ 28 & 22 & 26 & 51 & 51 & 56 & 49 & 47 & 52 & 50 & 65 \\ 5489 & 5565 & 5731 & 4298 & 4298 & 4764 & 7823 & 7222 & 7425 & 7641 & 7509 \end{array} \end{pmatrix}$$

Dengan persamaan 4.2 untuk mencari β , maka didapat nilai β adalah sebagai berikut :

$\beta_0 =$	476.31700000
$\beta_1 =$	0.00065926
$\beta_2 =$	0.00763081
$\beta_3 =$	1.51200000
$\beta_4 =$	0.04100000
$\beta_5 =$	-0.00071490
$\beta_6 =$	0.00002000

Sehingga persamaan (4.1) menjadi:

$$Y = 476.31700000 + (0.00065926)X_1 + (0.00763081) X_2 + (1.51200000)X_3 + (0.04100000) X_4 + (-0.00071490)X_5 + (0.00002000) X_6 \dots \dots \dots (4.9)$$

Dengan menggunakan persamaan 4.6. maka diperoleh hasil perhitungan perkiraan kebutuhan energi dalam bentuk tabel 4.14

Tabel 4.14

Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi Untuk Kab. Sumenep Menggunakan Regresi Darab

Tahun	Energi terjual (GWh)	Pembangunan RT (ribuan)	Komersial	Industri	Publik	Fasilitas (ribuan)	PDRB (milyar)
2009	400.09	139,651	20,397	81	8,314	1.132,784	1,134,055
2010	451.41	150,239	24,473	90	8,552	1.148,169	1,157,156
2011	511.21	161,63	29,363	101	8,796	1.163,763	1,180,727
2012	580.98	173,884	35,23	112	9,047	1.179,569	1,204,779
2013	662.46	187,067	42,269	125	9,306	1.195,590	1,229,320
2014	757.72	201,249	50,714	139	9,572	1.211,828	1,254,361
2015	869.21	216,507	60,847	155	9,845	1.228,287	1,279,913
2016	999.85	232,922	73,004	173	10,126	1.244,969	1,305,984

lanjutan...

Tahun	Energi terjual (GWh)	Pelanggan RT (ribuan)	Komersial	Industri	Padat	Penduduk (ribuan)	PDGR (milyar)
2017	1,153.12	250,581	87,591	193	10,416	1,261,878	1,332,587
2018	1,333.15	269,579	105,092	215	10,713	1,279,017	1,359,732
2019	1,544.83	290,018	126,089	240	11,019	1,296,388	1,387,430
2020	1,794.03	312,006	151,282	267	11,334	1,313,995	1,415,692

Dari tabel 4.14 di atas terlihat pertumbuhan energi listrik terjual pertahun adalah sekitar 7,05 % pada 10 tahun kedepan. Pada tahun 2020 energi yang dibutuhkan untuk melayani kebutuhan beban sebesar 869,21 GWh. Jadi perkiraan beban puncak tahun 2020 adalah sebesar $1.794,03/8760 = 204,79 \text{ MW} \times 1,4 = 286,71 \text{ MW}$. Faktor 1,4 adalah untuk daya *reserve margin* dan daya untuk pemakaian sendiri serta *losses* daya.

A. Analisa energi produksi Kab. Sumenep

Perkiraan energi produksi ditentukan dengan persamaan 4.5 seperti di atas dan dimisalkan untuk tahun 2009,

$$ETS_t = 400.09 \text{ GWh}$$

$$LT_t = 34,31\%$$

$$PS_t = 5,6\%$$

$$\text{Maka } EPT_t = 665.82 \text{ GWh}$$

Total produksi energi listrik hingga tahun 2020, sebagaimana tabel 4.15 di bawah ini adalah :

Tabel 4.15
Peramalan Produksi Energi Listrik Kab. Sumenep

Tahun	Energi Produksi (GWh)	Energi Jual (GWh)
2004	399.43	240.02
2005	428.66	257.58
2006	475.27	285.59
2007	529.47	318.16
2008	592.49	356.03
2009	665.82	400.09
2010	751.22	451.41
2011	850.74	511.21

Lanjutan Tabel 4.15

2012	966.85	580.98
2013	1102.45	662.46
2014	1260.98	757.72
2015	1446.51	869.21
2016	1663.93	999.85
2017	1919.00	1153.12
2018	2218.58	1333.15
2019	2570.86	1544.83
2020	2985.58	1794.03

B. Peramalan pertumbuhan beban puncak Kab. Sumenep

Dengan rumus untuk mengetahui beban puncak seperti persamaan 4.6 dan 4.7, maka diperoleh hasil sebagai berikut,

Tabel 4.16
Peramalan Beban Puncak Kab. Sumenep

Tahun	Produksi Energi Listrik (GWh)	Faktor Beban (%)	Beban Puncak (MW)
2009	665.82	19.67%	386.44
2010	751.22	19.01%	451.00
2011	850.74	18.35%	529.34
2012	966.85	17.67%	624.51
2013	1102.45	17.00%	740.19
2014	1260.98	16.34%	880.91
2015	1446.51	15.69%	1052.14
2016	1663.93	15.07%	12.605.962
2017	1919.00	14.47%	15.144.324
2018	2218.58	13.89%	1.823.543
2019	2570.86	13.34%	21.999.271
2020	2985.58	12.82%	26.581.077

4.1.3 Metode D.K.L 3

Salah satu model peramalan beban adalah model DKL 3 yang merupakan model peramalan yang dikembangkan oleh PLN, digunakan untuk menyusun prakiraan dengan model sektoral yaitu metode gabungan antara kecenderungan ekonometris dan analitis. Prakiraan kebutuhan tenaga listrik model sektoral digunakan untuk menyusun prakiraan kebutuhan tenaga listrik pada tingkat wilayah. Pendekatan yang digunakan dalam menghitung kebutuhan listrik adalah dengan mengelompokkan pelanggan menjadi empat sektor yaitu sektor Rumah Tangga, sektor Komersil, sektor Publik, dan sektor Industri.

Dalam menyusun prakiraan kebutuhan tenaga listrik pada sektor ini, digunakan beberapa sub model untuk membuat prakiraan variabel yang dipertimbangkan akan mempengaruhi konsumsi energi listrik.

Hasil perhitungan model DKL digunakan sebagai perbandingan dengan hasil perhitungan metoda regresi darab agar didapatkan peramalan beban yang lebih akurat. Data yang dipakai pada model DKL ini juga merupakan data dalam kurun waktu 10 tahunan seperti yang digunakan pada metode regresi darab.

Hasil perhitungan model DKL adalah perkiraan beban di APJ Pamekasan Madura pada jangka waktu 10 tahun kedepan (2010-2020), diperlihatkan pada tabel 4.17. berikut.

Tabel 4.17

Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi Untuk APJ Pamekasan menggunakan Model DKL 3

Tahun	Energi terjual (GWH)	Pelanggan RT (ribuan)	Komersial	Industri	Publik	Beban Puncak (MW)
2009	847,4143	532.716	36783	290	24688	3982.93
2010	934,6111	540.568	43068	311	26025	4314.42
2011	1033,2718	548.605	50540	334	27449	4676.14
2012	1145,1407	556.829	59423	359	28967	5072.07
2013	1272,2002	565.242	69983	386	30585	5506.59
2014	1416,771	573.847	82537	416	32311	5984.74
2015	1581,5705	582.647	97463	448	34153	6512.66
2016	17.697.844	591645	115213	483	36119	1700.99
2017	19.851.510	600844	136322	522	38218	2041.36
2018	22.320.622	610246	161433	563	40462	2451.69
2019	25.156.827	619854	191308	609	42861	2945.65
2020	28.420.923	629672	226860	659	45426	3539.24

Hasil perhitungan dengan model DKL menunjukkan energi listrik terjual menunjukkan peningkatan rata-rata sebesar 11,40% tiap tahun pada 10 tahun kedepan. Pada tahun 2020 energi listrik terjual untuk APJ Pamekasan adalah sebesar 2.842,09 GWH dengan beban puncak sebesar 3.539,24 MW.

Tabel 4.18
Perbandingan Hasil Perhitungan Energi Terjual antara
Regresi Darab dengan DKL 3

Tahun	Regresi	DKL 3	Selisih
2009	860,5787	847,4142	13,164
2010	950,318	934,6111	15,707
2011	1052,1421	1033,271	18,87
2012	1167,864	1145,1406	22,723
2013	1299,6304	1272,2001	27,43
2014	1449,9631	1416,7709	33,192
2015	1621,8293	1581,5705	40,259
2016	1818,7243	1769,7844	48,94
2017	2044,7705	1985,151	59,62
2018	2304,8358	2232,0622	72,77
2019	2604,6744	2515,6828	88,99
2020	2951,0952	2842,0923	109

4.1.4 Rasio Elektrifikasi APJ Pamekasan ditinjau per kabupaten dan Proyeksi tiga tahunan meningkatkan Rasio Elektrifikasi

4.1.4.1 Bangkalan

Rasio elektrifikasi bangkalan 2008 dan rencana peningkatan RE sampai teraliri 100 persen listrik pada tahun 2020 sesuai dengan rencana PT PLN persero



Tabel 4.19
Rencana Peningkatan RE Kab Bangkalan

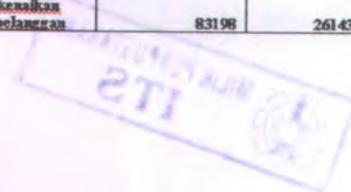
NO	NAMA Kecamatan	JUMLAH PENDUDUK	JUMLAH RUMAH TANGGA	JUMLAH PELANGGAN LISTRIK	RASIO ELEKTRIFIKASI %				
					2008	2011	2014	2017	2020
1	Kec. Kamal	47271	10075	10074	99,99	99,99	99,99	99,99	100
2	Kec. Bangsalan	56752	16115	16051	99,6	99,6	99,6	99,6	100
3	Kec. Sebah	55304	11871	10977	92,47	92,47	92,47	92,47	100
4	K. Tanjung Bawal	48126	11612	10806	90,48	90,48	90,48	90,48	100
5	Kec. Gali	15070	4954	4411	89,04	89,04	89,04	90	100
6	Kec. Lohang	32808	7235	5986	82,74	82,74	82,74	90	100
7	Kec. Medang	46629	11367	8552	75,24	75,24	75,24	90	100
8	Kec. Bura	57085	8812	6216	70,54	70,54	75	90	100
9	Kec. Blora	54428	11915	6729	56,48	56,48	75	90	100
10	Kec. Kumpang	36212	9395	4948	52,67	52,67	75	90	100
11	Kec. Tanah	27855	5393	2704	50,14	50,14	75	90	100
12	Kec. Arubaya	45318	11411	5545	48,59	50	75	90	100
13	Kec. Sebah	42887	10750	4994	46,46	50	75	90	100
14	Kec. Tanah Merah	13379	9314	4293	46,09	50	75	90	100
15	Kec. Klampis	52202	16467	5568	33,81	50	75	90	100
16	Kec. Geger	60760	13189	2994	22,7	50	75	90	100
17	Kec. Kumpang	49148	10058	1519	15,1	50	75	90	100
18	Kec. Kabag	63484	12009	1230	10,24	50	75	90	100
	TOTAL	804548	191942	113297	60,13	67,19	80,81	91,25	100

Tahap 1

Peningkatan rasio elektrifikasi pada kecamatan dibawah 50% RE untuk ditingkatkan menjadi 50% RE

Tabel 4.20
Peningkatan RE 50%

NAMA Kec	JUMLAH RUMAH TANGGA	JUMLAH PELANGGAN LISTRIK	RASIO ELEKTRIFIKASI		PROYEKSI PELANGGAN BARU	Total pelanggan
			2008	2011		
Kec. Arubaya	11411	5545	48,59	50	78	5623
Kec. Segulu	10750	4994	46,46	50	177	5171
Kec. Tanah Merah	9314	4293	46,09	50	168	4461
Kec. Klampis	16467	5568	33,81	50	901	6469
Kec. Geger	13189	2994	22,7	50	817	3811
Kec. Kumpang	10058	1519	15,1	50	530	2049
Kec. Kabag	12009	1230	10,24	50	489	1719
Total kecamatan pelangan	83198	26143	31,85571	50	3161	29304



Dimana dengan asumsi pelanggan minimum membutuhkan 1KWh perhari maka perbulan 30 KWh dan pertahun 360 KWh,proyeksi pelanggan baru untuk meningkatkan RE didapatkan sebanyak 3161 Maka KWh yang dibutuhkan sebesar $3161 \times 360 = 1.137.960 \text{ kWh} = 1137,96 \text{ MWh/THN}$
Jadi Perencanaan Pembangkit listrik di bangkalan harus bisa membangkitkan energi listrik sebesar 1137,96MWh/tahun.

Tahap 2

Untuk meningkatkan RE kecamatan di bawah 75% untuk ditingkatkan menjadi 75% sehingga diharapkan tahun2014 kecamatan di bangkalan minimal memiliki rasio elektrifitas diatas 75%

Tabel 4.21
Peningkatan RE 75%

NAMA Kec	JUMLAH RUMAH TANGGA	JUMLAH PELANGGAN LISTRIK	RASIO ELEKTRIFIKASI%			POYEKSI PELANGGAN BARU	Total pelanggan
			2008	2011	2014		
Kec. Buraeh	8812	6216	70,54	70,54	75	277	6493
Kec. Blega	11915	6729	56,48	56,48	75	1246	7975
Kec. Kwangyar	9395	4948	52,67	52,67	75	1105	6053
Kec. Trugah	5393	2704	50,14	50,14	75	672	3376
Kec. Avakaya	11411	5545	48,59	50	75	1386	6931
Kec. Sepulu	10750	4994	46,46	50	75	1249	6243
Kec. Tanah Merah	9314	4293	46,09	50	75	1073	5366
Kec. Klampis	16467	5568	33,81	50	75	1392	6960
Kec. Geger	13189	2994	22,7	50	75	749	3743
Kec. Kawang	10038	1519	15,1	50	75	380	1899
Kec. Kokep	12009	1230	10,24	50	75	308	1538
Total	118713	46740	41	53	75	9836	56576

Jumlah pelanggan = $9836 \times 360 \text{ kWh} = 3.540.960 \text{ kWh} = 3.540.96 \text{ MWh}$
Jadi Perencanaan Pembangkit listrik di bangkalan harus bisa membangkitkan energi listrik sebesar 3.540,96MWh/tahun

Tahap 3

Untuk meningkatkan RE kecamatan di bawah 90% untuk ditingkatkan menjadi 90% sehingga diharapkan tahun2017 kecamatan di bangkalan minimal memiliki rasio elektrifitas diatas 90%

Tabel 4.22
Peningkatan RE 90%

NAMA Kec	JUMLAH RUMAH TANGGA	JUMLAH PELANGGAN LISTRIK	RASIO ELEKTRIFIKASI%				PROYEKSI PELANGGAN BARU	TotalPelanggan
			2008(%)	2011	2014	2017		
Kec. Galik	4954	4411	89,04	89,04	89,04	90	42	4453
Kec. Labang	7235	5986	82,74	82,74	82,74	90	435	6421
Kec. Medang	11367	8552	75,24	75,24	75,24	90	1262	9814
Kec. Buntuh	8812	6216	70,54	70,54	75	90	932	7148
Kec. Blega	11915	6729	56,48	56,48	75	90	1009	7738
Kec. Krumadur	9395	4.948	52,67	52,67	75	90	742	5690
Kec. Trusmi	5393	2704	50,14	50,14	75	90	406	3110
Kec. Ardhaya	11411	5945	48,59	50	75	90	832	6377
Kec. Sumbi	10750	4994	46,46	50	75	90	749	5743
Kec. Tanah Merah	9314	4293	46,09	50	75	90	644	4937
Kec. Klampis	16467	5988	33,81	50	75	90	835	6403
Kec. Gempur	13189	2994	22,7	50	75	90	449	3443
Kec. Kozang	10058	1519	15,1	50	75	90	228	1747
Kec. Kalup	12009	1230	10,24	50	75	90	185	1415
Total	142269	65689	49	59	76	90	8750	74439

Dimana jumlah pelanggan =

$$8750 \times 360 \text{ kWh} = 3.150.000 \text{ kWh} = 3.150 \text{ MWh}$$

Jadi perencanaan pembangkit harus diatas 3.150MWh

Tahap 4

Direncanakan pada tahun 2020 sudah 100% teraliri listrik dimana sesuai dengan rencana dari PT PLN persero,

Tabel 4.23
Peningkatan RE 100%

NAMA KEC	JUMLAH RUMAH TANGGA	JUMLAH PELANGGAN LISTRIK	RASIO ELEKTRIFIKASI %					PROYEKSI PELANGGAN BARU	Total Pelanggan
			2008	2011	2014	2017	2020		
Kec. Kandel	10075	10074	100	100	100	100	100	1	10075
Kec. Bangsalan	16115	16051	100	100	100	100	100	64	16115
Kec. Seceh	11871	10977	92	92	92	92	100	827	11804
K. Tanjung Bumi	11612	10506	90	90	90	90	100	1000	11506
Kec. Galis	4954	4411	89	89	89	90	100	441	4852
Kec. Lahang	7235	5986	83	83	83	90	100	599	6585
Kec. Moding	11367	8552	75	75	75	90	100	855	9407
Kec. Burneh	8812	6216	71	71	75	90	100	622	6838
Kec. Blega	11915	6729	56	56	75	90	100	673	7402
Kec. Kivuvut	9395	4.948	53	53	75	90	100	495	5443
Kec. Tegeh	5393	2704	50	50	75	90	100	270	2974
Kec. Awebaya	11411	5545	49	50	75	90	100	555	6100
Kec. Sempu	10750	4994	46	50	75	90	100	499	5493
Kec. Tanah Merah	9314	4293	46	50	75	90	100	429	4722
Kec. Klammis	16467	5568	34	50	75	90	100	557	6125
Kec. Geger	13189	2994	23	50	75	90	100	299	3293
Kec. Kenang	10058	1519	15	50	75	90	100	152	1671
Kec. Ekolop	12009	1230	10	50	75	90	100	123	1353
Total	191942	113297	60	67	81	91	100	8461	121758

Dimana jumlah pelanggan = $8461 \times 360 \text{ kWh} = 3.045.960 \text{ kWh} = 3.046 \text{ MWh}$
Jadi perencanaan pembangkit harus diatas 3.046MW

4.1.4.2 SAMPANG

Rasio elektrifikasi Sampang 2008 dan rencana peningkatan RE sampai teraliri 100 listrik

Pada tahun 2020 sesuai dengan rencana PT PLN persero

Tabel 4.24
Rencana Peningkatan RE Kab Sampang

No.	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi %				
				2008	2011	2014	2017	2020
1.	Kec. SRESEH	7.197	7.401	100	100	100	100	100
2	Kec. SAMPANG	24.224	15.767	65.09	65.09	65.09	75	100
3	Kec. TORJUN	11.232	6.560	58.4	58.4	58.4	75	100
4	Kec. CAMPLONG	13.876	4.931	35.54	35.54	50	75	100
5	Kec. KETAPANG	19.246	5.937	30.85	30.85	50	75	100
6	Kec. OMBEN	15.885	2.854	17.97	25	50	75	100
7	Kec. BANYUATES	16.560	2.865	17.3	25	50	75	100
8	Kec. ROBATAL	21.134	3.559	16.84	25	50	75	100
9	Kec. SOKOBANAH	15.978	2.606	16.31	25	50	75	100
10	Kec. KEDUNDUNG	15.293	2.178	14.24	25	50	75	100
11	Kec. TAMBELANGAN	8.187	900	10.99	25	50	75	100
12	Kec. JRENGIK	8.364	672	8.03	25	50	75	100
	TOTAL	177.176	56.230	31.74	25	50	75	100

Tahap 1

Proyeksi untuk tahun 2008-2011 dimana RE ditingkatkan untuk menjadi diatas 25%

Tabel 4.25
Peningkatan RE 25%

Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi %		PROYEKSI PELANGGAN	Total Pelanggan
			2008	2011		
Kec. OMBEN	15.885	2.854	17,97	25	201	3055
Kec. BANYUATES	16.560	2.865	17,3	25	221	3086
Kec. ROBATAL	21.134	3.559	16,84	25	290	3649
Kec. SOKOBANAH	15.978	2.606	16,31	25	226	2832
Kec. KEDUNDUNG	15.293	2.178	14,24	25	234	2412
Kec. TAMBELANGAN	8.187	900	10,99	25	126	1026
Kec. JRENGIK	8.364	672	8,03	25	114	786
Total	101.401	15.634	14,52571429	25	1413	17047

Dimana pelanggan minimum dngan asumsi 30 kWh/BULAN sehingga 360 kWh/THN

Dengan jumlah pelanggan =

$$1413 \times 360 = 508,680 \text{ kWh} = 508,68 \text{ MWh/THN}$$

Jadi Perencanaan Pembangkit listrik di samping harus bisa membangkitkan energi listrik sebesar 508,68MWh/tahun

Tahap 2

Proyeksi untuk tahun 2011-2014 dimana RE ditingkatkan untuk menjadi diatas 50%

Tabel 4.26
Peningatan RE 50%

Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi%			PROYEKSI	Total Pelanggan
			2008	2011	2014	PELANGGAN	
Kec. CAMPLONG	13.876	4.931	36	36	50	713	5644
Kec. KETAPANG	19.246	5.937	31	31	50	1137	7074
Kec. OMBEN	15.885	2.854	18	25	50	714	3668
Kec. BANYUATES	16.560	2.865	17	25	50	716	3581
Kec. ROBATAL	21.134	3.559	17	25	50	890	4449
Kec. SOKOBANAH	15.978	2.606	16	25	50	652	3258
Kec. KEDUNGUNG	15.293	2.178	14	25	50	545	2723
Kec. TAMBELANGAN	8.187	900	11	25	50	225	1125
Kec. JRENGIK	8.364	672	8	25	50	168	840
Total	134.523	26.502	19	27	50	5758	32260

Dimana jumlah pelanggan =

$$5758 \times 360 = 2.072,880 \text{ kWh} = 2,072.88 \text{ MWh/THN}$$

Sehingga dibutuhkan pembangkit energi diatas 2072,88MWh

Tahap 3

Proyeksi untuk tahun 2014-2017 dimana RE ditingkatkan untuk menjadi diatas 75%

Tabel 4.27
Peningatan RE 75%

Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi%				PROYEKSI PELANGGAN	Total Pelanggan
			2008	2011	2014	2017		
Kec. SAMPANG	24.224	15.767	65,09	65,09	65,09	75	1563	17330
Kec. TORJUN	11.232	6.560	58,4	58,4	58,4	75	1089	7649
Kec. CAMPLONG	13.876	4.931	35,54	35,54	50	75	1233	6164
Kec. KETAPANG	19.246	5.937	30,85	30,85	50	75	1484	7421
Kec. OMBEN	15.885	2.854	17,97	25	50	75	714	3568
Kec. BANYUATES	16.560	2.865	17,3	25	50	75	716	3581
Kec. ROBATAL	21.134	3.559	16,84	25	50	75	890	4449
Kec. SOKOBANAH	15.978	2.606	16,31	25	50	75	652	3258
Kec. KEDUNGDUNG	15.293	2.178	14,24	25	50	75	545	2723
Kec. TAMBELANGAN	8.187	900	10,99	25	50	75	225	1125
Kec. JRENGIK	8.364	672	8,03	25	50	75	168	840
TOTAL	177.176	56.230	32	33	52	75	9277	58106

JUMLAH PELANGGAN = $9277 \times 360 = 5060880 \text{ kWh} = 5.060.80 \text{ MWh/THN}$

TAHAP 4

Untuk ditigkatkan menjadi 100% RE

Tabel 4.28
Peningatan RE 100%

Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi%					PROYEKSI PELANGGAN	Total Pelanggan
			2008	2011	2014	2017	2020		
Kec. SRESEH	7.197	7.401	100	100	100	100	100	0	7401
Kec. SAMPANG	24.224	15.767	65,09	65,09	65,09	75	100	3942	19709
Kec. TORJUN	11.232	6.560	58,4	58,4	58,4	75	100	1640	8200
Kec. CAMPLONG	13.876	4.931	35,54	35,54	50	75	100	1233	6164
Kec. KETAPANG	19.246	5.937	30,85	30,85	50	75	100	1484	7421
Kec. OMBEN	15.885	2.854	17,97	25	50	75	100	714	3568
Kec. BANYUATES	16.560	2.865	17,3	25	50	75	100	716	3581
Kec. ROBATAL	21.134	3.559	16,84	25	50	75	100	890	4449
Kec. SOKOBANAH	15.978	2.606	16,31	25	50	75	100	652	3258
Kec. KEDUNGDUNG	15.293	2.178	14,24	25	50	75	100	545	2723
Kec. TAMBELANGAN	8.187	900	10,99	25	50	75	100	225	1125
Kec. JRENGIK	8.364	672	8,03	25	50	75	100	168	840
TOTAL	177.176	56.230	31,74	25	50	75	100	14058	70288

JUMLAH Proyeksi PELANGGAN = $14058 \times 360 = 9455.400 \text{ kWh} = 9.455,4 \text{ MWh/THN}$

Jadi Perencanaan Pembangkit listrik di sampang harus bisa membangkitkan energi listrik sebesar 9.455,4MWh/THN

4.1.4.3 Pamekasan

Rasio elektrifikasi Pamekasan 2008 dan rencana peningkatan RE sampai teraliri 100 listrik
 Pada tahun 2020 sesuai dengan rencana PT PLN persero.

Tabel 4.29
 Rencana Peningkatan RE Kab Pamekasan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi%				
				2008	2011	2014	2017	2020
1.	Kec. Pakong	8.778	8.400	95,69	95,69	95,69	95,69	100
2	Kec. Galis	7914	7429	93,87	93,87	93,87	93,87	100
11.	Kec. Waru	11.801	8.974	76,04	76,04	76,04	80	100
10.	Kec. Kadur	11901	7935	66,68	66,68	66,68	80	100
13.	Kec. Paean	12.332	8.206	66,54	66,54	66,54	80	100
4.	Kec. Larengan	13302	7971	59,92	59,92	60	80	100
1.	Kec. Tlanakau	14.017	8.057	57,48	57,48	60	80	100
12.	Kec. Batumarmar	16.161	8.952	55,39	55,39	60	80	100
8.	Kec. Pegantoran	14.353	7.769	54,13	54,13	60	80	100
7.	Kec. Palengaan	15.577	7.898	50,7	50,7	60	80	100
6.	Kec. Proppo	15.986	7.903	49,44	50	60	80	100
2.	Kec. Pademawu	18332	8072	44,03	50	60	80	100
5.	Kec. Pamekasan	20.314	8.277	40,75	50	60	80	100
	TOTAL	180.768	105.843	59	64	68	82	1300

Tahap 1

Untuk ditingkatkan menjadi 50%RE pada tahun 2011

Tabel 4.30
 Peningkatan RE 50%

Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi		PROYEKSI	Total Pelanggan
			2008	2011	PELANGGAN	
Kec. Proppo	15.986	7.903	49,44	50	44	7947
Kec. Pademawu	18332	8072	44,03	50	482	8554
Kec. Pamekasan	20.314	8.277	40,75	50	766	9043
Total	54.632	24.252	44,74	50	1292	25544

Pelanggan minimum = 30 kWh/(BULAN)=360 kWh/THN

JUMLAH Proyeksi PELANGGAN =

1292x360=465.120KWH=465,12MWh/THN

Jadi Perencanaan Pembangkit listrik di pamekasan harus bisa membangkitkan energi listrik sebesar 465,1MWh/tahun

Tahap 2

Untuk ditigkatkan menjadi diatas 60%

Tabel 4.31
Peningatan RE 60%

Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi			PROYEKSI PELANGGAN	Total Pelanggan
			2008	2011	2014		
Kec. Larangan	13302	7971	59,92	59,92	60	6	7977
Kec. Tlanakan	14.017	8.057	57,48	57,48	60	203	8260
Kec. Batumarmar	16.161	8.952	55,39	55,39	60	413	9365
Kec. Pegantenan	14.353	7.769	54,13	54,13	60	456	8225
Kec. Palengaan	15.577	7.898	50,7	50,7	60	735	8633
Kec. Proppo	15.986	7.903	49,44	50	60	790	8693
Kec. Pademawu	18332	8072	44,03	50	60	807	8879
Kec. Pamekasan	20.314	8.277	40,75	50	60	828	9105
Total	128042	64899	51	53	60	4238	69137

JUMLAH proyeksi PELANGGAN =
 $4238 \times 360 = 1525.680 \text{ KWH} = 1525,68 \text{ MWh/THN}$

Tahap 3

Re direncanakan untuk ditigkatkan menjadi 80%

Tabel 4.32
Peningatan RE 80%

Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi				PROYEKSI PELANGGAN	Total Pelanggan
			2008	2011	2014	2017		
Kec. Waru	11.801	8.974	76,04	76,04	76,04	80	355	9329
Kec. Kadur	11901	7935	66,68	66,68	66,68	80	1057	8992
Kec. Pasean	12.332	8.206	66,54	66,54	66,54	80	1105	9311
Kec. Larangan	13302	7971	59,92	59,92	60	80	1594	9565
Kec. Tlanakan	14.017	8.057	57,48	57,48	60	80	1611	9668
Kec. Batumarmar	16.161	8.952	55,39	55,39	60	80	1790	10742
Kec. Pegantenan	14.353	7.769	54,13	54,13	60	80	1554	9323
Kec. Palengaan	15.577	7.898	50,7	50,7	60	80	1580	9478
Kec. Proppo	15.986	7.903	49,44	50	60	80	1581	9484
Kec. Pademawu	18332	8072	44,03	50	60	80	1614	9686
Kec. Pamekasan	20.314	8.277	40,75	50	60	80	1655	9932
Total	164.076	90.014	56	58	63	80	15497	105511

Jumlah proyeksi pelanggan =
 $15497 \times 360 = 5578.920 \text{ KWH} = 5.578,92 \text{ MWh/THN}$

Tahap 4

RE ditngkatkan hingga 100% teraliri listrik

Tabel 4.33
 Peningatan RE 100%

Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi					PROYEKSI PELANGGAN	Total Pelanggan
			2008	2011	2014	2017	2020		
Kec. Pakong	8.778	8.400	95,69	95,69	95,69	95,69	100	362	8762
Kec. Galis	7914	7429	93,87	93,87	93,87	93,87	100	455	7884
Kec. Waru	11.801	8.974	76,04	76,04	76,04	80	100	1795	10769
Kec. Kadur	11901	7935	66,68	66,68	66,68	80	100	1587	9522
Kec. Pasean	12.332	8.206	66,54	66,54	66,54	80	100	1641	9847
Kec. Larangan	13302	7971	59,92	59,92	60	80	100	1594	9565
Kec. Tlanakan	14.017	8.057	57,48	57,48	60	80	100	1611	9668
Kec. Batumarmar	16.161	8.952	55,39	55,39	60	80	100	1790	10742
Kec. Pegantenan	14.353	7.769	54,13	54,13	60	80	100	1554	9323
Kec. Palengaan	15.577	7.898	50,7	50,7	60	80	100	1580	9478
Kec. Proppo	15.986	7.903	49,44	50	60	80	100	1581	9484
Kec. Pademawu	18332	8072	44,03	50	60	80	100	1614	9686
Kec. Pamekasan	20.314	8.277	40,75	50	60	80	100	1655	9932
Total	180.768	105.843	62	63	68	82	100	18820	124663

JUMLAH Proyeksi PELANGGAN =
 $18820 \times 360 = 6.775.200 \text{ KWH} = 6.775,2 \text{ MWh/THN}$

Jadi Perencanaan Pembangkit listrik di pamekasan harus bisa membangkitkan energi listrik sebesar $6.775,2 \text{ MWh/THN}$

4.1.4.4 Sumenep

Rasio elektrifikasi Pamekasan 2008 dan rencana peningkatan RE sampai teraliri 100 listrik

Pada tahun 2020 sesuai dengan rencana PT PLN persero

Tabel 4.34
Rencana Peningkatan RE Kab Sumenep

No.	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi				
				2008	2011	2014	2017	2020
8	Batuan	3379	3652	100	100	100	100	100
14	Rubani	10833	10266	94,77	94,77	94,77	94,77	100
2	Bhuto	12547	11557	92,11	92,11	92,11	92,11	100
16	Mending	8167	7073	86,6	86,6	86,6	86,6	100
7	Sumenep	19076	16071	84,25	84,25	84,25	84,25	100
13	Ambutan	11367	9057	79,68	79,68	79,68	79,68	100
18	Gapura	11006	7723	70,17	70,17	70,17	75	100
6	Kalianget	10727	7523	70,13	70,13	70,13	75	100
1	Pragaan	15769	10637	67,46	67,46	67,46	75	100
3	Saronggi	11801	6311	53,48	53,48	53,48	75	100
19	Batang-Batang	16609	8613	51,86	51,86	51,86	75	100
12	Pasongsongan	11027	5511	49,98	49,98	50	75	100
15	Dasuk	9540	3781	39,63	39,63	50	75	100
17	Batu putih	14306	5479	38,3	38,3	50	75	100
11	Guluk-guluk	13523	4603	34,04	34,04	50	75	100
10	Ganding	11105	3698	33,3	33,3	50	75	100
21	Nonggunong	4649	1089	23,42	25	50	75	100
9	Lenteng	29372	6633	22,58	25	50	75	100
22	Gayam	13201	2641	20,01	25	50	75	100
4	Giligenting	7754	1535	19,8	25	50	75	100
25	Ariasa	22677	3936	17,36	25	50	75	100
5	Talango	12679	1862	14,69	25	50	75	100
24	Sapeken	11356	1500	13,21	25	50	75	100
20	Dungek	13817	1202	8,7	25	50	75	100
23	Raas	10468	0	0	25	50	75	100
26	Kangawan	8236	0	0	25	50	75	100
27	Masalembu	6296	0	0	25	50	75	100
	Total	331287	141953	43	48	61,13	78	100

Tahap 1

Untuk meningkatkan rasio elektrifitas sampai 25%

Tabel 4.35
Peningatan RE 25%

Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi		PROYEKSI PELANGGAN	TOTAL PELANGGAN
			2008	2011		
Nonggunong	4649	1089	23,42	25	17	1106
Lenteng	29372	6633	22,58	25	161	161
Gayam	13201	2641	20,01	25	132	2773
Giligenting	7754	1535	19,8	25	80	80
Ariasa	22677	3936	17,36	25	301	4237
Talango	12679	1862	14,69	25	192	2054
Sapeken	11356	1500	13,21	25	177	1677
Dungkek	13817	1202	8,7	25	196	1398
Raas	10468	0	0	25	2617	2617
Kangayan	8236	0	0	25	2059	2059
Masalembu	6296	0	0	25	1574	1574
Total	140505	10368	13	25	7505	19735

(PELANGGAN MINIMUM = 30 kWh/BULAN)=360 kWh/THN
 JUMLAH PELANGGAN = 822x360=295.920KWH=295,92MWh/THN
 Jadi Perencanaan Pembangkit listrik di bangkalan harus bisa membangkitkan energi listrik sebesar 295,92MWh/tahun

Tahap 2

Untuk meningkatkan rasio elektrifitas sampai 50%

Tabel 4.36
Peningatan RE 50%

Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi		PROYEKSI PELANGGAN	TOTAL PELANGGAN
			2011	2014		
Pasongsongon	11027	5511	49,98	50	1	5512
Dasuk	9540	3781	39,63	50	392	4173
Batuputih	14306	5479	38,3	50	641	6120
Guluk-guluk	13523	4603	34,04	50	735	735
Ganding	11105	3698	33,3	50	618	618
Nonggunong	4649	1089	25	50	272	1361
Lenteng	29372	6633	25	50	1658	1658
Gayam	13201	2641	25	50	660	3301
Giligenting	7754	1535	25	50	384	384
Ariasa	22677	3936	25	50	984	4920
Talango	12679	1862	25	50	466	466
Sapeken	11356	1676,85	25	50	419	2096
Dungkek	13817	1398	25	50	349	1747
Raas	10468	2617	25	50	654	3271
Kangayan	8236	2059	25	50	515	2574
Masalembu	6296	1574	25	50	394	1968
Total	200006	31762	29	50	9142	40903

JUMLAH PELANGGAN =
 $3626 \times 360 = 1.305.360 \text{ KWH} = 1.305,36 \text{ MWh/THN}$

Tahap 3

Untuk meningkatkan rasio elektrifitas sampai 75%

Tabel 4.36
 Peningkatan RE 75%

Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi				PROYEKSI PELANGGAN	TOTAL PELANGGAN
			2008	2011	2014	2017		
Gapura	11006	7723	70,17	70,17	70,17	75	532	8255
Kaliangret	10727	7523	70,13	70,13	70,13	75	522	522
Pragaan	15769	10637	67,46	67,46	67,46	75	1189	1189
Saranggi	11801	6311	53,48	53,48	53,48	75	2540	2540
Batang-Batang	16609	8613	51,86	51,86	51,86	75	1993	10606
Pasongsongan	11027	5511	49,98	49,98	50	75	1378	6889
Dasuk	9540	3781	39,63	39,63	50	75	945	4726
Batunutih	14306	5479	38,3	38,3	50	75	1370	6849
Guluk-guluk	13523	4603	34,04	34,04	50	75	3381	3381
Ganding	11105	3698	33,3	33,3	50	75	2776	2776
Nonggunong	4649	1089	23,42	25	50	75	1162	2251
Lenteng	29372	6633	22,58	25	50	75	7343	7343
Gayam	13201	2641	20,01	25	50	75	660	3301
Giligerting	7754	1535	19,8	25	50	75	1939	1939
Anasa	22677	3936	17,36	25	50	75	984	4920
Talango	12679	1862	14,69	25	50	75	3170	3170
Sapeken	11356	1500	13,21	25	50	75	375	1875
Dungkek	13817	1202	8,7	25	50	75	301	1503
Raas	10468	0	0	25	50	75	2617	2617
Kangayan	8236	0	0	25	50	75	2059	2059
Mesalembu	6296	0	0	25	50	75	1574	1574
Total	265918	41475	31	37	53	75	38809	80284

Jumlah pelanggan = $8651 \times 360 = 3.114.360 \text{ KWH} = 3.114,36 \text{ MWh/THN}$

Tahap 4

Untuk meningkatkan rasio elektrifitas sampai 100%

Tabel 4.37
Peningatan RE 100%

Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan Listrik	Rasio Elektrifikasi					PROYEKSI PELANGGAN	TOTAL PELANGGAN
			2008	2011	2014	2017	2020		
Batuana	3379	3652	100	100	100	100	100	0	3652
Rubani	10833	10266	94,77	94,77	94,77	94,77	100	537	537
Bhato	12547	11557	92,11	92,11	92,11	92,11	100	990	12547
Mending	8167	7073	86,6	86,6	86,6	86,6	100	948	948
Sumenep	19076	16071	84,25	84,25	84,25	84,25	100	3004	19075
Ambuten	11367	9057	79,68	79,68	79,68	79,68	100	1840	1840
Gapura	11006	7723	70,17	70,17	70,17	75	100	1931	1931
Kaliangket	10727	7523	70,13	70,13	70,13	75	100	2682	10205
Pragaan	15769	10637	67,46	67,46	67,46	75	100	3942	14579
Saranggi	11801	6311	53,48	53,48	53,48	75	100	2950	9261
Batang-Batang	16609	8613	51,86	51,86	51,86	75	100	2153	2153
Pasonggrong	11027	5511	49,98	49,98	50	75	100	1378	1378
Dasuk	9540	3781	39,63	39,63	50	75	100	945	945
Batuputih	14306	5479	38,3	38,3	50	75	100	1370	1370
Gubuk-gubuk	13523	4603	34,04	34,04	50	75	100	3361	7984
Ganding	11105	3698	33,3	33,3	50	75	100	2776	6474
Nonggunganong	4649	1089	23,42	25	50	75	100	272	272
Lenteng	29372	6633	22,58	25	50	75	100	7343	13976
Gayam	13201	2641	20,01	25	50	75	100	660	660
Gilipeteng	7754	1535	19,8	25	50	75	100	1939	3474
Angsa	22677	3936	17,36	25	50	75	100	984	984
Talango	12679	1862	14,69	25	50	75	100	3170	5032
Sapeken	11356	1500	13,21	25	50	75	100	2639	2639
Dungkek	13817	1202	8,7	25	50	75	100	3454	3454
Raes	10468	0	0	25	50	75	100	2617	2617
Kengayon	8236	0	0	25	50	75	100	2059	2059
Masalembu	6296	0	0	25	50	75	100	1574	1574
Total	331267	67871	44	49	61	78	100	57739	131821

Dimana jumlah pelanggan =

$$13694 \times 360 = 4.929.840 \text{ KWH} = 4.929.84 \text{ MWh/THN}$$

Jadi dibutuhkan pembangkit diatas 4.929.84MWh/THN

Tabel 4.38
Perencanaan pemenuhan kebutuhan Energi di APJ Pamekasan

Kab	Tahap 1 MWh	Tahap 2 MWh	Tahap 3 MWh	Tahap 4 MWh	TOTAL MWh
Bangkalan	1137,96	3.540,96	3.150	3.046	7333,96
Sampang	508,68	2072,88	5060,80	9.455,40	9964,08
Pamekasan	465,12	1525,68	5.578,92	6775,2MWh	7569,72
Sumenep	295,92	1.305,36	3.114,36	4.929,84	9645,48

4.1.5 Sarana Pembangunan Jangka Panjang

Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah Madura Tahun 2010 – 2020 adalah merupakan Proyeksi Kinerja Perusahaan PLN Distribusi Jawa Timur untuk 10 tahun ke depan, dengan menggunakan asumsi kondisi skenario rendah (low scenario), atau

pertumbuhan rendah, dan mengacu kepada kondisi perkembangan ekonomi serta potensi daerah tiap Kabupaten.

Program Penyediaan Tenaga Listrik akan mendorong peningkatan kegiatan ekonomi tiap Kabupaten yang berkelanjutan melalui penyediaan tenaga listrik :

- dalam jumlah yang cukup,
- dengan kualitas yang baik;
- dengan harga yang wajar.

4.1.6. Perkembangan Jaringan Distribusi di APJ Pamekasan

Dengan makin bertambahnya jumlah pelanggan listrik di wilayah APJ Pamekasan dari tahun ke tahun supaya pasokan tenaga listrik tercukupi dengan baik maka perlu adanya penambahan Jaringan. Supaya pembangunan Jaringan baru tepat sasaran perlu direncanakan terlebih dahulu dengan perhitungan peramalan dengan melibatkan faktor-faktor yang terkait.

4.1.7 Prediksi Kebutuhan Tenaga Listrik disetiap Kabupaten Pulau Madura

Prediksi kebutuhan listrik di masing-masing Kabupaten di dapat disusun seperti terlihat di Tabel 4.22 apabila telah dilakukan analisa kebutuhan listrik dan beban tiap Kabupaten. Karena keterbatasan data, maka pembagian kebutuhan listrik diasumsikan sebanding dengan perbandingan jumlah penduduk di setiap Kabupaten/Kota pada suatu area PLN dimana nilai dalam MW.

Tabel 4.39

Prediksi Kebutuhan Tenaga Listrik (MW)4 Kabupaten di Madura sampai Tahun 2020

No	Kabupaten	2008	20011	2014	2017	2020
1	Bangkalan	140.537	178.13	225.07	283.36	355.49
2	Sampang	84.91	112.16	135.72	199.42	266.02
3	Pamekasan	199.38	250.63	317.78	408.85	535.54
4	Sumenep	356.03	511.21	757.72	1153.12	1794.03
	Madura	780.86	1,052.14	1,436.29	2,044.77	2,951.10

Dari Tabel diatas dapat kita lihat bahwa pertumbuhan kebutuhan listrik tiap Kabupaten yang ada di Madura mulai tahun 2008 sampai 2020 mengalami kenaikan sebesar 6,44 %.

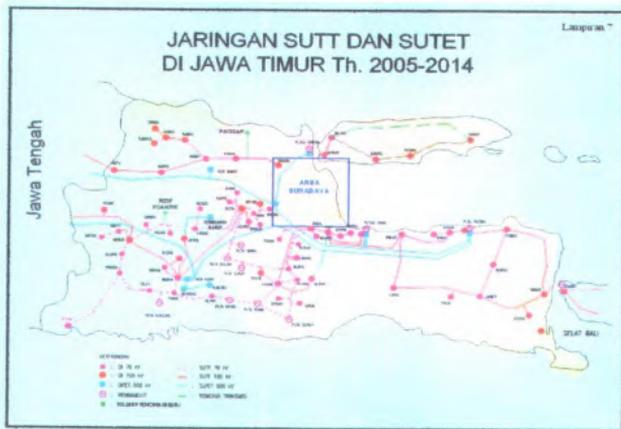
Untuk prediksi beban puncak per Kabupaten dapat dilihat pada tabel di bawah ini dimana nilai dalam MW.

Tabel 4.40
Prediksi Beban Puncak 4 Kabupaten di Madura
sampai Tahun 2020

No	Kabupaten	2008	20011	2014	2017	2020
1	Bangkalan	59.08	77.35	100.62	129.97	166.69
2	Sampang	41.07	54.65	73.76	99.86	134.87
3	Pamekasan	103.58	127.03	156.94	197.30	253.60
4	Sumenep	333.24	529.34	880.91	1514.43	2658.11
Madura		536.97	788.37	1.212.23	1.941.57	3.213.27

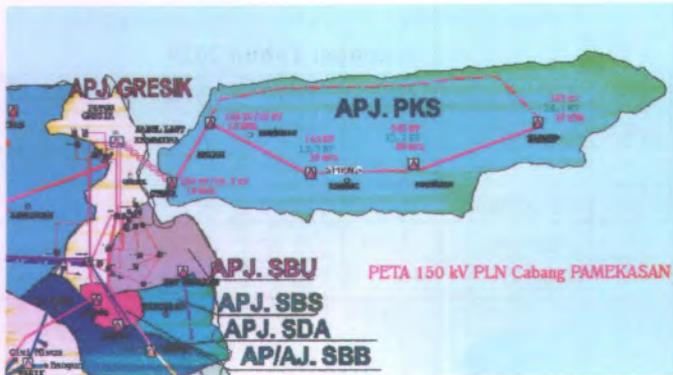
4.1.7.1 Prediksi Perkembangan Jaringan Di Wilayah Madura.

Sistem jaringan kelistrikan di Madura adalah suatu sistem tenaga listrik yang telah terinterkoneksi dalam jaringan interkoneksi Jawa-Madura-Bali (JAMALI), dimana pembangkit tenaga listrik yang tersebar di Jawa dan Bali terhubung antara satu dengan lainnya melalui saluran transmisi tegangan tinggi (SUTT) 150 kV dan transmisi tegangan ekstra tinggi (SUTET) 500 kV membentuk satu sistem. Pada gambar 4.1 dibawah ini dapat dilihat perencanaan saluran transmisi di Jawa Timur tahun 2009-2014.



Gambar 4.1
Rencana Jaringan SUTT dan SUTET Jawa Timur Th. 2009-2014

Untuk daerah madura, sesuai perencanaan jaringan transmisi Jawa Timur akan dibangun jaringan SUTT 150 kV yang akan mengelilingi pulau Madura.



Gambar 4.2
Peta Jaringan 150 kV APJ Pamekasan

Adanya pembangunan jembatan SURAMADU yang diperkirakan akan rampung pertengahan tahun 2009 juga mempengaruhi perencanaan jaringan transmisi di madura. Saluran transmisi dari Jawa ke Madura yang saat ini menggunakan saluran kabel bawah laut 150 kV dari Gresik ke Bangkalan akan diganti dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi yang akan melewati Jembatan SURAMADU, peta jaringannya terlihat seperti Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pembangunan Jaringan SUTT 150 kV melalui Jembatan SURAMADU

4.1.7.2 Keikutsertaan Non-PLN Dalam Penyediaan Tenaga Listrik

Sesuai UU No.15 Tahun 1985 dan PP Nomor 3 Tahun 2005 tentang Ketenagalistrikan menyebutkan bahwa, penyediaan tenaga listrik di Indonesia untuk daya listrik dibawah 1 MW (Pembangkit Listrik Skala Kecil Tersebar), sehingga ke depan sangat mungkin tumbuh penyedia tenaga listrik swasta (Non-PLN) yang dikompertisikan pada sisi pembangkitan.

a. Potensi Pembangkit Skala Kecil Tersebar

Selain dari pada itu, sesuai Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.: 1122.K/30/MEM/2002 tanggal 12 Juni 2002 tentang Pedoman Pengusahaan Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Tersebar (PSK Tersebar), yaitu pembangkit maksimum 1 (satu) MW yang menggunakan energi terbarukan, di wilayah yang telah terjangkau jaringan PLN, tenaga listrik yang dihasilkan wajib dibeli oleh PLN sepanjang telah memenuhi persyaratan. Di wilayah Jawa Timur, walaupun sampai saat ini potensi PSK Tersebar masih kecil perlu dipertimbangkan keberadaan dan pertumbuhannya dalam tahun-tahun mendatang. Selain dari pada itu, melihat kondisi geografisnya, PSK Tersebar tersebut dapat digunakan sebagai substitusi program listrik perdesaan.

b. Potensi Pembangkit dengan Energi Terbarukan

Di Pulau Madura baru dilakukan studi-studi tentang pembangkit listrik dengan energi alternatif misalnya tenaga Nuklir. Dan sampai saat ini masih terkendala oleh biaya investasi, permasalahan sosial dan harga jual tenaga listrik. Apabila harga jual tenaga listrik secara bisnis sudah membaik dan pengetahuan masyarakat tentang Nuklir serta biaya investasi sudah dapat ditekan (sudah mass product), maka pembangkit dengan sumber energi alternatif ini akan dapat menambah pasokan daya kebutuhan listrik di Kab. Sampang.

Potensi pembangkit dengan sumber energi alternatif (non-konvensional) lainnya, misal : biomasa, tenaga surya, tenaga angin, meskipun relatif tidak besar di masa mendatang memungkinkan dapat digunakan di daerah Kab. Sampang.

4.2 Potensi Energi Untuk Pembangkit Listrik di Pulau Madura

Pola konsumsi energi dapat diketahui dari beberapa indikator energi nasional yang terjadi di Indonesia. Dari pola konsumsi energi yang diketahui dapat dipergunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam perencanaan energi nasional dan regional Jawa Timur pada masa mendatang.

Secara singkat beberapa indikator energi nasional yang terjadi di Indonesia dan terjadi jugadi Madura, adalah sebagai berikut :

1. Pertumbuhan Konsumsi Energi Yang Cepat.

Konsumsi energi berhubungan dengan tingkat daya beli masyarakat terhadap energi yang dapat diartikan pula pada satu sisi konsumsi energi yang meningkat dengan cepat adalah sebanding dengan tingkat pendapatan masyarakat dan tingkat pertumbuhan penduduk yang cepat pula. Sedangkan pada sisi yang lain dapat berarti bahwa tingkat efisiensi pemakaian energi nasional yang rendah, atau terjadinya pemakaian energi yang boros.

Secara umum, laju konsumsi energi yang cepat dapat diakibatkan oleh faktor-faktor sebagai berikut :

- a. Perluasan aktifitas energi yang cukup besar pada sektor industri seperti semen, pengolahan kertas, pengolahan baja, pabrik gula dan lainnya.
- b. Pembangkitan tenaga listrik mengalami laju pertumbuhan yang cepat.
- c. Laju pertumbuhan penduduk yang tinggi.

Dengan laju konsumsi energi yang besar, permasalahan yang akan timbul adalah menyangkut ketersediaan sumber daya energi untuk mencukupi kebutuhan energi dan efisiensi dalam penggunaannya serta masalah lingkungan yang ditimbulkan akibat proses pemakaian energi itu sendiri.

2. Ketergantungan Pada Minyak Bumi.

Ketergantungan akan minyak bumi dalam konsumsi energi nasional berdasarkan jenis energi primer pada tahun 1995 adalah sebesar kurang lebih 65 %.

Tabel 4.41
Pemakaian Energi BBM Dan Non BBM

URAIAN	AKHIR 1993-1994	AKHIR 1998-1999	Tahun 2000
PEMBANGKIT BBM (MW) (PLTU,PLTD,PLTG, PLTGU Minyak)	12.506,62 (52,90 %)	15.831,03 (44,374 %)	15.585,99 (43,81 %)
PEMBANGKIT NON-BBM (PLTU Batubara & Gas Alam & Dendro, PLTGU,PLTP,PLTA)	10.870,6 (47,10 %)	19.845,90 (55,626 %)	19.990,95 (56,10 %)
TOTAL	23.079,16	35.676,92	35.576,94
PEMBANGKIT (MW)	(100 %)	(100 %)	(100 %)

Sumber : Seminar Ketenagalistrikan, Surabaya, 2001.

Kenyataan ini dapat diartikan bahwa ketergantungan pada minyak bumi masih cukup besar dan dengan mempertimbangkan cadangan minyak bumi yang dimiliki oleh Indonesia serta sifat energi fosil yang tidak dapat diperbarui, maka ketergantungan pada minyak bumi harus segera diturunkan dan mengganti kedudukan minyak bumi dengan sumber energi alternatif lainnya sebagai salah satu langkah diversifikasi energi. Diharapkan pada masa yang akan datang kedudukan minyak bumi sebagai sumber energi yang belum dapat digantikan oleh jenis energi lainnya, seperti pada sektor transportasi. Cadangan minyak bumi sudah semakin terbatas terutama bila tidak ditemukan cadangan yang

baru. Menurut data status 1 Januari 2002, cadangan minyak bumi terbukti Indonesia hanya tinggal 5 miliar barel, di samping cadangan potensial yang sebesar 5 miliar barel. Namun dalam satu dekade terakhir ini, penambahan cadangan minyak bumi baru hanya dalam jumlah kecil yang setara dengan laju produksinya. Hal yang mengawatirkan adalah ketergantungan baik ekonomi nasional dan kebutuhan energi dalam negeri terhadap minyak bumi masih tinggi. Dengan demikian, jika tingkat produksi minyak bumi masih seperti saat ini dan penemuan cadangan baru tidak ada, maka cadangan minyak bumi tersebut akan habis dalam 10 tahun. Gambar 4.4 memperlihatkan Posisi Ekspor-Impor Bahan Bakar Fosil di Indonesia; terlihat bahwa posisi Indonesia sekarang sudah menjadi Net Importir Oil.



Sumber : Dirjen MIGAS, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2004.

Gambar 4.4

Posisi Ekspor Impor Bahan Bakar Fosil di Indonesia dari Tahun 2000 sampai dengan Tahun 2025

3. Intensitas Energi Nasional Yang Tinggi

Intensitas Energi Nasional adalah suatu parameter yang menunjukkan besarnya energi yang diperlukan untuk sejumlah tertentu produk nasional (SBM/Nilai mata uang).

Dari hasil penelitian terlihat bahwa intensitas energi di Indonesia lebih besar daripada intensitas energi rata-rata negara Asean. Tingginya tingkat intensitas energi nasional dapat diartikan bahwa dalam proses pemakaiannya, energi belum digunakan secara efisien. Memanajemen energi seperti audit dan konservasi energi adalah beberapa usaha yang harus dilaksanakan untuk menekan intensitas energi dalam proses produksi.

4. Energi Per Kapita Yang Rendah

Energi per kapita menunjukkan jumlah rata-rata energi yang dikonsumsi masyarakat dalam satu kapita. Parameter energi per kapita dapat memberikan informasi tentang penyebaran pemakaian energi pada satu negara. Populasi penduduk yang besar dan tidak tersebar merata seperti di Indonesia dapat mengakibatkan energi per kapita yang rendah walaupun di lain sisi terjadi peningkatan konsumsi energi yang tinggi.

4.2.1 Potensi Energi Tidak Terbarukan

Energi Tak Terbarukan (*non-renewable*) adalah energi tidak dapat dipakai terus menerus karena tidak dapat diperbarui sehingga suatu saat jumlahnya akan habis. Jenis sumber energi non-renewable yang umumnya digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik adalah batubara, minyak bumi dan gas.

Potensi Energi tidak terbarukan yang ada di Jawa Timur antara lain Minyak dan Gas Bumi serta Batubara (jumlahnya sangat sedikit).

4.2.1.1 Gas Alam Di Pulau Madura

Di propinsi Jawa Timur, pemakaian gas alam sampai saat ini umumnya di dominasi oleh industri – industri besar seperti P.T Samsung, Petrokimia, Taksi Zebra dan pendistribusiannya sementara ini masih terbatas hingga daerah Probolinggo. Untuk metode pendistribusiannya dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan sistem botol ataupun dengan sistem jaringan pipa.

Sumber gas alam untuk memenuhi kebutuhan gas di Jawa Timur diambil dari daerah Pagerungan, Terang/Sirasun, Muriah dan S. Saubi. Dari beberapa tambang gas tersebut sudah terdapat beberapa perusahaan yang menangani baik dari perusahaan domestik maupun perusahaan asing. Pada tabel 4.25 merupakan daftar tambang – tambang gas alam yang ada di Jawa Timur dengan perusahaan yang mengolahnya.

Tabel 4.42
Perusahaan Penambang Gas

OFFSHORE				ONSHORE			
Tahun		Bcf	%	Tahun		Bcf	%
	PN		50		Novus		45
	Respol		25		PN		10
2007	Madura Straits	530		2012	Cepu	1000	
	ExxonMobil		69		ExxonMobil		100
	Husky		31				
2008	Pangkajene	200		2005	Suci	250	
	Amerada Hess		76		Pertamina		100
	Gulf		12				
	Dana		12				
	Bawean	540					
	BP		100				
2009	Sampang	500					
	Santos		45				
	Coastal		40				
	Cue Pty		15				
2010	Madura Offshore	470					
	Talisman		100				

Sumber : PN Gas (Persero), 2006.

Untuk penyalurannya ke konsumen di Indonesia dilakukan oleh PT. Perusahaan Gas Negara. Di Jawa Timur ini, PT. Perusahaan Gas Negara membeli gas alam yang telah ditambang oleh perusahaan – perusahaan seperti yang telah disebutkan pada tabel 4.25. yaitu dari perusahaan *Beyond Petroleum (BP)* dan *Lapindo Brantas*. Beyond Petroleum menguasai tambang terbanyak yaitu

- Daerah Pagerungan (dalam proses) sisa : 620 bcf
- Daerah Terang/Sirasun (2004) – Total : 900 bcf
- Daerah Muriah (2005) – Total : 500 bcf
- Daerah S.Saubi (2009) – Total : 820 bcf

Untuk Wilayah Madura hanya Kab. Sampang belum menggunakan sumber gas alam ini tapi daerahnya banyak mengandung sumber gas alam ini. Dan saat ini telah terdapat kilang minyak lepas pantai di daerah Camplong yang diberi nama Kilang minyak OYONG, terlihat pada gambar 4.5 di bawah ini anjungan dari kilang minyak oyong.



Gambar 4.5

Anjungan Minyak Oyong Lepas Pantai camplong

Sejak pengeboran minyak Oyong dioperasikan di lepas pantai Camplong banyak warga berharap menunggu “berkah tetesan minyak” yang bisa mengubah kehidupannya sebagai nelayan miskin.

4.2.1.2 Potensi Batu bara di Jawa Timur

Sumber daya/Cadangan batubara di Indonesia terdiri atas :

Sumber Daya :

- a) Sumber Daya Hipotetik 356.966.434 ton
- b) Sumber Daya Tereka 34.499.562.369 ton
- c) Sumber Daya Terunjuk 4.227.623.687 ton
- d) Sumber Daya Terukur 4.498.599.363 ton
- Jumlah 43.582.750.852 ton.

Dari sumber daya batubara ini Potensi Jawa Timur adalah :

Sumber Daya Tereka 146.000 ton.

Potensi ini relatif kecil dan masih dalam Tahap Tereka.

4.2.2 Energi Terbarukan

Energi Terbarukan (*Renewable*) adalah energi yang dapat terus menerus dipakai dengan jumlah yang dapat diperbarui sehingga tidak pernah habis. Energi terbarukan yang dibahas sebagai energi input pembangkit listrik ada 7 yaitu air, angin, biomassa, biogas, panas bumi, matahari dan gelombang laut. Sumber energi biomassa bisa berupa sampah hasil pertanian dan sampah rumah tangga. Untuk sampah rumah tangga lebih ditekankan pada daerah perkotaan. Sebab masyarakat kota dikenal memiliki tingkat produksi sampah rumah tangga yang tinggi.

4.2.2.1 Potensi Energi Panas Bumi

Sebagai daerah vulkanik, Indonesia sebagian besar kaya akan sumber energi panas bumi. Jalur gunung api yang membentang di Indonesia dari ujung pulau Sumatra, sepanjang pulau Jawa-Bali, NTB, NTT menuju kepulauan dilaut Banda, Halmahera, dan pulau Sulawesi. Panjang jalur tersebut lebih dari 7500 km dengan lebar berkisar antara 50 km – 200 km dengan jumlah gunung berapi baik yang aktif maupun yang sudah tidak aktif berjumlah 150 buah.

Energi panas bumi merupakan energi yang tersedia terus menerus selama 24 jam sehari dan 365 hari dalam satu tahun. Faktor ketersediaan tahunannya mencapai 98 % (atau lebih) sehingga faktor bebannya pun dapat tinggi. Jika dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga angin, untuk kapasitas yang sama pembangkit listrik tenaga panas bumi menghasilkan energi 3,5 kali lebih banyak.

Tabel 4.43
Potensi Panas Bumi Di Indonesia

Lokasi	Potensi (MW)	Prosen
Jawa-Bali	8.100	41.2 %
Sumatera	4.986	25.4 %
Pulau lainnya	6.572	33.4 %
Total	19.658	100 %

Sumber : Ditjen Listrik dan Pemanfaatan Energi, 2002, Jakarta

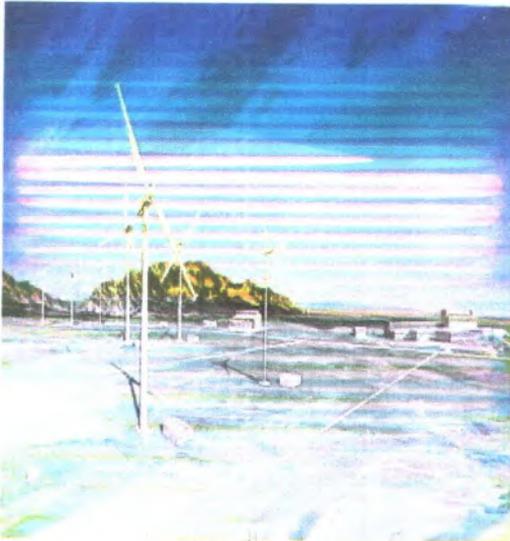
Dengan memanfaatkan energi panas bumi bisa dihasilkan energi listrik yang tersedia secara kontinyu.

Hal ini tentu merupakan keuntungan yang diharapkan. Untuk Jawa Timur sendiri potensi energi panas bumi dapat ditemukan di beberapa tempat. Potensi yang ada sebagian sudah terbukti dan sebagian masih spekulatif.

4.2.2.2 Potensi Energi Angin

Angin bertiup lebih kencang di daerah pantai daripada di tengah daratan. Maka dari itu potensi energi angin Jawa Timur didominasi Kabupaten yang berada di wilayah selatan karena memiliki pantai yang merupakan rangkaian pantai laut selatan, dimana dikenal memiliki angin yang kencang.

Angin terjadi bila terdapat pemanasan permukaan bumi yang tak sama oleh sinar surya. Disiang hari udara di atas lautan relatif lebih dingin dari pada di daratan. Sinar surya menguapkan air lautan dan diserap lautan. Penguapan dan absorpsi sinar surya di daratan kurang sehingga udara di atas daratan lebih panas. Dengan demikian udara di atas daratan mengembang, jadi ringan dan naik ke atas. Udara dingin yang lebih berat turun mengisi kekurangan udara di daratan, maka terjadilah aliran udara, yang disebut angin dari lautan ke daratan tepi pantai. Di malam hari peristiwa kebalikan terjadi. Angin di permukaan laut mengalir dari pantai ke tengah lautan dan hal itu dimanfaatkan para nelayan untuk berlayar mencari ikan di malam hari.



Gambar 4.6
Sistem Konversi Energi Angin

Angin di lereng gunung terjadi demikian pula. Udara panas naik sepanjang gunung di siang hari dan udara dingin turun dari puncak

gunung ke lembah di malam hari. Tercatat dalam sejarah 200 S.M. bahwa orang-orang Mesir telah menggunakan Angin di lereng gunung terjadi demikian pula. Udara panas naik sepanjang gunung di siang hari dan udara dingin turun dari puncak gunung ke lembah di malam hari. Tercatat dalam sejarah 200 S.M. bahwa orang-orang mesir telah menggunakan energi angin untuk menjalankan kapal dengan layar angin dan untuk menggiling gandum. Macam kincir angin termasuk tipe sumbu vertikal, kemudian ditemukan kincir angin tipe sumbu horisontal.

Di abad pertengahan kincir angin ditemukan di Eropa, rupanya mereka belajar dari bangsa-bangsa beragama Islam untuk memanfaatkan energi angin untuk menggiling gandum.

Di abad ke 14, Belanda memanfaatkan kincir angin untuk mengeringkan danau dan paya-paya. Kemudian untuk penggilangan kertas, gergaji dan sebagainya. Tercatat di abad ke-20 dengan adanya motor elektrik jumlah kincir angin menurun banyak sampai sekitar 1000 buah.

Di Amerika Serikat, Denmark, Rusia, Inggris, Perancis, Jerman, perkembangan kincir angin pesat sekali. Misalkan di A.S. terkenal kincir angin untuk pembangkitan energi elektrik. Di Vermont, di Grandpa's Knob dekat kota Rutland didirikan menara kincir angin setinggi 110 kaki (36 m) dengan kipas motor 175 kaki dari ujung kipas menghasilkan 1,25 MWe dalam kecepatan angin 30 mil/jam.

Dr. Harijono Djojodihardjo dalam laporannya tentang "Penilaian potensi energi angin dengan kasus khusus Indonesia dan prospek penggunaannya" memberikan beberapa kesimpulan antara lain :

- a. Kecepatan angin rata-rata di Indonesia berkisar sekitar 2,5 sampai 3,5 m/detik. (sedangkan di beberapa tempat lebih tinggi lagi terutama di musim kemarau).
- b. energi angin spesifik di Indonesia berkisar sekitar 400 KW-jam/m²/tahun (di beberapa tempat lain 1000 kW/m²/tahun atau lebih).
- c. Secara umum potensi energi angin yang baik ditemui pada wilayah pantai utara maupun selatan Indonesia.

Sedangkan kesimpulan Dr. Jerome Weingart, seorang ahli Jerman di bidang sumber energi surya menyatakan dalam pertemuan 2004 di Jakarta bahwa energi angin bukanlah suatu pilihan secara besar-besaran bagi Indonesia, negeri ini sepuluh derajat terlalu dekat dengan khatulistiwa untuk memperoleh angin yang baik. Yang menjadi idaman adalah kira-kira 20⁰ sebelah utara maupun selatan,

seperti Hawai untuk mendapatkan angin timur laut dan tenggara yang menakjubkan.

Pembangkit listrik tenaga angin diklasifikasikan berdasarkan pada kapasitas pembangkitan sebagai berikut:

- a. kapasitas kecil sampai dengan 9 kilowatt
- b. kapasitas sedang antara 10 sampai 999 kilowatt.
- c. Kapasitas besar diatas 1 megawatt

Potensi energi angin di Indonesia khususnya di Madura dan Jawa Timur cukup besar dan ada sepanjang tahun. Untuk di Madura kecepatan angin yang ada sama tiap daerahnya seperti data yang didapatkan dari pengukuran yang dilakukan oleh BMG.

Tabel 4.44¹
Kecepatan Angin

NO.	BULAN	KECEPATAN (m/detik)
1	Januari	5.10
2	Februari	8.30
3	Maret	5.10
4	April	5.10
5	Mei	6.00
6	Juni	5.10
7	Juli	5.60
8	Agustus	6.80
9	September	7.90
10	Oktober	8.30
11	Nopember	7.80
12	Desember	7.00

Dari tabel diatas diperoleh nilai kecepatan rata-rata angin di Madura sebesar 6.5 m/detik. Sedangkan diseluruh Indonesia diperoleh 3,48 m/detik. Selain itu juga terlihat klasifikasi kecepatan angin tersebut untuk pembangkit listrik skala kecil dan menengah.

Perhitungan potensi tenaga angin dilakukan dengan asumsi

1. Diameter rotor blade yang digunakan 3 m sehingga luas tangkapan angin untuk satu buah turbin angin sebesar 7,065 m².
2. Luas daerah yang dibutuhkan untuk satu turbin angin adalah 5x5 m².
3. Energi angin perhari diperoleh selama 8 jam (1/3 hari).
4. Prosentase DP yang digunakan adalah 1 %.

¹ BPS Jawa Timur, Surabaya, 1999

Luas wilayah Madura yang merupakan daerah potensi sebesar 5.290 Km².

Sehingga potensi energi angin untuk setiap daerah potensi adalah sebagai berikut:

$$Pa = C \times 0.5 \times \rho \times v^3 \times \frac{LDP \times \frac{1}{100}}{5 \times 5} \times 7,065 \dots\dots\dots (4.10)$$

Dengan persamaan 4.10 dan parameter maupun kecepatan angin yang telah diketahui akan didapat potensi tenaga angin di madura 756,96 MW/m².

Tabel 4.45
Potensi Energi Angin di Pulau Madura

Kabupaten/Kota	Potensi (kW)	Listrik Terbangkit	
		Daya (kW)	Energi perTahun (MWh)
Bangkalan	683,89	136,77	399,39
Sampang	490.650,68	98.130,13	286.540,00
Pamekasan	260.868,15	52.173,63	152.347,00
Sumenep	4.755,43	951,09	279.426,33
Madura	756.958,15	151.391,62	718.712,72

A. Efisiensi Konversi Energi Angin Menjadi Listrik

Efisiensi dari PL Tenaga Angin dapat didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan dibagi dengan energi masuk. Efisiensi maksimum dari turbin-turbin angin ini secara teoritis, dengan menggunakan teknologi yang tersedia sekarang, adalah sekitar 50%. Menurut teori efisiensi aerodinamika, batas maksimum dari efisiensi turbin angin, dikenal sebagai limit Betz, adalah 59.3%. Tapi dalam prakteknya, turbin-turbin angin modern hanya dapat mencapai efisiensi 40-50%.

Efisiensi turbin pada pembangkit ini kurang diperhatikan karena sumber energinya gratis dan terbarukan. Dengan mengambil efisiensi konversi energi angin menjadi energi listrik sebesar 20% akan diperoleh daya listrik yang bisa dihasilkan oleh energi angin 287.082 MW.

B. Energi yang Dibangkitkan

Dari potensi energi angin pada, di atas bisa dihitung energi listrik yang dihasilkan oleh energi angin selama setahun. Dengan menggunakan asumsi angin bertiup 8 jam sehari atau sepertiga hari, maka energi listrik yang dihasilkan oleh energi angin per tahunnya sebesar 838.279 GWh/tahun.

C. Bagian Utama PLT Angin

1. Turbin Angin

Pemanfaatan potensi energi angin dilakukan dengan memanfaatkan turbin angin yang dibangun untuk mengubah kecepatan angin yang searah menjadi energi putar yang digunakan untuk memutar generator. Dengan melihat kecepatan angin di daerah potensi dan tipe turbin yang ada bisa dipilih turbin yang cocok untuk pembangkit listrik di wilayah Indonesia. Indonesia yang terletak di katulistiwa mempunyai arah angin yang tidak tetap sepanjang tahun, angin bisa berganti arah sampai 180° atau bisa dikatakan angin bergerak dari arah berlawanan. Dari kenyataan tersebut dan juga melihat kecepatan angin di Jawa Timur dan Madura khususnya yang sebesar 6.5 m/detik, tipe turbin yang cocok adalah tipe turbin berporos vertikal. Untuk tipe turbin ini tidak terpengaruh oleh perubahan arah angin karena turbin berputar secara horisontal, sehingga dari manapun arah angin akan memutar turbin. Selain itu tipe turbin ini cocok untuk angin berkecepatan rendah. Akan tetapi seiring perkembangan teknologi, turbin angin berporos horisontal dimana turbin berputar secara vertikal juga mempunyai kemampuan yang bisa berputar dengan baik meskipun arah angin berganti. Kemampuan ini didapatkan dengan memasang kemudi dibelakang turbin angin, dengan kemudi ini turbin akan bergerak mengikuti pergantian arah angin, sehingga angin yang diterima oleh turbin tetap tegak lurus terhadap turbin dan turbin tetap berputar walupun kecepatan angin rendah. Dengan perkembangan teknologi tersebut maka turbin yang dipakai untuk PLT Angin di Madura dapat menggunakan tipe dengan poros horisontal.

2. Generator

Generator asinkron tiga fasa yang digunakan dikopel dengan turbin angin. Mesin induksi ini akan bekerja sebagai generator jika kecepatannya melebihi kecepatan sinkron dan bekerja sebagai motor jika kecepatannya dibawah kecepatan sinkron. Dengan

melihat kecepatan putar turbin angin yang berkisar antara 320- 775 rpm dengan mengambil putaran 500 rpm dengan rumus:

$$f = \frac{p \times n}{60} \dots\dots\dots (4.11)$$

akan didapatkan jumlah pasang kutub yaitu 6 pasang kutub atau 12 kutub, yang berarti masih merupakan generator kecepatan rendah, dengan ciri diameter rotor lebih besar daripada panjang tubuh rotor.

3. Unit Kontrol

Kecepatan angin yang tidak konstan dan arahnya yang juga selalu berubah-ubah akan mengakibatkan tegangan yang dihasilkan juga berubah-ubah. Untuk itu diperlukan alat kontrol yang akan mengatur tegangan yang dibangkitkan sehingga tegangan yang dihasilkan akan konstan meskipun kecepatan angin berubah-ubah.

4. Baterai

Baterai disini berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang telah dibangkitkan oleh generator karena sering angin tidak bertiup dan terutama dalam sehari angin bertiup lebih kurang 8 jam, jika energi tidak disimpan maka disaat angin tidak bertiup tidak akan ada energi yang tersedia. Baterai disini dihubungkan dengan generator lewat unit kontrol dan pemutus otomatis yang mencegah energi dari baterai digunakan oleh generator saat angin tidak bertiup sehingga generator berubah menjadi motor. Selain itu baterai berfungsi meratakan daya masuk dari generator maupun daya keluar menuju beban karena angin tidal selalu bertiup kencang.

Karena tegangan yang dihasilkan oleh generator merupakan tegangan AC maka diperlukan penyearah yang akan mengubah tegangan menjadi DC sehingga bisa disimpan pada baterai.

4.2.2.3 Potensi Energi Biogas

Energi biogas merupakan energi yang memanfaatkan gas yang dihasilkan dari kotoran manusia, ternak serta unggas. Banyaknya kotoran yang dihasilkan tiap hari adalah hasil perkalian antara jumlah manusia dan hewan dengan rata-rata banyaknya kotoran yang dihasilkan tiap individu perhari. Sedangkan volume gas yang dihasilkan tiap jenis kotoran berdasarkan data pada tabel 4.53 berikut ini.

Tabel 4.46
Kandungan Bahan Kering dan Volume Gas Yang Dihasilkan
Tiap Jenis Kotoran

Jenis	Banyak Tinja (Kg/hari)	Kandungan BK (%)	Biogas (m³ /kg.BK)
Sapi	28	20	0,25
Kerbau	35	17	0,25
Kuda	20	20	0,25
Kambing/Domba	1,13	26	0,25
Babi	3,41	33	0,44
Ayam	0,18	28	0,60
Itik	0,34	38	0,60
Manusia	0,25-0,4	23	0,40

Sumber : BPS Jawa Timur 2003, diolah kembali 2006.

Sedangkan banyaknya energi yang terkandung dalam setiap 1 m³ gas yang dihasilkan diasumsikan 5000 kKal. Kotoran yang disertakan dalam perhitungan potensi biogas adalah dari kuda, sapi (potong dan perah), kerbau, kambing, domba, babi, ayam, itik dan juga manusia. Maka besarnya potensi per tahun pun selalu berubah tergantung dari jumlah ternak dan unggas serta jumlah penduduk tiap Kabupaten/Kota.

Listrik yang terbangkit dihasilkan dari pembangkit dengan efisiensi yang diasumsikan sebesar 30%. Potensi biogas di Tiap Kabupaten di Madura pada tahun 2006 selengkapnya diperlihatkan pada Tabel 4.54 berikut.

Tabel 4.47
Potensi Energi Biogas di Madura

Kabupaten/Kota	Potensi (kW)	Listrik Terbangkit	
		Daya (kW)	Energi perTahun (MWh)
Bangkalan	43.563,11	13.068,93	114.483,86
Sampang	51.135,30	15.340,59	134.383,57
Pamekasan	32.849,10	9.854,73	86.327,42
Sumenep	69.799,84	20.939,95	183.433,98
Madura	197.347,35	59.204,2	518.628,83

4.2.2.4 Potensi Energi Biomassa

Energi biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dalam hal ini ada 2 macam yaitu sampah hasil pertanian dan sampah rumah tangga. Data yang dibutuhkan adalah berat sampah yang dihasilkan dalam setahun di tiap Kabupaten serta kandungan energi per satuan berat yang terkandung didalam sampah tersebut. Sampah hasil pertanian/perkebunan yang dimasukkan dalam perhitungan potensi adalah padi, kelapa, tebu, tembakau, randu dan kakao.

Besarnya potensi biomassa sangat tergantung dari hasil pertanian/perkebunan pada suatu daerah, sehingga besarnya tidak akan sama pada tiap tahun. Dengan asumsi efisiensi pembangkit sebesar 30%, maka potensi biomassa di Madura pada tahun 2004 adalah seperti tertera pada tabel 4.31 berikut.

Tabel 4.48

Potensi Energi Biomassa di Madura

Kabupaten/Kota	Potensi (kW)	Listrik Terbangkit	
		Daya (kW)	Energi perTahun (MWh)
Bangkalan	2.108,65	632,6	5.541,53
Sampang	1.605,78	481,74	4.220,00
Pamekasan	1.085,90	325,77	2.853,74
Sumenep	2.411,62	723,49	6.337,75
Madura	7.211,95	2.163,6	18.953,02

4.2.2.5 Potensi Energi Gelombang Laut

Seperti halnya energi angin, energi ombak/gelombang laut lebih besar berada di pantai laut selatan karena memiliki ombak yang cukup tinggi.

Energi yang sangat besar dapat terwujud dalam bentuk gelombang laut. Daya yang dihasilkan sebanding dengan amplitudo dan periode gerakan sehingga untuk panjang periode sampai 10 detik dan amplitudo sampai 2 m, gelombang laut mempunyai energi yang dapat dibangkitkan sebesar 50 sampai 70 kW per meter dari gelombang yang datang.

Untuk kondisi Madura memiliki wilayah yang berhubungan langsung dengan laut Jawa. Wilayah tersebut adalah sepanjang garis pantai sebelah utara wilayah Madura. Dilihat dari kondisi tersebut, Madura memiliki potensi energi gelombang laut yang sangat besar.

Untuk wilayah tersebut diasumsikan memiliki rata-rata tinggi gelombang 1.5 - 2 m dengan periode 10 detik.

Untuk besarnya energi gelombang yang dapat dibangkitkan dapat dihitung dengan rumus:

$$P' = (490Wm^{-3}s^{-1})H_s^2T_z$$

Dengan rumus di atas diperoleh energi sebesar 19.6 kW/m. Selanjutnya untuk mengetahui besar energi gelombang dalam jangka waktu setahun hasil tersebut dikalikan dengan 8760 dengan asumsi bahwa ombak secara kontinyu ada. Dan untuk parameter panjang untuk mendapatkan potensi gelombang pada suatu DP adalah panjang garis pantai pada DP tersebut. Nilai-nilai asumsi yang dipergunakan dalam perhitungan potensi angin yang menyebabkan gelombang yaitu panjang garis pantai (PP) dan besarnya prosentase panjang garis pantai yang dipergunakan untuk gelombang (P)

$$P' = 490 \times H_s^2 T_z \frac{24 \times 365}{1000} \times \left(\frac{PP}{100} \times \frac{P}{100} \right)$$

Berdasarkan pendekatan potensi aplikasi besarnya panjang garis pantai di DP yang dapat dipergunakan untuk gelombang adalah sepanjang 500 meter. Sehingga didapatkan besar potensi 85.848 Gwh/th untuk panjang garis pantai efektif 500 m. Berdasarkan pendekatan potensi aplikasi besarnya panjang garis pantai di DP yang dapat dipergunakan untuk gelombang adalah sepanjang 500 meter. Sedangkan Madura memiliki garis pantai yang panjang yang tentunya potensi yang ada akan lebih besar lagi. Selengkapnya potensi gelombang laut Madura yang dapat didata dapat dilihat pada tabel 4.57 berikut

Tabel 4.49

Potensi Energi Gelombang Laut di Madura

Kabupaten/Kota	Potensi (kW)	Listrik Terbangkit	
		Daya (kW)	Energi perTahun (MWh)
Bangkalan	153.286,47	15.328,64	44.744,30
Sampang	153.286,47	15.328,64	44.744,30
Pamekasan	153.286,47	15.328,64	44.744,30
Sumenep	153.286,47	15.328,64	44.744,30
Madura	613.145,88	61.314,56	178.977,2

4.2.2.6 Potensi Energi Surya

Potensi energi matahari tiap kabupaten dihitung berdasarkan hasil perkalian antara Radiasi Harian Rata-rata pada suatu daerah dengan luas daerah yang berpotensi. Radiasi Harian Rata-rata energi surya di Jawa Timur adalah $4,3 \text{ kWh/m}^2$ sedangkan luas daerah yang berpotensi energi surya diasumsikan sebesar 1% dari total luas tiap kabupaten, sedangkan durasi radiasi matahari ke bumi diasumsikan selama 8 jam perhari.

Untuk Kab. Bangkalan, potensi energi surya yang dimiliki adalah $4,3 \times 1\% \times 1260 \text{ km}^2 = 54,18 \text{ GWh}$ perhari, sehingga didapat daya sebesar $54,18 \text{ GWh} / 8 \text{ jam} = 6,77 \text{ GW}$. Untuk mendapat daya listrik output, daya potensi harus dikalikan efisiensi dari pembangkit. Efisiensi untuk pembangkit tenaga surya diasumsikan 10%. Maka daya listrik yang dihasilkan pembangkit adalah $6,77 \text{ GW} \times 10\% = 677,25 \text{ MW}$. Energi yang dihasilkan pembangkit tenaga surya adalah $677,25 \text{ MW} \times 8 \text{ jam} \times 365 \text{ hari} = 1.977,570 \text{ GWh}$ pertahun.

Tabel 4.50

Potensi Energi Surya di Madura

Kabupaten/Kota	Potensi (kW)	Listrik Terbangkit	
		Daya (kW)	Energi perTahun (MWh)
Bangkalan	6.772.500,00	677.250,00	1.977.570,00
Sampang	6.627.375,00	662.737,50	1.935.193,50
Pamekasan	4.257.000,00	425.700,00	1.243.044,00
Sumenep	11.249.875,00	1.124.988,00	3.284.963,50
Madura	28.906.750,00	2.890.675,00	8.440.771,00

Maka dapat disusun rangkuman potensi energi terbarukan yang dimiliki tiap Kabupaten di Madura seperti yang tertera pada tabel 4.59 berikut.

Tabel 4.51

Potensi Energi Terbarukan di Madura

Potensi	Potensi (kW)	Listrik Terbangkit	
		Daya (kW)	Energi per Tahun (MWh)
Angin	756.958,15	151.391,62	718.712,72
Biogas	197.347,35	59.204,2	518.628,83
Biomassa	7.211,95	2.163,6	18.953,02
Ombak	613.145,88	61.314,56	178.977,2
Surya	28.906.750,00	2.890.675,00	8.440.771,00
Total	30.481.413,33	3.164.749	9.876.043

4.3 Analisa Harga Energi

Dalam menghitung harga energi per kWh pada energi terbarukan digunakan metode biaya tahunan karena lebih sederhana dan dapat memberikan petunjuk yang jelas jika dibandingkan dengan pembangkit listrik lainnya. Untuk itu perlu diketahui parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan ini, yaitu :

1. Biaya pembangkitan per kW
2. Biaya pengoperasian per kWh
3. Biaya perawatan per kWh
4. Suku bunga
5. Depresiasi
6. Umur operasi
7. Daya yang dibangkitkan

Dengan parameter di atas maka harga energi tiap pembangkit dapat dihitung sehingga akan didapatkan harga energi untuk setiap pembangkit tenaga listrik. Harga energi untuk masing-masing pembangkit listrik dengan energi terbarukan di Madura mengacu pada kondisi umum masing-masing pembangkit.

4.3.1 Perhitungan Harga Energi PLT Angin

Parameter yang diambil :

1. Biaya pembangkitan = US\$ 3/W (US\$ 3000/kW)
2. Biaya pengoperasian = 0,018 US\$/kWh
3. Biaya perawatan = 0,01 US\$/kWh
4. Suku bunga = 12%
5. Depresiasi = 4 %
6. Umur operasi = 25 th

7. Daya yang dibangkitkan = 1 MW

Annuity suku bunga :

$$\begin{aligned} &= \frac{0,12 \times (1 + 0,12)^{25}}{(1 + 0,12)^{25} - 1} \\ &= 0,13 \end{aligned}$$

Annuity depresiasi :

$$\begin{aligned} &= \frac{0,04}{(1 + 0,04)^{25} - 1} \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

Harga Energi :

$$\begin{aligned} &= \frac{\$3000 \times 1MW \times (0,13 + 0,02)}{1MW \times 2920} + 0,018 + 0,01 \\ &= \text{US\$ } 0,18366 / \text{kWh} \end{aligned}$$

4.3.2 Perhitungan Harga Energi PLT Biomassa

Parameter yang diambil :

1. Biaya pembangkitan = US\$ 900-1400/kW
2. Biaya pengoperasian = 0,008 US\$/kWh
3. Biaya perawatan = 0,01 US\$/kWh
4. Suku bunga = 12 %
5. Depresiasi = 4 %
6. Umur operasi = 25 th
7. Daya yang dibangkitkan = 1 MW

Annuity suku bunga :

$$\begin{aligned} &= \frac{0,12 \times (1 + 0,12)^{25}}{(1 + 0,12)^{25} - 1} \\ &= 0,13 \end{aligned}$$

Annuity depresiasi :

$$\begin{aligned} &= \frac{0,04}{(1 + 0,04)^{25} - 1} \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

Harga Energi :

1. Untuk harga Pembangkitan US\$ 900

$$= \frac{\$900 \times 1MW \times (0,13 + 0,02)}{1MW \times 8760} + 0,008 + 0,01$$

$$= \$ 0,03357 / \text{kWh}$$
2. Untuk harga Pembangkitan US\$ 1400

$$= \frac{\$1400 \times 1MW \times (0,13 + 0,02)}{1MW \times 8760} + 0,008 + 0,01$$

$$= \$ 0,04221 / \text{kWh}$$

4.3.3 Perhitungan Harga Energi PLT Gelombang Laut

Parameter yang diambil:

1. Biaya pembangkitan = US\$ 2000-7000/kW
2. Biaya pengoperasian = 0,018 US\$/kWh
3. Biaya perawatan = 0,01 US\$/kWh
4. Suku bunga = 12 %
5. Depresiasi = 4 %
6. Umur operasi = 25 th
7. Daya yang dibangkitkan = 1 MW

Annuity suku bunga :

$$= \frac{0,12 \times (1 + 0,12)^{25}}{(1 + 0,12)^{25} - 1}$$

$$= 0,13$$

Annuity depresiasi :

$$= \frac{0,04}{(1 + 0,04)^{25} - 1}$$

$$= 0,02$$

Harga Energi :

1. Untuk harga Pembangkitan US\$ 2000

$$= \frac{\$2000 \times 1MW \times (0,13 + 0,02)}{1MW \times 2920} + 0,018 + 0,01$$

$$= \$ 0,13178 / \text{kWh}$$
2. Untuk harga Pembangkitan US\$ 7000

$$= \frac{\$7000 \times 1MW \times (0,13 + 0,02)}{1MW \times 2920} + 0,018 + 0,01$$

$$= \$ 0,39121 / \text{kWh}$$

4.3.4 Perhitungan Harga Energi PLT Panas Bumi

Parameter yang diambil :

1. Biaya pembangkitan = US\$ 1500/kW
2. Biaya eksplorasi = US\$ 500-1000/kW
3. Biaya pengoperasian = 0,008 US\$/kWh
4. Biaya perawatan = 0,01 US\$/kWh
5. Suku bunga = 12 %
6. Depresiasi = 4 %
7. Umur operasi = 25 th
8. Daya yang dibangkitkan = 20 MW

Annuity suku bunga :

$$= \frac{0,12 \times (1 + 0,12)^{25}}{(1 + 0,12)^{25} - 1}$$
$$= 0,13$$

Annuity depresiasi :

$$= \frac{0,04}{(1 + 0,04)^{25} - 1}$$
$$= 0,02$$

Harga Energi :

1. Untuk harga Pembangkitan US\$ 1500+ biaya eksplorasi US\$500

$$= \frac{\$2000 \times 20MW \times (0,13 + 0,02)}{20MW \times 87600} + 0,008 + 0,01$$
$$= \$ 0,05259 / kWh$$

2. Untuk harga Pembangkitan US\$ 1500+ biaya eksplorasi US\$1000

$$= \frac{\$2500 \times 20MW \times (0,13 + 0,02)}{20MW \times 9760} + 0,018 + 0,01$$
$$= \$ 0,06124 / kWh$$

4.3.5 Perhitungan Harga Energi PLT Surya

Parameter yang diambil:

1. Biaya pembangkitan = US\$ 3000-10929/kW
2. Biaya pengoperasian = 0,018 US\$/kWh
3. Biaya perawatan = 0,01 US\$/kWh
4. Suku bunga = 12 %
5. Depresiasi = 4 %
6. Umur operasi = 25 th
7. Daya yang dibangkitkan = 1 MW

Annuity suku bunga :

$$\begin{aligned} &= \frac{0,12 \times (1 + 0,12)^{25}}{(1 + 0,12)^{25} - 1} \\ &= 0,13 \end{aligned}$$

Annuity depresiasi :

$$\begin{aligned} &= \frac{0,04}{(1 + 0,04)^{25} - 1} \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

Harga Energi :

1. Untuk harga Pembangkitan US\$ 3000

$$\begin{aligned} &= \frac{\$3000 \times 1MW \times (0,13 + 0,02)}{1MW \times 2920} + 0,018 + 0,01 \\ &= \$ 0,18366 /kWh \end{aligned}$$

2. Untuk harga Pembangkitan US\$ 10929

$$\begin{aligned} &= \frac{\$10929 \times 1MW \times (0,13 + 0,02)}{1MW \times 2920} + 0,018 + 0,01 \\ &= \$ 0,59508 /kWh \end{aligned}$$

4.3.6 Perhitungan Harga Energi PLT Nuklir

Parameter yang diambil:

1. Biaya pembangkitan = US\$ 2.225/kW
2. Biaya pengoperasian = 0,004 US\$/kWh
3. Biaya perawatan = 0.00463 US\$/kWh
4. Suku bunga = 12 %
5. Depresiasi = 4 %
6. Umur operasi = 25 th
7. Daya yang dibangkitkan = 200 MW

Annuity suku bunga :

$$\begin{aligned} &= \frac{0,12 \times (1 + 0,12)^{25}}{(1 + 0,12)^{25} - 1} \\ &= 0,13 \end{aligned}$$

Annuity depresiasi :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.04}{(1+0,04)^{25} - 1} \\
 &= 0,02
 \end{aligned}$$

Harga Energi :

1. Untuk harga Pembangkitan US\$ 3000

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\$2225 \times 200MW \times (0,13 + 0,02)}{200MW \times 8760} + 0,004 + 0,00463 \\
 &= \$ 0.047111/kWh
 \end{aligned}$$

4.4 Analisa Keputusan Pemanfaatan Energi Terbarukan untuk Kelistrikan di Propinsi Jawa Timur

Analisa keputusan dipandang sebagai gabungan dua disiplin ilmu yang telah ada lebih dahulu, yaitu Teori Keputusan dan Metodologi Pemodelan Sistem. Teori Keputusan adalah teori yang mempelajari bagaimana sikap pikir yang rasional dalam situasi yang amat sederhana tetapi yang mengandung ketidakpastian, sedangkan Metodologi Pemodelan Sistem mempelajari bagaimana memperlakukan aspek yang dinamis dan kompleks dari suatu lingkungan.

Jadi analisa keputusan merupakan gabungan dari keduanya, mengkombinasikan kemampuan untuk menangani sistem yang kompleks dan dinamis serta kemampuan untuk menangani ketidakpastian dalam satu disiplin ilmu. Karenanya, analisa keputusan pada dasarnya adalah suatu prosedur logis dan kuantitatif, yang tidak hanya menerangkan mengenai proses pengambilan keputusan tetapi juga merupakan suatu cara untuk membuat keputusan. Dengan kata lain cara untuk membuat model suatu keputusan yang memungkinkan dilakukan pemeriksaan dan pengujian.

4.4.1 Langkah-langkah dalam Analisa Keputusan

Di dalam prosedur analisa keputusan akan terdapat 3 tahapan utama, yaitu:

1. Tahap Deterministik

Dalam tahap ini variabel-variabel yang mempengaruhi keputusan perlu didefinisikan dan saling dihubungkan, perlu dilakukan penetapan nilai dan selanjutnya tingkat kepentingan variabel diukur, tanpa terlebih dahulu memperhatikan ketidakpastiannya.

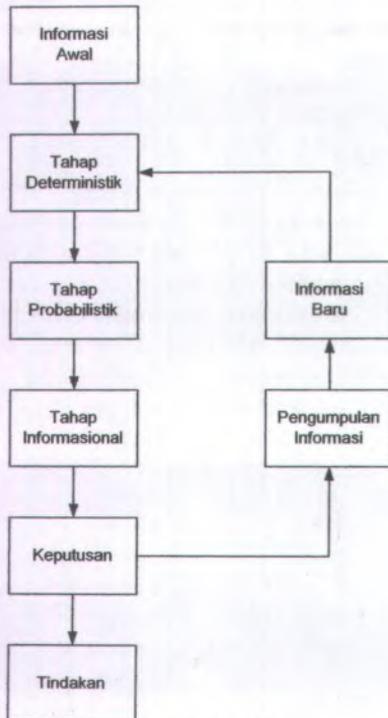
2. Tahap Probalistik

Tahap ini merupakan tahap penetapan besarnya ketidakpastian yang melingkupi variabel-variabel yang penting dan menyatakannya dalam bentuk suatu nilai. Dalam tahapan ini juga dilakukan penetapan prefensi atas resiko.

3. Tahap Informasional

Intinya adalah meninjau hasil dari dua tahap terdahulu guna menentukan nilai ekonomisnya bila kita ingin mengurangi ketidakpastian suatu variabel yang dirasakan penting. Dengan demikian dari tahapan ini kita dapat menentukan apakah masih diperlukan pengumpulan informasi tambahan untuk dapat mengurangi kadar ketidakpastian. Bila ternyata kita mendapatkan nilai informasi lebih kecil dibandingkan ongkos yang dikeluarkan, maka kita tidak perlu mencari informasi tambahan, sehingga hasil dari proses pertamalah yang akan kita jalankan. Dalam hal ini sebaiknya informasi baru yang diperoleh mungkin saja akan mengubah model dan nilai kemungkinan untuk variabel-variabel yang penting.





Gambar 4.7
Siklus Analisa Keputusan

Langkah-langkah dalam menentukan suatu keputusan diperlihatkan dalam diagram. Dimulai dengan adanya informasi yang merupakan informasi awal, ditindak lanjuti dalam tahap deterministik, kemudian tahap probabilistik dan tahap informasional sampai dibuatnya sebuah keputusan. Keputusan ini ditinjau ulang dengan pengumpulan informasi baru, dan jika keputusan itu dinilai mempunyai kriteria maka hasil dari keputusan tersebut dapat ditindak lanjuti dengan mengambil suatu tindakan dalam melaksanakan keputusan yang telah didapatkan.

4.4.2 Analisa Keputusan dalam Pembangunan Pembangkit Tenaga Listrik

Analisa ini ditinjau dari segi teknis, dari segi ekonomis, dan dari segi lingkungan, di mana di dalamnya terdapat uraian khusus faktor-faktor yang dipengaruhi.

Uraian-uraian dari analisa ini adalah sebagai berikut :

1. Teknis

1.a. Cadangan bahan Baku

Sebagai asumsi, potensi sumber daya energi dikategorikan terbukti dan potensial, selain itu penilaian dengan angka +10 (banyak sekali), +5 (banyak), -5 (sedikit), -10 (sedikit sekali).

1.b. Penguasaan Teknologi

Perkiraan di dalam penguasaan teknologi oleh bangsa Indonesia dikategorikan yaitu sangat dikuasai dinilai dengan angka (+10), dikuasai dengan angka (+5), kurang dikuasai dinilai dengan angka (-5), dan masih dalam penyelidikan dinilai dengan angka (-10).

2. Ekonomis

Penilaian dibagi 4 (empat) bagian, yaitu mahal sekali dinilai dengan angka (-10), mahal dengan angka (-5), murah dinilai dengan angka (+5) dan murah sekali dinilai dengan angka (-10).

3. Lingkungan

3.a Penanganan Limbah

Penilaian dalam penanganan limbah dibagi menjadi 4 kategori yaitu mudah sekali dinilai dengan angka (+10), mudah dinilai dengan angka (+5), sulit dinilai dengan angka (-5), dan sulit sekali dinilai dengan angka (-10).

3.b Penanggulangan bila terjadi pencemaran

Penilaian sama dengan ad C.1. yang dibagi menjadi 4 yaitu mudah sekali dinilai dengan angka (+10), mudah dinilai dengan angka (+5), sulit dinilai dengan angka (-5), dan sulit sekali dinilai dengan angka (-10).

3.c Akibat Pencemaran terhadap makhluk hidup

Penilaian ini dibagi dalam 4 kategori yaitu sangat membahayakan dinilai dengan angka (-10), membahayakan dinilai dengan angka (-5), kurang membahayakan dinilai dengan angka (+5), dan tidak membahayakan dinilai dengan angka (+10).

4.4.3 Prioritas Pembangkit Listrik Yang Sesuai Untuk Kelistrikan Madura Berdasarkan Analisa Keputusan

Dalam pembangunan pembangkit tenaga listrik, diprioritaskan hanya pada pembangunan pembangkit dengan energi dasar energi baru dan terbarukan yang ada Madura yaitu mikrohidro, panas bumi, angin, surya, gelombang dan biomassa.

Dalam penentuan keputusan akan dibuat prioritas pengembangan pertama dan pengembangan selanjutnya. Pembangunan pembangkit dari

sumber energi baru dan terbarukan di Jawa Timur pada jangka pendek untuk pemenuhan kebutuhan lokal dan pada tujuan jangka panjang untuk memenuhi kebutuhan seluruh Jawa Timur.

Prioritas pembangunan perlu dipikirkan karena sangat tidak ekonomis untuk membangun semua potensi sumber energi terbarukan menjadi pembangkit listrik. Lokasi pembangunan pembangkit juga merupakan salah satu faktor yang perlu diperhitungkan di dalam mengatasi masalah desa-desa yang belum atau tidak terjangkau listrik dari PLN.

Tabel 4.52
Analisa Keputusan Pemanfaatan Energi Terbarukan di Madura
Ditinjau dari Segi Teknis dan Ekonomis

Jenis Pembangkit	Teknis		Ekonomis	Lingkungan			Total	Prioritas
	A	B		A	B	C		
PLTAngin	+5	-5	-10	+10	+10	+10	+20	VI
PLTPanasbumi	+10	+5	-5	+5	+10	+10	+35	I
Photovoltaic	+10	+5	-10	+10	+10	+10	+35	II
PLTBiogas	+10	-5	+5	+5	+5	+5	+25	III
PLTBiomassa	+10	-5	+5	+5	+5	+5	+25	IV
PLTO	+5	-5	-5	+10	+10	+10	+25	V
PLTN	+5	+5	-10	+10	+5	-10	+5	VII

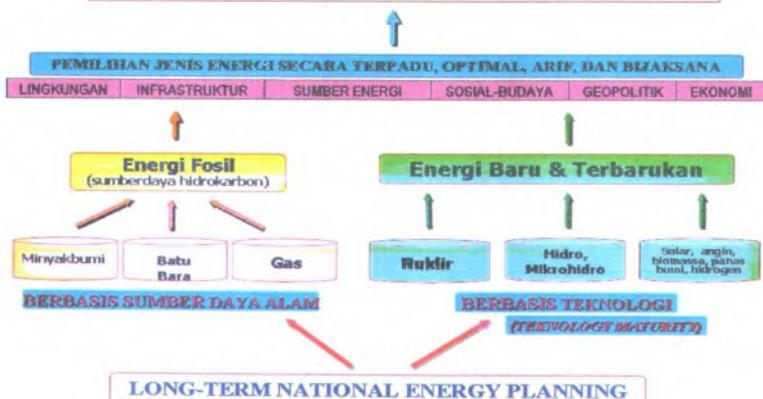
Dari tabel di atas, berturut-turut prioritas pembangunan pembangkit tenaga listrik adalah PLTM, PLTPanasbumi, PLTS-photovoltaic, PLTBiogas, PLTBiomassa, PLTO, PLTAngin dan PLTN.

4.5 Kebijakan Pemerintah Daerah Yang Diperlukan

4.5.1 Kebijakan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Daerah

Strategi pembangunan ketenagalistrikan secara nasional adalah mengacu kepada konsep Energy Mix yang bertujuan untuk mendukung Pembangunan yang berkelanjutan, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.14

Energy Mix – Pembangunan Berkelanjutan



Gambar 4.8

Strategi Kebijakan Energi Nasional dengan Energy Mix untuk mendukung Pembangunan Nasional yang berkelanjutan

Strategi pembangunan ketenagalistrikan di suatu daerah diarahkan untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan. Untuk mencapai sasaran dan tujuan maka kebijakan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Daerah adalah:

- 1) Mengutamakan pembangkitan dengan sumber energi primer setempat dan pemanfaatan energi terbarukan yang ramah lingkungan;
- 2) Apabila cadangan energi primer di Jawa Timur tidak mencukupi maka diperlukan energi primer dari luar Jawa Timur yang ramah lingkungan;
- 3) Pasokan energi listrik dari sistem Jawa-Madura-Bali tetap dipertahankan bahkan mungkin ditingkatkan ;
- 4) Penyebaran lokasi pembangkitan diusahakan merata dan seimbang dengan memperhatikan faktor teknis ketenagalistrikan, ekonomis dan kebutuhan pasokan energi;
- 5) Pengamanan pasokan energi primer untuk pembangkitan tenaga listrik;
- 6) Mengurangi penggunaan bahan bakar minyak untuk pembangkitan;
- 7) Membangun suasana kondusif bagi pengusaha ketenagalistrikan daerah;
- 8) Mendorong peran aktif Pengusaha Daerah dalam pengusaha ketenagalistrikan Daerah;

- 9) Memberikan peluang lapangan kerja seluas-luasnya bagi putra daerah;
- 10) Perluasan Jaringan Distribusi keseluruhan wilayah Propinsi Jawa Timur;
- 11) Pembangunan pembangkitan dan transmisi serta distribusi memperhatikan Rencana Tata Ruang Wilayah dan kelestarian lingkungan;
- 12) Memberikan kemudahan bagi pengusaha yang berbisnis di daerah terisolir untuk mendorong masuknya investor pengembangan usaha ketenagalistrikan.

4.5.2 Kebijakan Usaha Penunjang Tenaga Listrik

Berkaitan dengan Usaha Penunjang Tenaga Listrik, agar pembangunan ketenagalistrikan di Madura mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan, maka kebijakan Pemerintah Daerah adalah :

- 1) Mendorong industri penunjang ketenagalistrikan;
- 2) Peningkatan kualitas Sumber Daya Manusia bidang ketenagalistrikan melalui sertifikasi kompetensi;
- 3) Mendorong industri penunjang ketenagalistrikan memproduksi peralatan listrik hemat energi;
- 4) Memberikan peluang seluas-luasnya kepada pengusaha tenaga listrik daerah untuk berpartisipasi dalam usaha penunjang ketenagalistrikan;
- 5) Mendorong lembaga perguruan tinggi daerah, lembaga penelitian daerah untuk berpartisipasi dalam penelitian, perencanaan dan pengembangan ketenagalistrikan.

4.5.3 Kebijakan Konservasi Energi

Yang dimaksud dengan Konservasi Energi adalah penggunaan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan. Upaya konservasi energi diterapkan pada seluruh tahap pemanfaatan, mulai dari pemanfaatan sumber daya energi sampai pada pemanfaatan akhir, dengan menggunakan teknologi yang efisien dan membudayakan pola hidup hemat energi.

Untuk menuju penggunaan energi secara efisien, program-program yang perlu dilakukan adalah:

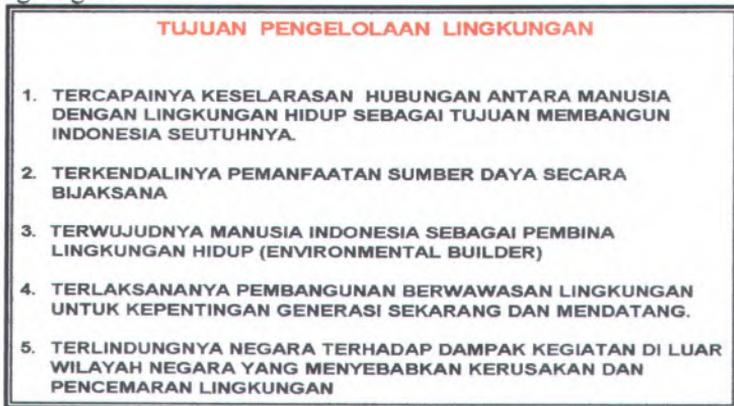
1. Manajemen sisi penyediaan (Supply Side Management);
2. Manajemen sisi permintaan (Demand Side Management).

Program Manajemen sisi penyediaan dilakukan melalui optimasi penggunaan pembangkit tenaga listrik dan pemanfaatan captive power.

Apabila diperlukan captive power siap di sambungkan ke jaringan sistem Jawa Timur, dengan tidak mengakibatkan memburuknya faktor kapasitas pembangkit keseluruhan dan tidak menaikkan biaya pokok penyediaan. Sedangkan program sisi permintaan dilakukan melalui pengendalian permintaan tenaga listrik dengan cara mengendalikan beban puncak, dan mendorong masyarakat untuk berperilaku hemat energi.

4.5.4 Kebijakan Lindungan Lingkungan

Pembangunan di bidang ketenagalistrikan dilaksanakan untuk melakukan pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Berkaitan dengan produksi dan pemakaian tenaga listrik maka kerusakan dan degradasi ekosistem harus dikurangi dengan membatasi dampak negatif lokal, regional maupun global, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9 mengenai Tujuan Pengelolaan Lingkungan.



Gambar 4.9

Tujuan Pengelolaan Lingkungan

Untuk itu maka semua kegiatan ketenagalistrikan yang berpotensi menimbulkan dampak negatif wajib melakukan Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL), sedangkan yang tidak mempunyai dampak penting wajib membuat Upaya Pengelolaan Lingkungan (UKL) dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UPL). Disamping itu pembangunan ketenagalistrikan harus memperhatikan aspek sosial budaya setempat dan estetika.

4.6 Pengembangan Kelistrikan di Wilayah APJ Pamekasan Di Masa Datang Sesuai Dengan RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah)

Pengembangan kawasan di bagian timur Jawa Timur meliputi tiga Satuan Wilayah Pengembangan (SWP) yang berdekatan. Ketiga SWP tersebut adalah Surabaya dan sekitarnya, Gresik dan sekitarnya, serta Madura.

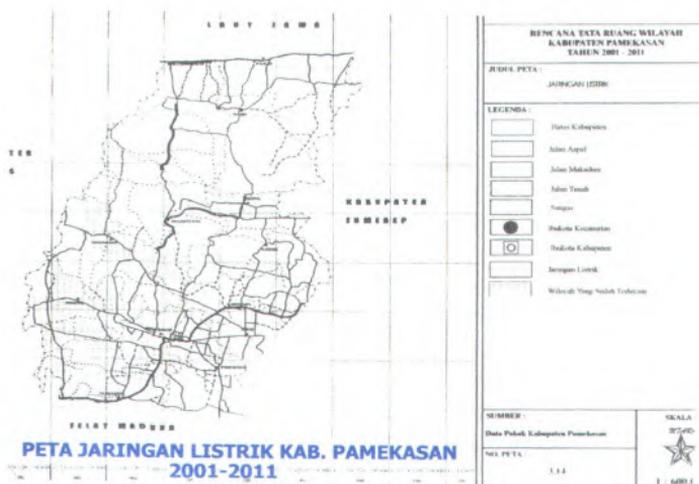
Daerah yang termasuk dalam Satuan Wilayah Pembangunan (SWP) Madura adalah Kabupaten Bangkalan, Sampang, Pamekasan dan Sumenep. Kawasan ini berfungsi sebagai pusat pelayanan tersier jasa, pemerintahan, pendidikan, pertanian, perdagangan dan pariwisata.

Tiap Kota per Kabupaten di Madura menjadi pusat pertumbuhan bagi wilayah di sekitarnya. Perkembangan tiap Kota di Madura yang melampaui batas administrasinya cenderung berlangsung linier yaitu dari Barat ke timur. Kecenderungan ini bisa dilihat di sepanjang wilayah selatan Bangkalan, sampang, pamekasan dan sumenep sebagai akibat kemudahan akses jalur transportasi utama yang melewati kawasan tersebut. Perkembangan ini juga berimbas ke arah Utara Wilayah madura

Dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan gambar 4.17 secara berurutan Kab. Sampang dan Kab. Pamekasan mempunyai jalan transportasi utama di wilayah selatan dan perkembangan daerahnya pun berada di daerah selatan. Untuk wilayah utara kedua Kabupaten tersebut perkembangan daerahnya kurang signifikan, salah satu faktornya adalah daerahnya yang kering dan jalan akses ke daerah itu kurang.



Gambar 4.10²
Peta Jaringan Listrik Kab. Pamekasan



Gambar 4.11³
Peta Jaringan Listrik Kab. Pamekasan

Secara umum, pemanfaatan ruang di Madura akan di bagi menjadi empat klasifikasi, yaitu perkotaan, industri, militer dan perdagangan serta jasa. Kawasan perkotaan akan terpusat di wilayah perkotaan utama tiap Kabupaten itu sendiri. Dengan adanya pembangunan jembatan Suramadyang diperkirakan selesai tahun 2009 maka diperkirakan Kawasan industri akan berkembang di wilayah Kab. Bangkalan dan Sampang, sementara kawasan perdagangan, jasa dan pariwisata akan berada di Kab. Pamekasan dan Kab. Sumenep. Adapun untuk kawasan militer akan berada di tiap Kota per Kabupaten.

Dengan adanya Rencana Tata Ruang Wilayah tiap Kabupaten di Madura, yang di dalamnya terdapat arah pengembangan Madura ke masa depan, maka akan dapat membantu PT. PLN (Persero) dalam membangun sistem Kelistrikan di tiap Kabupaten sesuai dengan kondisi masing-masing daerah. Dalam membangun suatu sistem Kelistrikan PT.PLN perlu suatu data yang jelas, bahwa daerah tersebut merupakan kawasan yang diperuntukkan apa, kawasan industri, perdagangan dan jasa atau sebagai kawasan perumahan. Karena masing-masing kawasan

² RTRW Kab. Sampang 2003-2013, Bappeda Sampang, Sampang, 2003.

³ RTRW Kab. Pamekasan 2001-2011, Bappeda Pamekasan, Pamekasan, 2001.

mempunyai sistem kelistrikan yang berbeda, salah satunya adalah kapasitas beban. Beban untuk kawasan industri, perdagangan dan jasa tentu berbeda dengan kawasan pemukiman, sehingga PLN perlu mengatur sistem distribusinya.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Peramalan beban dengan menggunakan Regresi Darab dan Metode DKL 3 menyimpulkan permintaan kebutuhan listrik di tiap Kabupaten di wilayah Madura pada tahun 2020 adalah :
 - a. Kab. Bangkalan sebesar 355,49 GWh dengan beban puncak sebesar 166,691 MW.
 - b. Kab. Sampang sebesar 266,03 GWh dengan beban puncak sebesar 134,87 MW
 - c. Kab. Pamekasan sebesar 535,55 GWh dengan beban puncak sebesar 253,60 MW
 - d. Kab. Sumenep sebesar 1794,03 GWh dengan beban puncak sebesar 2658,11 MW
2. Potensi 6 jenis energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik di Madura adalah sebagai berikut : Energi panas bumi untuk saat ini hanya ada di Kab. Sumenep di desa Tirtosari sebesar 12,5 MW; energi angin sebesar 756,96 MW; enersi biogas sebesar 197,34 MW; energi biomassa sebesar 7,211 MW; energi gelombang laut sebesar 613,14 MW; sedangkan potensi energi surya sebesar 28,91 GW. Sehingga total energi terbarukan di Madura yang berhasil dihitung adalah sebesar 30,48 GW dengan daya sebesar 3.164,74 MW.
3. Dari analisa harga energi listrik dengan menggunakan 2 macam suku bunga pinjaman, yaitu 6% dan 12% serta nilai asumsi lain yang dibahas pada bab 4 didapat harga energi listrik sebagai berikut : untuk suku bunga 6% harga energi mikrohidro sebesar 0,021 US\$/kWh, energi angin sebesar 0,133 US\$/kWh, panasbumi 0,0413 - 0,0472.US\$/kWh, PLTSurya /photovoltaic sebesar 0,133 - 0,411 US\$/kWh, energi biomassa 0,0285 - 0,434 US\$/kWh, Energi ombak seharga 0,098 - 0,273 US\$/kWh dan Energi Nuklir seharga 0,03460 US\$/kWh. Untuk suku bunga 12% harga energi mikrohidro sebesar 0,0275 US\$/kWh, energi angin sebesar 0,183 US\$/kWh, panasbumi 0,0526 - 0,0614 US\$/kWh, PLTSurya /photovoltaic sebesar 0,184 - 0,595 US\$/kWh, energi biomassa 0,0336 - 0,0422 US\$/kWh, Energi ombak seharga 0,132 - 0,391 US\$/kWh dan Energi Nuklir seharga 0,04711 US\$/kWh .

5.2 Saran

1. Perlunya penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan energi terbarukan untuk pembangkit listrik sehingga didapatkan efisiensi yang lebih baik dan harga energi yang lebih kompetitif.
2. Mengajak pihak swasta untuk melakukan kerjasama dalam pembuatan pembangkit tenaga listrik dengan harga jual yang sesuai nilai ekonomi dengan tidak melupakan kepentingan masyarakat dan kemampuan membayar masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mahmudsyah, Syariffuddin, Ir. M.Eng., 1996, *Diktat Kuliah : Manajemen Sistem Energi*, Teknik Elektro – FTI ITS, Surabaya.
2. Abdul Kadir, Prof. Ir., 1995, *Energi*, UI Press, Jakarta.
3. Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Propinsi Jawa Timur, 2002, *Perencanaan Pengembangan Pertambangan Rakyat dan Energi Alternatif*.
4. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 11 Maret 2003, *Pedoman dan Pola Tetap Pengembangan Industri Ketenagalistrikan Nasional 2003 - 2020*
5. PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, 2002, *Data dan Statistik Tahun 2007*
6. Dirjen Listrik dan Pengembangan Energi, *Ripebat*, Jakarta, 1999.
7. Biro Pusat Statistik, Madura dalam Angka 1999-2007, Surabaya, 2008.
8. Pusat Informasi Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, *Perencanaan dan Kebijakan Energi Mix Nasional Jangka Panjang*, Jakarta, Januari 2002.
9. Syariffuddin M, Ir.M.Eng, *Tata Tulis Karya Ilmiah*.
10. Untung Andriyanto, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Jakarta , 1988.
11. Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Gramedia, Jakarta, 1992.
12. RUKD Madura 2004
13. RUKD Jatim 2005