

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM)

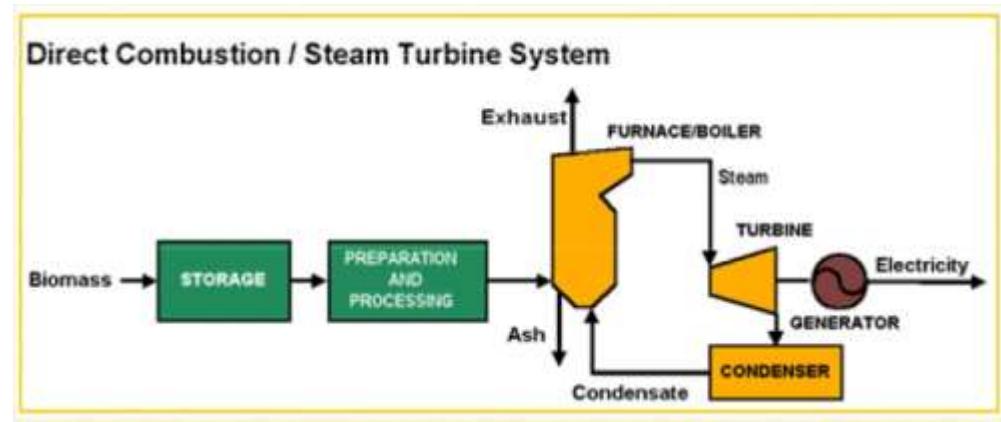
Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Pada umumnya merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Sumber energi biomassa mempunyai kelebihan yaitu merupakan sumber energi yang dapat diperbarui sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan.

Pembangkit listrik tenaga biomassa memiliki dua cara menjadikan biomassa sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik. Cara yang pertama adalah dengan membakar langsung biomassa padat sehingga boiler menghasilkan uap.

Cara yang kedua adalah dengan melakukan fermentasi atau bisa juga disebut *anaerobic digestion* yang nantinya akan menghasilkan biogas dengan kandungan metana dan karbon dioksida serta gas-gas lainnya yang dapat dijadikan bahan bakar.

Pemanfaatan ini bukan hanya dapat membantu masalah kelistrikan namun secara langsung juga dapat menyelamatkan lingkungan dari kerusakan yang diakibatkan oleh limbah yang tidak diberdayakan, khususnya sampah organik.

Perencanaan PLTBM sangat dipengaruhi oleh wilayah yang bersangkutan terutama kesinambungan bahan baku.



Gambar 2.1 Prinsip Dasar PLTBm

2.1.1 Potensi

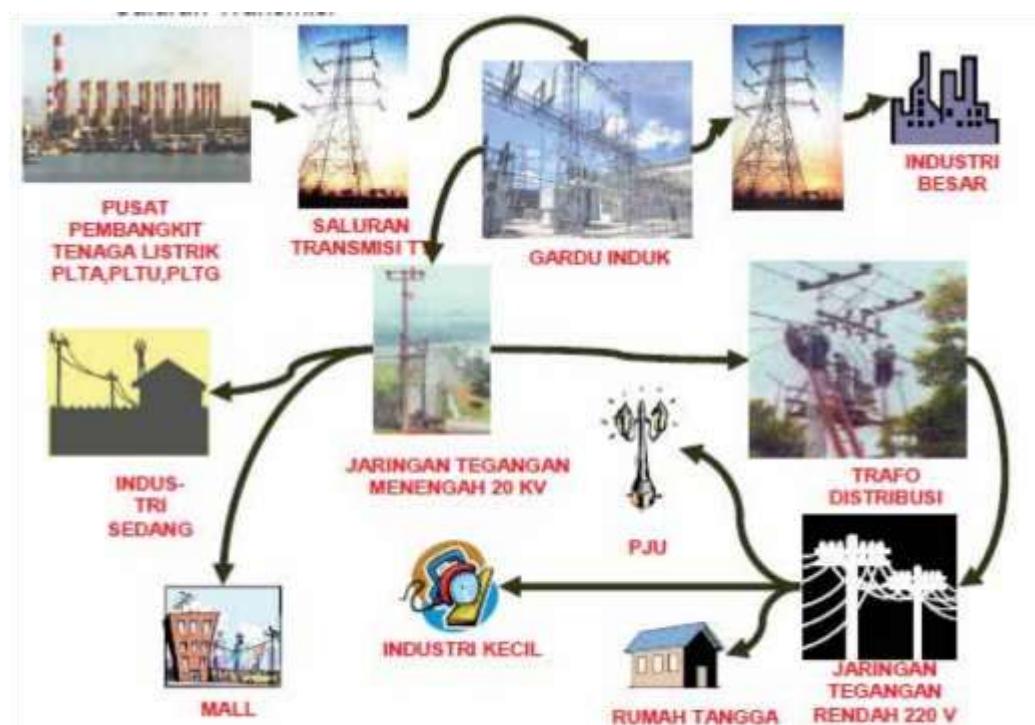
Energi biomassa merupakan sumber energi alternatif yang perlu mendapat prioritas dalam pengembangannya dibandingkan dengan sumber energi yang lain. Di sisi lain, Indonesia sebagai negara agraris banyak menghasilkan limbah pertanian yang kurang termanfaatkan. Limbah pertanian yang merupakan biomassa tersebut merupakan sumber energi alternatif yang melimpah, dengan kandungan energi yang relatif besar. Limbah pertanian tersebut apabila diolah bersama-sama dengan batu bara dan zat pengikat polutan akan menjadi suatu bahan bakar padat buatan yang lebih luas penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif yang disebut bio briket.

Di samping itu sumber energi biomassa mempunyai keuntungan pemanfaatan antara lain:

1. Sumber energi ini dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang renewable resources.
2. Sumber energi ini relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara sebagaimana yang terjadi pada bahan bakar fosil.
3. Pemanfaatan energi biomassa juga meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah pertanian.

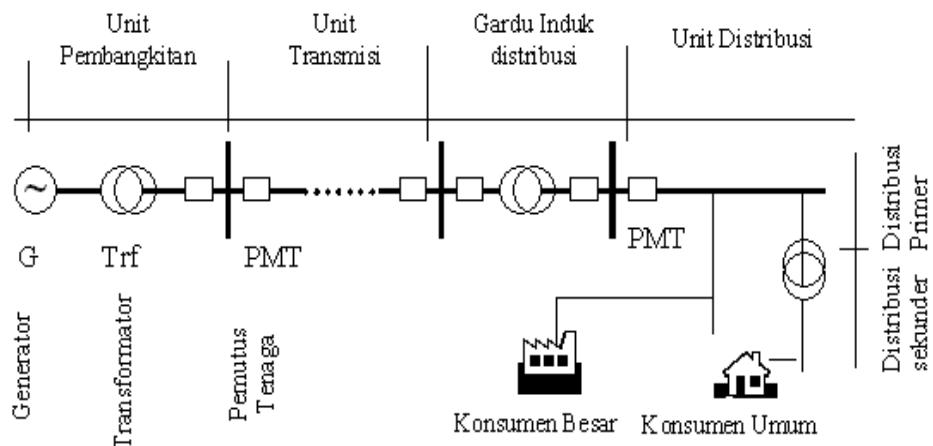
2.2 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik dikatakan sebagai kumpulan/gabungan yang terdiri dari komponen-komponen atau ala-alat listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang saling berhubungan dan merupakan satu keduduan sehingga membentuk suatu sistem.



Gambar 2.2 Sistem Tenaga Listrik

Didalam dunia kelistrikan sering timbul persoalan persoalan teknis, dimana tenaga listrik pada umumnya dibangkitkan pada tempat tempat tertentu yang jauh dari kumpulan pelanggan, sedangkan pemakai pelanggan tenaga listrik tersebar di segala penjuru tempat, dengan demikian maka penyampaian tenaga listrik dari tempat dibangkitkannya yang disebut pusat tenaga listrik sampai ke tempat pelanggan memerlukan berbagai penanganan teknis. Dengan menggunakan Blok diagram sistem tenaga listrik dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.3 Blok Diagram Sistem Tenaga Listrik

2.2.1 Sistem Pembangkit Tenaga listrik

Sistem Pembangkit Tenaga Listrik adalah sistem atau peralatan yang berfungsi mengubah sumber tenaga primer menjadi tenaga listrik. Pembangkit tenaga listrik banyak dilakukan dengan cara memutar generator sinkron sehingga didapatkan tenaga listrik bolak – balik. Tenaga mekanik yang dipakai memutar generator listrik didapat dari mesin penggerak generator listrik atau biasa disebut penggerak mula. Mesin penggerak generator listrik yang banyak digunakan adalah mesin diesel, turbin uap, turbin air, dan turbin gas. Mesin penggerak generator melakukan konversi tenaga primer menjadi tenaga mekanik penggerak motor. Mesin penggerak generator melakukan konversi tenaga primer menjadi tenaga mekanik penggerak motor.

Pembangkit tenaga listrik terdiri dari beberapa pusat listrik yaitu:

- a. Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA)
- b. Pusat Listrik Tenaga Diesel (PLTD)
- c. Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU)
- d. Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG)
- e. Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)
- f. Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)
- g. Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

2.2.2 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

Sistem Penyaluran Tenaga Listrik terdiri dari dua jenis tipe penyaluran, yaitu

:

- 1. Saluran Transmisi tenaga listrik adalah sistem penyaluran dengan tegangan operasi yaitu Tegangan Tinggi (TT) atau Tegangan Ekstra Tinggi (TET).
- 2. Saluran distribusi Tenaga Listrik adalah sistem penyaluran dengan tegangan operasi yaitu Tegangan Menengah (TM), atau Tegangan Rendah (TR).

2.2.2.1 Saluran Transmisi

Pusat listrik terutama yang menggunakan tenaga air (PLTA) umumnya terletak jauh dari tempat dimana tenaga listrik itu digunakan atau pusat beban. Oleh karena itu yang harus disalurkan melalui kawat – kawat atau disebut saluran transmisi. Tenaga Listrik akan disalurkan melalui saluran transmisi setelah teganganya dinaikan oleh trafo step up.

Saluran Transmisi adalah sistem penyaluran untuk mentransmisikan tenaga listrik dari pembangkit hingga saluran distribusi listrik sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik.

a. Sistem Tegangan

Sistem tegangan yang dipakai pada saluran transmisi :

1. Sistem Tegangan 70 Kv, sistem tegangan ini dipakai pada jaringan transmisi dengan jarak pendek sampai dengan menengah.
2. Sistem Tegangan 150 Kv, sistem tegangan ini dipakai pada jaringan transmisi dengan jarak menengah.
3. Sistem Tegangan 500 Kv, sistem tegangan ini dipakai untuk menghubungkan pusat pembangkit tenaga listrik yang berkapasitas besar dan khususnya untuk interkoneksi tenaga listrik.

b. Jenis – Jenis Saluran Transmisi

Berdasarkan kapasitas tegangan dan sistem transmisi, saluran transmisi terbagi atas :

1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 30 kV – 150 kV

Pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) saluran transmisi ini memiliki tegangan 30 kV sampai dengan 150 kV. Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dapat dilihat pada 2.2.



Gambar 2.4 Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

2. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 200 kV – 500kV

Pada umumnya saluran transmisi di Indonesia digunakan pada pembangkit dengan kapasitas 500 kV. Dimana tujuannya adalah agar drop tegangan dari penampang kawat dapat direduksi secara maksimal, sehingga diperoleh operasional yang efektif dan efisien. Akan tetapi terdapat permasalahan mendasar dalam pembangunan sutet ialah kontruksi tiang (tower) yang besar dan tinggi, memerlukan tanah yang luas, memerlukan isolator yang banyak, sehingga memerlukan biaya besar. Masalah lain yang timbul dalam pembangunan SUTET adalah masalah sosial, yang akhirnya berdampak pada masalah pembiayaan.



Gambar 2.5 Saluran Udara Ekstra Tinggi (SUTET)

2.2.2.2 Saluran Distribusi

a. Sistem Distribusi Primer (Tegangan Menengah 20 kV)

Sistem distribusi primer berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dengan tegangan operasi tegangan menengah, dan dibatasi dari TM di GI sampai dengan rel TM di gardu distribusi. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban.

b. Distribusi sekunder disebut juga jaringan (Tegangan Rendah 380 / 220 V)

Distribusi sekunder disebut juga jaringan distribusi tegangan rendah (JTR). Sistem distribusi sekunder berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dengan tegangan operasi tegangan rendah. Distribusi sekunder juga berfungsi untuk menyalurkan listrik dari gardu distribusi ke konsumen tegangan rendah.

c. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

SUTM merupakan jaringan kawat tidak berisolasi dan berisolasi. Bagian utamanya adalah tiang (beton, besi), Cross arm dan konduktor. Konduktor yang digunakan adalah aluminium (AAAC), berukuran 240 mm², 150 mm², 70 mm² dan 35 mm².

d. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Kabel yang digunakan adalah berisolasi XLPE. Kabel ini ditanam langsung di tanah pada kedalaman tertentu dan diberi pelindung terhadap pengaruh mekanis dari luar. Kabel tanah ini memiliki isolasi sedemikian rupa sehingga mampu menahan tegangan tembus yang ditimbulkan. Dibandingkan dengan kawat pada SUTM maka kabel tanah banyak memiliki keuntungan diantaranya :

1. Tidak mudah mengalami gangguan baik oleh cuaca dan binatang.
2. Tidak merusak estetika (keindahan) kota.
3. Pemeliharaannya hampir tidak ada.

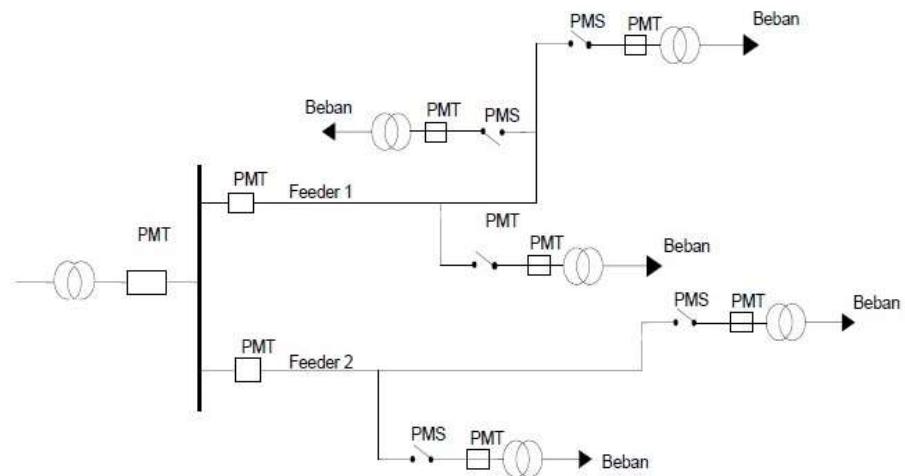
2.2.3 Konfigurasi Jaringan

Pada distribusi tegangan menengah terdapat 4 jenis tipe jaringan distribusi, yaitu: sistem radial, sistem loop, sistem spindel.

a. Jaringan Distribusi Radial

Gambar 2.6 menunjukkan jaringan distribusi tegangan menengah berupa konfigurasi radial. Konfigurasi radial merupakan interkoneksi antara gardu distribusi, dimana beberapa gardu distribusi yang terhubung seri disuplai oleh sebuah busbar GI (Gardu Induk). Konfigurasi ini terdiri dari beberapa penyulang yang keluar dari GI dan sumber tegangannya hanya satu arah saja. Dalam penyulang tersebut terdapat gardu -gardu distribusi yang dilengkapi oleh trafo penurun tegangan menjadi tegangan rendah. Konfigurasi ini merupakan jenis konfigurasi yang paling sederhana dan

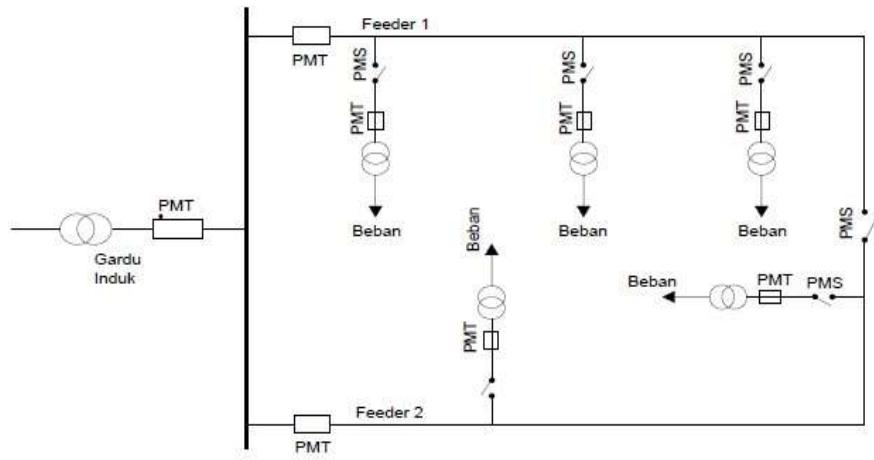
mudah dalam pengoperasiannya. Tetapi konfigurasi ini memiliki kelemahan, sebab suplai pada gardu distribusi hanya diperoleh dari satu arah saja. Sehingga jika suplai dari GI mengalami gangguan, maka seluruh penyulang yang disuplai oleh GI tersebut akan mengalami padam.



Gambar 2.6 Jaringan Distribusi Radial

b. Jaringan Distribusi Konfigurasi Rangkaian Tertutup (Loop)

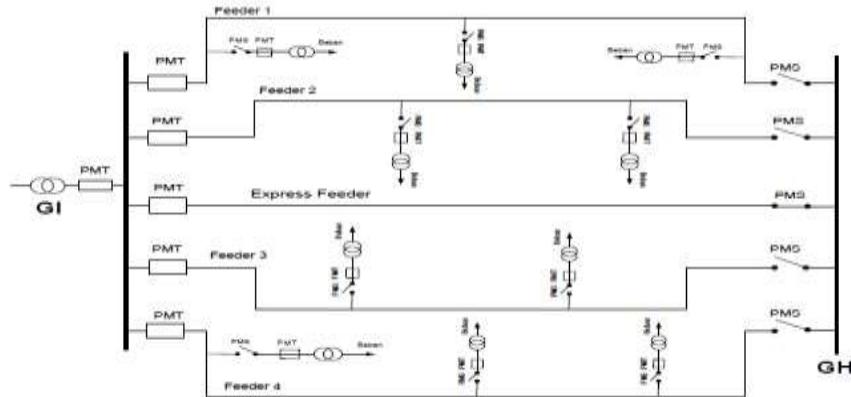
Konfigurasi Lup merupakan interkoneksi antar gardu ditribusi yang membentuk suatu lingkaran tertutup (loop). Pada konfigurasi ini bisa terdapat lebih dari satu busbar GI, dan masing-masing penyulangnya membentuk suatu rangkaian tertutup dengan GI. Keuntungan dari konfigurasi loop ini adalah pasokan daya listrik dari GI lebih terjamin. Sebab jika salah satu GI mengalami gangguan maka penyulang akan tetap mendapatkan pasokan dari GI yang lain yang tidak mengalami gangguan. Dan GI yang mengalami gangguan dapat diperbaiki tanpa takut akan mengganggu suplai daya ke gardu distribusi. Gambar 2.7 adalah konfigurasi tipe loop.



Gambar 2.7 Jaringan Distribusi Konfigurasi loop

c. Jaringan Distribusi Spindel

Konfigurasi spindel merupakan hubungan seri antara gardu distribusi yang kedua ujungnya dihubungkan oleh busbar GI dan GH (Gardu Hubung). Yang menjadi ciri khas dari jaringan ini adalah adanya sebuah penyulang ekspres. Penyulang ekspres ini berfungsi sebagai penyulang cadangan yang akan menyuplai daya ke beban saat salah satu penyulang mengalami gangguan. Pada jaringan spindel ini terdapat beberapa penyulang yang disuplai oleh GI dan berakhir pada suatu gardu hubung. Gambar 2.8 adalah jaringan distribusi konfigurasi spindel.



Gambar 2.8 Jaringan Distribusi Konfigurasi Spindel

2.3 Analisa Beban Sistem

Beban sistem tenaga listrik merupakan pemakaian tenaga listrik dari para pelanggan listrik. Oleh karenanya besar kecilnya beban beserta perubahannya tergantung pada kebutuhan para pelanggan akan tenaga listrik. Tidak ada perhitungan yang eksak mengenai berapa besarnya beban sistem pada suatu saat, yang bisa dilakukan hanyalah membuat perkiraan beban. Bahwa dalam pengoperasian sistem tenaga listrik harus selalu diusahakan agar:

$$\text{Daya yang dibangkitkan} = \text{Beban Sistem}$$

Maka masalah Perkiraan Beban merupakan masalah yang sangat menentukan bagi perusahaan listrik baik segi-segi manajerial maupun bagi segi operasional, oleh karenanya perlu mendapat perhatian khusus. Untuk dapat membuat Perkiraan Beban yang sebaik mungkin perlu beban sistem tenaga listrik yang sudah terjadi di masa lalú dianalisa.

2.3.1 Perkiraan Beban Jangka Panjang

Perkiraan Beban Jangka Panjang adalah untuk jangka waktu di atas satu tahun. Dalam Perkiraan Beban Jangka Panjang masalah-masalah makro ekonomi yang merupakan masalah ekstern perusahaan listrik merupakan faktor utama yang menentukan arah perkiraan Beban. Faktor makro tersebut di atas misalnya pendapatan per kapita Penduduk Indonesia. Tabel 2.1 menggambarkan perkembangan pendapatan bruto per kapita penduduk Indonesia untuk beberapa tahun dan dalam tabel 2.2 ditunjukkan perkembangan penjualan KWH PLN yang sesungguhnya merupakan ukuran pula bagi kenaikan beban.

Nampak dari tabel 2.1 dan tabel 2.2 bahwa kenaikan produksi KWH berjalan seirama dengan kenaikan pendapatan per kapita, hal ini digambarkan pada gambar 2.1 Penulis berpendapat bahwa kenaikan beban serta produksi tenaga listrik untuk jangka panjang di Indonesia masih akan relatif tinggi dibandingkan dengan negara-negara maju misalnya negara-negara Eropa, karena sampai saat tulisan ini dibuat baru kira-kira antara 16 — 20% penduduk Indonesia yang menikmati tenaga listrik. Perkiraan ini didasarkan bahwa pada saat tulisan ini dibuat jumlah langganan PLN baru berjumlah kira-kira 5 juta. Apabila tenaga listrik dari setiap langganan dinikmati oleh rata-rata 5 orang maka baru $5 \times 5 = 25$ juta penduduk Indonesia yang menikmati tenaga listrik dari PLN. Namun ada pula penyediaan tenaga listrik oleh koperasi-koperasi sehingga apabila penduduk Indonesia berjumlah 150 Juta orang barulah kira-kira 16 — 20 % yang menikmati tenaga listrik. Karena Perkiraan Beban jangka panjang banyak menyangkut masalah makro ekonomi yang bersifat ekstern perusahaan listrik, maka penyusunannya perlu dimintakan pengarahan dari pemerintah.

Tabel 2.1 Pertumbuhan Pendapatan Domestik Bruto Periode 1969-1982 (Dalam Miliar Rupiah)

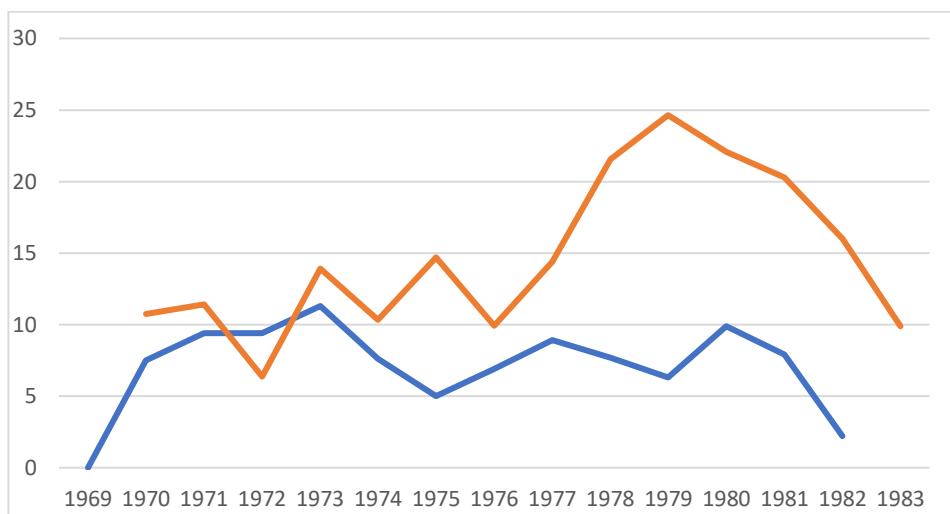
	pada nilai sesaat	% Perubahan	Pada nilai tetap	%
			1973	Perubahan
Repetalita I				
1969	2,718.0	—	4,820.5	—
1970	3,238.0	19.1	5,182.0	7.5
1971	6,672.0	13.4	5,544.7	9.4
1972	4,564.0	24.3	6,067.2	9.4
1973	6,753.4	48.0	6,753.4	11.3
Repetalita II				
1974	10,708.0	58.6	7,629.0	7.6
1975	12,642.5	18.1	7,630.8	5.0
1976	15,466.7	2.3	8,156.3	6.9
1977	19,033.0	23.1	8,882.0	8.9
1978	22,746.0	19.5	9,566.5	7.7
Repetalita III				
1979	32,025.4	40.8	10,164.90	6.3
1980	45,445.7	41.9	11,169.20	9.9
1981	54,017.0	18.9	12,054.60	7.9
1982	59,632.6	10.4	12,325.40	2.2

Sumber: Lembaga Penyelidikan Ekonomi dan Masyarakat Fakultas Ekonomi
Universitas Indonesia

Tabel 2.2 Perkembangan Penjualan KWH PLN

		MWH	Kenaikan (%)
Repetalita I	: 1969/70	1.481.300	
	70/71	1.640.701	10,76
	71/72	1.827.755	11,40
	72/73	1.827.755	6,37
	73/74	1.214.950	13,92
Repetalita II	: 1974/75	2.444.107	10,35
	75/76	2.803.613	14,71
	76/77	3.527.817	9,92
	77/78	3.527.103	14,4
	78/79	4.286.921	21,54
Repetalita III	: 1979/80	5.343.406	24,64
	80/81	6.522.924	22,07
	81/82	7.845.466	20,27
	82/83	9.101.134	16,00
	83/84	9.999.708	9,87

Sumber: Buku Informasi keuangan PLN tahun 1983/1984



Gambar 2.9 Grafik Pendapatan Domestik Bruto nilai tetap tahun 1973 (Merah) dan Grafik Penjualan KWH PLN (Biru)