

BAB 2 KARAKTERISTIK BEBAN

2.1. Karakteristik Beban.

Demand (permintaan/kebutuhan) " Demand suatu system atau instalasi adalah rata-rata beban pada terminal penerima interval waktu tertentu.

Untuk menentukan type dan daya teraan suatu transformator atau pembangkit tenaga listrik perlu diketahui hal-hal sebagai berikut :

a. Kurva Beban

Beban dari transformator / pusat pembangkit selalu berubah ubah sebagai fungsi waktu. Perubahan beban harian, bulanan dan tahunan dapat digambarkan dalam suatu kurva dimana sumbu Y sebagai sumbu beban dan sumbu X sebagai sumbu waktu.

Kurva beban ini dapat memberikan informasi sebagai berikut :

1. Perubahan beban pada waktu-waktu yang berbeda-beda dalam satu hari.
2. Luasan bawah kurva menyatakan jumlah unit yang dibangkitkan dalam satu hari.
3. Kurva tertinggi menyatakan kebuntuhan beban maksimum.
4. Luasan di bawah kurva dibagi dengan jumlah jam menyatakan beban rata-rata dari pusat pembangkit
5. Perbandingan antara luasan di bawah kurva beban dengan jumlah luasan yang tertinggi dapat menunjukkan factor beban.

Kurva beban selain dapat digunakan untuk menentukan ukuran dan jumlah unit transformator / pembangkit yang harus dipasang dapat juga digunakan untuk menyiapkan schedule operasi unit pembangkit.

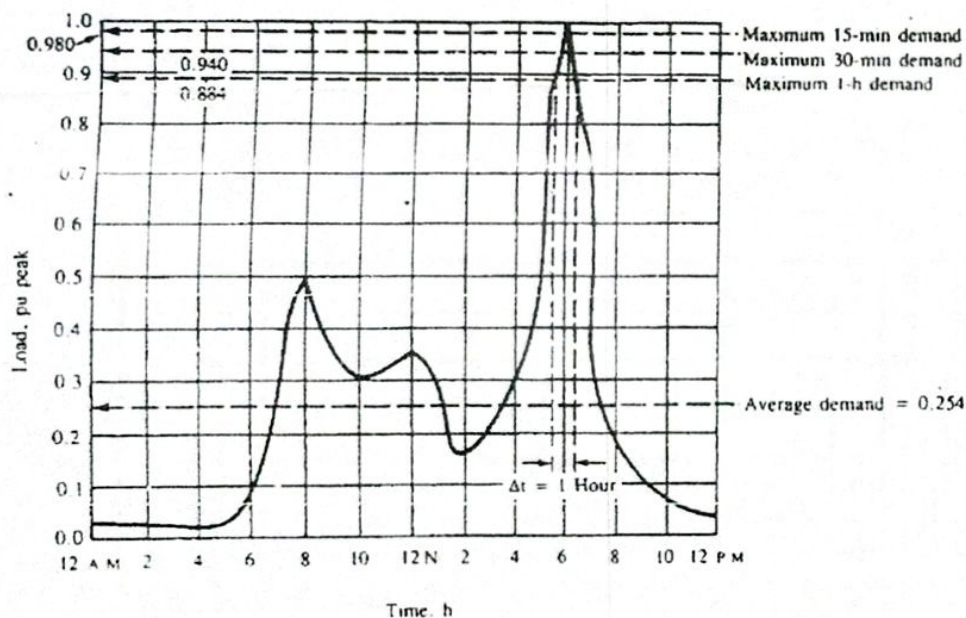


Figure 2-1 A daily demand variation curve.

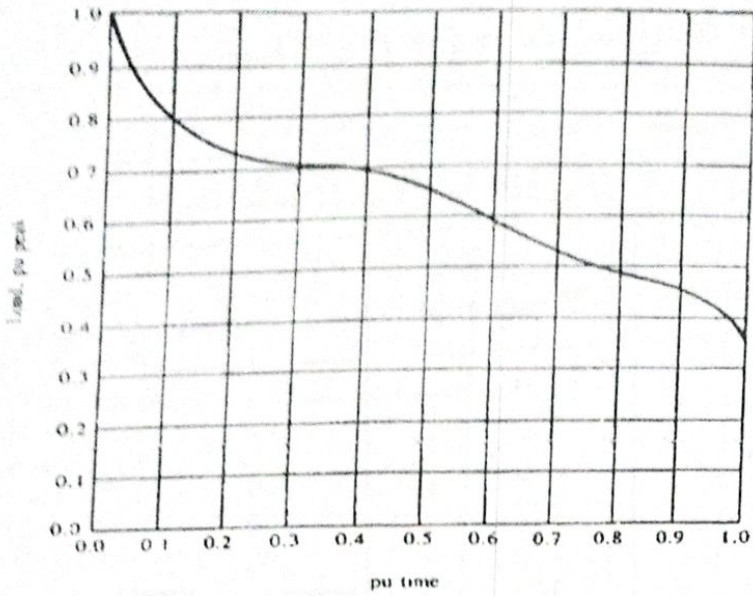


Figure 2-2 A load-duration curve.

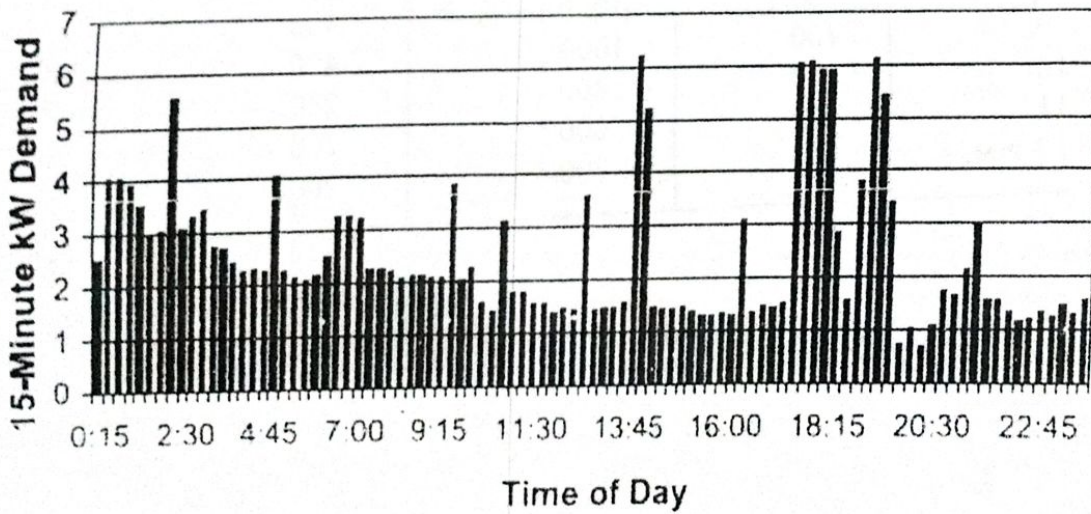
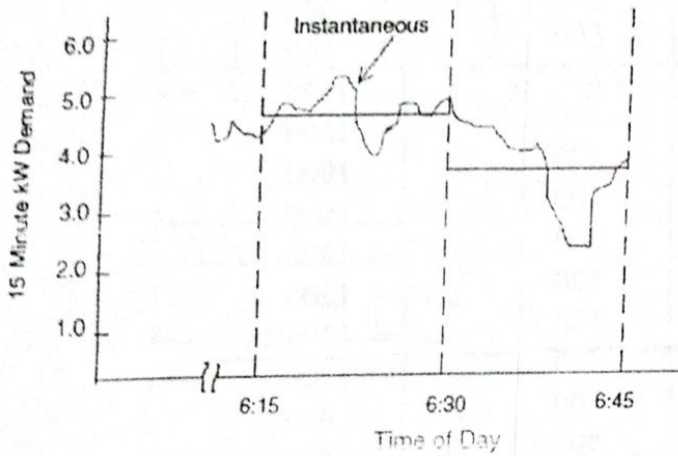
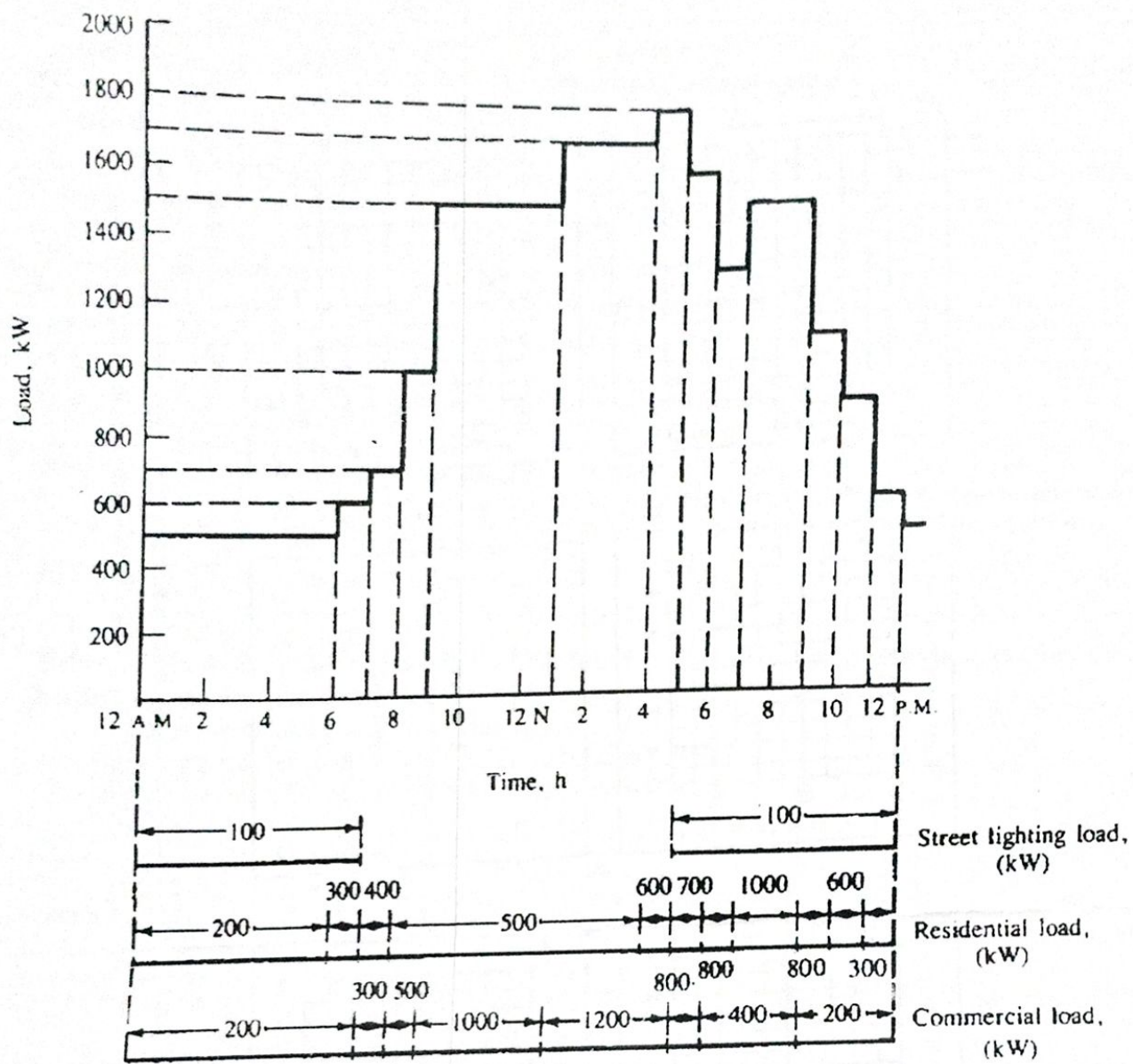


Table 2-2 Idealized load data for the NL&NP'S primary feeder

Time	Load, kW		
	Street lighting	Residential	Commercial
12 A.M.	100	200	200
1	100	200	200
2	100	200	200
3	100	200	200
4	100	200	200
5	100	200	200
6	100	200	200
7	100	200	200
8	100	300	200
9	—	400	300
10	—	500	500
11	—	500	1000
12 noon	—	500	1000
1	—	500	1000
2	—	500	1000
3	—	500	1200
4	—	500	1200
5	—	500	1200
6	100	600	1200
7	100	700	800
8	100	800	400
9	100	1000	400
10	100	1000	400
11	100	800	200
12 P.M.	100	600	200
		300	200



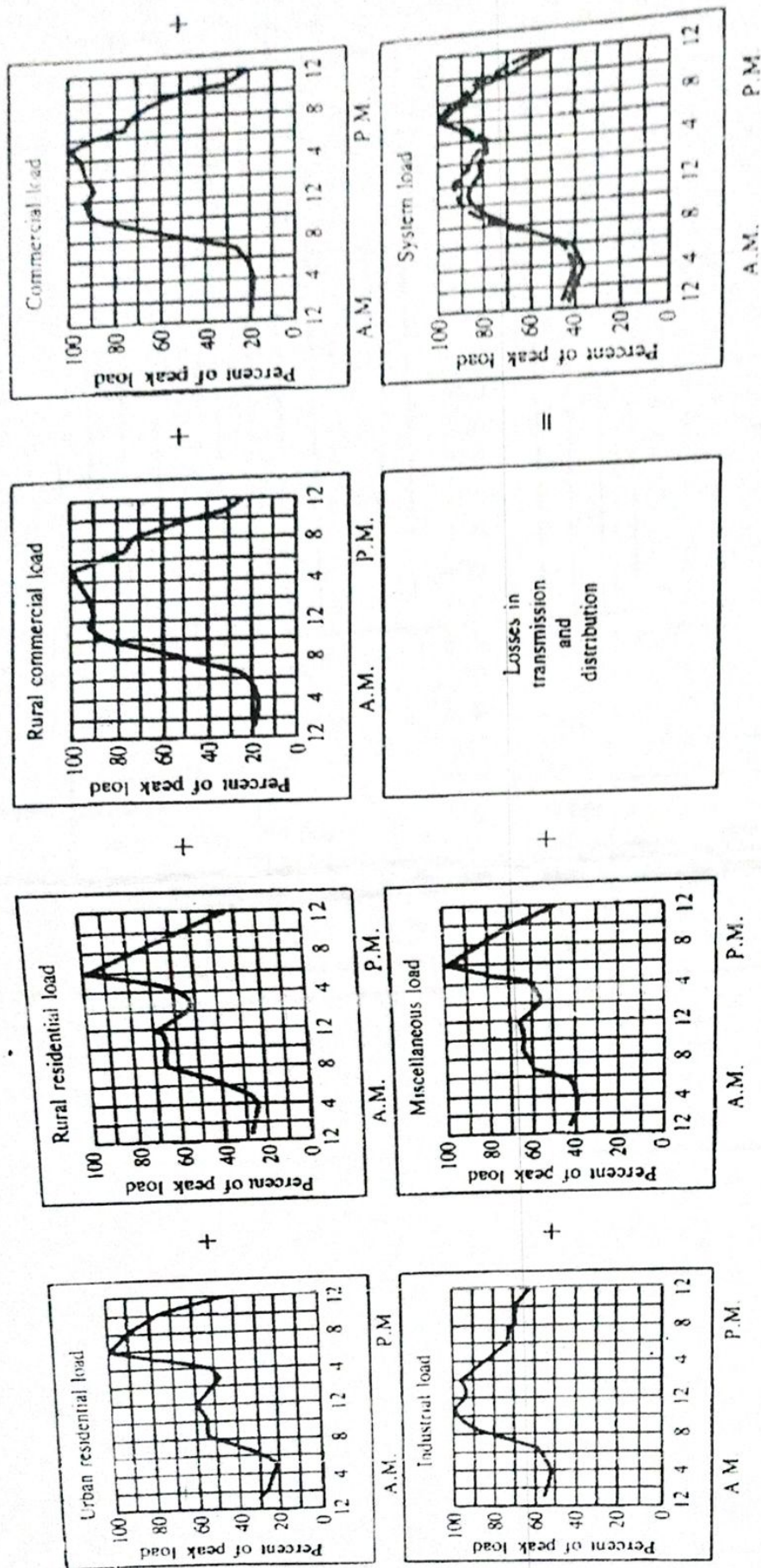


Figure 2-4 Development of aggregate load curves for a winter peak period. Miscellaneous load includes street lighting, sales to other agencies. Dashed curve shown on system load diagram is actual system generation sent out. Solid curve is based on group load study data. (From [3]. Used by permission.) (© 1957 IEEE.)

b. Beban Terpasang
Jumlah seluruh peralatan yang tersambung dengan transformator / pusat listrik.

c. Kebutuhan Beban Maksimum
Biasanya, tidak semua beban dipasang pada selang waktu yang sama. Beban terbesar yang terpasang selang waktu yang sama dinamakan kebutuhan beban maksimum (maksimum demand).

d. Factor Kebutuhan (demand factor)
Perbandingan antara maksimum demand dengan jumlah beban teraan yang terpasang dengan transformator / system pembangkit dinamakan demand factor yang besarnya selalu lebih kecil dari satu.

$$\begin{aligned}\text{Demand factor} &= \text{maksimum demand} / \text{beban terpasang} \\ &= P_{\text{maksimum}} / P_{\text{terpasang}} \\ &= P_{\text{maksimum}} / \text{jumlah beban}\end{aligned}$$

Demand factor menunjukkan bahwa semua beban yang terpasang tidak bekerja pada selang waktu yang sama, sehingga KW atau KVA maksimum demand selalu lebih kecil dari jumlah KW atau KVA teraan terpasang.

e. Beban rata-rata (average demand)
Beban rata-rata dari pusat pembangkit adalah beban rata-rata yang terjadi pada kurva beban, baik harian, bulanan maupun tahunan.

$$\begin{aligned}\text{Beban rata-rata harian} &= \text{KWh keluaran perhari} / 24 \\ \text{Beban rata-rata bulanan} &= \text{KWh keluaran bulanan} / 24 \times 30 \\ \text{Beban rata-rata tahunan} &= \text{KWh keluaran perhari} / 24 \times 365\end{aligned}$$

$$\text{Average demand} = \frac{\text{Total energy}}{\text{Hours}}$$

f. Factor Beban
Load factor adalah perbandingan beban rata-rata dengan beban maksimum dalam selang waktu yang tertentu yaitu perhari, bulan dan tahun.

$$\text{Load factor} = \text{Beban rata-rata} / \text{Beban maksimum}$$

g. Diversity Factor > 1
Beban maksimum dari sejumlah pemakai listrik di catu dari transformator / pusat listrik tidaklah terjadi pada waktu yang sama, sehingga beban maksimum pada suatu instalasi akan selalu lebih kecil dari jumlah maksimum masing-masing alat yang terhubung ke pusat listrik.

$$\begin{aligned}\text{Diversity factor} &= \text{jumlah beban maksimum peralatan} / \text{beban maksimum transformator.} \\ &= P_{\text{maksimum per unit}} / P_{\text{mak}} / \text{system}\end{aligned}$$

h. Faktor Kapasitas (capacity factor)
Suatu transformator / system pembangkit harus mempunyai kapasitas cadangan untuk mengatasi pertumbuhan beban pada masa yang akan datang, sehingga jumlah kapasitas terpasang selalu lebih besar dari kebutuhan.

$$\text{Capacity factor} = \text{Beban rata-rata} / \text{kapasitas teraan transformator}$$

i. Plant Factor
 $\text{Plant factor} = (\text{Actual energy produced or served}) / (\text{maksimum plant rating} \times T)$

3. Faktor Daya guna (Utilization factor) < 1

Adalah perbandingan antara beban maksimum dengan kapasitas teraan. Selalu lebih kecil dari satu.

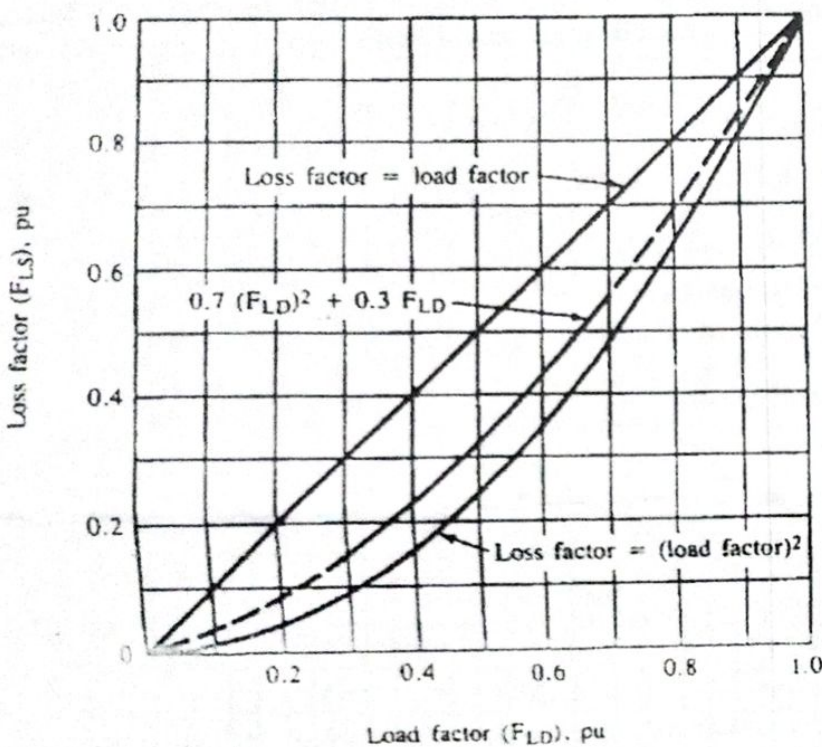
Faktor daya guna = beban maksimum kVA transformator / kapasitas teraan kVA transformator

Load factor dan Diversity factor memegang peranan penting dalam menentukan biaya transformator / pembangkit tenaga listrik. Harga LF dan DF yang besar akan membuat biaya transformator / pembangkit per unitnya rendah.

Contoh 1

Diasumsikan annual peak load 3500 KW. Total annual energy disuply untuk rangkaian feeder circuits 10.000.000 KWh. Peak demand terjadi pada July atau agustus

- Tentukan annual average power demand
- Tentukan annual load factor.



Penyelesaian

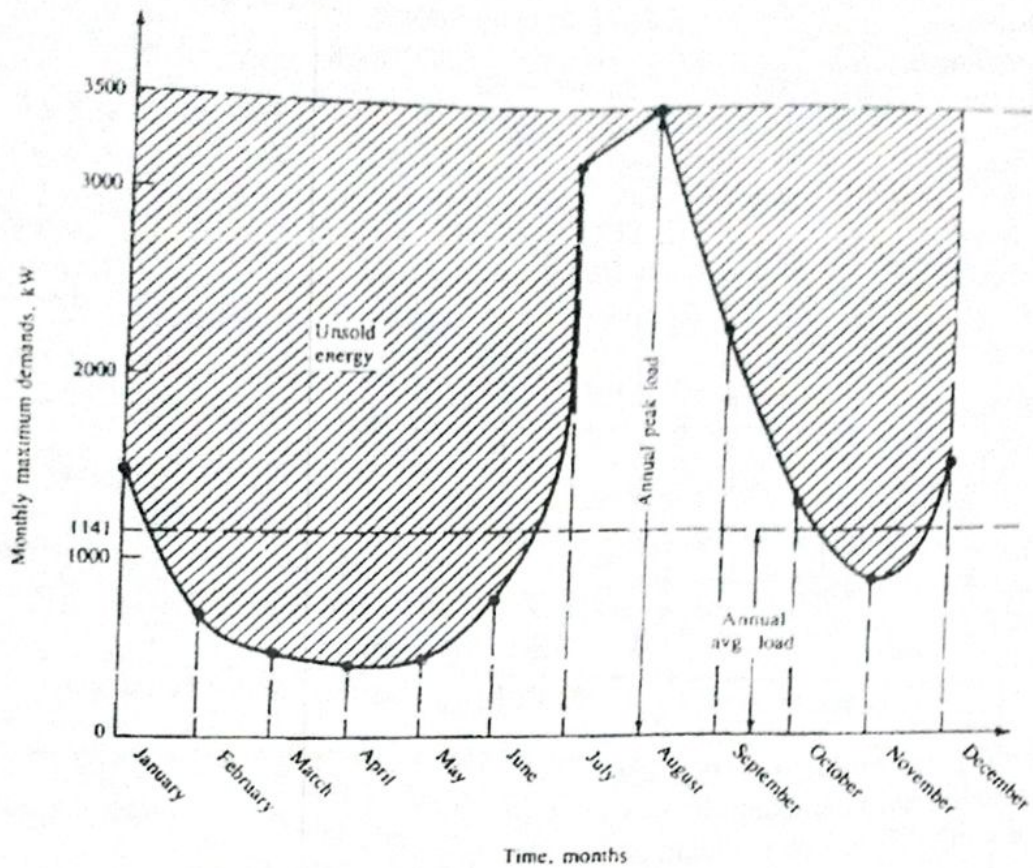
Asumsi a montly kurva beban

- Annual average power demand adalah

$$\begin{aligned} \text{Annual } P_{av} &= \frac{\text{total annual energy}}{\text{year}} \\ &= \frac{10^7 \text{ kWh/yr}}{8760 \text{ h/yr}} \\ &= 1141 \text{ kW} \end{aligned}$$

- Annual load factor

$$\begin{aligned} F_{LD} &= \frac{\text{annual average load}}{\text{peak monthly demand}} \\ &= \frac{1141 \text{ kW}}{3500 \text{ kW}} \\ &= 0.326 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Annual load factor} &= \frac{\text{total annual energy}}{\text{annual peak load} \times 8760} \\
 &= \frac{10^7 \text{ kWh/yr}}{3500 \text{ kW} \times 8760} \\
 &= 0.326
 \end{aligned}$$

Contoh 2

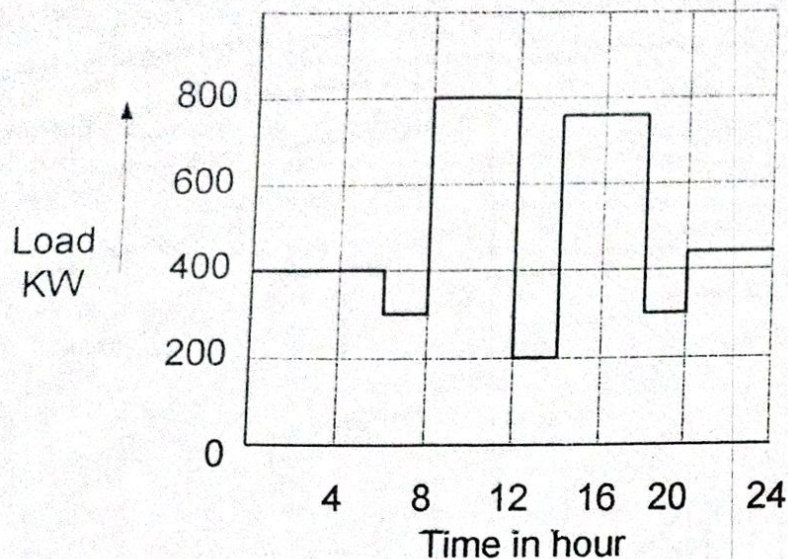
Suatu pusat listrik mempunyai beban harian sebagai berikut :

0 ke 6 jam	4000 KW
6 ke 8 jam	3000 KW
8 ke 12 jam	8000 KW
12 ke 14 jam	2000 KW
14 ke 18 jam	7500 KW
18 ke 20 jam	3000 KW
20 ke 24 jam	4500 KW

Gambarkan kurva bebannya dan hitunglah besar Load Factor (LF) dan plant capacity factor dengan menganggap kapasitas pembangkit sebesar 11000 KW.

Penyelesaian.

Gambar kurva beban dapat dilihat di bawah ini .



Kapasitas pembangkit = 11000 KW

Beban maksimum pembangkit = 8000 KW

$$\begin{aligned} \text{Tenaga yang dibangkitkan dalam 24 jam} &= 4000 \times 6 + 3000 \times 4 + 8000 \times 4 + 2000 \times 2 + \\ &\quad 7500 \times 4 \\ &= 24000 + 12000 + 32000 + 4000 + 30000 + 18000 \\ &= 120000 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Daya rata-rata = $120000/24 = 5000$ KW

Load Factor = $(\text{Beban rata-rata} / \text{Beban maksimum}) \times 100$
 $= 5000 / 8000 \times 100 = 62,5 \%$

Plant capacity factor = $(\text{beban rata-rata} / \text{kapasitas teraan pembangkit}) \times 100$
 $= 5000/11000 \times 100 = 45,5 \%$.

Contoh .3

Pelanggan listrik mempunyai beban maksimum 500 KW dan LF tahunan 65%. Perkirakan jumlah energi yang dipakai per tahun.

Penyelesaian

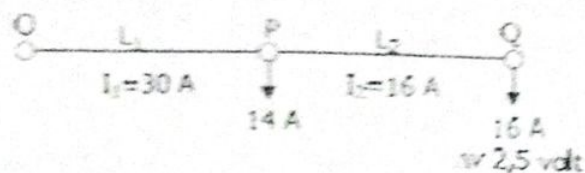
Beban maksimum = 500 KW

LF tahunan = 0,65

Beban rata-rata = $\text{beban maksimum} / \text{LF tahunan}$
 $= 500 / 0,65 = 3250$ KW

Tenaga yang dibangkitkan dalam 1 tahun :

$$\begin{aligned} &= \text{beban rata-rata} \times 365 \times 24 \\ &= 3250 \times 365 \times 24 = 28470000 \text{ KWh.} \end{aligned}$$



$$\Delta v = \Delta v_1 + \Delta v_2$$

$$2,5 = \frac{20 \times 30 \times 2}{56q} + \frac{16 \times 16 \times 2}{56q}$$

$$q = 12,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{diambil } q = 16 \text{ mm}^2$$

3.1.2 Sistem Fasa Tiga dengan $\cos \phi$

Bila diketahui besarnya arus I , Δv [volt], maka :

$$q = \frac{1,73 \times L \times I \times \cos \phi}{\Delta v \times \lambda} [\text{mm}^2]$$

$$\Delta v = \frac{1,73 \times L \times I \times \cos \phi}{q \times \lambda} [\text{volt}]$$

Bila diketahui besarnya beban P dalam Watt, maka :

$$q = \frac{L \times P}{V \times \Delta v \times \lambda} [\text{mm}^2]$$

Contoh :

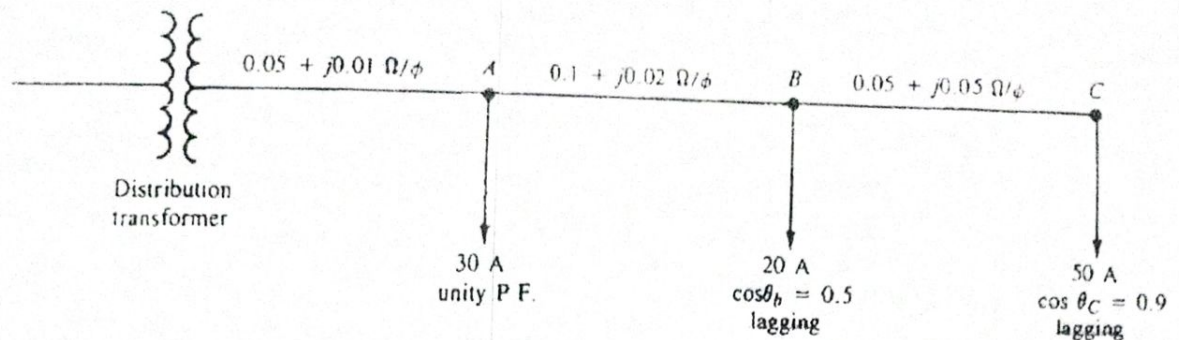
- Saluran arus bolak balik fasa 3, $L = 80$ meter, $P = 2000$ watt, $V = 190$ Volt; $\Delta v = 3,8$ volt; arus penghantar netral = 0 A

$$q = \frac{L \times P}{V \times \Delta v \times \lambda} = \frac{80 \times 2000}{190 \times 3,8 \times 56} = 3,96 \text{ mm}^2$$

- Berapa jatuh tegangan pada satu saluran $L : 150$ meter, $I : 190$ Ampere ; $q = 95 \text{ mm}^2$, sistem fasa 2. $\cos \phi = 0,88$

$$\Delta v = \frac{1,73 \times L \times I \times \cos \phi}{q \times \lambda} = \frac{1,73 \times 150 \times 190 \times 0,88}{95 \times 56} = 8,15 \text{ Volt}$$

3. Sistem sekunder 3 fasa 3 kawat penghantar dengan beban seimbang pada A, B, C.



Hitung :

- Total jatuh tegangan
- Daya nyata per phase untuk masing-masing beban
- Daya reaktif per phase untuk masing-masing beban
- Output KVA dan Power factor pada transformator distribusi

Penyelesaian

- Voltage drop VD

(a) Using the approximate voltage-drop equation, that is,

$$VD = I(R \cos \theta + X \sin \theta)$$

the voltage drop for each load can be calculated as

$$VD_A = 30(0.05 \times 1.0 + 0.01 \times 0) = 1.5 \text{ V}$$

$$VD_B = 20(0.15 \times 0.5 + 0.03 \times 0.866) = 2.02 \text{ V}$$

$$VD_C = 50(0.20 \times 0.9 + 0.08 \times 0.436) = 10.744 \text{ V}$$

Therefore the total voltage drop is

$$\begin{aligned} \sum VD &= VD_A + VD_B + VD_C \\ &= 1.5 + 2.02 + 10.744 \\ &= 14.264 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\frac{14.264 \text{ V}}{240 \text{ V}} = 0.0594 \text{ pu V}$$

- Daya KW

$$P = VI \cos \theta$$

Atau

$$P_A = 240 \times 30 \times 1.0 = 7.2 \text{ kW}$$

$$P_B = 240 \times 20 \times 0.5 = 2.4 \text{ kW}$$

$$P_C = 240 \times 50 \times 0.9 = 10.8 \text{ kW}$$

Total daya real per phase adalah

$$\begin{aligned}\sum P &= P_A + P_B + P_C \\ &= 7.2 + 2.4 + 10.8 \\ &= 20.4 \text{ kW}\end{aligned}$$

c. Daya Reaktif

$$P = VI \sin \theta$$

$$Q_A = 240 \times 30 \times 0 = 0 \text{ kvar}$$

$$Q_B = 240 \times 20 \times 0.866 = 4.156 \text{ kvar}$$

$$Q_C = 240 \times 50 \times 0.436 = 5.232 \text{ kvar}$$

Total daya reaktif per phase adalah

$$\begin{aligned}\sum Q &= Q_A + Q_B + Q_C \\ &= 0 + 4.156 + 5.232 \\ &= 9.389 \text{ kvar}\end{aligned}$$

d. Output KVA Transformer Distribusi

$$\begin{aligned}S &= (P^2 + Q^2)^{1/2} \\ &= (20.4^2 + 9.389^2)^{1/2} \\ &= 22.457 \text{ kVA/three phase}\end{aligned}$$

Total output KVA 22.457 kVA

Faktor Daya Beban pada Transformer distribusi adalah

$$\begin{aligned}\cos \theta &= \frac{\sum P}{S} \\ &= \frac{20.4 \text{ kW}}{22.457 \text{ kVA}} \\ &= 0.908 \text{ lagging}\end{aligned}$$

4. Sistem fasa 3, 34.5-kV, 60-Hz, 40 km saluran transmisi mempunyai impedansi seri a per-phase $0.2 + j0.5 \Omega \text{ km}$. Beban pada ujung penerima menyerap 10MVA pada 33 kV. Hitunglah :

(a) Tegangan ujung pengirim pada 0.9 PF lagging.

(b) Tegangan ujung pengirim pada 0.9 PF leading.

(c) Efisiensi system transmisi dan pengaturan tegangan saluran transmisi dihubungkan dengan keadaan (a) and (b).

Penyelesaian
Model per fasa saluran transmisi.

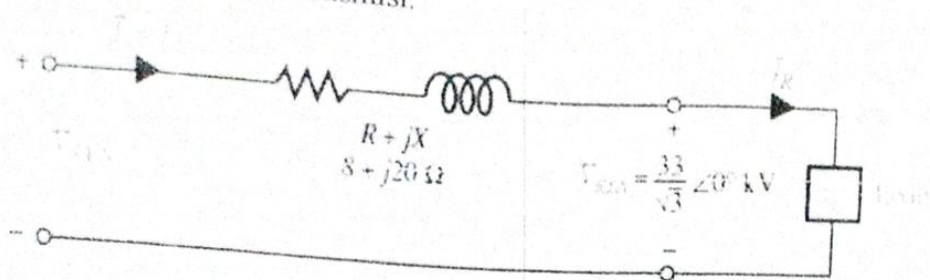


Figure 1.10.3-1 Per-phase model of transmission line (with only series impedance).

$$\bar{V}_R = \frac{33,000}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = 19,052 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$(a) \quad \bar{I}_R = \frac{10 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 33 \times 10^3} \angle -\cos^{-1} 0.9 = 175 \angle -25.8^\circ \text{ A}$$

$$\bar{V}_{S,LN} = 19,052 \angle 0^\circ + (175 \angle -25.8^\circ)(8 + j20) = 21,983 \angle 6.6^\circ \text{ V}_{LN}$$

$$V_{S,LL} = 21,983 \sqrt{3} = 38.1 \text{ kV (line - to - line)}$$

$$(b) \quad \bar{I}_R = \frac{10 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 33 \times 10^3} \angle +\cos^{-1} 0.9 = 175 \angle +25.8^\circ \text{ A}$$

$$\bar{V}_{S,LN} = 19,052 \angle 0^\circ + (175 \angle +25.8^\circ)(8 + j20) = 19,162 \angle 11.3^\circ \text{ V}_{LN}$$

$$V_{S,LL} = 19,162 \sqrt{3} = 33.2 \text{ kV (line - to - line)}$$

(c) (i) 0.9 PF lagging:

$$P_R = 10 \times 0.9 = 9 \text{ MW}$$

$$P_S = \sqrt{3} \times 38.1 \times 0.175 \cos(25.8 + 6.6)^\circ = 9.75 \text{ MW}$$

$$\eta = \frac{9}{9.75} \times 100 = 92.3\%$$

$$\text{TLVR} = \frac{V_{R,NL} - V_{R,FL}}{V_{R,FL}} \times 100 = \frac{38.1 - 33}{33} \times 100 = 15.45\%$$

Note: Jika tanpa beban, tegangan di ujung pengirim mendekati pada ujung penerima

(ii) 0.9 PF leading:

$$P_R = 10 \times 0.9 = 9 \text{ MW}$$

$$P_S = \sqrt{3} \times 33.2 \times 0.175 \cos(25.8 - 11.3)^\circ = 9.74 \text{ MW}$$

$$\eta = \frac{9}{9.74} \times 100 = 92.4\%$$

$$\text{TLVR} = \frac{33.2 - 33}{33} \times 100 = 0.61\%$$

3.1.3. Perhitungan Dengan Momen Listrik

Jatuh tegangan relatif (dalam %) dapat dianggap sama dengan rumus :

$$\text{system TM} = \frac{\Delta u}{u} = 10^2 \frac{R + X \tan \phi}{u^2} PL [\text{‰}]$$

$$\text{system TR} = \frac{\Delta u}{u} = 10^2 \frac{R + X \tan \phi}{u^2} PL [\text{‰}]$$

Hasil kali $P \times L$ dinamakan momen listrik dengan beban P pada jarak L dari sumbernya. Jika jatuh tegangan dalam % sebesar 1 % maka momen listriknya disebut M_1 .

$$\text{Pada TM : } M_1 = \frac{1}{100} \times \frac{V^2}{R + X \tan \phi}$$

$$\text{Pada TR : } M_1 = \frac{1}{10^5} \times \frac{V^2}{R + X \tan \phi}$$

Tabel-tabel pada halaman berikut memberikan data momen listrik (M) untuk berbagai harga $\cos \phi$, luas penampang yaitu :

M_1 adalah momen listrik untuk $\Delta u = 1 \%$

Dengan beberapa batasan :

1. Beban fasa 3 seimbang di ujung hantaran
2. Suhu kerja 30°C untuk hantaran udara dan berisolasi dan 20°C untuk kabel bawah tanah dan hantaran udara berisolasi.
3. Reaktansi $0,3 \text{ ohm/km}$ untuk hantaran udara tidak berisolasi dan $0,1 \text{ ohm/km}$ untuk kabel tanah dan hantaran udara berisolasi.

Tabel 2.1 Momen listrik jaringan distribusi Tegangan Menengah Saluran Bawah Tanah dengan penghantar kabel berisolasi XLPE, M_1 1% [MW.km].

Penampang (mm ²)	cos ϕ						
	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,6
95	11,4	10,2	9,8	9,5	9,2	8,7	8
150	17,3	15,2	14,3	13,63	12,7	12	11
240	29	23,9	21,2	20	18,6	16,6	15

Tabel 2.2. Momen listrik jaringan distribusi Tegangan Menengah Saluran Udara dengan Penghantar AAAC, M_1 1% [MW.km].

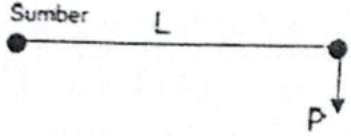
Penampang (mm ²)	cos ϕ						
	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,6
35	4	3,6	3,4	3,3	3,2	2,9	2,7
70	7,7	6,3	5,8	5,4	5,2	4,6	4,0
150	12,1	11,5	10	8,9	8	6,8	5,7
240	16,77	15	12,5	10,9	9,7	7,9	6,5

Tabel 2.3 Momen listrik jaringan distribusi Tegangan Rendah dengan Penghantar Kabel Pilin M1% [kW.km].

Penampang (mm ²)	cos φ						
	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,6
3 x 35 x N	1,46	1,44	1,38	1,34	1,34	1,31	1,29
3 x 50 x N	1,94	1,92	1,88	1,82	1,8	1,78	1,75
3 x 70 x N	7,96	2,67	2,64	2,61	2,59	1,56	1,52

3.2 Faktor Distribusi Beban

Distribusi beban pada jaringan dapat dinyatakan dalam bentuk matematis untuk beban di ujung penghantar, beban terbagi merata, beban terbagi berat di awal jaringan, beban terbagi berat di ujung. Dengan pengertian sederhana didapatkan angka faktor distribusi beban pada jarak antara titik berat beban dengan sumber/gardu.

Diagram distribusi beban	Faktor distribusi
<p>1. beban di ujung penghantar besar beban = kuat penghantar</p> 	$F_d = 1$
<p>2. beban merata sepanjang saluran besar beban = 2 x kuat penghantar</p>	$F_d = 0,5$

BAB 3

PRAKIRAAN BEBAN DAN ENERGI

3.1 Pendahuluan

Salah satu masalah yang kita perlu pecahkan adalah bagaimana memenuhi kebutuhan energi listrik, karena dari pengamatan menunjukkan bahwa pemakaian energi listrik ini terus meningkat.

Dalam rangkaian langkah-langkah ataupun tindakan untuk dapat memenuhi kebutuhan energi listrik pada saat tertentu, kita harus membuat rencana. Rencana atau suatu perencanaan adalah merupakan rangkaian dari kegiatan-kegiatan ataupun proses dalam mana antara lain menetapkan kebutuhan (energi) pada suatu saat pada masa mendatang dan cara-cara bagaimana memenuhi kebutuhan tersebut. Menentukan kebutuhan pada suatu saat pada waktu masa mendatang, diperoleh dengan membuat perhitungan-perhitungan dan kita kenal dengan sebutan proyeksi/ prognosa ataupun prakiraan.

Dalam usaha membuat prakiraan ini, selain diperlukan data-data, juga perlu diperhatikan keadaan masa lampau dan keadaan saat ini, yaitu masa yang sedang berjalan.

Prakiraan beban dibidang tenaga listrik, sebenarnya adalah "prakiraan kebutuhan energi listrik" yang dinyatakan dalam satuan wh, mwh, atau Gwh dan prakiraan beban tenaga listrik/load atau power, dinyatakan dalam satuan w, kw, mw atau Gw ; yang kesemua ini disebut juga "demand and load forecasting".

Jadi kegiatan prakiraan dibidang tenaga listrik menghasilkan dua hasil pokok/utama yaitu :

1. Prakiraan kebutuhan energi listrik (demand), yaitu energi yang dibutuhkan oleh pelanggan.
2. Prakiraan beban tenaga listrik (load), yaitu power yang perlu disediakan atau disiapsiagakan untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut.

Dalam pengertian ini, kata beban (load) diartikan sebagai beban puncak (peak load).

Banyak hal-hal yang mempengaruhi pembuatan prakiraan beban ini, misalnya kebijaksanaan (policy) pemerintah dalam sektor tenaga listrik, tingkat perkembangan perekonomian dunia dan sebagainya. Sementara itu, dari pengamatan statistik berbagai negara memang membenarkan adanya korelasi yang nyata antara pertumbuhan Pendapatan Nasional (Gross National Product, GNP). Oleh karena itu, kebanyakan perencanaan jangka panjang mengkaitkannya dengan indikator-indikator ekonomi.

Banyak cara atau metoda yang dipakai untuk membuat suatu prakiraan, dimulai paling sederhana seperti extrapolasi, penyesuaian lengkung menurut keperluan yang khusus sampai pada sistem-sistem analitis.

Metoda prakiraan yang dipakai dalam satuan tenaga listrik, pada garis besarnya dapat dikelompokkan kedalam (1) berdasarkan kecenderungan (trend), dan (2) model ekonometrik.

3.2 Peranan suatu prakiraan

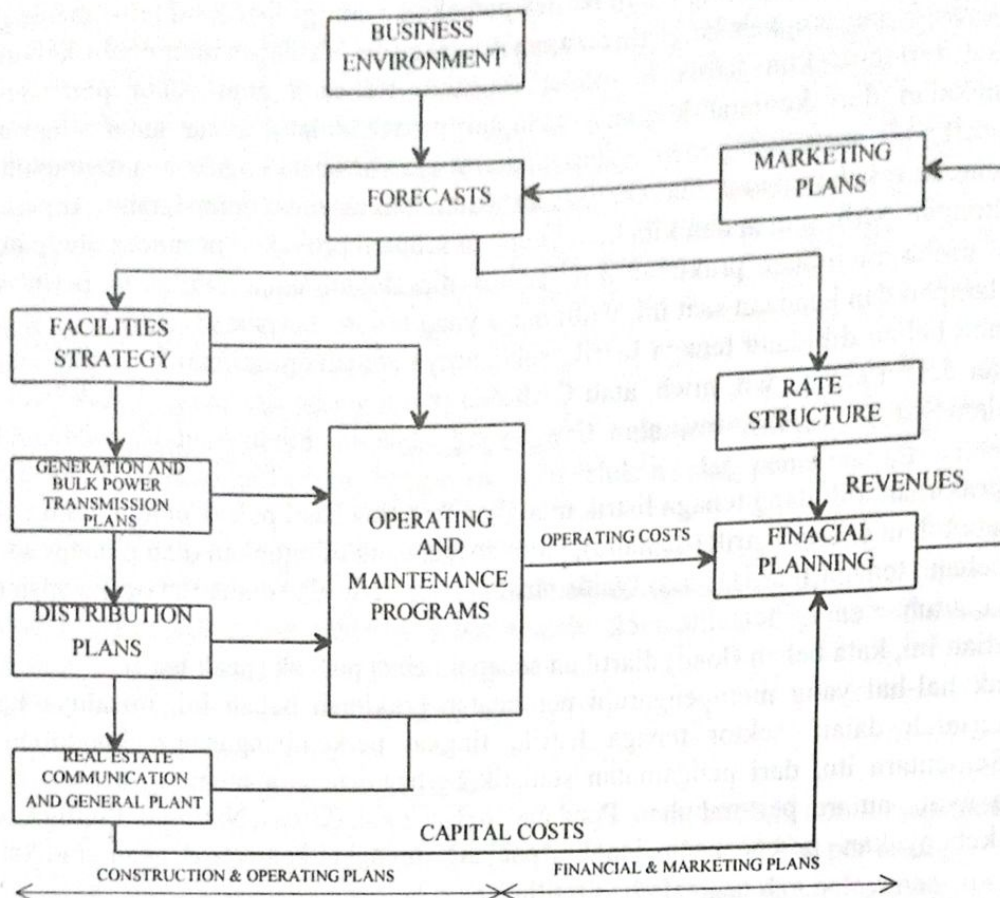
Untuk apa sebenarnya diperlukan suatu prakiraan ?. Prakiraan pada dasarnya merupakan suatu dugaan/prognosa atau perkiraan mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa diwaktu yang akan datang.

Dalam kegiatan perencanaan, prakiraan beban merupakan awal dari kegiatan dari proses perencanaan, dengan demikian prakiraan ini amat penting. Dengan adanya prakiraan beban ini, dapatlah diperkirakan pada tahun sekian perlu dibangun suatu Pembangkit dengan unit terpasang yang tertentu pada suatu daerah tertentu atau penambahan kapasitas dari pusat-pusat pembangkit yang ada. Akibat ini, diperlukan penyediaan biaya modal menurut suatu jadwal tertentu, sesuai dengan perkembangan dimasa mendatang, yang diperkirakan terjadi. Jika dilihat dari masalah pembangunan fasilitas-fasilitas penyediaan tenaga listrik, dimana diperlukan waktu dan dana, maka jelaslah perkiraan/prakiraan beban tersebut perlu dibuat untuk beberapa waktu kedepan.

Perencanaan Pusat-pusat Pembangkit Tenaga Listrik, transmisi dan distribusi tenaga listrik disebut juga perencanaan sistem tenaga listrik (system planning). Dipihak lain dari hasil prakiraan kebutuhan listrik akan memberikan bahan untuk menetapkan harga energi listrik (tarif listrik) maupun

biaya pembangunan fasilitas penyediaan tenaga listrik. Untuk jelasnya hubungan prakiraan beban terhadap tarif, penyediaan dana dapat dilihat pada gambar 3.1.

Dari uraian diatas dan dengan memperhatikan gambar 3.1 maka jelaslah bahwa "prakiraan kebutuhan energi listrik dan beban tenaga listrik", diperlukan agar didapat optimalisasi pendayagunaan, dalam proses perencanaan tenaga listrik maupun operasi perusahaan tenaga listrik.



Gambar 3.1. Siklus perencanaan Prakiraan

Oleh karena itu ilmu pengetahuan mengenai tehnik / cara-cara prakiraan dan peralatan-peralatan yang dapat mempermudah dan mempercepat pembuatan prakiraan, terus menerus dikembangkan oleh semua oleh pihak didunia ini, yaitu seperti penggunaan komputer dengan menggunakan perangkat lunak atau model-model dengan program-program komputer.

Dalam jangka waktu prakiraan dapat berupa :

- Jangka pendek, dapat jam-jaman, harian/mingguan, bulanan;
- Jangka menengah, tiga sampai 10 tahun;
- Jangka panjang, diatas 10 tahun (umumnya 25 - 30 tahun)

Dalam jangka waktu ini, perlu disadari bahwa semakin jauh jangka waktu prakiraan, semakin sulit dan semakin besar ketidak pastiannya.

Dalam usaha mendapatkan prakiraan yang mendekati, kita melakukan penelitian dalam perkembangannya dan secara berkala, ditinjau kembali atas kebenaran asumsi-asumsi yang diambil.

3.3 Pembuatan Prakiraan Beban

Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, prakiraan beban dibidang tenaga listrik menghasilkan prakiraan kebutuhan energi listrik dan beban tenaga listrik.

Kebutuhan energi listrik (demand), dilihat dari segi pemakai/pelanggan, sedangkan beban tenaga listrik (load) sebagai suatu akibat yang timbul dari adanya kebutuhan tersebut, dilihat dari segi penyediaannya (supply). Sehubungan dengan itu, maka hasil suatu prakiraan beban harus dapat memberikan bahan untuk perencanaan penyediaan energi/tenaga listrik. Karena penyediaan energi listrik/tenaga listrik,

berkaitan dengan Pembangkit, Transmisi, Distribusi dan penyambungan ke pelanggan, maka kita memerlukan :

- Prakiraan kebutuhan/beban untuk perencanaan Pembangkit dan Transmisi (Demand and Load Forecasting for Generation and Transmisi Planning).
- Prakiraan kebutuhan/beban untuk bahan perencanaan Distribusi (Demand and Load Forecasting for Distribution Planning).

Langkah-langkah utama dari semua metoda pembuatan prakiraan beban pada umumnya terdiri dari :

1. Mengumpulkan data analistik atau data historis.
2. Mengadakan analisa atas data statistik tersebut sebagai bahan asumsi ataupun sasaran yang akan digunakan dalam perhitungan (analisa terhadap faktor-faktor ekonomi, demographic dan iklim yang mempengaruhi pertumbuhan beban dimasa mendatang).
3. Meng-extrapolasi pengaruh faktor-faktor tersebut untuk masa mendatang dan menentukan derajat ketidakpastiannya dalam setiap ekstrapolasinya.
4. Membuat perhitungan prakiraan dengan beberapa alternatif atau skenario dengan mempertimbangkan efek dari faktor-faktor ekstrapolasi yang dipakai, dalam perioda waktu yang dipilih.
5. Mengadakan chek ataupun test perbandingan (sensitivitytest) dan memilih yang paling memungkinkan (most probable).
6. Mengadakan tinjauan kembali dan perbaikan (review) secara periodik (misalnya triwulan, tahunan) dengan membandingkan angka-angka realisasinya.

Dalam membuat prakiraan ini, ada dua cara pendekatan pokok /utama yaitu :

- a. Cara Normatif
- b. Cara Prospektif

Pendekatan cara **Normatif** adalah sebagai berikut :

- a. Kebutuhan yang menjadi sasaran atau yang akan dicapai ditetapkan lebih dahulu.
- b. Pelajari keadaan (situasi) yang sedang berlangsung sekarang.
- c. Indikator ekonomi dibagi dalam subsistem.
- d. Untuk masing-masing subsistem ditentukan parameter-parameter pokoknya.
- e. Mempelajari dan memperkirakan kuantitas kegunaan untuk setiap subsistem.

Pendekatan cara **Prospektif**.

Pada cara Prospektif dikenal dua cara pendekatannya :

1. Pendekatan Makro.
2. Pendekatan Mikro.

Disebut pendekatan secara **Mikro**, bila kita melakukan perhitungan secara detail/terinci atas masing-masing jenis dan keperluan pemakaian (listrik) dari waktu ke waktu.

Pendekatan secara **Makro**, pada umumnya menghitung kebutuhan energi secara keseluruhan (global) yang dikaitkan dengan pertumbuhan ekonomi.

Pendekatan cara Makro maupun Mikro, secara garis besar dapat dikelompokkan kedalam :

1. Berdasarkan kecenderungan (trend).
2. Model Ekonometrik.

Namun perlu disadari bahwa tidak ada prakiraan/forecast yang memberikan jaminan mengenai ketepatannya. Yang terpenting disini justru bagaimana memperkecil kesalahan agar memberikan hasil yang mendekati.

Dari dua cara pendekatan itu (Makro dan Mikro), kita sering menemui hasil-hasil sebagai berikut :

- Low hypothesis
- Medium hypothesis
- High hypothesis
- yang paling mungkin (most probable)

Pengalaman dari seseorang dalam membuat prakiraan, memegang peranan dalam membuat prakiraan yang baik. Khusus untuk prakiraan bagi perencanaan Distribusi/Jaring Distribusi, terdapat sedikit perbedaan dengan perencanaan Pembangkit; pada perencanaan Distribusi, selain besarnya kebutuhan/demand, diperlukan juga lokasinya dalam sistem jaringannya.

Dalam melaksanakan perhitungan untuk memperkirakan/ meramalkan beban, terlebih dahulu dihitung kebutuhan/demand energi listrik. Kebutuhan/demand merupakan energi yang dikonsumsi (energy consumption) dan dihitung ditempat pelanggan. Bila dilihat dari segi yang menyediakan, maka energi yang disalurkan/didistribusikan dan ini disebut energi yang dijual (energy sales).

Karena adanya kehilangan energi dalam penyalurannya, maka energi yang di-produksi = energi yang dijual + kehilangan energi (losses). Jumlah produksi energi yang diperlukan, merupakan beban/load yang perlu ditanggung atau disiapkan. Dengan demikian, sudah tentu kita mengetahui berapa beban puncak yang akan dipikul, agar selalu dapat disiapkan pembangkit secara cukup dan baik. Jadi dalam proses pembuatan prakiraan beban, hasil akhirnya adalah perkiraan, berapa besarnya beban puncak tersebut.

Seperti diketahui, dalam menyalurkan dan mendistribusikan sampai pada titik pelanggan, terdapat kehilangan teknis (losses) pada jaringan transmisi dan distribusi. Oleh karena itu, bila :

- Pd = energy/power yang didistribusikan
 - D = demand/kebutuhan energi
 - L = kehilangan (losses)
- maka

$$Pd = D + L \dots\dots\dots(3.1.)$$

Bila P = jumlah energi yang diproduksi dan Pu = pemakaian sendiri (plant use) maka :

$$P = Pd + Pu$$

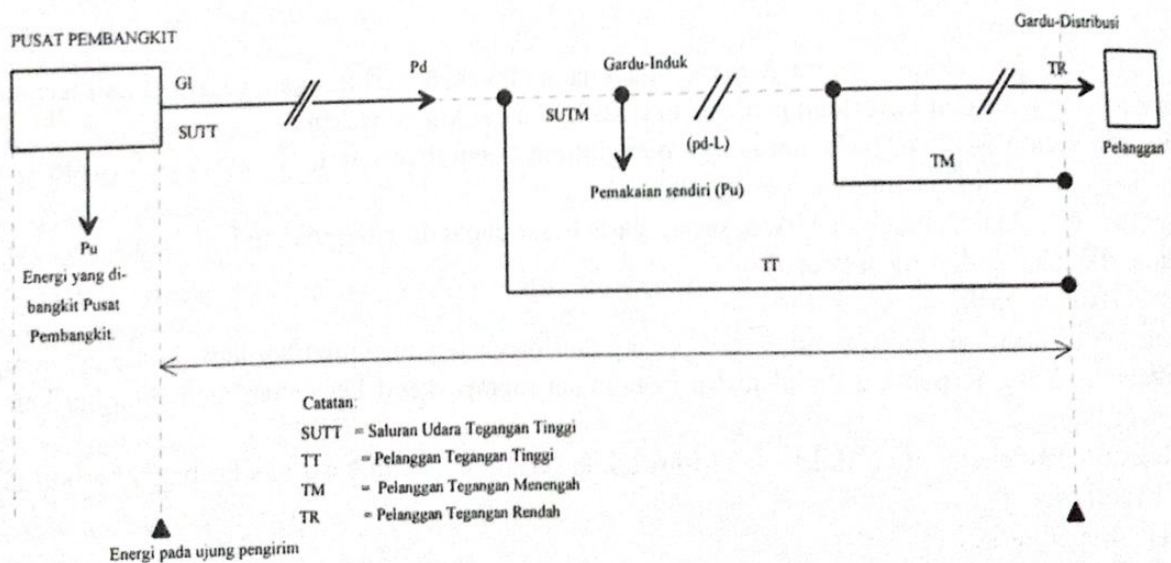
$$P = (100 + Pu) \dots\dots\dots(3.2.)$$

dimana Pu/Pd = pu, maka beban puncak (peak-load) dapat dihitung dari persamaan

$$P_p = \frac{\text{Produksi energi}}{F_b \times 8760} = \frac{P}{F_b \times 8760}$$

dimana Fb = faktor beban.

Untuk mendapat gambaran yang lebih jelas hubungan antara energi yang diproduksi dengan energi yang didistribusikan dan kehilangan energi dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2. Hubungan antara energi yang diproduksi dan energi yang di-distribusikan.

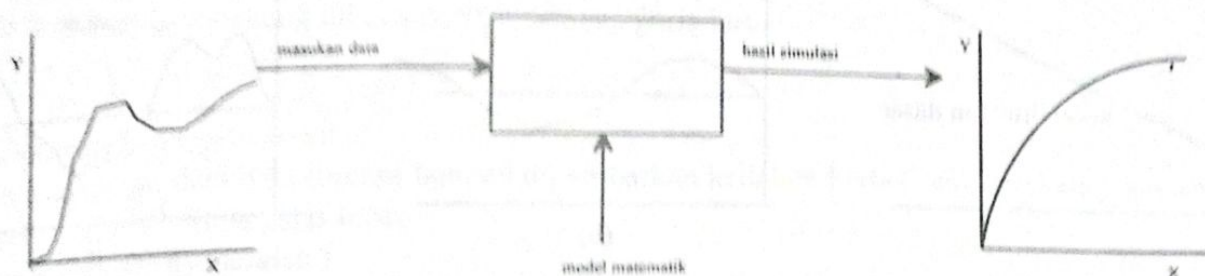
3.4 Metodologi Prakiraan.

Banyak cara atau metoda dalam membuat suatu prakiraan, di mulai dari yang paling sederhana seperti extrapolasi, penyesuaian sistematis daripada lengkung-lengkung, penyesuaian lengkung menurut keperluannya khusus sampai kepada sistem-sistem analitis. Metoda prakiraan yang dipakai dalam sistem tenaga listrik, pada garis besarnya dapat dikelompokkan kedalam :

1. Berdasarkan kecenderungan (trend) dan
2. Model ekonometri.

3.5 Metoda Kecenderungan

Peramalan beban dengan metoda kecenderungan adalah studi yang mempelajari sifat-sifat/kelakuan deret berkala atau sebuah proses dimasa lampau dan membuatnya sebagai suatu model matematis untuk masa mendatang, sehingga sifat/kelakuan untuk masa mendatang dapat di-ekstrapolasikan, lihat gambar 3.3.



Gambar 3.3. Prinsip dasar prakiraan dengan metoda kecenderungan

Beberapa teknik perhitungan dengan metoda ini yang banyak digunakan saat ini :

1. Ekstrapolasi kecenderungan; bentuk persamaan matematis yang digunakan biasanya linear, eksponensial, gompertz.
2. Moving average.
3. Eksponensial Smothing.
4. Box-Jenkins.

Secara umum ada dua cara pendekatan dalam analisa kecenderungan ini.

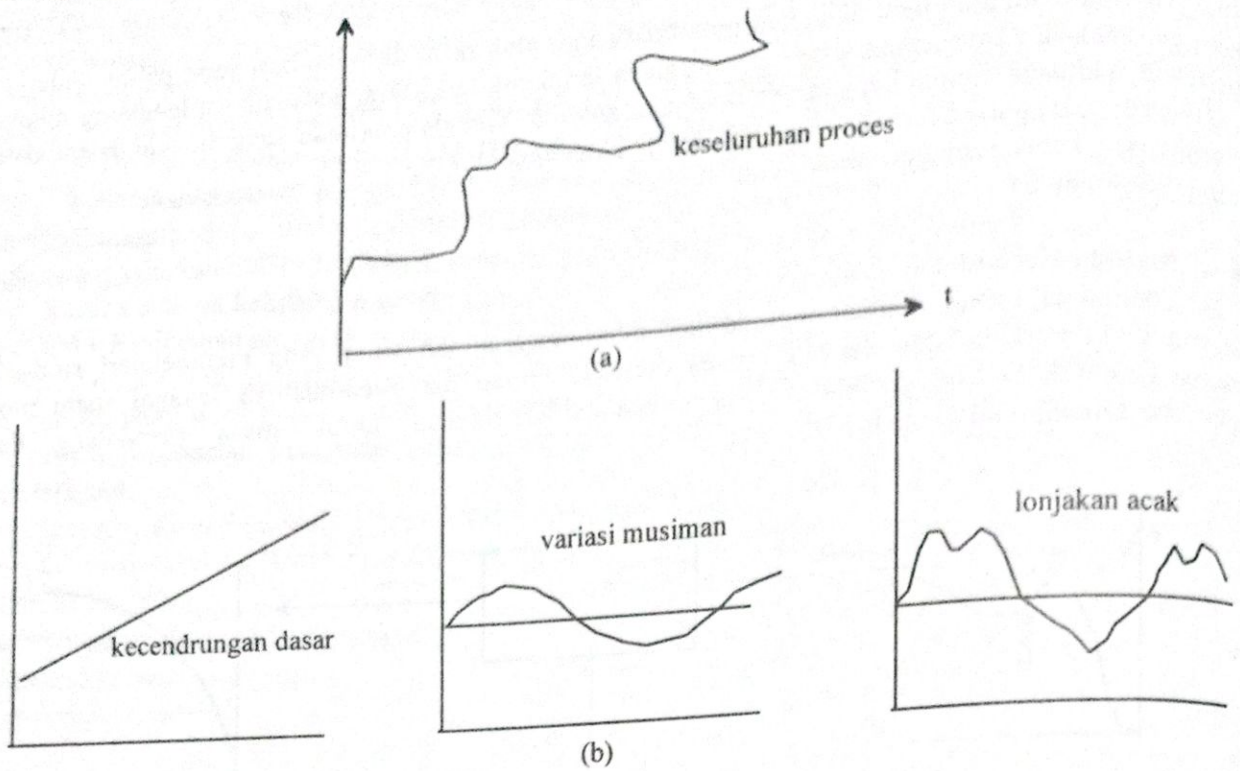
- a. Membuat data aktuil yang ada dalam fungsi matematik yang kontinyu sehingga didapatkan kesalahan yang paling kecil, dan ini disebut sebagai analisa regresi.
- b. Membuat garis atau kurva yang tidak kontinyu dari data yang ada.

Yang terakhir lebih banyak digunakan untuk meramal jangka pendek. Suatu kejadian yang berubah-ubah sebagai fungsi waktu, misalnya beban dari suatu sistem daya dapat dipecah-pecah kedalam 4 komponen utama.

Keempat komponen tersebut adalah :

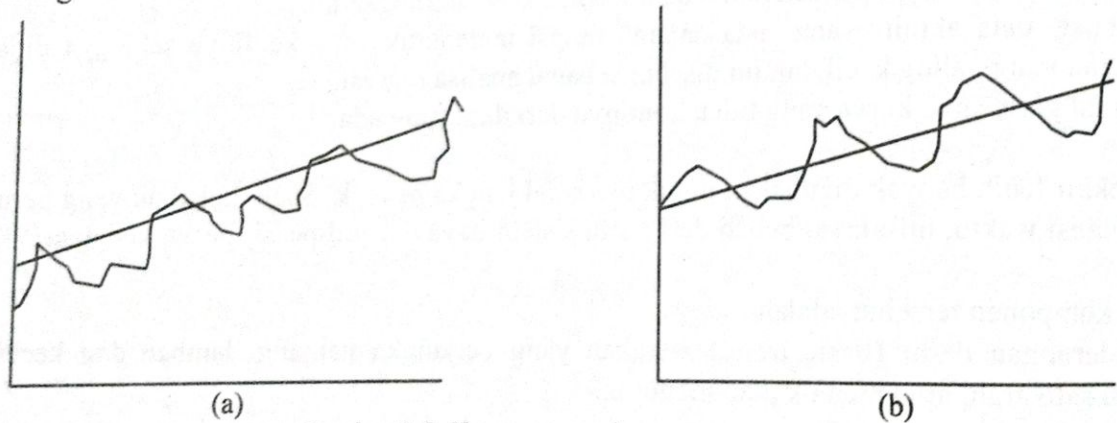
1. Kecenderungan dasar (basic trend), gerakan yang berjangka panjang, lamban dan kecenderungan menuju satu arah, arah menaik atau menurun.
2. Variasi musiman (seasonal variation), merupakan gerakan yang berulang-ulang secara teratur selama kurang lebih setahun (beban bulan, beban tahunan).
3. Variasi siklis (cyclic variation), berlangsung selama lebih dari setahun dan tidak pernah variasi tersebut memperlihatkan pola tertentu mengenai pola gelombangnya.
4. Perobahan perobahan acak yang diamati dari perubahan-perubahan harian pada sistem tenaga, biasanya dalam seminggu atau pada waktu tertentu misalnya, hari libur, cuaca tetentu dan sebagainya.

Sebagai contoh, pada gambar 3.4.a memperlihatkan suatu model proses yang bervariasi kontinyu, yang terdiri dari 3 komponen dasarnya, lihat gambar 3.4.b.



Gambar 3.4 Kurva pertumbuhan beban
 (a) Keseluruhan proses
 (b) Komponen-komponennya.

Dalam peramalan, model proses keseluruhannya dapat dipakai atau hanya beberapa titik-titik tertentu dari selang prosesnya. Sebagai contoh misalnya kita dapat membuat prakiraan dari kurva beban yang komplit atau alternatif lainnya kita hanya membuat prakiraan sistem beban puncak tahunannya saja. Untuk hal yang terakhir ini proses modelnya dilakukan sebagai deret berkala (time series) seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Kurva regresi
 (a) Kurva regresi untuk beban puncak
 (b) Kurva regresi untuk beban rata-ratanya.

Alasan untuk ini ialah dalam perencanaan sistem tenaga kapasitas jaringan didisain disekitar maximum system peak selama setahun, meskipun didalamnya sudah dimasukkan faktor beban lebih. Contoh :

(i). *Kecenderungan linier.*

Kenaikan konsumsi pada tahun-tahun terakhir ini kurang lebih konstan. Data-data konsumsi itu kita kumpulkan dan kemudian kita gambarkan, hasilnya akan merupakan garis lurus.

Proyeksi dari garis lurus ini akan dapat memberikan prakiraan demand dimasa mendatang. Dalam keadaan yang sebenarnya kecenderungan pertumbuhan seperti ini rasa-rasanya tidak mungkin terjadi pada pasokan tenaga listrik pada industri.

Secara matematis kecenderungan pertumbuhannya dapat ditulis:

$$Y_t = a + bt$$

dimana Y_t = konsumsi tenaga listrik pada tahun ke-t.

a = basis konsumsi pada tahun $t = 0$.

b = pertambahan tahunan yang konstan dari konsumsi tenaga listrik.

t = jumlah tahunan dengan referensi terhadap tahun basis, yaitu yang seharga dengan $T-1+n$; dimana T adalah jumlah tahun dari data-data statistik yang dikaji dan n adalah tahun ke- n dari prakiraan yang dikehendaki.

Misalkan $a = 2$ Mwh, $b = 0,18$ Mwh, $n = 0$;

maka $t = T-1+n = 11-1+5 = 15$ tahun,

maka $Y_{15} = 2+0,18 \times 15 = 2+2,7 = 4,7$ Mgh

Prakiraan diatas dapat langsung dibaca dari persamaan garis lurus

$$Y = 2+0,18 t$$

(ii). *Kecenderungan eksponensial.*

Dalam kasus ini data-data dimasa lampau digambarkan kedalam kertas yang berskala logaritma agar didapat proyeksinya berupa garis lurus.

Hubungan matematisnya adalah :

$$Y_t = C_0 (1+m)^t$$

Dimana m = rata-rata pertumbuhan pertahun selama waktu T tahun pengamatan.

Persamaan diatas kita ambil lognya; maka didapat

$$\text{Log } Y_t = a + bt$$

Dimana $a = \text{log } C_0$; $b = \text{log } (1+m)$

Katakanlah data yang kita amati selama 21 thn, dan konsumsi pada tahun referensi $t = 0$ adalah 4862 mu ;

rata-rata pertumbuhan pertahun = 19,65 % maka :

$$a = \text{log } C_0 = \text{log } 4862$$

$$a = 3,686789$$

$$b = \text{log } (1+m) = \text{log } (1+0,0965) = 0,0401866$$

Jadi persamaannya adalah :

$$\text{Log } Y_t = 3,686789 + 0,401866 t$$

Sekarang misalkan kita ingin mengetahui prakiraan konsumsi pada akhir tahun ke-25, yaitu pada $n = 5$; hasil peramalan memberikan :

$$\text{Log } Y_{25} = 3,686789 + 0,401866 \times 25$$

$$= 13,733$$

$$Y_{25} = 5,413 \times 10^{13} \text{ mu}$$

Peramalan konsumsi energi listrik dengan bantuan metode ini dapat dianggap yang paling baik. Cara lain yang dipakai ialah pengujian-silang dan membandingkan hasil akhir agar didapat prakiraan yang memadai.

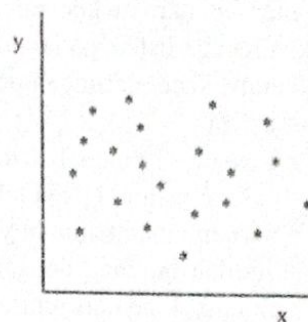
3.6. Model ekonometri

Model ekonometri, pada umumnya model dikaitkan dengan sifat dari salah satu fungsi-fungsi ekonomi dalam bentuk fungsi-fungsi ekonomi lainnya. Model econometri sebenarnya sama dengan model statistik, karena semua variabelnya sudah tertentu dan secara matematis dapat diukur, sehingga disebut model econometric. Seperti pada perencanaan suatu sistem, sering kali modelnya terdiri satu persamaan, dalam hal ini, modelnya disebut model regresi.

Kebanyakan model-model untuk peramalan keseluruhan bebannya termasuk didalamnya indikator ekonomi yang kesemuanya terkait dalam model ekonometrik.

3.7. Teknik Regresi

Untuk mendapatkan gambaran bagaimana hubungan antara dua variabel acak x dan y , pertama-tama data yang berupa pasangan nilai $(x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)$ dilukiskan pada sistem koordinat siku-siku seperti terlihat pada gambar 3.6. Gambar atau diagram seperti ini disebut diagram titik atau diagram pencar (scatter diagram).



Gambar 3.6. Diagram pencar x

Apabila titik-titik pada diagram itu cenderung berada disekitar garis jadi lurus, dua variabel acak tersebut dikatakan mempunyai hubungan linear. Yang menjadi soal ialah bagaimana menentukan persamaan yang paling baik dalam menyatakan hubungan.

Metoda yang dipakai untuk menentukan persamaan ini ialah "metoda kuadrat minimum" (least square method), jadi

$$\sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 \text{ minimum}$$

Jumlah kuadrat kesalahan-kesalahan dipakai bila hal itu memberikan "kecocokan yang baik". Tipe-tipe kurva regresi yang dipakai dalam prakiraan beban sistem tenaga listrik adalah :

- a. Linear $y = A + Bx$
- b. Exponential $y = A(1 + B)^x$
- c. Pangkat $y = Ae^{Bx}$
- d. Polinomial $y = A + Bx + cx^2$
- e. Gompertz $y = Ae^{Be^{cx}}$

Contoh-contoh :

(1). *Garis-lurus Kuadrat Terkecil* (Least Square Line)

Persamaan garis lurus dapat dinyatakan sebagai $y = a + bx$ dan dia adalah beda ordinat antara titik (x, y) dan titik pada garis yang mempunyai absis x_i , lihat gambar 3.7. dan ditentukan oleh :

$$d_i = y_i - a + bx_i$$

$$\text{Jadi } \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - y_i') \text{ minimum} \\ = (y_i - a + bx_i)^2 = \text{minimum}$$

dimana :

d_i = deviasi (beda) = residu

n = jumlah observasi

Untuk mendapatkan nilai $S = \sum_{i=1}^n d_i^2$ minimum, maka turunan partial terhadap a dan b harus sama dengan nol, jadi

$$\frac{\delta S}{\delta a} = 0 \text{ dan } \frac{\delta S}{\delta b} = 0$$

$$\frac{\delta S}{\delta a} = -2 \sum (y_i - a - bx_i) \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\frac{\delta S}{\delta b} = -2 \sum x_i (y_i - a - bx_i) \dots\dots\dots(3.4)$$

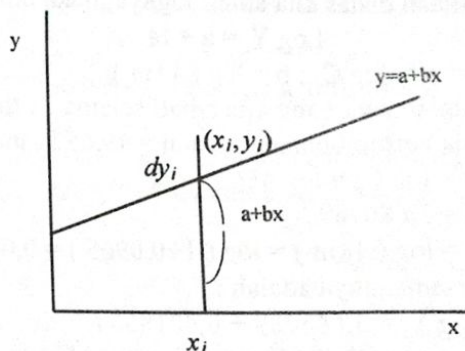
Dari persamaan (3.10) dan (3.11) didapat :

$$\sum y_i = na + b \sum x_i \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\sum x_i y_i = a \sum x_i + b \sum x_i^2 \dots\dots\dots(3.6)$$

Dari kedua persamaan diatas ini dapat dihitung konstanta a dan b .

Hasilnya adalah sebagai berikut :



Gambar 3.7. Menentukan kwadrat terkecil persamaan garis-lurus.

$$a = \frac{y_i(\sum x_i^2) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{n(\sum x_i)^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$b = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n(\sum x_i)^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots(3.8)$$

(2.) Kuadrat minimum parabola.

Persamaan parabola adalah $y_n = a + bx + cx^2$; kuadrat minimum :

$$\sum_{i=1}^n di^2 = [y_i - (a + bx + cx^2)]^2 = \text{minimum}$$

Turunan partial terhadap koefisien a,b dan sama dengan nol, maka didapat :

$$\begin{aligned} \sum y_i &= na + bx_i + cx_i^2 \\ \sum x_i y_i &= ax_i + bx_i^2 + cx_i^3 \dots\dots\dots(3.9) \\ \sum x_i^2 y_i &= a \sum x_i^2 + b \sum x_i^3 + c \sum x_i^4 \end{aligned}$$

Dari ketiga persamaan ini dapatlah ditentukan konstanta a,b dan c.

(3.) Kuadrat Minimum Eksponensial

Cara mendapatkan konstantanya ialah mengubah bentuk $y = Ae^{Bx}$ menjadi persamaan linier. Bila persamaan Eksponensial tersebut diambil Ln-nya maka didapat :

$$\begin{aligned} \ln y &= \ln A + Bx \\ U &= A' + Bx \end{aligned}$$

Untuk persamaan garis lurus $U = A' + Bx$, konstanta A', dan B dapat ditentukan dengan cara yang sama pada contoh (1) di atas.

(4.) Regresi Berganda Linier

Andaikan z merupakan variabel dependen ; x dan y merupakan variabel independen, maka model linier hubungan variabel-variabel diatas secara berganda menjadi :

$$Z = a_0 + a_1x + a_2y$$

Persamaan normal guna mencari koefisien diatas dengan menggunakan metoda kuadrat minimum dapat diberikan sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^n di^2 = [z_i - (a + bx + cx)]^2 = \text{minimum}$$

lebih lanjut didapat:

$$\begin{aligned} \sum z_i &= na_0 + a_1 \sum x_i + a_2 \sum y_i \\ \sum x_i z_i &= a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 + a_2 \sum x_i y_i \\ \sum y_i z_i &= a_0 \sum y_i + a_1 \sum x_i y_i + a_2 \sum y_i^2 \end{aligned}$$

3.8 ANALISA DERET BERKALA

Andaikata variabel y_i merupakan serangkaian hasil observasi dan ke arah yang sama dari waktu yang bergerak secara seragam dan kearah yang sama dari waktu yang lampau ke waktu yang mendatang, maka serangkaian fungsi dari t_i , dinamakan deret berkala (time series) atau data historis.

Dari deret berkala yang khas, seperti beban pada sistem tenaga, secara garis besar terdiri dari 4 komponen yang seakan-akan bebas satu dengan yang lainnya, yaitu :

- a. Trend sekuler
- b. Variasi musiman
- c. Variasi siklis dan
- d. Variasi random (tak tentu)

Tidak semua deret berkala memperlihatkan semua ke 4 komponennya. Tipe kurva beban dari sistem tenaga dapat diberikan oleh persamaan :

$$Y = T \times C \times S \times I \dots\dots\dots(3.10)$$

dimana

- T = kecenderungan yang berjangka panjang (trend sekunder)
- C = trend siklis (selalu berada diatas beberapa tahun)
- S = trend musiman (dalam siklis 1 tahun)
- I = gerakan tak teratur

Kadang-kadang deret berkala dinyatakan oleh penjumlahan ke 4 komponennya yaitu :

$$Y = T + C + S + I \dots\dots\dots(3.11)$$

Metode regresi kuadrat minimum (least square) merupakan metode yang paling cocok untuk peranan jangka panjang.

Metode rata-rata bergerak (moving average) dimana variasi siklis dapat dieliminir dan juga variasi acak dapat dieliminir. Metode ini sederhana, dan selalu digunakan untuk peramalan jangka pendek. Meskipun demikian, metode rata-rata bergerak ini banyak juga kekurangannya, misalnya terdapat kekosongan data permulaan dan akhir. Jika proses perataan dilakukan dengan jumlah tahun yang cukup banyak, sebagian besar fluktuasi-fluktuasi akan dapat diisolasi, sebaliknya akan terdapat banyak kekosongan pada tahun-tahun permulaan dan akhir. Akibatnya, faedah rata-rata bergerak sedemikian itu makin berkurang karena gerakan tahun-tahun terakhir dan permulaan tidak dapat diperlihatkan.

Dengan metode rata-rata bergerak tertimbang (weighted moving average) kelemahan ini dapat dikurangi.

Pengukuran variasi musiman

Fluktuasi-fluktuasi sekitar trend yang berulang secara teratur tiap-tiap tahun dinamakan variasi musiman.

Variasi sedemikian itu dapat disebabkan oleh faktor alami maupun tradisional dan membawa pengaruh terhadap pada variasi itu sendiri. Dalam pengukuran variasi musiman data deret berkala yang digunakan sebagai dasar perhitungan harus diteliti dengan seksama.

Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya deret berkala dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$Y = T + C + S + I \dots\dots\dots(3.11)$$

3.9 Beberapa Metodologi Pembuatan Prakiraan

Metodologi dalam pembuatan prakiraan yang akan kita bahas antara lain mencakup 5 macam. Setiap metodologi, mempunyai kelebihan dan kekurangannya sendiri-sendiri ; ini harus disadari oleh para pemakainya, bilamana menggunakan salah satu dari metodologi untuk memperoleh kemungkinan pengecekan secara silang. Pendekatan terbaik adalah memakai kombinasi dari beberapa metodologi, bila hal ini memungkinkan, sehingga diperoleh keyakinan dan kepercayaan yang lebih besar atas hasil prakiraan.

A. Metode Intuitif (Intuitive Method)

Metode intuitif, termasuk metoda-metoda pembuatan prakiraan dari tenaga ahli dalam bidangnya masing-masing. Banyak penemuan dan inovasi yang diperoleh dengan adanya manfaat penggabungan dana dan daya manusia (man power), misalnya untuk kegiatan penelitian dan pengembangan sehingga dirasakan bahwa menelusuri fikiran-fikiran para ahli dapat memberikan perkiraan-perkiraan yang tepat mengenai apa yang mungkin terjadi dimasa mendatang.

Survei diantara para ahli

Suatu cara adalah dengan mengadakan survei diantara sejumlah ahli mengenai sesuatu hal yang ingin dipikirkan.

Survei itu dapat dilakukan secara lisan maupun tulisan, akan tetapi survei ini dilakukan oleh masing-masing tenaga ahli tersebut, kemudian para ahli tersebut mengadakan pertemuan. Dengan sendirinya cara ini dapat mempengaruhi oleh masing-masing individu dari ahli tersebut, maka prakiraan ini juga disebut prakiraan individual.

Dari survei ini, disusun suatu sari pendapat intuitif yang telah disaring secara rasional dan bermanfaat sebagai data masukan dan bermanfaat sebagai data masukan dalam membuat prakiraan.

Diskusi Panel

Dalam suatu pendekatan panel, sekelompok ahli saling berdiskusi pada satu meja dan secara bersama-sama menelorkan suatu prakiraan. Cara pendekatan diskusi panel ini mempunyai keuntungan, yaitu bersifat murni disiplin.

Akan tetapi, pendekatan ini mempunyai kekurangan-kekurangannya :

1. Kadang-kadang pandangan ekstrim dieliminir, karena adanya keinginan agar dicapai suatu kompromi.
2. Bila dalam cara pendekatan ini tidak dipimpin dengan tegas, pembicara yang terbaik atau pembicara yang statusnya lebih tinggi menjadi dominan.
3. Kebanyakan tenaga ahli tidak mau mengakui kekeliruannya, karena kuatir akan kehilangan muka dan bersitegang leher mempertahankan pandangannya.

Menghayal (Brainstorming)

Ini merupakan modifikasi dari cara pendekatan diskusi panel konservative. Dalam menghayal, suasana pertemuan harus dilakukan secara bebas tanpa suatu larangan, sehingga setiap anggota dapat mengemukakan pendapatnya secara bebas. Cara menghayal ini, harus dipimpin oleh seorang yang cukup terlatih. Dalam pertemuan Brainstorming ini, ditetapkan ketentuan-ketentuan yang harus diikuti sebagai berikut :

1. Pertemuan harus dilakukan secara informal dan bebas. Semua pandangan diizinkan untuk dikembangkan baik yang aneh maupun yang mustahil.
2. Objektif pertemuan dirumuskan dengan istilah-istilah yang jelas dan untuk itu setiap pertemuan hanya satu objektif yang dipilih.
3. Tidak dibenarkan untuk mengeritik atau mempersoalkan pandangan seorang anggota. Tidak ada pertanyaan yang diajukan berupa kendala.
4. Ide yang bukan-bukan pada pertemuan pertama turut dipertimbangkan. Tidak ada pertanyaan tentang kelayakannya atau hal-hal lain mengenai ide yang bukan-bukan ini.
5. Agar tidak terjadi kesungkapan, pertemuan-pertemuan diselenggarakan dalam kelompok-kelompok kecil.

Tehnik Delphi (Delphi Technique)

Tehnik Delphi merupakan suatu metoda untuk memperoleh pendapat dari suatu kelompok besar tenaga ahli secara sistematis dan diselenggarakan perbabak. Tehnik ini merupakan modifikasi dari pendekatan panel, dimana dengan cara ini dapat dihilangkan beberapa kekurangan dari pendekatan panel klasik. Dalam babak pertama, para peserta mendapat persoalan secara tertulis yang perlu dijawab. Setelah semua jawaban terkumpul, diperoleh suatu spektrum dari pandangan-pandangan mengenai persoalan itu. Dari jawaban-jawaban ini, disusun suatu persoalan baru yang menyempitkan spektrum tersebut diatas, jawaban-jawaban baru ini memberikan bahan untuk pertanyaan babak-babak berikutnya, sedangkan pada babak ketiga diatur agar para ahli tersebut berkumpul dalam suatu pertemuan. Para peserta mendapat suatu ikhtisar dari semua jawaban-jawaban, tanpa dijelaskan jawaban itu dari peserta yang mana. Pada babak ini, yang berupa diskusi dapat menghasilkan suatu perkiraan/estimasi yang sudah cukup mendekati apa yang diinginkan. Bila belum dapat pula diselenggarakan babak berikutnya.

Dalam suatu metoda delphi, biasanya diberikan data-data dasar. Sering dianggap, bahwa metoda ini memakan waktu. Akan tetapi metoda ini banyak dipakai, karena masukan bahan yang berharga.

B. Studi kecenderungan sistematik

Studi kecenderungan berdasarkan asumsi, bahwa banyak lengkung-lengkung perkembangan menunjukkan sifat-sifat kesamaan. Oleh karena itu lengkung kecenderungan mempunyai ketentuan yang kuat, sehingga seolah-olah membuktikan bahwa kecenderungan itu tidak dapat berubah begitu saja, sehingga dapat dipakai meramal keadaan masa mendatang. Namun demikian, perlu disadari bahwa

kecenderungan itu hanya memberi arah, demikian pula nilai-nilai sosial masyarakat sering dapat berubah dengan cepat sekali, sehingga perlu diselidiki adanya pengaruh lain.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, kecenderungan ini merupakan gerakan deret berkala secara linear maupun secara non linear.

Ekstrapolasi kecenderungan (Trend Extrapolation)

Dalam metode ekstrapolasi kecenderungan, angka-angka dari masa lampau dicatat sebagai fungsi dari waktu, untuk mendapatkan semacam lengkung rata-rata, dan kemudian menyambung / meneruskan lengkung itu untuk masa mendatang.

Jadi secara umum dikatakan, bahwa prakiraan diperoleh dengan menggunakan teknik extrapulasi dari data-data berkala dimasa lampau.

Ada tiga (3) tingkat model matematis untuk deret berkala ini:

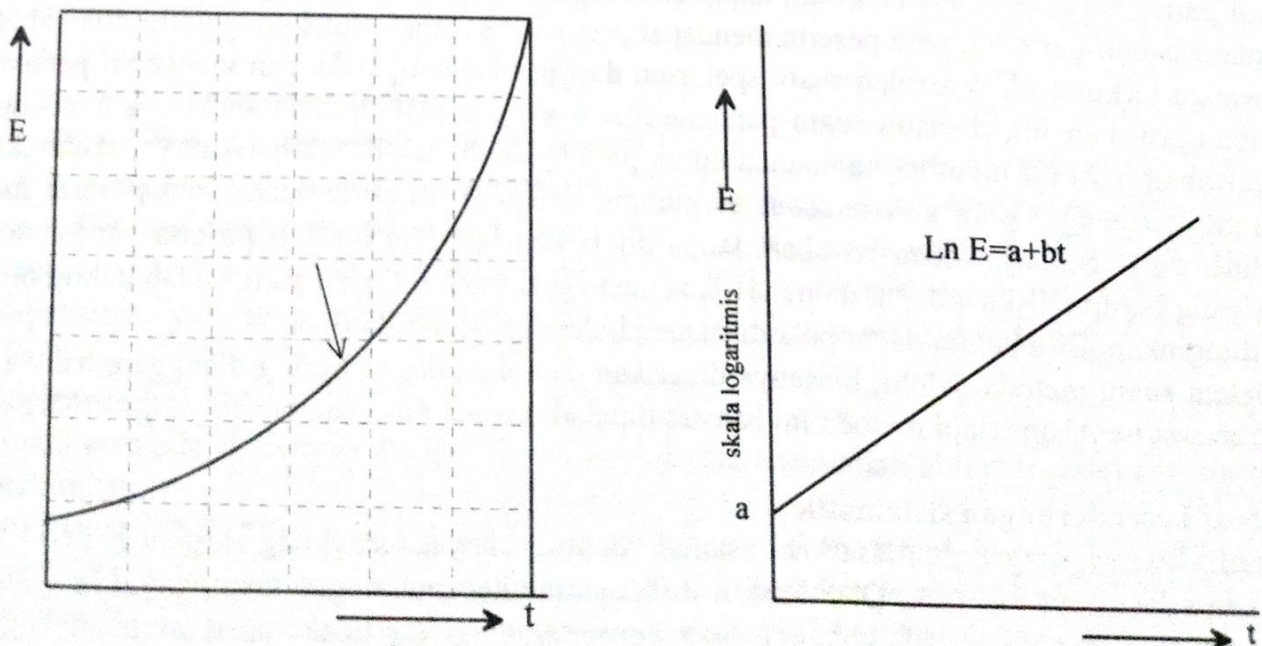
- paling sederhana adalah penggunaan growth rate (tingkat pertumbuhan) atau moving average (metode rata-rata bergerak) pada data-data historisnya dan mengadakan ekstrapolasi untuk masa mendatangnya.
- model yang disempurnakan, eksponensial dengan rata-rata tertimbang bergerak (exponential weighted moving average)
- model yang lebih tinggi, autoregressive integrated moving average (ARIMA) dikenal dengan Box Jenkins Technique.

Dengan analisa deret berkala, dimungkinkan kita mengetahui perkembangan waktu ataupun kejadian serta hubungan antara pengaruhnya terhadap kejadian lainnya. Ekstrapulasi kecenderungan yang berdasarkan pada fungsi matematik, seperti misalnya fungsi eksponensial; diasumsikan bahwa semua kejadian-kejadian dan ukuran-ukuran yang menentukan atau mempengaruhi pertumbuhan kebutuhan historis akan berlangsung terus dengan pengaruh yang sama dimasa mendatang. Jika misalnya dicatat pemakaian energi E selama sekian tahun yang lalu sebagai fungsi dan waktu, dan bila pertumbuhan daripada E lebih besar bila E berupa fungsi linier maka secara matematis lengkungnya dinyatakan :

atau
$$E = f(t) = Ae^{bt} = e^{(a+bt)} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$\ln E = a + bt \dots\dots\dots(3.13)$$

lihat gambar 3.9



Gambar 3.9. Extrapolasi kecenderungan

Yang terpenting disini ialah besaran "b" yang merupakan koefisien pertumbuhan dan biasanya dinyatakan dalam prosen (%). Untuk menentukan fungsi ini, diperlukan data-data yang seteliti mungkin, dan dengan sebanyak mungkin; namun perlu dicatat mengenai jangka waktunya agar dibatasi sedemikian rupa sehingga parameter lainnya seperti misalnya keadaan ekonomi, perkembangan teknologi masih dianggap sama dalam jangka data-data yang dipakai.

Korelasi kecenderungan (Trend correlation)

Metoda ini berdasarkan pada jumlah energi yang diperlukan dimasa mendatang dikaitkan dengan perkembangan ekonomi pada umumnya. Oleh karena konsumsi energi merupakan bagian yang cukup penting dari konsumsi industri sebagai suatu besaran yang mewakili perkembangan ekonomi. Namun perlu disadari bahwa besaran ini terlalu banyak dipengaruhi oleh situasi/keadaan, sehingga tidak begitu stabil.

Suatu besaran lain yang dianggap representatif adalah Produksi Nasional Bruto (PNB) atau Gross National Product (GNP), yang terdiri atas nilai uang dari semua produk yang diberikan dari semua perekonomian masyarakat itu secara keseluruhannya. Namun demikian, korelasi antara PNB (GNB) itu dan keperluan energi tidak kostan, karena keperluan energi di dalam pelbagai sektor ekonomi tidaklah sama sehingga PNB (GNB) itu sendiri tergantung pada komponen-komponennya yang juga berubah karena komponen-komponen dari PNB (GNB) berubah. Pergeseran-pergeseran dalam bentuk ini sering terjadi, sehingga tetap ada suatu ketidakpastian di dalam cara ini. cara-cara perhitungan ini sering dinamakan *Metoda Ekonometri*.

Teknik Substitusi (Substitution Technique)

Parameter suatu teknologi sering dapat diramalkan dengan mempergunakan ekstrapolasi tingkat/ratio substitusi teknologi tersebut dengan teknologi sekarang. Teknik ini, dengan menggunakan tingkat perbandingan ini dikembangkan oleh J.C Fisher dan R.H. Pry dari General Electric. Model substitusi Fisher dan Pry dilandaskan pemikiran sebagai berikut :

1. Banyak kemajuan teknologi dapat dianggap sebagai saingan pengganti dari suatu teknologi yang ada, dengan teknologi yang baru ini dipenuhi juga kebutuhan yang sama.
2. Bila penggantian ini bergerak beberapa prosen dari seluruh pemakaian maka proses ini akan berlangsung sampai selesai.
3. Tingkat fraksi substitusi dan teknologi baru terhadap teknologi lama, berbanding lurus dengan sejumlah sisa dari teknologi lama yang masih harus berganti.

Secara matematis hal ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{1}{f} \frac{df}{dt} (1 - f) \dots\dots\dots(3.14)$$

$$\frac{1}{f} \frac{df}{dt} (2\alpha(1 - f)) \dots\dots\dots(3.15)$$

dimana :

f = fraksi dari teknologi baru atau taraf substitusi

2α = konstanta.

Pernyataan persamaan (3.14) diperlihatkan oleh pers.(3.15).

$$\frac{f}{1-f} = e^{2\alpha(1-t_0)} \dots\dots\dots(3.16)$$

dimana t₀ waktu pada saat mana substitusi mencapai 50% atau f = 0,5.

Dari pers.(3.15), dapat diketahui bahaw bila kita ambil logaritma dari f/(1-f), dan menggambarannya sebagai fungsi dari waktu; pada saat permulaan substitusi, akan didapat garis lurus yang dapat diekstrapolasikan untuk masa mendatang. Masa penggantian waktu dianggap cukup teliti untuk nilai f = 0,1 dan 0,9. Kurva yang dihasilkan dapat digambarkan kembali pada ukuran linier bagi f

sebagai fungsi waktu. Dalam keadaan sebenarnya substitusi dapat dimulai pada setiap waktu dan tidak pada nilai $f = 1$, pada mana nilai modelnya menjadi tak terhingga ($f = 1 \rightarrow \frac{f}{1-f} = \infty$). Kesalahan ini efeknya tidak berarti dalam prakiraan. Bila pada waktu mula beberapa persen dari substitusinya diketahui, ekstrapolasi dari kurva substitusi dapat dipakai sebagai perkiraan untuk substitusi dimasa mendatang.

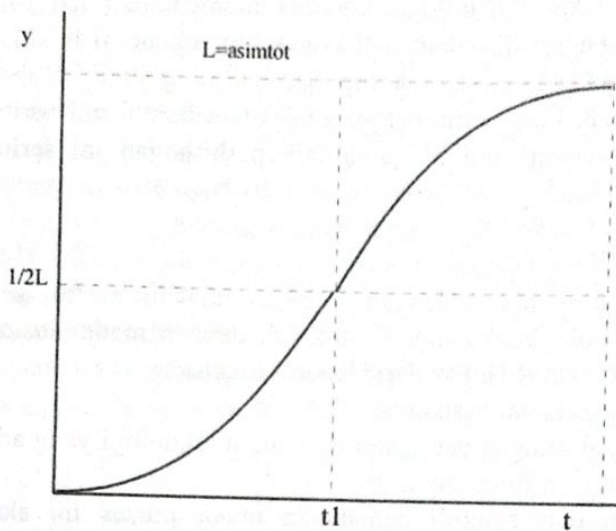
C. KURVA PERTUMBUHAN (GROWTH CURVES)

Banyak kesamaan antara pertumbuhan biologi dengan teknologi pertumbuhan, dan inilah sebagai dasar dari kurva pertumbuhan. Dari pengamatan ini, diterapkan kurva pertumbuhan biologi, sebagai teknik dalam memprakirakan pertumbuhan.

Kurva Pearl

Pada azasnya, trend pertumbuhan (growth trend) yang menaik akhirnya akan mendekati suatu titik maksimal sebagai batas. Dengan perkataan lain trend pertumbuhan dapat berlangsung secara kontinyu tetapi dengan ratio pertumbuhan yang makin lama makin menurun.

Kurva Pearl-reed, merupakan salah satu kurva yang umum digunakan bagi penggambaran suatu pertumbuhan. Persamaan kurva Pearl-Reed diberikan secara umum sebagai berikut :



Gambar 3.10. Kurva Pearl

$$y = \frac{L}{1 + ae^{-bt}} \dots\dots\dots(3.17)$$

dimana :

y = keadaan pada waktu t

L = limit atas atau asimtot bagian atas pertumbuhan

t = waktu

a dan b = konstanta

Pada kurva Pearl (lihat gambar 3.10.), yang juga dikenal sebagai kurva logistik, y merupakan nilai 0 pada $t = -\infty$ dan mencapai nilai L pada $t = +\infty$

Kurvanya simetris pada titik balik $y = L/2$, lihat gambar 3.10. Persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk lain sebagai berikut :

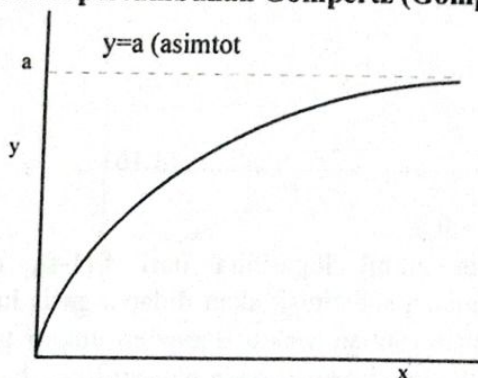
$$\frac{L}{y} = 1 + ae^{-bt} \dots\dots\dots(3.18)$$

$$\left(\frac{L}{y} - 1\right) = ae^{-bt}$$

$$\ln(L/y - 1) = Y = \ln a - bt \dots\dots\dots(3.19)$$

Bila $\ln\left(\frac{L}{y} - 1\right)$, digambarkan terhadap waktu, kita akan mendapatkan garis lurus, dan dapat diekstrapolasi untuk mendapatkan keadaan masa mendatang.

Kurva pertumbuhan Gompertz (Gompertz growth curve)



Gambar 3.11. Kurva Gompertz

Kurva pertumbuhan lainnya ialah kurva Gompertz, gambar 3.11, yang acap kali digunakan dalam tehnik peramalan. Persamaan kurva Gompertz ditentukan sebagai berikut:

$$y = a b^{cx} \dots\dots\dots(3.20)$$

dimana :

a = asimtot atau batas dari trend pertumbuhan

b = jarak antara y dimana x = 0 dengan asimtot atas

c = ratio selisih-selisih pertama secara berturut-turut.

Bila persamaan tersebut dinyatakan dalam bentuk logaritma, maka akan diperoleh :

$$\log y = \log a + (\log b) c^x$$

Secara teoritis, bila jumlah observasi data subperiode ialah sebesar n , maka besarnya nilai-nilai konstanta c , $\log b$, dan $\log a$ dapat dihitung dari 3 buah persamaan dibawah ini.

$$c^n = \frac{\sum_1 \log y - \sum_2 y}{\sum_2 \log y - \sum_1 \log}$$

$$\log b = (\sum_2 \log y - \sum_1 \log y) \frac{c-1}{(c^n-1)^2}$$

dan

$$\log a = \frac{1}{n} \left(\sum_1 \log y - \frac{c^n-1}{c-1} \right) \log b$$

dimana :

n = jumlah tahun dalam setiap subperiode.

Prosedur pencarian trend dilakukan sebagai berikut :

1. Bagilah data deret berkala itu ke dalam 3 kelompok dengan jumlah tahun serta nilai observasi yang sama.
2. Tentukan nilai-nilai $\log y$ dari setiap kelompok, untuk mendapatkan nilai $\sum \log y$.
3. Masukkan nilai-nilai tersebut (b) ke dalam tiga persamaan diatas.

D. PERAMALAN NORMATIF (NORMATIVE FORECASTING)

Pada azasnya, pada cara peramalan Normatif, terlebih dahulu ditetapkan sasaran yang hendak dicapai, dari keadaan mula atau yang sekarang. Untuk mencapai sasaran yang ditetapkan itu, perlu diperhatikan keadaan yang sedang berlangsung, indikator ekonomi dan faktor-faktor lainnya.

Analisa Morphologis (Morphological Analysis)

Morphologis analysis, diperkenalkan oleh Fritz Zwicky dengan dasar pertimbangan bahwa semua penyelesaian yang mungkin untuk memecahkan suatu persoalan, diuji terlebih dahulu, sebelum dipilih sebagai salah satu penyelesaian yang terbaik. Jadi pada metoda ini, termasuk rincian permasalahan ke dalam bagian-bagian:

- a. Yang dapat dikembangkan
- b. Mempunyai kebebasan
- c. Yang tidak ada hubungan hearsinya

Jadi untuk keperluan ini disusun semua faktor spesifikasi untuk proses yang perlu dinilai ditentukan dan sasaran dalam bentuk kasus Morphologi, untuk menilai semua kombinasi mungkin, tanpa memperhatikan apah masuk akal atau tidak. cara ini mirip mengkhayal namun dilakukan secara sistematis.

Jadi pengujian sistematis ini terhadap semua kemungkinan gabungan penyelesaian dari seluruh bagian individu persoalan, menelorkan penyelesaian yang baru terhadap keseluruhan persoalan.

E. MODEL ANALITIS DAN MODEL DYNAMIC (ANALYTICAL MODELS AND DYNAMIC MODELS)

Pada kurva trend atau kurva pertumbuhan, diasumsikan bahwa kondisi yang menghasilkan prakiraan masa mendatang, kelakuannya akan terus berlangsung dan sama untuk masa mendatangnya.