

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Permalan Beban (*Forecasting*)

Forecasting atau peramalan adalah prediksi untuk peristiwa masa depan dan merupakan masalah penting yang mencakup berbagai bidang termasuk politik, bisnis dan industri, kedokteran, pemerintahan, ekonomi, ilmu sosial dan juga keuangan. Peramalan sering diklasifikasikan kedalam jangka pendek, jangka menengah dan juga jangka panjang. *Time series analisis* dan peramalan digunakan oleh manajer dalam memprediksi suatu kejadian yang digunakan dalam pengambilan keputusan berdasarkan pola yang terjadi dimasa lalu sehingga prediksi yang akan dihasilkan lebih akurat. Model *time series* memprediksi masa depan dengan menggunakan data historis.

2.2. Karakteristik Beban

a. Sifat beban

Adalah perlu mengetahui sifat umum dari beban yang karakteristiknya ditentukan oleh faktor kebutuhan (*demand factor*), faktor beban (*load factor*), atau faktor diversitas.

b. Tipe-tipe beban

Pada umumnya, tipe-tipe beban dapat di bagi dalam katagori berikut:

Perumahan (<i>domestic</i>)	:	Ini terdiri dari alat-alat rumah tangga misalnya pemanas, lemari es, alat pendingin udara (<i>air conditioner</i>), alat pengaduk, alat pemanggang, kompor listrik dan motor- motor kecil untuk pompa, alat kecil untuk rumah tangga yang lain.
Komersial (<i>commercial</i>)	:	Ini terutama terdiri atas penerangan untuk toko-toko dan reklame dan sebagainya, kipas angin, air conditioner, pemanas dan alat listrik lainnya yang dipakai pada bangunan perdagangan, seperti toko-toko, restoran pasar-pasar, dan sebagainya.
Industri (<i>Industrial</i>)	:	beban ini mungkin mempunyai tingkat daya tipikal industri rumah tangga 5 kW, industri skala kecil 5-25 kW, industri dengan skala menengah 25-100 kW, industri besar 100-500 kW, industri berat diatas 500 kW. Kedua jenis beban terakhir membutuhkan daya pada periode yang lebih lama dan tetap sama dalam sehari.
Kota (<i>municipal</i>)	:	Beban ini adalah untuk penerangan jalan dan selalu tetap sepanjang malam.

		Lampu jalan terutama dibutuhkan waktu malam tetapi ada beban kecil untuk lampu lalu lintas.
Pertanian (Agriculture)	:	Beban ini di butuhkan untuk penyediaan air irigasi dengn menggunakan pompa air yang digerakan oleh motor listrik.
Beban beban lain	:	Di luar beban-beban yang telah disebutkan di atas, masih ada beban-beban lain misalnya penyediaan yang besar, industri khusus seperti kertas, tekstil, dan sebagainya, dan alat-alat tarik dan beban dari pemerintah yang mempunyai karateristiknya sendiri.

2.3. Teori Korelasi

Metode untuk menentukan perubahan suatu kurva kecendrungan yang dikenal juga metode regresi. Metode regresi digunakan dengan perhitungan yang cukup sederhana dan hasil yang baik. Metode regresi ini mengelola data masa lampau yang sudah ada.

Ketelitian dari metoda regresi dapat terlihat dari koefesien korelasinya (r). Koefesien korelasi memperlihatkan besarnya hubungan antara variabel X dan variabel Y dari suatu kurva dan mempunyai nilai -1 atau $+1$, dan dan dinilai buruk bila berharga mendekati nol.

Bila $r = +1$, hubungan antara variabel X dan variabel Y adalah sempurna dan positif.

Bila $r = -1$, hubungan antara variabel X dan variabel Y adalah sempurna dan negatif.

Bila $r = 0$, hubungan antara variabel X dan variabel Y lemah sekali (tidak ada).

Rumus koefesien korelasi (r) adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{\sum X_i Y_i}{\sqrt{\sum X_i^2} \sqrt{\sum Y_i^2}} \quad (2.3)$$

dengan

$$X_i = X_i - \bar{X}; \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.3a)$$

$$Y_i = Y_i - \bar{Y}; \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \quad (2.3b)$$

Y_i , adalah data Y_i ke n

X_i , adalah data X_i ke n

n , adalah banyak data ($n = 1, 2, 3, \dots, n$)

Persamaan (2.3) diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{[n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2] [n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}}$$

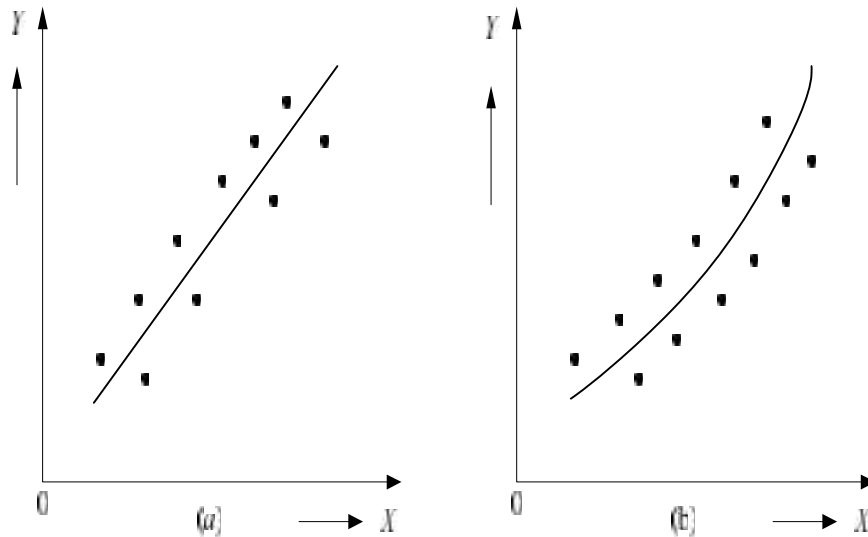
2.4. Membuat Grafik Persamaan

Didalam prakteknya sering kita menjumpai suatu hubungan antara dua variabel, sebagai contoh :

- Keliling lingkaran tergantung dari jari-jari lingkaran itu.
- Tekanan gas dalam suatu ruangan tertutup tergantung dari temperatur dan volumenya.

Seringkali hubungan antara kedua variabel ini dinyatakan dengan suatu persamaan matematik. Untuk menentukan persamaan matematik itu langkah pertama adalah mengumpulkan data yang menunjukkan hubungan antara dua variabel itu, misalnya kedua variabel itu disebut X_1 dan Y_1 ; X_2 dan Y_2 dan seterusnya. Selanjutnya titik-titik itu (X_1, Y_1) ; (X_2, Y_2); (X_n, Y_n) digambarkan pada sebuah susunan salib sumbu. Kumpulan titik-titik ini dinamakan diagram

penyebaran. Dari diagram penyebaran ini umumnya dibuat suatu kurva pendekatan, seperti contoh Gambar 2.4 dibawah ini



Gambar 2.4. Diagram penyebaran dan kurva pendekatan
(a) Linier.
(b) Non linier.

Kurva pendekatan dapat digolongkan dalam dua golongan seperti :

1. Kurva linier (garis lurus)
2. Kurva non linier (tidak lurus)

Dengan digambarkannya kurva pendekatan itu maka langkah selanjutnya adalah menentukan persamaan grafik atau kurva tersebut.

Adapun bentuk-bentuk kurva regresi yang sering dipergunakan adalah sebagai berikut :

1. $Y = a + bX$ (linier).
2. $Y = a e^{bX}$ (eksponensial).

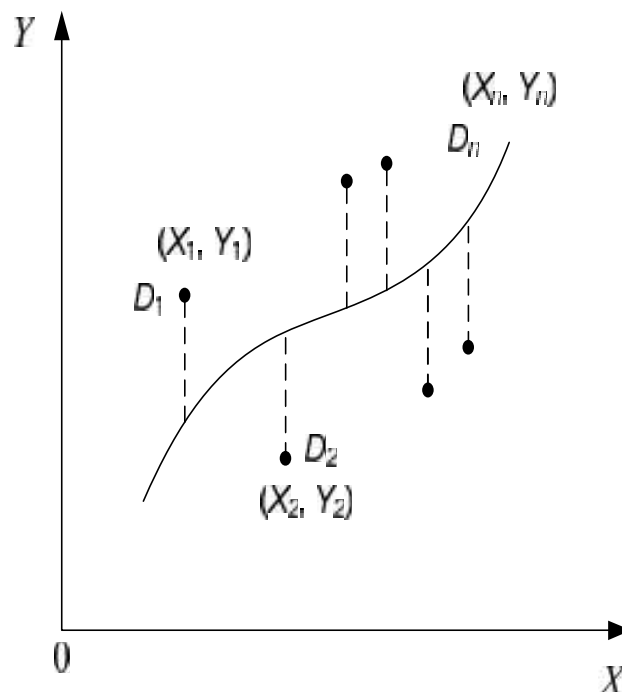
Kadang – kadang pada suatu persamaan kita harus mentransformasikan variabel-variabel dengan maksud untuk mendapatkan kurva-kurva yang lebih sederhana, sehingga perhitungan juga akan menjadi lebih sederhana.

Bila persamaan grafik diketahui , maka dapat mencari konstanta-konstanta persamaan itu, dan ada kelemahannya yaitu bahwa setiap pengamat dapat membuat grafik serta persamaannya menurut kemauannya masing-masing meskipun dari diagram penyebaran yang sama.

2.5. Metode Kwadrat Terkecil

Metode kwadrat terkecil yaitu suatu metode untuk menghitung nilai a dan b dari persamaan regresi ($Y = a + bX$), sedemikian rupa, sehingga jumlahan kesalahan kwadrat adalah terkecil. Metode ini dapat dikatakan suatu penyempurnaan dari metode bebas, sehingga dari metode ini akan di dapatkan kurva terbaik dan memenuhi syarat tertentu.

Misalkan ada n pasangan variabel ; (X_1 , Y_1) ; (X_2 , Y_2) ; (X_n , Y_n) ; kemudian titik ini digambarkan pada sumbu-sumbu sehingga diagram penyebaran seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Kwadrat terkecil

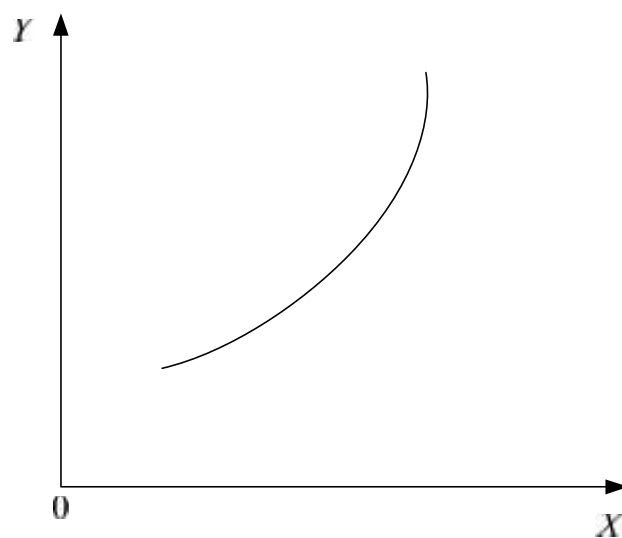
Kemudian dibuat kurva pendekatan, kurva yang terbaik ialah jumlah kwadrat deviasinya minimum atau $D_1^2 + D_2^2 + D_3^2 + \dots + D_n^2 = \text{minimum}$. Kurva ini dinamakan kurva kwadrat terkecil sesuai dengan syaratnya.

2.6. Kurva Garis Lurus Kwadrat Terkecil

Regresi linier atau metode kwadrat terkecil adalah salah satu untuk menentukan metode garis lurus terbaik dari sebaran data yang memiliki atau dibentuk memiliki kecendrungan mendekati garis lurus atau persamaan linier. Suatu persamaan linier akan memenuhi: $Y = a + bX$ dipergunakan untuk memperkirakan harga Y bila harga X sudah diketahui. Nilai X adalah nilai yang sudah diketahui atau sudah terjadi, menurut rencana, atau berdasarkan nilai perkiraan. Jika kita mempunyai sekumpulan data pasangan (x,y) dan data tersebut digambarkan dalam bentuk grafik linier maka akan di peroleh suatu garis lurus.

2.7. Trend Eksponensial

Penyelesaian persamaan ini dilakukan dengan jalan pembentukan transformasi, dari beberapa variabel untuk mendapatkan suatu persamaan linier, Gambar 2.7 adalah contoh dari *trend* eksponensial.



Gambar 2.7. *Trend* eksponensial

Persamaan *trend* eksponensial diberikan sebagai berikut :

$$Y = ae^{bX} \quad (2.7)$$

Bila Persamaan *trend* eksponensial pada Persamaan (2.7) diatas dinyatakan dalam bentuk logaritma, maka akan diperoleh perumusan bentuk linier sebagai berikut

$$\ln Y = \ln a + bX \quad (2.8)$$

atau

$$Y' = a' + bX \quad (2.9)$$

dengan

$$Y' = \ln Y$$

$$a' = \ln a$$

2.8. Menentukan Koefisien a dan b Dari Persamaan Garis Regresi $Y = a + bX$

Garis regresi $Y = a + bX$ dipergunakan untuk memperkirakan harga Y bila harga X sudah diketahui atau sudah terjadi, menurut rencana atau berdasarkan harga perkiraan.

Hubungan antara X dan Y yang sebenarnya adalah

$$Y = A + BX + E \quad (2.10)$$

dengan

A adalah suatu bilangan konstan, merupakan harga Y kalau $X = 0$ dan $E = 0$

B adalah koefisien regresi sebenarnya, sering disebut koefisien arah. Kalau X naik satu unit, maka Y naik B kali.

E adalah kesalahan pengganggu (*disturbances error*) sering juga dipergunakan lambang μ

A dan B disebut parameter yang pada prakteknya kita tidak pernah tahu harga sebenarnya, tetapi dapat diperkirakan. Bila a , b , dan e adalah perkiraan A , B , dan E berturut-turut, maka perkiraan hubungan X dan Y adalah sebagai berikut:

$Y = a + bX + e$, dalam bentuk persamaan garis regresi yang sederhana adalah

$$\hat{Y} = a + bX \quad (2.11)$$

Bila ada n harga observasi X dan Y , maka untuk observasi ke- i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), X_i dan Y_i mempunyai bentuk Persamaan sebagai berikut :

$$\hat{Y} = a + b X_i \quad (2.12)$$

dengan

X_i adalah variabel bebas

$\hat{Y}$ adalah variabel tidak bebas

dan

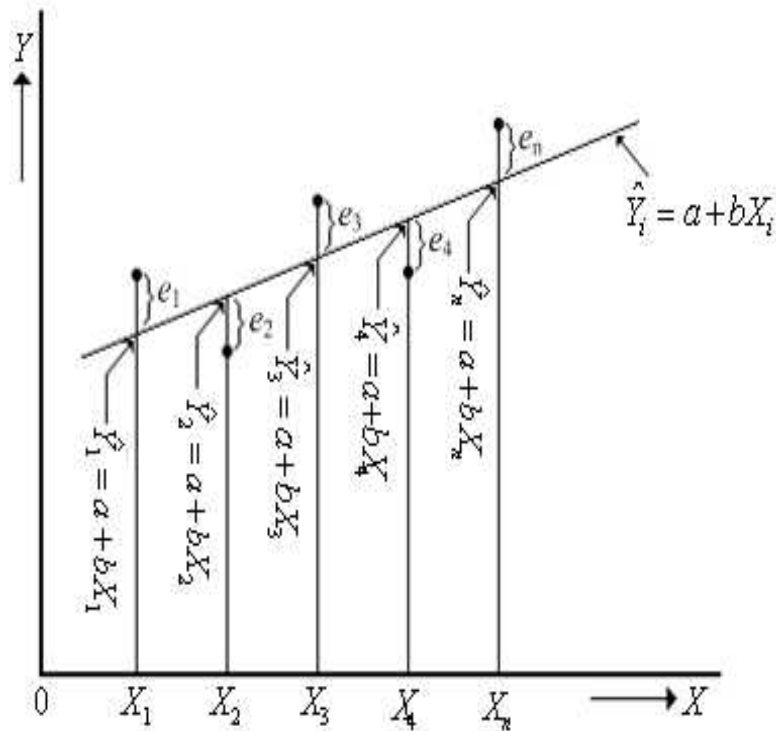
$$Y_i = \hat{Y}_i + e_i$$

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

dengan

Y_i adalah harga observasi ke- i (melalui hasil pencatatan)

$\hat{Y}_i$ adalah harga yang diperoleh dari persamaan regresi ; $\hat{Y}_i = a + bX_i$



Gambar 2.8. Kurva regresi $\hat{Y} = a + bX$

Gambar 2.8 diatas memperlihatkan garis regresi $\hat{Y}_i = a + bX$, yang diperoleh dari data X_i dan Y_i .

Untuk menghitung a dan b digunakan metoda kwadrat terkecil (*least square*) yaitu suatu metoda untuk menghitung a dan b sebagai perkiraan A dan B sedemikian sehingga kesalahan kwadratnya terkecil, atau $\sum_{i=1}^n e_i^2$ minimum.

$$\begin{aligned}
 \text{Bila } F &= \sum e_i^2 \\
 &= \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \\
 &= \sum (Y_i - a - bX_i)^2
 \end{aligned} \tag{2.13}$$

Untuk mendapatkan harga minimum, Persamaan (2.13) diturunkan satu kali secara parsial.

$$\frac{\partial F}{\partial a} = 2 \sum (Y_i - a - bX_i) (-1) \tag{2.14}$$

$$\frac{\partial F}{\partial b} = 2 \sum (Y_i - a - bX_i) (-X_i) \tag{2.15}$$

Harga minimum diperoleh bila Persamaan (2.14) dan (2.15) sama dengan nol.

$$\frac{\partial F}{\partial a} = 0, \text{ sehingga}$$

$$\sum (Y_i - a - bX_i)(-1) = 0$$

$$-\sum Y_i + \sum a + b \sum X_i = 0$$

atau

$$an + b \sum X_i = \sum Y_i \quad (2.16)$$

dan

$$\frac{\partial F}{\partial b} = 0, \text{ sehingga}$$

$$(Y_i - a - bX_i)(-X_i) = 0$$

atau

$$a \sum X_i + b \sum X_i^2 = \sum X_i Y_i \quad (2.17)$$

dari Persamaan (2.17) diperoleh

$$a = \frac{1}{n} \sum Y_i - \frac{b}{n} \sum X_i \quad (2.18)$$

diringkas menjadi

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (2.19)$$

dengan

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum Y_i$$

Dari Persamaan (2.18) dan (2.19) diperoleh harga b sebagai berikut

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2.20)$$

2.9. Metode Perkiraan Beban Puncak

Perkiraan beban puncak di sisi sekunder pada masing-masing unit transformator distribusi suatu sistem jaringan listrik distribusi primer dihitung berdasarkan hasil perkiraan beban terpasang di sisi sekunder transformator distribusi. Perhitungan beban puncak dilakukan dengan menggunakan harga faktor kebutuhan (*demand factor*). Faktor kebutuhan dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut

$$DF = \frac{S_{maks}}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (2.21)$$

dengan beban puncak (S_{maks}) yang dilayani oleh generator (sumber sistem) dapat ditentukan pada kurva beban pemakaian harian. Sehingga beban puncak dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut

$$BP(t) = BT(t) \times DF(t) \quad (2.22)$$

dengan $BP(t)$ adalah beban puncak dalam satuan kVA, $BT(t)$ adalah beban terpasang dalam satuan kVA, dan $DF(t)$ adalah *demand factor*.

BAB 3

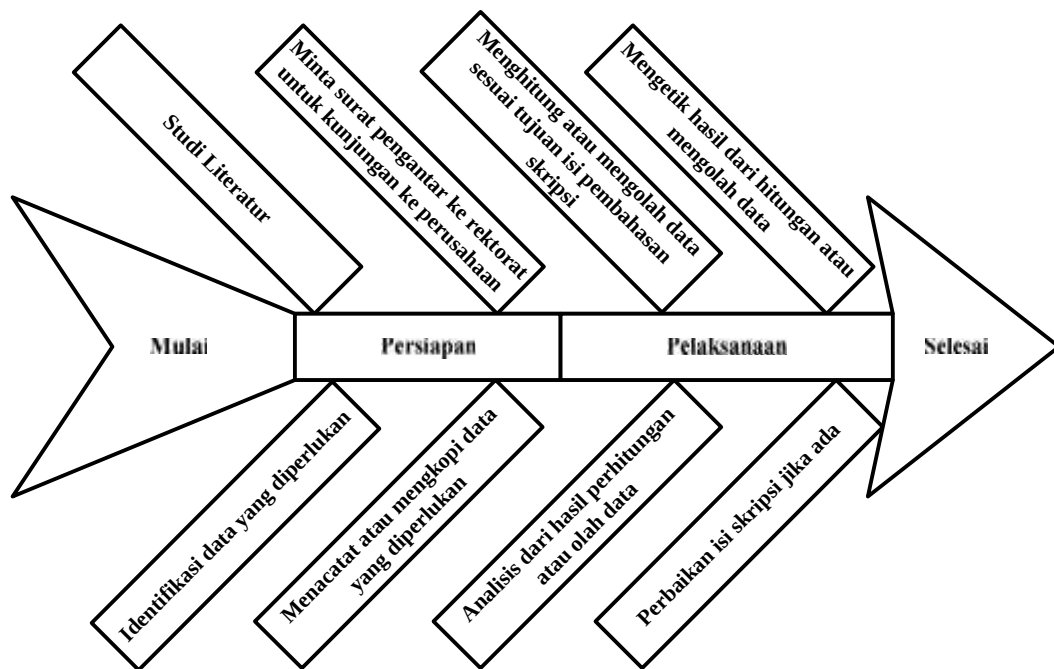
METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan tempat

Dalam penelitian ini dilakukan dilaboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang dari Bulan April sampai Juli 2019.

3.2. *Fishbone* Penelitian

Fishbone penelitian adalah seperti terlihat pada Gambar 3.1 dibawah ini



Gambar 3.2. *Fishbone* Penelitian.

Dari Gambar 3.2 di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Persiapan

Persiapan awal yang harus dilakukan adalah dimulai dari studi literatur dan dilanjutkan dengan minta surat pengantar ke rektorat untuk kunjungan ke perusahaan, setelah itu identifikasi data yang diperlukan sesuai dengan isi pembahasan dalam skripsi, dan mencatat atau mengkopi data yang diperlukan.

2. Pelaksanaan

Pelaksanaan akan dilakukan jika persiapan telah selesai. Apabila persiapan telah selesai maka langkah selanjutnya adalah menghitung atau mengolah data sesuai tujuan isi pembahasan dalam skripsi, dilanjutkan dengan mengetik hasil dari perhitungan atau mengolah data, analisa dari hasil perhitungan atau olah data, dan yang terakhir perbaikan isi skripsi jika ada.

3.3. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1 unit PC
- 1 buah printer Epson L355
- 1 buah software Microsoft office Visio 2007
- 1 Rim kertas A4, 80gram

BAB 4

DATA, PERHITUNGAN DAN ANALISA

4.1. Data Pengukuran

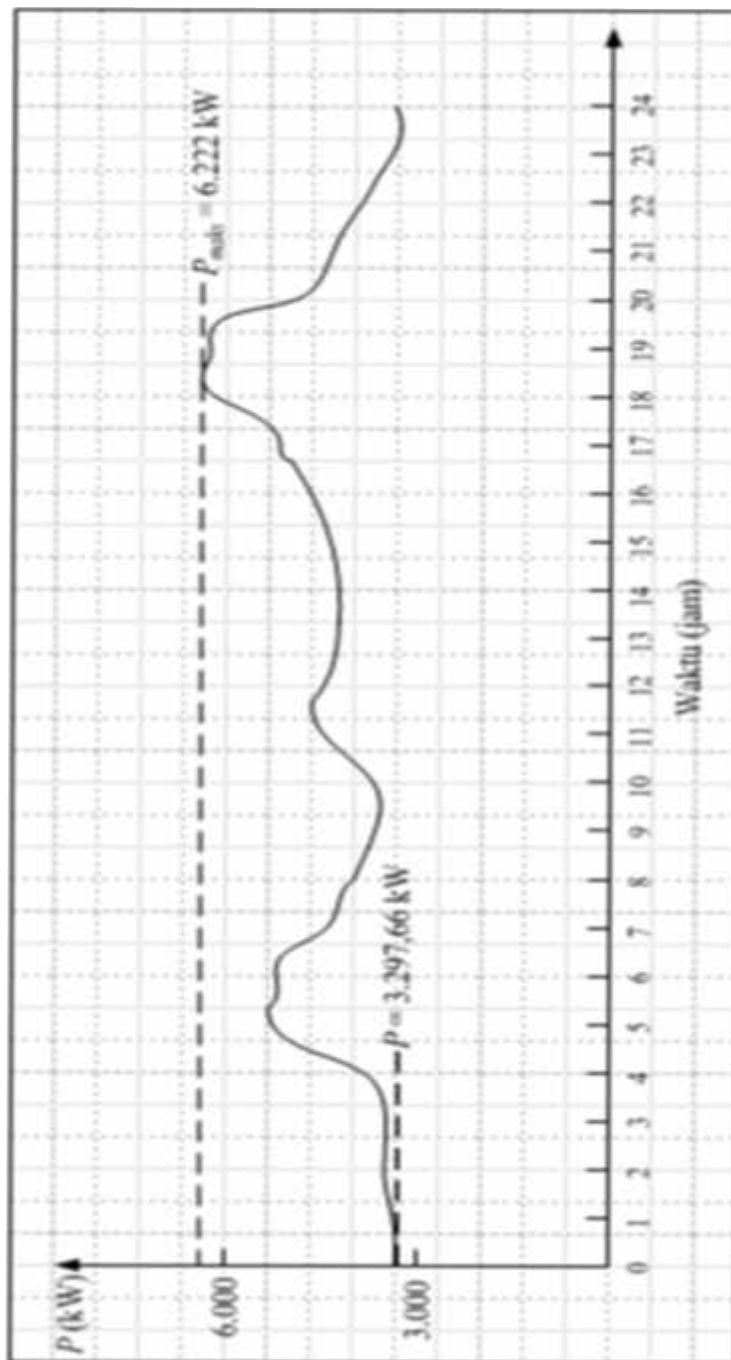
Data untuk perhitungan skripsi ini diambil dari data melalui perhitungan dalam model matematis pertumbuhan beban listrik terpasang pada Indralaya Provinsi Sumatera Selatan dari tahun 2019 sampai tahun 2023, atau 5 tahun kedepan seperti Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data pertumbuhan beban listrik di Indralaya
Provinsi Sumatera Selatan dari tahun 2019 sampai tahun 2023.

Tahun	Pertumbuhan beban listrik (kVA)
2019	2541,86
2020	2958,596
2021	3443,6225
2022	4008,170
2023	4665,265

4.2. Perhitungan

Beban puncak sistem kelistrikan di Indralaya Provinsi Sumatera Selatan dilakukan dengan menggunakan harga faktor kebutuhan (*demand factor*), dimana data demand factor di Kabupaten Indralaya Provinsi Sumatera Selatan terlebih dahulu ditentukan dari melihat kurva beban harian seperti Gambar 4.2.



Gambar 4.1. Kurva beban puncak harian sistem kelistrikan di Kabupaten Indralaya Provinsi Sumatera Selatan

Dari Gambar diatas, terlihat bahwa beban puncak harian sistem kelistrikan di Indralaya Provinsi Sumatera Selatan adalah $P_{maks} = 6.222$ kW. Faktor kerja sistem ketenagaan listriknya (*power factor* = 0,85 *lagging*), maka besarnya beban puncak dalam kilo Volt Amper (kVA) adalah

$$S_{maks} = \frac{6.222}{0,85} = 7.320 \text{ kVA}$$

Sedangkan dari data sistem ketenaga listrikan besarnya beban terpasang adalah 14.280 kVA.

Maka besarnya *demand factor* (DF) pada sistem kelistrikan Kabupaten Indralaya Provinsi Sumatera Selatan adalah

$$DF = \frac{7.320}{14.280} = 0,52$$

Jadi perkiraan beban puncak sistem kelistrikan di Indralaya Provinsi Sumatera Selatan dari tahun 2019 sampai tahun 2023 adalah

- **Tahun 2019**

Beban puncak = pertumbuhan beban listrik x faktor kebutuhan (*demand factor*)

$$BP(2019) = 2541,86 \times 0,52 = 1321,77 \text{ kVA}$$

- **Tahun 2020**

Beban puncak = pertumbuhan beban listrik x faktor kebutuhan (*demand factor*)

$$BP(2020) = 2958,596 \times 0,52 = 11538,47 \text{ kVA}$$

- **Tahun 2021**

Beban puncak = pertumbuhan beban listrik x faktor kebutuhan (*demand factor*)

$$BP(2021) = 3443,625 \times 0,52 = 1790,69 \text{ kVA}$$

- **Tahun 2022**

Beban puncak = pertumbuhan beban listrik x faktor kebutuhan (*demand factor*)

$$BP(2022) = 4008,17 \times 0,52 = 2084,25 \text{ kVA}$$

- **Tahun 2023**

Beban puncak = pertumbuhan beban listrik x faktor kebutuhan (*demand factor*)

$$BP(2023) = 4665,265 \times 0,52 = 2425,94 \text{ kVA}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat dibuat tabel seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Perkiraan beban puncak sistem kelistrikan
di Indralaya Provinsi Sumatera Selatan

Tahun	Pertumbuhan Beban Listrik (kVA)	Beban Puncak (kVA)
2019	2541,86	1321,77
2020	2958,60	1538,47
2021	3443,63	1790,69
2022	4008,17	2084,25
2023	4665,27	2425,94

4.3. Analisa

Kegunaan dari peramalan beban puncak adalah untuk mengevaluasi suatu peralatan sistem tenaga listrik jika pada sistem tersebut ada penambahan kapasitas kebutuhan beban layak atau tidak, jika tidak layak untuk penambahan maka peralatan sistem tenaga listrik tersebut harus diganti yang lebih layak. Jika memungkinkan layak maka harus menjadi pertumbuhan sampai tahun ke berapa kelayakan dari sistem tersebut, oleh karena itu seorang insinyur perancang sistem tenaga listrik dia harus benar-benar akurat dalam mengevaluasi peralatan sistem tenaga listrik dalam jangka pendek, menengah maupun jangka panjang.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari pembahasan bab-bab sebelumnya penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Beban listrik puncak terjadi di Indralaya Provinsi Sumatera Selatan adalah pada sekitar jam 18.00 dan 20.00 yaitu rata-rata 6222 kW yang terlihat pada Gambar 4.1.
2. Faktor kebutuhan (*demand factor*) pada sistem kelistrikan di Indralaya Provinsi Sumatera Selatan adalah 0,52.
3. Dengan memperhatikan kaktor kebutuhan (*demand factor*) pada sistem kelistrikan di Indralaya Provinsi Sumatera Selatan antara kapasitas peralatan yang terpasang dan pemakaian berupa konsumen, artinya peralatan pada sistem kelistrikan Indralaya Provinsi Sumatera Selatan masih jauh dibawah kapasitas maksimum.

5.2. Saran

Untuk menentukan beban puncak pada suatu sistem tenaga listrik yang akurat adalah dapat ditentukan dengan menggambarkan kurva beban harian selama 24 jam. Sebab dari kurva beban harian akan terlihat pada jam berapa pada suatu sistem tenaga listrik beban puncaknya.