II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prediksi

Prediksi pada dasarnya merupakan dugaan atau prediksi mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa di waktu yang akan datang. Prediksi bisa bersifat kualitatif (tidak berbentuk angka) maupun kuantitatif (berbentuk angka). Prediksi kualitatif sulit dilakukan untuk memperoleh hasil yang baik karena variabelnya sangat relatif sifatnya. Prediksi kuantitatif dibagi dua yaitu: prediksi tunggal (*point prediction*) dan prediksi selang (*interval prediction*). Prediksi tunggal terdiri dari satu nilai, sedangkan prediksi selang terdiri dari beberapa nilai, berupa suatu selang (*interval*) yang dibatasi oleh nilai batas bawah (prediksi batas bawah) dan batas atas (prediksi tinggi) [1].

Secara garis besar pembuatan ramalan kebutuhan tenaga elektrik dibagi dalam tiga tahap [2], yaitu:

- a) Pengumpulan dan penyiapan data.
- b) Pengolahan dan analisa data.
- c) Penentuan metoda dan pembuatan model.

Prediksi berfungsi untuk membuat suatu rencana kebutuhan (*demand*) yang harus dibuat yang dinyatakan dalam kuantitas (jumlah) sebagai fungsi dari waktu. Prediksi dilakukan dalam jangka panjang (*long term*). Prediksi yang berkaitan dengan pernyataan (1) *what will be demanded*, (2) *how many*, dan (3)

when it should be supplied? Prediksi sangat diperlukan dengan melakukan perbandingan antara kebutuhan yang diramalkan dengan yang sebenarnya.

2.2 Metode Prediksi

Metode prediksi merupakan cara memperkirakan apa yang akan terjadi di masa mendatang, baik secara sistematis maupun pragmatis atas dasar data yang relevan pada masa yang lalu, sehingga dengan demikian teknik prediksi diharapkan dapat memberikan keakuratan yang lebih besar. Metode/teknik prediksi memberikan cara pengerjaan yang teratur dan terarah, dengan demikian dapat dimungkinkan pengguna teknik-teknik penganalisan yang tepat dapat memberikan tingkat kepercayaan atau keyakinan yang lebih besar, karena dapat diuji dan dibuktikan penyimpangan atau deviasi yang terjadi secara ilmiah.

Secara umum teknik atau metode prediksi dapat dibagi menjadi dua kategori, yang masing-masing kategori terdiri dari beberapa model, yaitu [3]:

1. Metode kualitatif

Metode kualitatif adalah metode yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Hasil prediksi yang dibuat sangat bergantung pada orang yang menyusunnya. Hal ini penting karena hasil prediksi tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang instuisi, pendapat dan pengetahuan serta pengalaman penyusunnya.

2. Metode kuantitatif

Metode kuantitatif adalah metode yang didasarkan atas data kuantitatif masa lalu. Hasil prediksi yang dibuat sangat bergantung pada metode yang dipergunakan dalam prediksi tersebut. Baik tidaknya metode yang digunakan tergantung dengan perbedaan atau penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi. Semakin kecil penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang akan terjadi maka semakin baik pula metode yang digunakan.

2.3 Metode Prediksi Regresi

Metode prediksi regresi dibedakan menjadi dua: regresi linier, dan regresi non linier.

2.3.1. Regresi Linier

Regresi linier merupakan bentuk hubungan di mana variabel bebas X maupun variabel tergantung Y sebagai faktor yang berpangkat satu. Regresi linier ini dibedakan menjadi [4]:

1). Regresi linier sederhana dengan bentuk fungsi: $Y = a + bX$, (1)

2). Regresi linier berganda dengan bentuk fungsi: $Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_pX_p$ (2)

Dari kedua fungsi di atas 1) dan 2); masing-masing berbentuk garis lurus (linier sederhana) dan bidang datar (linier berganda).

2.3.2. Regresi Non Linier

Regresi non linier ialah bentuk hubungan atau fungsi di mana variabel bebas X dan atau variabel tak bebas Y dapat berfungsi sebagai faktor atau variabel dengan pangkat tertentu. Selain itu, variabel bebas X dan atau variabel tak bebas Y dapat berfungsi sebagai penyebut (fungsi pecahan), maupun variabel X dan atau variabel Y dapat berfungsi sebagai pangkat fungsi eksponen = fungsi perpangkatan.

Regresi non linier dibedakan menjadi [4]:

1. Regresi Polinomial

Regresi polinomial ialah regresi dengan sebuah variabel bebas sebagai faktor dengan pangkat terurut. Bentuk-bentuk fungsinya adalah sebagai berikut [4].

$$Y = a + bX + cX^2 \quad (\text{fungsi kuadratik}) \dots \dots \dots (3)$$

$$Y = a + bX + cX^2 + bX^3 \quad (\text{fungsi kubik})$$

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \quad (\text{fungsi kuartik}),$$

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 + fX^5 \quad (\text{fungsi kuinik}), \text{ dan seterusnya.}$$

Selain bentuk fungsi di atas, ada suatu bentuk lain dari fungsi kuadratik, yaitu dengan persamaan:

$$Y = a + bX + c X. \text{ Bentuk ini dapat ditulis menjadi: } Y = a + bX + cX^{(1/2)},$$

Sehingga, modifikasi dari fungsi kubik adalah: $Y = a + bX + cX^{(1/2)} + dX^{(3/2)}$, atau

$$Y = a + b X + cX + d X^3.$$

Dari contoh-contoh tersebut di atas perhatikan pangkat dari variabel bebas X .

2. Regresi hiperbola (fungsi resiprokal).

Regresi hiperbola (fungsi resiprokal). Pada regresi hiperbola, di mana variabel bebas X atau variabel tak bebas Y , dapat berfungsi sebagai penyebut sehingga regresi ini disebut regresi dengan fungsi pecahan atau fungsi resiprok. Regresi ini mempunyai bentuk fungsi seperti [4]:

$$1/Y = a + bX \quad \text{atau} \dots\dots\dots (4)$$

$$Y = a + b/X.$$

Selain itu, ada bentuk campuran seperti:

$$1/Y = a + bX + cX^2, \text{ dan masih banyak lagi bentuk-bentuk lainnya.}$$

3. Regresi fungsi perpangkatan atau geometrik

Regresi fungsi perpangkatan atau geometrik. Pada regresi ini mempunyai bentuk fungsi yang berbeda dengan fungsi polinomial maupun fungsi eksponensial. Regresi ini mempunyai bentuk fungsi [4]:

$$Y = a + B^X \dots\dots\dots (5)$$

4. Regresi Eksponensial

Regresi eksponensial Regresi eksponensial ialah regresi dimana variabel bebas X berfungsi sebagai pangkat atau eksponen. Bentuk fungsi regresi ini adalah [4] :

$$Y = a e^{bX} \quad \text{atau} \dots\dots\dots (6)$$

$$Y = a 10^{bX}$$

Modifikasi dari bentuk di atas adalah:

$1/Y = a + be^{cX}$, ini disebut kurva logistik atau "tipe umum dari model pertumbuhan".

Modifikasinya juga seperti:

$Y = e^{(a + b/X)}$, disebut dengan transformasi logaritmik resiprokal, yang umum disebut dengan model Gompertz.

5. Regresi Logaritmik

Regresi logaritmik Bentuk fungsi dari regresi adalah: di mana variabel bebas Y berfungsi sebagai pangkat (eksponen) dan variabel bebas X mempunyai bentuk perpangkatan [4].

Model regresi ini adalah:

$$e^Y = a + b^X \quad \text{atau dapat di tulis menjadi:(7)}$$

$$Y = \ln a + b \ln X \quad (\text{merupakan transformasi linier})$$

6. Regresi fungsi geometri.

Regresi fungsi geometri bentuk dari fungsi ini adalah berupa bentuk regresi linier berganda di mana dalam fungsi ini terdapat fungsi trigonometri. Bentuk yang paling sederhana dari fungsi ini adalah [4]:

$$Y = a + b \sin dX + c \cos dX.$$

Bentuk fungsi ini disebut kurva Faurier. Selain itu, ada lagi bentuk-bentuk yang lebih kompleks seperti:

$$Y = a + b \sin X + c \cos X + d \sin^2 X + e \cos^2 X + \dots; \text{ dan seterusnya.}$$

2.3 Jangka Waktu Prediksi

Prediksi kebutuhan energi listrik dapat dikelompokkan menurut jangka waktunya menjadi tiga kelompok, yaitu [5]:

2.3.1 Prediksi jangka panjang

Prediksi jangka panjang merupakan prediksi untuk jangka waktu diatas satu tahun. Dalam prediksi jangka panjang masalah-masalah makro ekonomi (Pendapatan Domestik Regional Bruto atau PDRB) merupakan masalah ekstern perusahaan listrik merupakan faktor utama yang menentukan arah prediksi kebutuhan energi.

2.3.2 Prediksi jangka menengah

Prediksi jangka menengah merupakan prediksi untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengan satu tahun. Dalam prediksi beban jangka menengah faktor-faktor manajerial perusahaan merupakan faktor utama yang menentukan. Masalah-masalah manajerial misalnya kemampuan teknis memperluas jaringan distribusi, kemampuan teknis menyelesaikan proyek pembangkit listrik baru serta juga kemampuan teknis menyelesaikan proyek saluran transmisi.

2.3.3 Prediksi jangka pendek

Prediksi jangka pendek adalah prediksi untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu ($7 \times 24 \text{ jam} = 168 \text{ jam}$).

2.4 Konsumen Energi Listrik

Dengan meninjau secara umum pendekatan yang digunakan dalam menghitung kebutuhan energi, maka pemakai (konsumen) listrik dikelompokkan menjadi empat konsumen yaitu [2]:

1. Konsumen Rumah Tangga,
2. Konsumen Bisnis,
3. Konsumen Publik,
4. Konsumen Industri.

Algoritma perhitungan dari pendekatan yang digunakan untuk menyusun prediksi kebutuhan energi pada masing-masing konsumen.

2.5 Ukuran Akurasi Prediksi

Prediksi adalah hasil taksiran kita akan suatu nilai di masa yang akan datang. Karena masih berupa taksiran, maka besar kemungkinan terjadinya kesalahan pada prediksi tersebut. Besarnya kesalahan pada waktu ke-i (e_i) dinyatakan sebagai selisih antara data aktual pada waktu ke-i dengan hasil ramalannya pada waktu ke-i, yang secara matematis dapat ditulis [3]:

$$e_i = X_i - F_i \dots\dots\dots(8)$$

dimana :

e_i = kesalahan (residual) pada waktu ke-i

X_i = data aktual pada waktu ke-i

F_i = nilai hasil prediksi pada waktu ke-I

Model-model prediksi yang dilakukan kemudian divalidasi menggunakan sejumlah indikator. Indikator-indikator yang umum digunakan adalah rata-rata

penyimpangan absolut (*Mean Absolute Deviation*), rata-rata kuadrat terkecil (*Mean Square Error*), rata-rata persentase kesalahan absolut (*Mean Absolute Percentage Error*), validasi prediksi (*Tracking Signal*), dan pengujian kestabilan (*Moving Range*).

2.5.1 Mean Absolute Deviation (MAD)

Metode untuk mengevaluasi metode prediksi menggunakan jumlah dari kesalahan-kesalahan yang absolut. MAD mengukur ketepatan ramalan dengan merata-rata kesalahan dugaan (nilai absolut masing-masing kesalahan). MAD berguna ketika mengukur kesalahan ramalan dalam unit yang sama sebagai deret asli. Nilai MAD dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [3] :

$$\text{MAD} = \frac{\sum(\text{absolut dari forecast errors})}{n} \dots\dots\dots(9)$$

2.5.2 Mean Square Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) adalah metode lain untuk mengevaluasi metode prediksi. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan ditambahkan dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan prediksi yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Metode itu menghasilkan kesalahan-kesalahan sedang yang kemungkinan lebih baik untuk kesalahan kecil, tetapi kadang menghasilkan perbedaan yang besar [3].

$$\text{MSE} = \frac{\sum e_i^2}{n} = \frac{\sum (X_i - F_i)^2}{n} \dots\dots\dots(10)$$

2.5.3 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata [3].

$$\text{MAPE} = \frac{\sum \frac{e_i}{X_i} \times 100\%}{n} = \frac{\sum \frac{X_i - F_i}{X_i} \times 100\%}{n} \dots\dots\dots (11)$$

2.5.4 Tracking Signal

Validasi prediksi dilakukan dengan *Tracking Signal*. *Tracking Signal* adalah suatu ukuran bagaimana baiknya suatu prediksi memperkirakan nilai-nilai aktual. Nilai *Tracking Signal* dapat dihitung dengan (*running sum of the prediction errors* atau *RSFE*) dibagi dengan *Mean Absolute Deviation* (MAD) persamaan sebagai berikut [3]:

$$\text{Tracking Signal} = \frac{\text{RSFE}}{\text{MAD}} \dots\dots\dots (12)$$

2.6 Uji Model

Untuk menguji model yang akan digunakan apakah ada hubungan dengan parameter yang digunakan maka dilakukan beberapa tes, yaitu:

Pertama, uji Test Koefisien Penentu (R^2), pengetesan ini untuk mengetahui tepat tidaknya variabel yang mempengaruhi besarnya variabel yang diramalkan adalah waktu.

Kedua, Test Significance (T.Test) atau F test yaitu pengetesan untuk mengetahui apakah benar persamaan regresi itu adalah linier [3].

Tabel 1. Keeratan hubungan antara parameter (koefisien korelasi)

Besar r_{yx}	Keterangan
$0,00 - < 0,20$	Hubungan sangat lemah (diabaikan, dianggap tidak ada)
$\geq 0,20 - < 0,40$	Hubungan rendah atau lemah
$\geq 0,40 - < 0,70$	Hubungan sedang atau cukup
$\geq 0,70 - < 0,90$	Hubungan kuat
$\geq 0,90 - \leq 1,00$	Hubungan sangat kuat

2.6.1 Pengujian model dengan koefisien penentu (R^2).

Test rumusan yang digunakan adalah [4]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum e^2}{\sum y^2} \dots \dots \dots (13)$$

Dimana,

$$\sum e^2 = Y^2 - b^2 (\sum x^2)$$

$$\sum y^2 = Y^2 - n (\bar{Y})^2$$

$$\sum x^2 = X^2 - n (\bar{X})^2$$

2.6.2 Test Significance

Tujuan test ini menguji dan meneliti apakah regresi yang digunakan dalam menyusun ramalan adalah benar linier, dimana data yang diteliti tepat berada disekitar garis linier.

1. F. Test

Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah nilai prediksi dari a dan b dapat bervariasi karena pengaruh sampling.

Persamaan F. Test adalah sebagai berikut [4]:

$$F = \frac{\sum(Y - Y)^2}{k - 1} \Bigg/ \frac{\sum(Y - Y)^2}{n - k} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

k = jumlah variabel (dalam regresi sederhana = 2)

n = jumlah tahun

Hasil F_{rasio} kemudian kita bandingkan dengan F_{tabel} apabila $F_{rasio} > F_{tabel}$, maka secara statistik koefisien b adalah *significance* berbeda dengan nol (0),

Demikian pula sebaliknya jika $F_{rasio} < F_{tabel}$