

## **BAB II**

### **PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

Bab tinjauan pustaka berisikan dasar-dasar teori penunjang yang dibutuhkan dalam pengerjaan proyek akhir. Bab tinjauan pustaka membahas mengenai kajian teori, kerangka berpikir, serta pertanyaan penelitian.

#### **A. Kajian Teori**

##### **1. Pembebanan Sistem Tenaga Listrik**

###### **a. Pengertian Beban Sistem Tenaga Listrik**

Beban sistem tenaga listrik merupakan pemakaian tenaga listrik dari para pelanggan 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 besarnya beban sistem pada suatu saat, yang bisa dilakukan hanyalah membuat perkiraan beban. Tapi selalu diusahakan agar Daya yang dibangkitkan = Beban Sistem (Marsudi, 2006, p. 28).

Penulis menjelaskan bahwa beban listrik merupakan beberapa perangkat listrik yang terhubung ke dalam jaringan listrik yang dapat diindikasikan penggunaan jumlah energi listrik dengan daya dari perangkat listrik tersebut. Beban sendiri adalah salah satu dari sistem tenaga listrik yang merupakan sistem distribusi pada jaringan sistem listrik.

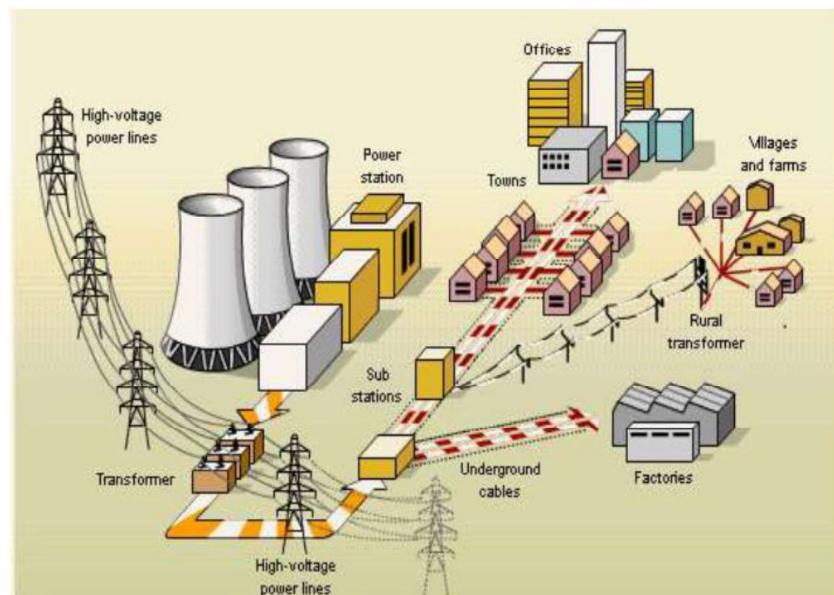
###### **b. Sistem Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik merupakan gabungan dari beberapa unit listrik yang saling bekerjasama untuk menyediakan energi listrik kepada konsumen. Energi listrik yang disediakan kepada konsumen dihasilkan oleh unit pembangkit listrik. Pembangkit listrik berperan penting dalam sistem tenaga listrik karena pembangkit listrik adalah

tempat dimana listrik dihasilkan maka dari itu pembangkit listrik disebut dengan pusat dari sistem tenaga listrik (*electric power stations*).

Listrik yang dihasilkan oleh pembangkit kemudian disalurkan melalui unit transmisi yang berfungsi untuk menyalurkan listrik ke daerah yang tidak terjangkau dari unit pembangkit. Unit transmisi sendiri berfungsi untuk mempertahankan nilai dari energi listrik yang disalurkan agar listrik yang sampai menuju konsumen memiliki nilai tepat sesuai standar.

Setelah listrik telah ditransmisikan sampai ke tujuan, selanjutnya peran penyediaan listrik ke konsumen dipegang oleh unit distribusi. Unit distribusi inilah yang berperan untuk mengirimkan listrik kepada konsumen secara langsung. Unit distribusi dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu distribusi jaringan tegangan menengah (20 kV) dan distribusi jaringan tegangan rendah (380/220 V). Pada distribusi jaringan tegangan rendah pengiriman listrik yang pada umumnya digunakan di rumah tangga.



Gambar 2.1 Sistem tenaga listrik (Syahputra, 2017, p. 5)

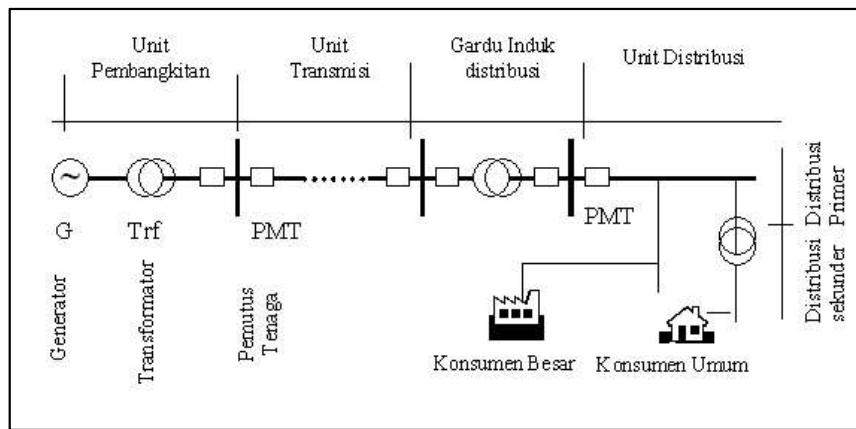
## **2. Sistem Penyaluran Energi Listrik**

Lokasi pemukiman menuju ke pusat listrik pada umumnya berjarak jauh maka dari itu untuk pengiriman listrik dengan melalui saluran transmisi. Tenaga listrik yang dibangkitkan dari unit pembangkit, kemudian disalurkan melalui unit jaringan transmisi. Selanjutnya tenaga listrik yang disalurkan menuju konsumen didistribusikan melalui unit jaringan distribusi.

Pada unit transmisi, tenaga listrik yang akan disalurkan menuju pemukiman yang berjarak jauh maka tegangannya perlu dinaikkan dengan trafo step up pada unit transmisi dari tegangan menengah (TM) menjadi tegangan tinggi (TT) atau tegangan ekstra tinggi (TET).

Tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit pada umumnya berkisar 16 kV kemudian dinaikkan tegangannya melalui trafo step up pada gardu induk tegangan ekstra tinggi (GITET) sehingga tegangan yang disalurkan menjadi 500 kV, selanjutnya tegangan tersebut disalurkan melalui saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) menuju ke konsumen dengan menurunkan dari tegangan ekstra tinggi menjadi tegangan tinggi yang berkisar 150 kV, untuk menurunkan tegangan tersebut yang berperan adalah trafo step down pada gardu induk tegangan tinggi.

Pada pusat-pusat beban terhubung dengan unit distribusi, tegangan diturunkan menjadi dari tegangan menengah menjadi tegangan rendah oleh trafo step down pada gardu induk tegangan rendah atau gardu distribusi, tegangannya menjadi 220/ 380 V kemudian didistribusikan ke konsumen.



Gambar 2.2 Alur penyaluran tenaga listrik (PT. PLN (Persero), 2014, p. 47)

Nilai jumlah penggunaan energi listrik dianggap sebagai nilai beban bagi unit pembangkit. Penggunaan beban tersebut bervariasi pada waktu dan periode tertentu. Faktor yang menjadi salah satu sebagai pengaruhnya ada hari besar yang terjadi pada momen tertentu. Sangat diperlukan perencanaan akan besarnya penggunaan energi yang dihasilkan oleh pembangkit untuk memenuhi kebutuhan beban pada konsumen.

### 3. Klasifikasi Beban

Saat menentukan perkiraan beban, jenis beban yang terhubung pada konsumen merupakan salah satu faktor penting yang menentukan hasil dari perkiraan beban tersebut. Pada umumnya jenis beban yang terhubung pada konsumen dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

#### a. Beban rumah tangga

Beban rumah tangga yang secara umum digunakan adalah lampu, refrigerator, *Air Conditioner* (AC), motor pompa air, kipas angin, *rice cooker*, dan sebagainya. Beban rumah tangga akan memuncak pada malam hari.

Selain dari segi beban yang terhubung pada rumah tangga untuk menentukan perkiraan beban maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Jumlah rumah tangga pada suatu wilayah
- 2) Rasio elektrifikasi (jumlah pelanggan dibagi jumlah rumah tangga)
- 3) Penggunaan energi listrik (kWh)

**b. Beban komersial**

Beban komersial yang secara umum digunakan adalah lampu pada reklame, alat-alat listrik yang digunakan di tempat bisnis seperti restoran, kantor, dan hotel. Beban komersial biasanya akan memuncak di siang hari hingga sore hari.

Kebutuhan untuk beban komersial dapat ditentukan dengan:

- 1) Jumlah tempat bisnis pada suatu wilayah
- 2) Rasio jumlah pelanggan terhadap jumlah penduduk
- 3) Penggunaan energi listrik pada pelanggan

**c. Beban industri**

Beban industri dibedakan dalam skala kecil dan skala besar. Untuk skala kecil banyak beroperasi di siang hari sedangkan industri besar sekarang ini banyak yang beroperasi sampai 24 jam (Suswanto, 2009, p. 185).

Perkiraan beban listrik untuk industri dapat ditentukan dengan:

- 1) Jumlah industri pada suatu wilayah
- 2) Besar kebutuhan energi listrik pada industri tersebut

**d. Beban fasilitas umum**

Beban fasilitas umum pada umumnya merupakan penerangan yang terdapat pada beberapa tempat umum seperti penerangan pada jalan raya, penerangan pada taman, dan penerangan pada tempat umum lainnya.

Perkiraan beban pada fasilitas umum dapat diperhatikan dengan mengetahui jumlah konsumsi energi listrik pada tempat umum tersebut, dan rasio penggunaan energi listrik per tempat umum.

Pengklasifikasian tersebut merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan perkiraan karakteristik beban. Perbedaan yang mendasar dari jenis-jenis beban di atas merupakan waktu puncak dari penggunaan masing-masing beban di atas dan energi listrik yang digunakan dari beban tersebut. Dilihat penggunaan energi listrik tersebut, Industri akan lebih diuntungkan dikarenakan penggunaan daya yang merata pada siang hari lebih dominan terhadap waktu penentuan beban puncak yang diberlakukan oleh PT. PLN (pukul 18.00–22.00).

#### **4. Karakteristik Beban Listrik**

Karakteristik beban merupakan faktor utama dalam merencanakan perkiraan beban pada suatu periode. Karakteristik beban harus diperhatikan agar pengaruh sistem dari pembebanan dapat dianalisis dengan baik. Analisis tersebut mencakupi dalam pola konsumsi tenaga listrik dalam rentang waktu harian, bulanan, maupun tahunan. Pola konsumsi tenaga listrik tersebut memegang peranan penting dalam menentukan kapasitas pembangkitan untuk menyediakan kebutuhan konsumen. Maka dari itu unit pembangkitan yang handal sangat dibutuhkan dalam operasi sistem tenaga listrik. Unit pembangkit yang mampu menyediakan listrik di saat beban puncak dinamakan pembangkit pemikul beban puncak.

Karakteristik beban listrik sangat dipengaruhi dengan jenis beban yang terhubung oleh konsumen. Hal ini dapat terlihat dari hasil perolehan kurva pembebanan pada periode tertentu. Faktor-faktor inilah yang mempengaruhi karakteristik beban:

### a. Beban Puncak

Beban Puncak (Pmax) merupakan nilai terbesar yang diperoleh dari pembebanan pada saat periode waktu tertentu.

### b. Faktor Beban

Keadaan beban puncak pada suatu periode dapat ditentukan dengan persamaan faktor beban. Faktor beban sendiri merupakan rasio dari beban rata rata sistem disaat periode tertentu terhadap beban puncak pada periode tersebut:

$$\text{Faktor Beban (Fb)} = \frac{\text{Beban rata-rata pada periode tertentu (MW)}}{\text{beban puncak pada periode tersebut (MW)}} \quad (2.1)$$

Persamaan faktor beban di atas menginterpretasikan kegiatan masyarakat pada wilayah yang ditentukan. Semakin besar faktor beban di wilayah tersebut maka menunjukkan semakin kecil kegiatan masyarakat setempat yang membutuhkan energi listrik. Pada perkiraan beban dengan menggunakan metode koefisien energi faktor beban ini berperan dalam menentukan koefisien energi harian dan mingguan melalui data realisasi beban pada tahun-tahun sebelumnya serta dalam menentukan nilai pivot acuan beban puncak tahunan pada perkiraan beban di tahun yang akan datang.

### c. Beban Terhubung

Beban terhubung pada suatu sistem merupakan jumlah total daya beban dari seluruh pelanggan sesuai dengan kW atau kVA yang tercantum pada spesifikasi peralatan yang akan dihubungkan oleh sistem tersebut.

$$\text{Beban Terhubung (Pl)} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (2.2)$$

Dimana :

$P_i$  = Rating kVA dari peralatan i

n = Jumlah alat yang terhubung ke sistem

#### **d. Faktor Diversitas**

Faktor diversitas merupakan persamaan perbandingan dari jumlah beban puncak masing-masing pelanggan pada suatu wilayah tertentu dengan beban puncak dari kelompok pelanggan di wilayah tersebut. Dapat diinterpretasikan sebagai perbandingan antara jumlah permintaan dari unit-unit beban terhadap permintaan beban maksimum dari unit-unit secara keseluruhan. Faktor diversitas dapat dituliskan sebagai persamaan berikut:

$$\text{Faktor Diversitas (}F_{div}\text{)} = \frac{\sum \text{Permintaan maksimum unit-unit beban (MW)}}{\text{Permintaan maksimum sistem unit beban (MW)}} \quad (2.3)$$

Pada umumnya faktor diversitas lebih besar daripada satu. (Karena jumlah dari beban puncak per unit lebih besar daripada beban puncak keseluruhan sistem unit).

#### **e. Faktor Kebersamaan**

Faktor Kebersamaan (waktu) merupakan persamaan perbandingan dari beban puncak satu kelompok pelanggan pada wilayah tertentu dengan jumlah beban puncak masing-masing pelanggan di wilayah tersebut. Faktor kebersamaan dapat dituliskan sebagai persamaan berikut:

$$\text{Faktor Kebersamaan (}F_c\text{)} = \frac{\text{Permintaan maksimum sistem unit beban (MW)}}{\sum \text{Permintaan maksimum unit-unit beban (MW)}} \quad (2.4)$$

#### **f. Faktor Kebutuhan**

Faktor kebutuhan merupakan persamaan perbandingan dari beban puncak dengan beban yang terhubung yang dapat didefinisikan sebagai derajat pelayanan serentak kepada seluruh beban yang terhubung ke sistem. Faktor kebutuhan dapat dituliskan sebagai persamaan berikut:

$$\text{Faktor Kebutuhan (}F_d\text{)} = \frac{\text{Permintaan maksimum sistem unit beban (MW)}}{\sum \text{Daya beban terhubung pada sistem (MW)}} \quad (2.5)$$

Jumlah daya terhubung merupakan jumlah dari daya beban yang terhubung dari seluruh beban setiap pelanggan. Daya beban yang terhubung dengan kebutuhan maksimum sistem memiliki satuan yang sama. Faktor kebutuhan pada umumnya kurang dari satu. Namun dalam kasus idealnya faktor kebutuhan dapat menjadi sama dengan satu yang berarti saat keseluruhan beban yang terhubung serentak mendapat pasokan energi listrik dalam periodenya.

#### **g. Faktor Rugi-Rugi Beban**

Faktor Rugi–Rugi Beban merupakan persamaan perbandingan dari rugi rata–rata dengan rugi daya beban puncak pada periode tertentu. Faktor rugi–rugi beban merupakan fungsi waktu dari rugi beban sehingga dapat berubah sesuai dengan fungsi dari waktu kuadrat. Maka dari itu faktor rugi–rugi ini tidak dapat diperoleh langsung dari faktor beban. Berdasarkan pengalaman dan percobaan yang dilakukan oleh Buller dan Woodrow dengan menganalisis ratusan grafik diperoleh persamaan empiris sebagai berikut (Suswanto, 2009, p. 197):

$$\textbf{Faktor Rugi Beban (LLF)} = \mathbf{0.3 (LF) + 0.7 (LF)^2} \quad (2.6)$$

Dimana :

$LLF$  = Faktor rugi–rugi beban

$LF$  = Faktor beban

#### **h. Faktor Penggunaan**

Faktor penggunaan merupakan persamaan perbandingan dari permintaan maksimum sistem dengan kapasitas nominal dari sistem penyedia daya listrik. Faktor penggunaan dapat dituliskan sebagai persamaan berikut:

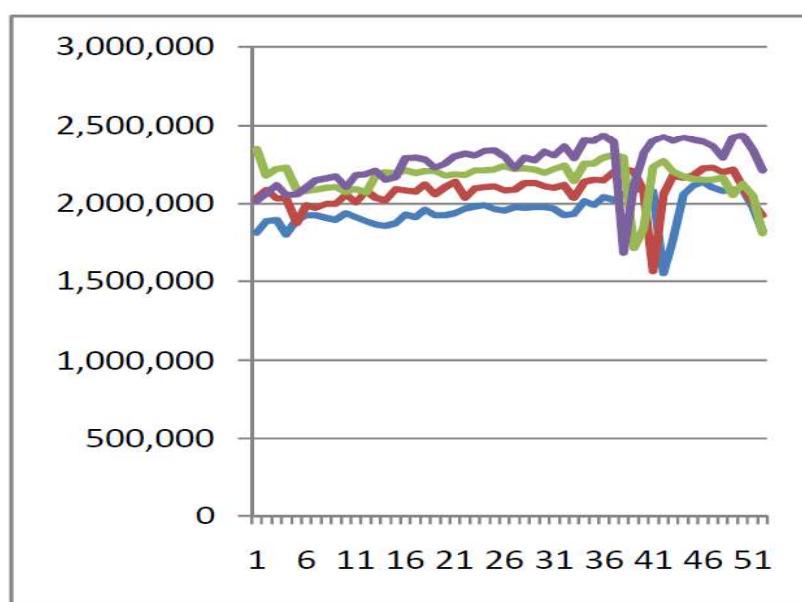
$$\textbf{Faktor Penggunaan (UF)} = \frac{\textit{Permintaan maksimum sistem unit beban (MW)}}{\textit{Kapasitas nominal sistem penyedia (MW)}} \quad (2.7)$$

Permintaan beban maksimum sistem dapat diperoleh dari kurva beban atau dengan menghitung jumlah total beban yang terhubung ke sistem pada periode tertentu. Permintaan beban maksimum memiliki hubungan relasi antara beban yang terhubung dengan sistem dan faktor kebutuhan ( $F_d$ ).

## 5. Klasifikasi Kurva Beban

### a. Kurva Tahunan

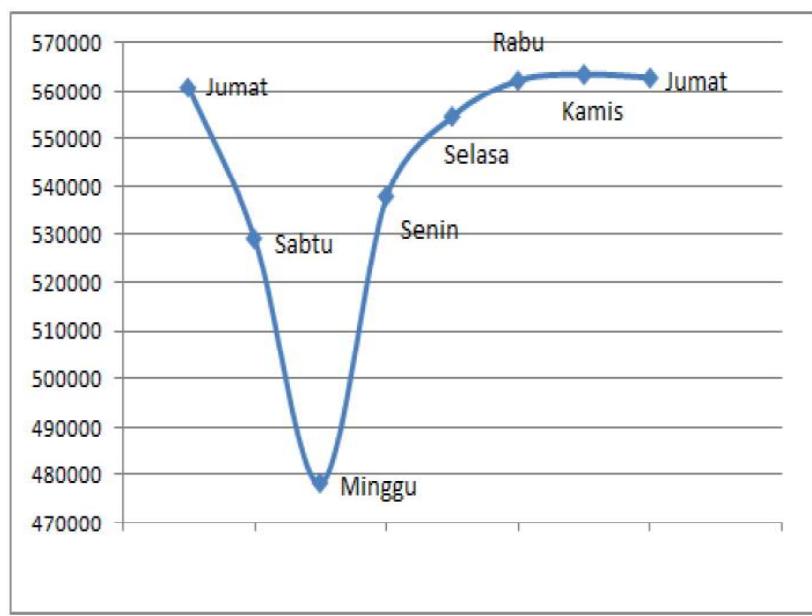
Untuk menentukan permintaan kebutuhan beban dimasa yang akan datang, kurva tahunan digunakan sebagai acuan pertama dalam melakukan perhitungan tersebut. Kurva tahunan merupakan suatu kurva yang dibentuk oleh kumpulan data beban puncak dalam mingguan selama interval waktu satu tahun. Hal yang paling signifikan pada karakteristik kurva tahunan tersebut adalah periode dalam Hari Raya Idul Fitri yang berdasarkan tahun Hijriah dimana terjadinya pergeseran sekitar dua minggu ke depan dalam setiap tahunnya ditunjukkan dengan beban puncak yang sangat rendah daripada minggu-minggu lainnya.



Gambar 2.3 Grafik Karakteristik Kurva Tahunan (Hamidie, 2009, p. 8)

### b. Kurva Mingguan

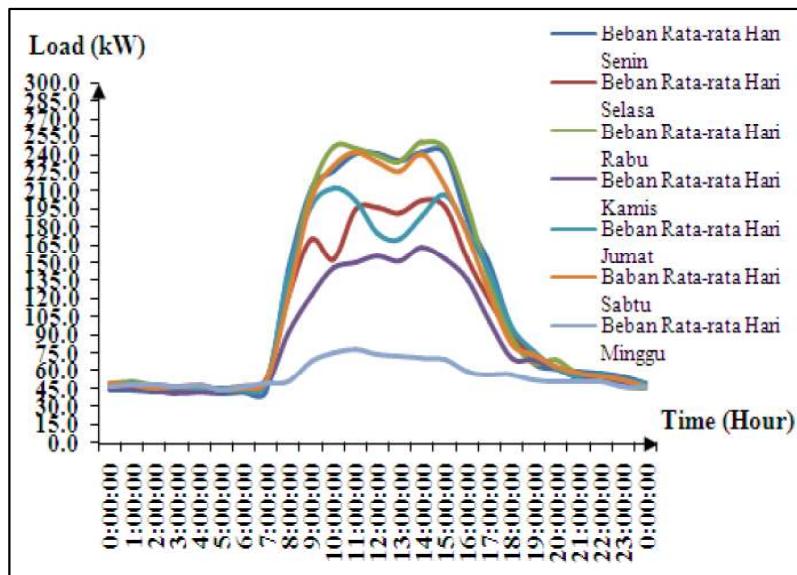
Untuk grafik kurva sistem Jawa Bali, kurva mingguan dimulai dari hari Jum'at sampai hari Kamis. Kurva mingguan merupakan kumpulan dari kurva beban puncak harian selama interval waktu satu minggu yang dipengaruhi oleh jenis hari berdasarkan aktifitas yang dilakukan oleh masyarakat di wilayah tersebut. Secara garis besar hari-hari tersebut dapat dibedakan menjadi hari kerja, dan hari sabtu–minggu.



Gambar 2.4 Grafik Karakteristik Kurva Mingguan (Hamidie, 2009, p. 3)

### c. Kurva Harian

Kurva harian memiliki pola yang berbeda-beda tergantung dari hari yang digunakan untuk akumulasi kurva. Pola tersebut dibagi secara garis besar, yaitu Pola hari kerja, Pola hari Sabtu -Minggu, dan Pola hari libur nasional. Beban puncak di hari Minggu pada umumnya lebih rendah dari hari kerja, sedangkan untuk hari libur nasional sebagian besar beban puncak yang diperoleh lebih rendah daripada beban puncak di hari Minggu.



Gambar 2.5 Grafik Karakteristik Kurva Harian dalam 1 Minggu (Aminullah, Firdaus, & Ervianto, 2015, p. 6)

## 6. Perkiraan Beban Listrik

Perkiraan secara harfiah merupakan hasil yang diperoleh dari melakukan peramalan tentang suatu peristiwa berdasarkan hasil perhitungan rasional atau ketepatan analisis data. Perkiraan juga terdapat pada bidang tenaga listrik, seperti yang diketahui salah satunya adalah perkiraan kebutuhan energi listrik dan ramalan beban tenaga listrik.

Karena dalam memperoleh sebuah perkiraan harus dilandaskan dengan data yang jelas dan mendapatkan hasil dengan seakurat mungkin. Maka perkiraan sendiri memiliki empat karakteristik atau prinsip, yaitu (Arnold, Chapman, & Clive, 2008, p. 221):

- Perkiraan pada biasanya salah.** Perkiraan merupakan usaha untuk mengetahui hal atau peristiwa yang terjadi di masa depan dan terkecuali dengan ketepatan seakurat mungkin pasti akan terjadi kesalahan, karena itu kesalahan harus dapat diduga.

- b. *Setiap perkiraan harus disertai dengan estimasi tingkat kesalahan.* Karena perkiraan diduga dapat terjadi kesalahan. Maka setiap peramalan harus disertai dengan estimasi kesalahan yang sering direpresentasikan dengan persentase dari perkiraan atau sebagai jarak antara nilai maksimum dengan nilai minimum. Estimasi kesalahan ini dapat dibuat salah satunya dengan melakukan pendekatan terhadap variasi permintaan dari rata-rata secara total.
- c. *Perkiraan akan lebih akurat untuk pengambilan data secara kelompok atau grup.* Perilaku dari individu dalam sebuah kelompok adalah acak meskipun generalisasi karakteristik dari sebuah kelompok sangat stabil. Sebagai contoh, nilai seorang siswa dalam sebuah kelas lebih sulit diperkirakan secara akurat daripada nilai rata-rata seluruh siswa dalam satu kelas. Dalam arti perkiraan yang diperoleh akan lebih akurat untuk kelompok besar daripada individu dalam sebuah kelompok tersebut.
- d. *Perkiraan akan lebih akurat untuk periode jangka waktu dekat.* Jangka waktu dekat lebih mudah diketahui daripada jangka waktu yang jauh dari saat ini. Pada biasanya orang lebih yakin dalam memperkirakan apa yang ingin dilakukannya pada minggu depan daripada satu tahun ke depan. Seperti ungkapan yang sering terdengar “Hari esok akan terlihat lebih mirip dari hari ini”.

Dengan mengetahui prinsip dan karakteristik di atas maka dapat diterapkan dalam melakukan perkiraan dengan baik.

## 7. Metode Perkiraan

Dalam menentukan perkiraan terdapat beberapa metode yang sering digunakan berdasarkan pada jenis kebutuhan perkiraan yang ingin didapatkan.

### **a. Metode Perkiraan Jangka Menengah dan Panjang**

Metode yang sering digunakan untuk menentukan perkiraan jangka menengah dan panjang, yaitu:

#### **1) *End Use Models***

Pendekatan secara *End Use Model* dilakukan dengan langsung memperkirakan penggunaan energi listrik dengan menggunakan informasi yang luas terkait penggunaan akhir dan penggunaan terakhir, seperti peralatan yang dimiliki pelanggan, penggunaan peralatan oleh pelanggan, usia dari peralatan, besar tempat tinggal milik pelanggan dan lainnya. Informasi statistik dari pelanggan bersamaan dengan perubahan aktualnya dari data di atas yang menjadi dasar dalam menentukan perkiraan dengan pendekatan *End Use Model*.

Pendekatan *End Use Model* terfokus pada penggunaan energi listrik yang bervariasi pada residenial, komersial, dan sektor industri. Model ini berlandaskan dengan prinsip bahwa kebutuhan tenaga listrik didapatkan dari kebutuhan pelanggan akan pencahayaan, suhu ruangan, refrigerator, dan kebutuhan pokok lainnya. Sedemikian rupa pendekatan *End Use Model* menjelaskan kebutuhan tenaga listrik sebagai fungsi dari jumlah total peralatan yang dimiliki pelanggan.

Dalam teori pendekatan ini memperoleh perkiraan yang sangat akurat. Akan tetapi hal ini sangat sensitif terhadap jumlah dan kualitas dari data pemakaian pelanggan. Sebagai contoh, pada metode ini acuan dari usia perangkat tenaga listrik sangat penting untuk beberapa peralatan tertentu. Perkiraan dengan *End Use Model* tidak terlalu mengacu dengan data historis pelanggan melainkan lebih mengacu pada informasi peralatan yang dimiliki pelanggan.

## **2) *Econometric Models***

Pendekatan ekonometrik menggabungkan antara teori ekonomi dan teknik akuisi statistik untuk memperkirakan kebutuhan tenaga listrik. Pendekatan ini memperkirakan hubungan antara penggunaan energi listrik (variabel dependen) dan faktor yang mempengaruhi penggunaan energi listrik. Hubungan tersebut ditentukan dengan metode *time-series*.

Salah satu pilihan dalam metode ini untuk memperoleh pendekatan secara ekonometrik, ketika penggunaan pada sektor yang berbeda dikalkulasikan sebagai fungsi dari iklim, ekonomi, dan variabel lainnya. Kemudian digabungkan dengan menggunakan data historis terbaru. Gabungan dari pendekatan ekonometrik ke pendekatan *End Use* memberikan karakteristik komponen kepada persamaan *End-Use*.

## **3) *Statistical Model-Based Learning***

Metode *End Use* dan ekonometrik membutuhkan sejumlah besar informasi terkait peralatan yang dimiliki pelanggan, penggunaan peralatan oleh pelanggan, ekonomi pelanggan, dan informasi lainnya. Penerapan dari metode tersebut sangat rumit karena terdapat campur tangan pelanggan. Selain itu informasi yang mencakup profil pelanggan terkait penggunaan oleh beberapa pelanggan tidak sering tersedia karena terdapat perbedaan dari jenis sektor pelanggan dan data pelanggan satu dengan pelanggan lainnya tidak saling berkaitan. Biasanya sering terjadi masalah jika perusahaan pembangkitan ingin menentukan perkiraan untuk tahun depan di sub-area (garpu induk distribusi). Pada kasus tersebut, jumlah rekaan yang ditentukan meluas seiring dengan jumlah sub-area yang ingin ditentukan. Sebagai informasi tambahan, data yang diperoleh untuk *End-Use* dan ekonometrik untuk sub-area yang berbeda merupakan data yang berbeda. Beberapa area dapat memiliki karakteristik yang

berbeda dari karakterteristik pembangkitan yang pada umumnya dan sering tidak tersedia pada area tersebut.

Untuk mengatasi masalah dan mempermudah, membuat hasil yang diperoleh lebih akurat, dan menghindari dari penggunaan data yang tidak tersedia dalam memperoleh perkiraan jangka menengah Feinberg *et al.* (Feinberg, Hajagos, & Genethliou, 2002, pp. 1-5) (Feinberg, Hajagos, & Genethliou, Statistical Load Modeling, 2003, pp. 1-5) mengembangkan model statistikal yang mempelajari model parameter pembebanan dari data historis. Feinberg *et al.* telah membandingkan dari beberapa model beban dan sampai pada kesimpulan dari persamaan berikut yang lebih akurat.

$$L(t) = F(d(t), h(t)) \cdot f(w(t)) + R(t) \quad (2.8)$$

Dimana :

$L(t)$  = Beban aktual pada waktu  $t$

$d(t)$  = Hari di minggu  $t$

$h(t)$  = Jam di hari  $t$

$F(d, h)$  = Komponen harian dan perjam

$w(t)$  = Data cuaca yang mencakup suhu dan kelembaban

$f(w)$  = Faktor cuaca

$R(t)$  = Kesalahan acak

### b. Metode Perkiraan Jangka Pendek

Banyak variasi dari metode statistik dan *artificial intelligence* telah dikembangkan dini hari untuk menentukan perkiraan jangka pendek. Berikut adalah beberapa metode yang sering digunakan untuk memperoleh perkiraan tersebut.

## 1) *Correlation Analysis*

Analisis Korelasi merupakan metode analisis yang didalamnya mencangkup tentang pengukuran asosiasi (derajat hubungan) antar dua variabel atau lebih. Terdapat banyak metode dan jenis korelasi yang digunakan untuk mengolah suatu data, beberapa metode korelasi tersebut yang terkenal dan sering digunakan untuk mengolah data, yaitu Korelasi *Pearson Product Moment* dan Korelasi *Rank Spearman*. Selain dari metode di atas, terdapat pula metode korelasi lain, yaitu *Kendal*, *Chi-Square*, *Phi Coefficient*, *Goodman-Kruskal*, *Somer*, dan *Wilson*.

Korelasi bertujuan untuk menentukan hubungan antara dua variabel atau lebih dengan skala tertentu, misalnya pada Korelasi *Pearson* data yang digunakan untuk mengolah data harus berskala interval atau rasio, untuk *Spearman* dan *Kendal* maka data yang digunakan harus berskala ordinal, dan untuk *Chi-Square* data yang digunakan harus berbentuk nominal. Nilai hubungan antar variabel tersebut ditentukan dari dengan rentang nilai 0 sampai dengan 1. Korelasi dapat digunakan untuk melakukan pengujian hipotesis dua arah (*two tailed*). Korelasi dapat dikatakan searah apabila nilai nilai dari koefisien korelasi bernilai positif, sedangkan apabila nilai dari koefisien korelasi bernilai negatif maka korelasi tersebut tidak searah.

Koefisien korelasi sendiri merupakan suatu pengukuran statistik kovariasi antara dua variabel. Jika nilai koefisien korelasi yang diperoleh tidak sama dengan nol (0), maka terdapat hubungan kausal antar variabel tersebut. Apabila pada suatu kasus terjadi kenaikan pada nilai variabel satu diikuti dengan kenaikan nilai variabel lainnya, maka hubungan antara kedua variabel tersebut dapat disebut dengan hubungan positif. Sedangkan pada kasus terjadi kenaikan pada nilai variabel satu dengan penurunan yang terjadi pada variabel lainnya, maka hubungan antara kedua variabel tersebut disebut dengan hubungan negatif. Dalam hubungan korelasi yang sempurna maka

tidak diperlukan untuk melakukan pengujian hipotesis, karena hubungan antar variabel satu mempengaruhi variabel lainnya secara sempurna yang dapat digambarkan memiliki pola linear yang sempurna pada grafik. Jika koefisien korelasi bernilai sama dengan nol (0) maka tidak terdapat hubungan yang mempengaruhi antar variabel tersebut.

## 2) *Similar-Day Approach*

Pendekatan ini dilakukan berdasarkan dari data historis untuk di tahun kesatu hingga ketiga sebelumnya dengan karakteristik yang sama dengan hari yang ingin diperkirakan. Karakteristik yang harus diperhatikan untuk memperoleh perkiraan yang akurat, yaitu mencakup cuaca, jenis hari, dan tanggal. Pembebaan pada hari sebelumnya yang memiliki karakteristik yang sama untuk hari yang ingin diperkirakan dapat dipertimbangkan sebagai perkiraan pada hari tersebut. Daripada untuk pembebaan satu hari yang sama, Perkiraan dapat dijadikan kombinasi linear atau prosedur regresi yang mencakup beberapa hari sebelumnya. Koefisien trend dapat digunakan untuk hari yang memiliki karakteristik yang sama pada tahun-tahun sebelumnya.

## 3) *Regression Methods*

Regresi merupakan salah satu teknik yang paling sering digunakan untuk akuisisi data statistik. Untuk memperoleh perkiraan beban, metode regresi pada biasanya digunakan untuk model relasi dari penggunaan energi listrik dan faktor lainnya seperti cuaca, jenis hari, dan jenis pelanggan.

Regresi linear merupakan analisis statistik yang mempelajari hubungan antara dua atau lebih kuantitatif sehingga satu variabel dapat diperkirakan (*predicted*) dari variabel lainnya. Regresi linear pada umumnya digunakan untuk memodelkan

hubungan variabel bebas terhadap variabel terikat dan memperkirakan variabel terikat dengan menggunakan variabel bebas. Apabila pada analisis permasalahan banyaknya variabel bebas yang terdapat hanya satu, maka permasalahan tersebut disebut sebagai regresi linear sederhana. Sedangkan apabila terdapat variabel bebas lebih dari satu, maka permasalahan tersebut disebut dengan regresi linear berganda. Pada regresi linear berganda yang memiliki beberapa variabel bebas tersebut maka pengaruh yang dihubungkan dengan variabel terikat akan lebih kompleks.

Terdapat beberapa tujuan dari pengolahan data dengan menggunakan analisis regresi. Tujuan dari fungsi analisis regresi sendiri yang telah dijelaskan oleh Kurniawan (Kurniawan, 2008, pp. 1-13) dapat dikelompokkan sebagai berikut:

a) Tujuan Deskripsi

Regresi mampu menjelaskan perihal data melalui terbentuknya sebuah model hubungan yang bersifat matematis. Sebagai contoh dengan membuat estimasi rata-rata dan nilai variabel tergantung yang didasarkan pada variabel bebas dapat diperoleh generalisasi nilai utama dalam sebuah kelas atau kelompok data yang diteliti.

b) Tujuan Kontrol

Regresi juga dapat digunakan untuk melakukan pengendalian atau pengawasan terhadap sebuah permasalahan atau hal yang diamati melalui penggunaan model regresi yang diperoleh. Sebagai contoh dalam pengawasan laju pertumbuhan sebuah nilai dalam sebuah kelompok atau kelas data dapat dikendalikan dengan mengatur variabel bebas dari pola analisis regresi tersebut serta menguji hipotesis karakteristik ketergantungan.

c) Tujuan Perkiraan

Selain tujuan di atas, Regresi juga dapat digunakan untuk melakukan perkiraan untuk variabel terikat. Sebagai contoh dalam melakukan perkiraan nilai rata-rata variabel terikat yang berdasarkan pada nilai variabel bebas diluar jangkauan sampel dari kelompok data. Namun pada penggunaan analisis regresi sebagai perkiraan, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu rentang data dari beberapa variabel bebas yang akan digunakan untuk membuat analisis regresi tersebut. Pada misalnya, sebuah model analisis regresi diperoleh menggunakan variabel bebas yang memiliki rentang data sekitar 5–25, maka perkiraan dengan analisis tersebut hanya dapat dilakukan apabila nilai yang digunakan sebagai masukan untuk variabel terikat berada dalam rentang tersebut. Konsep ini dapat disebut sebagai interpolasi.

Engle *et al.* (Engle, Mustafa, & Rice, 1992, pp. 241-251) menyajikan beberapa model regresi untuk menentukan perkiraan beban puncak pada hari berikutnya. Model mereka menggabungkan pengaruh deterministik seperti hari libur nasional, pengaruh spekulatif seperti beban rata-rata, dan pengaruh eksogen seperti cuaca.

Data pada variabel bebas pada regresi linear dapat merupakan data pengamatan yang tidak ditentukan oleh peneliti atau pengkaji (*observer*) maupun data yang telah ditentukan oleh permasalahan sebelumnya (*experimental data*). Sedangkan data pada variabel dependen merupakan data yang diamati untuk memperoleh hubungan kausal antara variabel bebas dan variabel dependen. Dalam penggambaran grafik, keduanya saling membentuk pola dan kurva tergantung dari jumlah variabel bebas yang tersedia pada data yang ingin diteliti, pola tersebut dapat disebut sebagai garis regresi. Garis regresi merupakan sebuah garis yang digunakan untuk membuat perkiraan suatu nilai di sumbu Y (variabel terikat) apabila nilai di sumbu X (variabel bebas) telah diketahui [1, a]. Garis regresi yang berbentuk garis lurus disebut garis regresi linear. Untuk

membentuk garis regresi linear, hubungan antara nilai pada sumbu X dan Y diperlukan melalui koefisien relasi. Koefisien tersebut memiliki nilai dengan interval -1 sebagai nilai terkecil dan 1 sebagai nilai terbesar.

Apabila pada suatu kasus terjadi kenaikan pada nilai di sumbu X diikuti dengan kenaikan nilai di sumbu Y, maka hubungan antara kedua variabel tersebut dapat disebut dengan hubungan positif. Sedangkan pada kasus terjadi kenaikan pada nilai di sumbu X diikuti dengan penurunan yang terjadi pada nilai di sumbu Y, maka hubungan antara kedua variabel tersebut disebut dengan hubungan negatif. Kemudian jika hubungan X dan Y lemah dan tidak berpengaruh dengan perubahan nilai variabel bebas yang telah ditentukan maka dapat dikatakan sebagai hubungan variabel lemah atau tidak memiliki hubungan. Untuk menentukan hubungan tersebut perlu diketahui dengan menentukan koefisien korelasi dari dua variabel tersebut. Rumus koefisien korelasi ( $r$ ) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$r = \frac{\Sigma X_i \cdot Y_i}{\sqrt{\Sigma X_i^2} \sqrt{\Sigma Y_i^2}} \quad (2.9)$$

atau

$$r = \frac{n \cdot \Sigma X_i \cdot Y_i - \Sigma X_i \cdot \Sigma Y_i}{\sqrt{n \Sigma X_i^2 - (\Sigma X_i)^2} \cdot \sqrt{n \Sigma Y_i^2 - (\Sigma Y_i)^2}} \quad (2.10)$$

Dimana :

- |           |   |
|-----------|---|
| $r = 1,$  | Hubungan X dan Y sempurna dan positif     |
| $r = -1,$ | Hubungan X dan Y sempurna dan negative    |
| $r = 0,$  | Hubungan X dan Y lemah sekali (tidak ada) |

Jika  $r$  memiliki nilai yang besar, berkorelasi memiliki hubungan yang cukup kuat antar variabelnya, pada umumnya digunakan dalam garis regresi  $\hat{Y} = a + bX$  untuk memperkirakan nilai  $Y$  apabila nilai  $X$  telah diketahui. Hubungan antara  $X$  dan  $Y$  yang sebenarnya dituliskan dengan persamaan  $Y = a + bX + e$ .

$a$  dan  $b$  merupakan parameter yang di dalam kasus praktik tidak diketahui nilai dari  $a$  dan  $b$  tersebut. Oleh karena tidak diketahui nilai dari  $a$  dan  $b$  maka hubungan antara keduanya juga tidak diketahui, akan tetapi nilai tersebut dapat diperkirakan apabila nilai  $a$ ,  $b$ , dan  $e$  merupakan perkiraan yang dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y = a + bX + e \quad (2.11)$$

Dimana :

- $a$  = Suatu bilangan konstan, merupakan nilai  $Y$  pada  $X = 0$  dan  $e = 0$
- $b$  = Koefisien regresi sebenarnya, atau biasa disebut koefisien arah
- $e$  = Kesalahan pengganggu (*disturbance error*) atau dengan simbol  $\mu$

Dengan menggunakan metode *Least Square* maka untuk menentukan nilai koefisien  $a$  dan  $b$  dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut (Olivier, 2007, p. 2).

$$a = Y\bar{y} + b\bar{x}X \quad (2.12)$$

$$b = \frac{\sum X_i \cdot Y_i}{\sum X_i^2} \quad (2.13)$$

Koefisien  $b$  juga dapat dituliskan menjadi

$$b = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2} \quad (2.14)$$

#### 4) *Time Series*

Deret waktu (*time series*) merupakan metode analisis data yang dilakukan dengan mengumpulkan data observasi dan pengamatan yang dibuat secara berurutan sepanjang rentang waktu yang telah ditentukan. Pada umumnya observasi dalam deret waktu tidak memiliki cangkupan yang luas atau biasa disebut saling berkolerasi. Oleh karena itu, urutan data dari rentang waktu observasi yang telah ditentukan sangat penting. Hal ini akan berdampak pada tahapan dan prosedur statistika yang berdasarkan pada variabel bebas menjadi tidak valid sehingga diperlukan metode dan pendekatan yang berbeda.

Terdapat beberapa tujuan dari pengolahan data menggunakan analisis deret waktu. Tujuan tersebut telah dijelaskan dan dijabarkan oleh Chatfield (Chatfield, 1984, pp. 7-9), yaitu:

a) Tujuan Deskripsi

Tahapan pertama dalam melakukan analisis deret waktu pada umumnya adalah merencanakan data yang ingin diambil dan memperoleh parameter dari deret waktu tersebut. Dengan melakukan perencanaan tersebut dapat diketahui keberadaan pola *trend*, pola musiman, dan pola siklus. Selain dengan mengetahui pola data deret waktu yang ingin dilakukan pengolahan, dengan merencanakan data juga dapat mengetahui nilai titik perubahan (*turning points*) serta nilai *outliers* yang tidak konsisten dengan nilai yang terdapat pada keseluruhan data. *Outliers* dapat merupakan data observasi yang valid, namun keberadaannya juga dapat dikatakan abnormal (*freak*) tergantung dari data yang ditentukan oleh penganalisis. Untuk titik perubahan pada umumnya berkaitan dengan fluktuasi yang terjadi pada *trend*. “Dari data yang diperoleh melalui analisis deret waktu dapat dikembangkan dengan perhitungan statistik seperti autokorelasi, autokovarians, dan periodegram” (Kitagawa, 2010, p. 8).

b) Tujuan Pemaparan

Ketika melakukan observasi dengan menggunakan dua variabel atau lebih, maka memungkinkan untuk menggunakan beberapa variabel pada analisis deret waktu pertama untuk menjelaskan variabel pada deret waktu lainnya. Hal ini dapat mengarahkan kepada pemahaman yang lebih dalam terkait mekanisme dalam perngolahan data dari deret waktu yang ditentukan.

Model regresi berganda akan sangat berperan dalam hal ini, sebagai contoh dalam mengetahui hubungan antara suhu dan tekanan dalam mempengaruhi tinggi permukaan laut, dan pengaruh dari harga dan kondisi ekonomi dengan penjualan suatu barang.

c) Tujuan Perkiraan

Dengan deret waktu yang telah ditentukan, maka dapat diperoleh nilai perkiraan di masa yang akan datang. Hal ini sangat berperan penting untuk memperkirakan penjualan suatu barang, kondisi ekonomi suatu wilayah, dan pengadaan barang pada industrial. Perkiraan sendiri sangat berkaitan dengan pengendalian suatu masalah pada beberapa situasi dan kondisi. Sebagai contoh, jika sebuah perkiraan menyatakan bahwa proses produksi barang telah keluar dari jumlah sasaran target konsumen maka tindakan korektif yang tepat dapat dilakukan.

d) Tujuan Pengendalian

Ketika analisis deret waktu yang diperoleh digunakan untuk menunjukkan mutu dari proses produksi, maka tujuan dari pengolahan data tersebut merupakan pengendalian dari proses pembuatan tersebut. Dalam pengendalian mutu statistik, pengamatan digambarkan dalam grafik pengendalian mutu dan pengawas tersebut menentukan tindakan yang tepat dari mempelajari grafik tersebut. Model spekulatif

sesuai untuk diterapkan dalam deret waktu, nilai perkiraan di masa yang akan datang diperkirakan, dan kemudian variabel proses masukan disesuaikan untuk mempertahankan agar proses sesuai dengan jumlah sasaran. Banyak artikel yang dibuat oleh para teknisi data yang telah menjelaskan pengembangan dari teori pengendalian tersebut dan beberapa pengawasan data tersebut telah dilakukan oleh sejenis komputer sebagai protokolnya.

Metode deret waktu berlandaskan pada asumsi bahwa data yang diambil memiliki struktur internal di dalamnya, seperti autokorelasi, trend, atau variasi musiman. Perkiraan dengan metode deret waktu mendapati dan menulusuri struktur tersebut. Metode deret waktu telah banyak digunakan dalam beberapa dekade ini terutama di bidang ekonomi, pemrosesan sinyal digital, dan dalam halnya dalam perkiraan beban listrik. Khususnya ARMA (*Auto Regressive Moving Average*), ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*), ARMAX (*Auto Regressive Moving Average with Exogenous variables*), ARIMAX (*Auto Regressive Integrated Moving Average with Exogenous variables*) adalah metode klasik deret waktu yang sering digunakan. Model ARMA biasanya digunakan untuk proses stationer (stagnansial) sedangkan ARIMA adalah perluasan dari ARMA untuk proses non-stationer (non-stagnansial). ARMA dan ARIMA menggunakan waktu dan pembebanan hanya sebagai parameter input. Karena beban pada umumnya bergantung pada cuaca dan waktu pada hari tersebut, ARIMAX merupakan metode paling umum digunakan untuk perkiraan beban diantara semua model klasik deret waktu.

Fan dan McDonald (Fan & McDonald, 1994, pp. 998-994) dan Cho *et al.* (Cho, Hwang, & Chen, 1995, pp. 317-322) menjelaskan penerapan dari model ARIMAX untuk memperoleh perkiraan beban. Yang *et al.* (Yang & Huang, 1996, pp. 403-408) menggunakan pendekatan *Evolutionary Programming* (EP) digunakan untuk

memperkenalkan parameter model ARMAX dalam memperoleh perkiraan kebutuhan beban pada satu hari hingga satu minggu ke depan per jamnya. *Evolutionary Programming* (Fogel, 1994, pp. 3-14) merupakan metode untuk menyimulasikan perubahan dan mengangkat algoritma dengan optimasi spekulatif. Yang dan Huang (Yang & Huang, 1998, pp. 217-225) megajukan metode FARMAX (*Fuzzy Auto Regressive Moving Average with Exogenous input variables*) untuk memperoleh perkiraan beban dalam satu hari ke depan setiap jamnya.

## 5) Neural Networks

Penggunaan *Artificial Neural Networks* (jaringan syaraf buatan) telah lama dipelajari secara luas di bidang kelistrikan untuk teknik dalam memperkirakan beban sejak tahun 1990 (Peng, Hubele, & Karady, 1992, pp. 250-257). Jaringan syaraf pada dasarnya adalah sebuah rangkaian non-linear yang memiliki kemampuan yang ditunjukkan untuk melakukan penyesuaian kurva non-linear.

Keluaran dari jaringan syaraf buatan adalah beberapa fungsi matematika linear atau non-linear dari masukan. Masukan tersebut dapat juga merupakan keluaran dari jaringan elemen lainnya beserta dengan masukan jaringan yang sebenarnya. Pada biasanya jaringan elemen sebagian besar disusun oleh sejumlah kecil lapisan yang terhubung di antara masukan keluaran jaringan. Pada beberapa waktu tertentu jalur *feedback* digunakan pada penerapan jaringan syaraf.

Dalam menerapkan jaringan syaraf dalam memperkirakan beban listrik, terlebih dahulu harus menentukan salah satu pola struktur dari jaringan syaraf yang akan digunakan (contohnya Hopfield, *back propagation*, Boltzmann machine), jumlah sambungan pada lapisan dan elemen, penggunaan sambungan secara *bi-directional* atau *uni-directional*, dan format bilangan (contohnya biner atau hexa) yang akan digunakan sebagai masukan dan keluaran, dan isi dari jaringan syaraf tersebut.

Struktur jaringan syaraf yang digunakan secara universal dalam meperkirakan beban listrik adalah model *back propagation*. Model jaringan syaraf *back propagation* menggunakan fungsi yang bernilai kontinyu dan pembelajaran terarah. Di bawah pembelajaran secara terarah tersebut, nilai sebenarnya yang digunakan sebagai elemen masukan ditentukan dengan menyesuaikan data historis (seperti waktu dan cuaca) untuk keluaran yang ingin ditentukan (seperti data historis beban listrik) dalam “sesi pembelajaran” pre-operational. Jaringan syaraf buatan yang tidak menggunakan pembelajaran terarah tidak membutuhkan pembelajaran pre-operational.

Bakirtzis *et al.* (Bakirtzis, Petridis, Klartzis, Alexiadis, & Maassis, 1996, pp. 858-863) mengembangkan jaringan syaraf buatan berdasarkan model perkiraan beban jangka pendek untuk *Energy Control Center of the Greek Public Power Corporation*. Dalam pengembangannya mereka menggunakan jaringan syaraf buatan yang memiliki tiga lapisan yang sepenuhnya terhubung *feedforward* dan algoritma *back propagation* digunakan sebagai pembelajaran. Variabel masukan mencakup data pembeban per jam, suhu, dan hari per minggu. Model tersebut dapat memperoleh perkiraan beban dari satu hingga tujuh hari. Papalexopoulos *et al.* (Papalexopoulos, Hao, & Peng, 1994, pp. 1956-1962) mengembangkan dan menerapkan jaringan syaraf buatan berlapis-lapis terhubung *feedforward* untuk memperkirakan beban sistem dalam jangka pendek. Pada pembuatan model tersebut, terdapat tiga variabel yang digunakan sebagai masukan ke jaringan syaraf: musim terkait masukan, cuaca terkait masukan, dan data historis pembebahan.

Khotanzad *et al.* (Khotanzad, et al., 1997, pp. 835-846) menjelaskan perkiraan beban sistem dengan menggunakan jaringan syaraf buatan disebut dengan ANNSTLF. ANNSTLF berdasarkan pada sejumlah metode jaringan syaraf buatan yang memperoleh variasi trend di dalam data. Di dalam pengembangannya mereka

menggunakan perceptron berlapis-lapis yang telah diajarkan dengan kesalahan algoritma *back propagation*. ANNSTLF dapat menunjukkan pengaruh dari suhu dan kelembaban relative terhadap beban listrik. Terdapat juga di dalamnya terdapat sistem yang dapat memperoleh perkiraan suhu dan kelembaban relative setiap jamnya yang dibutuhkan sistem. Penyempurnaan dari metode di atas dijelaskan pada (Khotanzad, Afkhami-Rohani, & Maratukulam, 1998, pp. 1413-1422).

Pada generasi terbaru, ANNSTLF mencakup dua sistem jaringan syaraf buatan, dimana salah satunya memperkirakan beban awal dan lainnya memperkirakan perubahan pada beban. Perkiraan terakhir dikalkulasikan dengan kombinasi adaptif dari dua perkiraan tersebut. Pengaruh dari kelembaban dan hembusan angin diperhatikan melalui transformasi linear dari suhu. Chen *et al.* (Chen, Canizares, & Singh, 2001, pp. 411-415) mengembangkan sebuah jaringan syaraf dengan tiga lapis sepenuhnya terhubung *feedforward* dan algoritma *back propagation* digunakan sebagai metode pembelajaran. Namun jaringan syaraf buatan mereka memperhatikan biaya listrik sebagai salah satu karakteristik utama dari beban sistem. Banyak studi yang menerbitkan menggunakan jaringan syaraf buatan dengan menghubungkannya dengan metode perkiraan lainnya (seperti dengan pohon regresi (Mori & Kosemura, 2001, pp. 421-426), deret waktu (Chow & Leung, 1996, pp. 500-506), atau logika *fuzzy* (Skarman, Georgopoulos, & Gonzalez, 1998, pp. 181-191)).

## 6) *Expert Systems*

*Expert systems* menggabungkan aturan dan prosedur yang digunakan oleh para ahli di dalam bidang yang ditempati ke dalam *software* yang dapat melakukan perkiraan secara otomatis tanpa bantuan manusia.

*Expert systems* telah digunakan sejak tahun 1960 untuk penerapannya di bidang geologi dan desain computer. *Expert systems* dapat digunakan lebih baik ketika sorang

ahli tersebut dapat bekerja dengan pembuat *software* dalam jangka waktu yang ditentukan untuk memberitahukan pengetahuan seorang ahli tersebut kepada software *expert systems* yang ingin dikembangkan. Serta pengetahuan yang diberikan tersebut harus sesuai untuk dilakukan kodifikasi ke dalam program *software* (sebagai contoh seorang ahli dapat menjelaskan proses penentuan/perhitungan terkait perkiraan yang ingin di aplikasikan ke *software* tersebut kepada programmer). *Expert systems* dapat mengkodifikasi ratusan hingga ribuan perhitungan tersebut.

Ho *et al.* (Ho, et al., 1990, pp. 1214-1221) mengajukan pengetahuan berdasarkan *expert systems* untuk memperoleh perkiraan beban jangka pendek pada sistem tenaga listrik di Taiwan. Pengetahuan dari operator dan data observasi beban sistem setiap jam pada lima tahun sebelumnya untuk digunakan dalam menentukan perkiraan tersebut. Parameter cuaca juga termasuk variabel penting yang harus diperhatikan dalam menggunakan *expert systems*. Algoritam yang dikembangkan dapat dilakukan lebih baik daripada metode konvensional *Box-Jenkins*. Rahman dan Hazim (Rahman & Hazim, 1996, pp. 161-169) mengembangkan teknik *site-independent* untuk memperoleh perkiraan beban jangka pendek. Pengetahuan akan beban dan faktor yang mempengaruhinya diambil dan direpresentasikan ke dalam dasar aturan dalam diajukan parameter. Dasar aturan ini dilengkapi dengan database dari parameter yang bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya. Teknik ini telah dicoba di beberapa tempat di Amerika Serikat dengan presentase kesalahan yang rendah. Model beban, aturan, dan parameter variabel direpresentasikan pada artikel tersebut telah dirancang tanpa menggunakan pengetahuan spesifik tentang tempat yang ingin diperkirakan. Hasil dari perkiraan tersebut dapat lebih akurat apabila operator pada tempat yang ingin diperkirakan telah dikonsultasikan.

## 7) *Fuzzy Logic*

Logika fuzzy merupakan generalisasi dari logika Boolean yang pada umumnya digunakan untuk desain rangkaian digital. Masukan dari logika Boolean sendiri berdasarkan nilai kebenaran dari “0” atau “1”. Pada logika fuzzy sebuah masukan sudah dikaitkan pada rentang kualitatif tertentu. Sebagai contoh, beban sebuah trafo dapat diindikasikan sebagai “rendah”, “medium”, dan “tinggi”. Logika fuzzy memungkinkan (secara logika) untuk memperoleh keluaran dari beberapa masukan logika fuzzy tersebut. Dalam arti, logika fuzzy merupakan salah satu cara dari beberapa teknik untuk pemetaan masukan ke keluaran (sebagai contoh penyesuaian kurva).

Di antara beberapa keuntungan dalam menggunakan logika fuzzy merupakan tidak diperlukannya pemetaan model matematik untuk masukan ke keluaran dan tidak diperlukannya keakuratan untuk masukan (atau bahkan masukan tanpa *noise*). Dengan kondisi aturan yang secara umum, logika fuzzy yang dirancang dengan nilai masukan ketepatan yang tinggi maka dapat memperoleh hasil perkiraan yang memiliki nilai keakuratan yang kuat. Dalam beberapa situasi hasil perkiraan yang sangat akurat dibutuhkan pada rentang waktu tertentu (sebagai contoh beban puncak di saat pukul 12:00). Setelah melakukan pengolahan logika dari masukan fuzzy tersebut, proses “defuzzifikasi” dapat dilakukan untuk memperoleh keluaran yang akurat. Dijelaskan pada referensi (Kiartzis, Bakirtzis, Theocharis, & Tsagas, 2000, pp. 1097-1100), (Miranda & Monteiro, 2000, pp. 1063-1068), (Skarman, Georgopoulos, & Gonzalez, 1998, pp. 181-191) mengenai penerapan logika fuzzy untuk memperkirakan beban listrik.

## **8) Support Vector Machines**

*Support Vector Machines* (SVMs) merupakan teknik akurat belakangan ini yang sering digunakan untuk memecahkan masalah dalam klasifikasi dan regresi. Pendekatan ini berasal dari teori pembelajaran statistikal Vapnik (Vapnik, 1995, pp. 138-167). Tidak seperti jaringan syaraf yang berusaha memperjelas fungsi kompleks dari ruang karakteristik masukan, *support vector machines* melakukan pemetaan nonlinear (dengan menggunakan fungsi yang dinamakan fungsi kernel) dari data ke ruang (karakteristik) dimensi yang tinggi. Kemudian *support vector machines* menggunakan fungsi linear tunggal untuk membuat garis batas keputusan linear pada ruang baru. Persoalan dalam memilih struktur untuk jaringan syaraf digantikan dengan persoalan dalam memilih kernel yang sesuai untuk *support vector machines* (Christianini & Shawe-Taylor, 2000, pp. 149-160).

Mohandes (Mohandes, 2002, pp. 335-345) menerapkan metode *support vector machines* untuk memperkirakan beban listrik jangka pendek. Penulis tersebut membandingkan hasil perkiraan yang diperolehnya dengan metode *support vector machines* dengan metode auto regresif. Hasil dari perbandingan tersebut menunjukkan bahwa SVMs menghasilkan perkiraan yang lebih akurat dibandingkan oleh metode auto regresif. Chen *et al.* (Chen, Chang, & Lin, 2004, pp. 1821-1830) mengajukan model SVM untuk memperkirakan kebutuhan beban harian dalam satu bulan. Penelitian mereka merupakan kategori pemenang pada kompetisi yang diselenggarakan oleh *EUNITE network*.

## **9) Energy Coefficient Methods**

Metode koefisien energi merupakan metode perkiraan beban jangka pendek yang menggunakan data historis beban pelanggan pada tiga tahun terakhir. Metode ini pada umumnya digunakan untuk memperkirakan beban harian pada suatu sistem tenaga

listrik. Metode koefisien energi merupakan metode pengolahan data historis statistikal pada realisasi operasi pembebanan pada sistem tenaga listrik. Pada setiap jam di hari sebelumnya yang memiliki karakteristik yang sama dengan hari yang ingin diperkirakan, terlebih dahulu harus ditentukan koefisien energi dari beban tersebut untuk mengetahui beban pada sistem tenaga listrik dalam perbandingannya terhadap beban puncak di hari tersebut. Koefisien tersebut memiliki nilai yang berbeda berdasarkan jenis hari yang ingin ditentukan, seperti hari Senin sampai dengan Minggu dan hari libur nasional. Setelah memperoleh perkiraan kurva beban harian menggunakan metode koefisien energi, hal selanjutnya dilakukan adalah melakukan verifikasi data yang didapat dengan informasi tambahan mengenai suhu dan aktifitas masyarakat yang terjadi menjelang hari yang ingin diperkirakan.

Prosedur perkiraan beban untuk kebutuhan operasi dilakukan dengan pembuatan model kurva pembebanan selama satu tahun yang terdiri dari 52 minggu. Model kurva tahunan merupakan suatu kurva yang dibentuk oleh pembebanan mingguan selama satu tahun yang terdiri dari 52 minggu. Kurva tersebut dibentuk dengan mengetahui terlebih besar dari target pembebanan energi untuk memperhitungkan perkiraan pembebanan tahunan dengan data historis pembebanan mingguan dari beberapa tahun sebelumnya. Pembentukan koefisien energi mingguan selama satu tahun dapat ditentukan dengan persamaan secara umum sebagai berikut:

$$C_{mn} = \frac{P_{mn}}{P_{mmax}} \quad (2.15)$$

Dimana :

$C_{mn}$  = Koefisien minggu ke-n pada tahun ke-m

$P_{mn}$  = Beban puncak minggu ke-n di tahun ke-m

$P_{mmax}$  = Beban puncak tertinggi yang terjadi di tahun ke-m

Dari hasil perhitungan seluruh koefisien energi pada data historis pembebanan selama tiga tahun terakhir, Hal selanjutnya yang harus ditentukan adalah rata-rata mingguan dari seluruh koefisien tersebut menggunakan persamaan berikut.

$$C_{rn} = \frac{C1n + C2n + C3n + \dots + Cmn}{m} \quad (2.16)$$

Dimana :

- $C_{rn}$  = Koefisien rata-rata pembebanan pada minggu ke-n
- $C1n$  = Koefisien pembebanan pada minggu ke-n di tahun pertama
- $C2n$  = Koefisien pembebanan pada minggu ke-n di tahun kedua
- $C3n$  = Koefisien pembebanan pada minggu ke-n di tahun ketiga
- $m$  = Jumlah total tahun data historis pembebanan yang digunakan

Apabila dengan hasil perhitungan koefisien rata-rata di atas tidak terdapat nilai rata-rata sama dengan 1, maka dilakukan perhitungan pembagian dengan koefisien terbesar yang diperoleh sehingga akan diperoleh koefisien bernilai 1. Nilai koefisien pembebanan tersebut menjadi acuan untuk memperoleh perkiraan beban di tahun yang telah ditentukan. Perhitungan tersebut dapat dituliskan dalam persamaan berikut.

$$Cn = \frac{Crn}{Crmax} \quad (2.17)$$

Dimana :

- $Cn$  = Koefisien rata-rata pembebanan normalisasi pada minggu ke-n
- $Crn$  = Koefisien rata-rata pembebanan pada minggu ke-n
- $Crmax$  = Koefisien rata-rata pembebanan tertinggi

Kemudian untuk membuat model beban kurva mingguan maka data yang digunakan merupakan data historis dari realisasi beban puncak harian (jum'at-kamis)

selama satu tahun terakhir. Selanjutnya melakukan pengelompokan indeks untuk menentukan koefisien harian maka dilakukan perbandingan dari nilai yang tertera. Secara sederhana dapat diketahui koefisien harian merupakan perbandingan beban puncak yang terjadi pada masing-masing hari (Jum'at s.d Kamis) terhadap beban harian terbesar yang diperoleh selama satu minggu tersebut.

Setelah mengelompokkan beberapa koefisien beban kurva tahunan dan kurva mingguan adalah mencari tahu beban puncak tahunan yang diperoleh dari pertumbuhan beban puncak tahunan. Perkiraan beban puncak tahunan diperoleh dengan memperhatikan pertumbuhan beban puncak setiap tahunnya dari data historis pembeban selama tiga tahun terakhir. Perhitungan tersebut dapat dituliskan dalam rumus sebagai berikut.

$$G_n = \frac{(BP_{n+1}) - BP_n}{BP_n} \cdot 100\% \quad (2.18)$$

Dimana :

$G_n$  = Besar pertumbuhan pembebanan listrik di tahun n

$BP_n$  = Beban puncak selama satu tahun di tahun n

$BP_{n+1}$  = Beban puncak selama satu tahun setelah tahun n

## 8. Prosedur Perkiraan Secara Umum

Dalam memperkirakan suatu hal terdapat beberapa prosedur yang harus diperhatikan untuk memperoleh hasil perkiraan yang seakurat mungkin, yaitu:

- a. Menentukan tujuan dari perkiraan. Tujuan yang konkret diperlukan dalam memperkirakan suatu hal di masa yang akan datang. Dengan tujuan yang konkret, maka dapat ditentukan variabel terkait dari tujuan yang digunakan dalam memperoleh perkiraan tersebut.

- b. Menentukan variabel dan parameter yang dapat memperoleh hasil perkiraan seakurat mungkin. Pada umumnya seseorang dalam memperkirakan suatu hal hanya fokus pada variabel dan parameter dasar terkait hal yang ingin diperkirakan tanpa memperhatikan faktor lain yang juga mempengaruhi hal tersebut, hal ini dapat membuat hasil perkiraan yang didapatkan memiliki tingkat kesalahan (*error*) yang besar. Oleh karena itu, untuk membantu dalam mendapatkan hasil dengan tingkat akurasi yang tinggi dapat dilakukan dengan menambahkan variabel dari faktor lain yang berpengaruh.
- c. Menentukan rentang waktu yang ingin diperkirakan (jangka pendek, jangka menengah, atau jangka panjang). Dengan menentukan rentang waktu yang ingin diperkirakan maka dapat ditentukan beberapa metode yang sesuai dan efisien untuk memperoleh hasil perkiraan yang akurat.
- d. Menentukan metode perkiraan yang sesuai dengan tujuan. Terdapat banyak jenis metode yang dapat digunakan dalam memperkirakan suatu hal, namun dengan tujuan dari perkiraan yang ingin dilakukan maka metode yang digunakan harus sesuai dengan untuk menghindari presentase kesalahan (*error*) ygng besar.
- e. Menerapkan data–data acuan yang didapat ke dalam metode yang telah ditentukan untuk memperoleh hasil dari nilai perkiraan beserta presentase kesalahan sebagai perbandingan dengan nilai perhitungan dari perkiraan dan nilai sesungguhnya untuk memperkuat hasil yang didapatkan.

Dalam proyek akhir ini, jenis data yang digunakan merupakan beban listrik harian selama beberapa minggu selama periode Hari Raya Idul Fitri 2020-2022. Metode yang digunakan adalah metode koefisien energi yang merupakan turunan dari metode deret waktu *Box-Jenkins ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average)*. Sebagai parameter tambahan yang digunakan untuk memperkecil tingkat

kesalahan pada proyek permasalahan proyek akhir ini adalah data suhu pada provinsi DKI Jakarta dan Banten.

## **9. Model Perkiraan Beban**

Model perkiraan beban yang digunakan harus dapat menunjukkan hubungan antara variabel yang satu dengan variabel lainnya, sebagai contohnya dalam menentukan hubungan antara penjualan energi listrik dengan pendapatan serta tingkat konsumsi masyarakat dalam menggunakan energi listrik. Untuk menentukan hubungan antar banyak variabel yang mempengaruhi beban tersebut biasanya sangat rumit dan saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Oleh karena itu model yang biasa digunakan dalam memperkirakan beban dapat dikelompokkan untuk mengurangi variabel yang tidak dibutuhkan dengan variabel lainnya. Kelompok model perkiraan beban tersebut adalah sebagai berikut:

### **a. Model Sampel Statistik**

Model yang disusun berdasarkan data dan analisis dari penggunaan energi listrik pada sektor pemakaian. Dalam model ini hasil perkiraan merupakan eksposisi dari penggunaan energi listrik pada pelanggan dengan lebih detail serta dapat menyesuaikan dengan perkembangan teknologi, aktifitas pelanggan, dan kebijakan pemerintah. Namun, dalam model ini data yang dibutuhkan sangat banyak bahkan terkadang tidak tersedia di pusat beban.

Model ini pada umumnya digunakan untuk memperkirakan daerah yang luas tetapi memiliki konsumsi energi listrik yang stabil dan hampir merata. Jadi untuk memperkirakan kebutuhan energi listrik cukup dengan mengambil salah satu daerah sebagai sampel yang dapat mewakili keseluruhan sehingga mempermudah dalam memperoleh perkiraan beban.

### **b. Model Ekstrapolasi**

Model ini diambil berdasarkan pada data historis dan kemudian menerapkannya ke masa yang akan datang. Model ekstrapolasi ini berasumsi bahwa faktor transisi yang tergambar pada data di masa sebelumnya akan mempunyai pengaruh yang sama dan bersifat kontinyu di masa yang akan datang. Apabila terjadi fluktuasi–fluktuasi perkembangan teknologi yang terjadi pada wilayah yang ingin diperkirakan maka model ini kurang tepat untuk digunakan.

### **c. Model Perbandingan**

Model perbandingan merupakan model yang memproyeksikan dengan analisis perbandingan yang cenderung heterogen pada daerah lain. Model ini tidak dapat diterapkan pada daerah yang memiliki konsumsi energi listrik yang stabil dan hampir merata. Model ini disebut juga model kecenderungan yang merupakan model yang disusun berdasarkan data historis tanpa memperhatikan hal yang mempengaruhi data tersebut (seperti contoh pengaruh iklim, ekonomi, teknologi, dan pengaruh lainnya). Model ini sesuai untuk digunakan dalam rentang waktu perkiraan jangka pendek.

### **d. Model Sektoral**

Model sektoral ini model yang memantau pertumbuhan beban listrik pada masing–masing sektor beban. Sektor beban tersebut dikelompokkan ke dalam beberapa sektor beban, yaitu: Sektor Rumah Tangga, Komersial, Industri, dan Fasilitas Umum. Kebutuhan beban pada sistem tenaga listrik di pusat pembangkitan merupakan jumlah total dari kebutuhan beban dari keempat sektor di dalam pusat beban tersebut. Model ini sesuai digunakan untuk memperoleh hasil perkiraan yang lebih akurat dibandingkan model lainnya.

#### e. Model Gabungan

Model gabungan ini merupakan model gabungan dari model-model yang telah dijelaskan di atas. Setiap model memiliki karakteristik yang berbeda-beda seperti keuntungan dan kelemahan masing-masing model, sehingga sulit untuk menentukan model yang efektif dan efisien, dikarenakan dalam melakukan perkiraan yang berbeda-beda berdasarkan kondisi dan tempat yang digunakan maka hal tersebut juga mempengaruhi hasil perkiraan yang diperoleh dari masing-masing model. Model yang efektif merupakan model yang dikembangkan berdasarkan perubahan keadaan ruang lingkup yang diperkirakan dan kondisi sosial serta ekonomi setempat.

Pada setiap interval waktu tertentu hasil perkiraan beban harus diverifikasi kembali dan disesuaikan dengan kondisi perubahan kedaan yang aktual. Faktor lain yang harus diperhatikan adalah populasi dan perataan dalam penyebaran penduduk untuk menentukan model yang sesuai dengan kondisi tersebut.

### B. Kajian Penelitian yang Relevan

Terdapat banyak penelitian yang dilakukan berkaitan dengan perkiraan beban dengan menggunakan metode koefisien energi. Salah satu dari penelitian tersebut merupakan penelitian yang dilakukan oleh Yuningsih Akili & Yasin Mohamad (2014) dengan judul *Analisis Perkiraan Energi Menggunakan Metode Koefisien Energi (Studi Kasus: PT. PLN (PERSERO) Area Gorontalo)*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode koefisien energi dengan sumber data historis beban mingguan dari tahun 2011–2012 PLN Cabang Gorontalo. Dalam data historis tersebut terdapat rekapan pembebanan di PT. PLN Cabang Gorontalo yang dihitung per tujuh hari (satu minggu) yang dimulai dari tanggal 1 Januari sampai tanggal 7 Januari tahun 2011, setiap data per tujuh hari tersebut dalam setiap bulannya diperhitungkan dalam satu koefisien. Dalam penelitian ini yang dilakukan pada tahun 2011-2012, koefisien yang

dapat diperoleh dalam satu tahun selama 2011 dan 2012 masing-masing tahunnya memiliki jumlah koefisien yang sama yaitu berjumlah 52 koefisien. Dari konsep perhitungan koefisien energi, penelitian ini menentukan basis perhitungan dengan mengacu pada Rencana Operasi Tahunan (ROT) tahun 2013 yang ditentukan oleh PLN sebesar 232.329,3611 MWh.

Dengan menentukan koefisien energi mingguan pada tahun 2011–2012 maka dapat diperoleh cara untuk menentukan koefisien energi mingguan pada tahun 2013. Data hasil perhitungan yang dilakukan penelitian ini menunjukkan terdapatnya selisih perhitungan pembebanan menggunakan metode koefisien energi dengan data aktual dari penggunaan energi listrik oleh pelanggan di PT. PLN (Persero) Area Gorontalo dengan nilai fluktuatif yang terlihat pada hasil perhitungan energi per minggunya. Berdasarkan hasil perhitungan pada penelitian ini, terdapat nilai deviasi yang diperoleh berkisar 28% antara jumlah total penggunaan energi yang diperkirakan selama per minggu tahun 2013 dengan jumlah total energi riil pada tahun 2013. Hal ini menunjukkan tidak terjadinya pemerataan dalam penggunaan energi listrik riil dibandingkan dengan data perhitungan penggunaan energi dengan metode koefisien energi melalui data historis tahun 2011 dan tahun 2012. Terdapatnya nilai fluktuatif yang besar terlihat pada penelitian ini karena data yang diperhitungkan hanya menggunakan data riil tanpa memperhatikan faktor eksternal yang mempengaruhi pembebanan. Oleh karena itu dengan menambahkan variabel dan parameter yang ikut terlibat dalam mempengaruhi penggunaan dapat mengurangi nilai deviasi antara hasil perkiraan dengan data riil dan meningkatkan presentase akurasi dari data penggunaan beban yang terjadi di masa yang akan datang.

Penelitian lainnya yang relevan terkait perkiraan penggunaan energi listrik dengan metode koefisien energi dilakukan oleh Kafahri Ahmad Hamidie (2009)

*Metode Koefisien Energi untuk Peramalan Beban Jangka Pendek pada Jaringan Jawa Madura Bali.* Pada penelitian ini data historis yang digunakan merupakan data pembebanan jaringan sistem Jawa Madura Bali pada tahun 2006-2008, Kemudian untuk perhitungan koefisien beban yang akan diperkirakan untuk tahun 2009 mengacu pada Rencana Operasi Tahunan (ROT) PT. PLN pada tahun 2009 yang berkisar 120.388.000 MWh. Dengan data historis pembebanan pada tahun 2006–2008 maka dapat ditentukan koefisien energi mingguan untuk tahun 2006–2008. Hasil dari perhitungan koefisien selanjutnya diperhitungkan rata–rata pada pembebanan selama tahun 2006–2008. Hasil rata–rata yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan dengan nilai ROT yang telah tersedia. Dari hasil penelitian ini, nilai deviasi yang didapatkan dari metode koefisien energi untuk beban mingguan pada tahun 2009 adalah 4,25%.

Dalam penelitian ini juga membahas perhitungan energi harian pada tahun 2009 dengan menentukan koefisien energi harian melalui data historis pembebanan harian di jaringan sistem Jawa Madura Bali pada tahun 2006–2008. Dari hasil perhitungan pada penelitian ini diperoleh nilai deviasi dari metode koefisien energi untuk beban harian pada tahun 2009 adalah 5,234%. Dari penelitian ini munculnya nilai deviasi pada hasil perkiraan disebabkan karena metode yang dilakukan hanya memperhatikan nilai energi pada rentang waktu tertentu tanpa melihat faktor eksternal yang mempengaruhi pembebanan di masa yang akan datang. Selain itu data historis yang digunakan dengan cakupan rentang waktu yang besar membuat tingkat ketepatan yang diperoleh menurun karena pada setiap tahun baik harian maupun mingguan tidak selalu sama setiap tahunnya, dengan hari perayaan agama tertentu yang mengikuti tahun yang ditetapkan oleh masing–masing agama maka hari perayaan besar yang membuat signifikansi pembebanan yang besar ikut bergeser setiap tahunnya.

Demikian juga dengan penelitian oleh Barqi Azmi (2015) yang berjudul *Analisis Perkiraan Beban Jangka Pendek pada Metode Koefisien Energi*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data historis pembebanan pada sistem interkoneksi Jawa Bali di tahun 2010 -2015. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dimuat berdasarkan perbandingan perhitungan koefisien korelasi dengan koefisien energi untuk mengetahui tingkat ketepatan pada hasil perkiraan beban di masa yang akan datang. Dengan hasil perhitungan koefisien tingkat kepercayaan data yang diperoleh bernilai lebih dari 0,95 maka untuk menyederhanakan variabel yang ditentukan maka data yang digunakan hanya data historis pembebanan selama tiga tahun sebelumnya yaitu pada tahun 2012–2015. Pengolahan data pada penelitian ini untuk perkiraan pembebanan pada tahun 2016 dengan memasukkan parameter pertumbuhan produksi sebagai faktor eksternal yang mempengaruhi pembebanan yang berkisar 5% dari hasil perhitungan tersebut. Dari pengolahan data di atas pada penelitian ini diperoleh sebesar 173.127.294,9 MWh dan beban puncak pada tahun 2016 adalah 25.337,67 MW. Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari data realisasi tahun 2016 dengan hasil perkiraan beban pada tahun 2016 sebesar 6,65%.

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui akurasi perkiraan beban dengan metode koefisien energi sangat terikat dari perkiraan penggunaan energi listrik (tahun perkiraan). Pada perkiraan energi di tahun 2016 dengan data referensi dari data realisasi tahun 2104 dengan perkiraan tingkat penggunaan energi listrik sebesar 5%, Nilai MAPE yang diperoleh sebesar 6,65%. Pada hari libur yang terjadi di tahun 2015 yang bersifat hari perayaan atau hari libur nasional nilai kesalahannya sebesar 23% dan pada hari libur tetap seperti hari sabtu dan minggu memiliki nilai MAPE sebesar 11%. Dengan keberadaan hari libur/ hari perayaan tersebut dapat membuat hasil persentase tingkst kesalahan yang besar (lebih dari 10%). Oleh karena itu seharusnya

dalam penelitian ini menguraikan hari perayaan/ hari libur tersebut dari kalkulasi data acuan untuk dihitung dengan data yang memiliki karakteristik yang sama di tahun sebelumnya untuk memperoleh tingkat ketepatan yang baik. Sedangkan pada model penelitian ini pada hari kerja seperti hari senin–jumat diperoleh nilai MAPE sekitar 5%. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tingkat ketepatan model penelitian ini sudah cukup baik dan layak untuk diterapkan dalam perkiraan beban jangka pendek.

### C. Kerangka Pemikiran

Perkiraan beban merupakan proses penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya, dan faktor daya atau daya reaktif yang terdapat pada suatu titik yang ditentukan dalam suatu sistem tenaga listrik di masa yang akan datang. Perkiraan beban berperan sangat penting dalam pengawasan dan fungsi keamanan dari suatu sistem manajemen energi. Apabila suatu unit sistem tenaga listrik tidak memperhitungkan perkiraan beban di masa yang akan datang maka dapat menyebabkan sejumlah besar unit pembangkit akan berjalan secara kontinyu, lalu saat ketika beban dari konsumen lebih kecil daripada suplai dari pembangkit maka dapat menimbulkan kerugian besar yang diperoleh perusahaan penyedia listrik. Sementara itu ketika beban di pihak konsumen lebih kecil dibanding suplai energi listrik dari pembangkit maka dapat terjadi pemadaman di tempat-tempat tertentu sehingga mengganggu kinerja masyarakat. Sebuah perkiraan beban dapat dikatakan berhasil apabila nilai yang diperoleh melalui perkiraan beban ketika dibandingkan dengan nilai realisasi beban pada rentang waktu yang ditentukan memiliki nilai MEPA berkisar lebih kecil sama dengan 5%. Untuk mengatasi hal tersebut, hasil perkiraan beban yang memiliki tingkat ketepatan yang tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan metode kompleks yang melibatkan banyak parameter yang mempengaruhi beban sebagai data masukan dalam proses pengolahan data, sebagai contoh pada umumnya metode koefisien beban lebih baik

daripada metode ARIMA dikarenakan metode ARIMA hanya mengacu pada koefisien korelasi yang merupakan representasi dari hubungan pembebanan dengan waktu aktifitas harian masyarakat tanpa memperhatikan pola jenis beban harian, sedangkan untuk metode koefisien energi meliputi koefisien beban harian hingga tahunan yang menyesuaikan dengan karakteristik hari yang ingin diperkirakan di masa yang akan datang.

Terdapat banyak metode perkiraan beban yang telah dikembangkan oleh para peneliti belakangan ini yang berusaha untuk mendapatkan nilai perkiraan yang memiliki dengan seakurat mungkin. Banyak usaha yang dilakukan ini merupakan salah cara untuk menghindari kesalahan yang dapat menimbulkan kerugian dari pihak perusahaan penyedia listrik dan sebagai prioritas pelayanan prima kepada pelanggan agar selalu mendapat suplai energi listrik untuk memenuhi aktifitas hariannya. Terlebih lagi, sering sekali dijumpai dalam beberapa penelitian analisis hasil metode perkiraan beban yang memiliki nilai deviasi (MEPA) yang bernilai besar pada hari libur nasional/hari perayaan umat beragama tertentu, hal ini disebabkan karena metode yang digunakan hanya melakukan generalisasi seperti pada data historis sebelumnya dalam pengolahan data tanpa memnyesuaikan karakteristik waktu yang akan diperkirakan. Oleh karena itu, dalam proyek akhir ini berupaya untuk memperkirakan salah satu hari libur nasional/hari besar perayaan umat islam yaitu Hari Raya Idul Fitri di tahun 2020-2022 mendatang dengan metode yang digunakan merupakan metode yang digunakan oleh PT. PLN dalam memperkirakan beban pada sistem pusat tenaga listrik yaitu metode koefisien energi.

Dengan penggunaan metode koefisien energi dalam memecahkan permasalahan pada proyek akhir ini seperti yang telah dipaparkan di atas, hasil perkiraan beban yang diperoleh dengan metode tersebut diharapkan mendapatkan hasil perkiraan beban

dengan tingkat nilai ketepatan yang tinggi. Metode koefisien energi sendiri merupakan metode perkiraan beban jangka pendek yang menggunakan data historis beban pelanggan pada tiga tahun terakhir. Metode ini pada umumnya digunakan untuk memperkirakan beban harian pada suatu sistem tenaga listrik. Metode koefisien energi merupakan metode pengolahan data historis statistikal pada realisasi operasi pembebanan pada sistem tenaga listrik. Pada setiap jam di hari sebelumnya yang memiliki karakteristik yang sama dengan hari yang ingin diperkirakan, terlebih dahulu harus ditentukan koefisien energi dari beban tersebut untuk mengetahui beban pada sistem tenaga listrik dalam perbandingannya terhadap beban puncak di hari tersebut. Dengan demikian dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di masa yang akan datang tanpa merugikan perusahaan penyedia listrik dengan suplai energi listrik yang berlebih ke pelanggan.

#### **D. Pertanyaan Penelitian**

Berdasarkan kajian teori dan kerangka pemikiran yang telah diuraikan di atas maka dapat dikemukakan pertanyaan dan hipotesis penelitian pada proyek akhir ini sebagai berikut.

1. Seberapa besar hasil perkiraan beban yang diperoleh pada periode Hari Raya Idul Fitri tahun 2020-2022 di sistem jaringan tenaga listrik wilayah DKI Jakarta dan Banten?
2. Kapan dan seberapa besar beban minimum yang diperoleh dari hasil perkiraan beban pada periode Hari Raya Idul Fitri tahun 2020-2022 di sistem jaringan tenaga listrik wilayah DKI Jakarta dan Banten?
3. Kapan dan seberapa besar persentase penurunan beban yang terjadi pada periode Hari Raya Idul Fitri tahun 2020-2022 dari beban normal di hari normal pada sistem jaringan tenaga listrik wilayah DKI Jakarta dan Banten?

4. Kapan beban mulai naik secara signifikan pada periode Hari Raya Idul Fitri tahun 2020-2022 di sistem jaringan tenaga listrik wilayah DKI Jakarta dan Banten?