

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penulisan tugas akhir ini merujuk pada beberapa penelitian yang pernah dilakukan, yaitu :

Kurniawan Fitrianto (2006) pemakaian energi listrik yang tinggi tidak seiring dengan peningkatan penyediaan energi listrik, sementara kebutuhan masyarakat terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kegiatan pendukungnya. Maka perlu usaha yang dilakukan agar dapat mengimbangi kebutuhan energi listrik yang terus menerus naik dengan dibuat prakiraan kebutuhan energi listrik sebagai salah satu pedoman perencanaan pengembangan industri listrik yang bertujuan untuk mengetahui gambaran pemakaian energi listrik dengan menghitung dan menganalisa prakiraan kebutuhan energi listrik untuk beberapa tahun kedepan. Dalam penelitian dengan judul “Prakiraan kebutuhan energi listrik tahun 2006 – 2015 pada PT. PLN (Persero) unit pelayanan jaringan (UPJ) di wilayah Kota Semarang dengan metode gabungan” menggunakan perhitungan prakiraan kebutuhan energi listrik dengan model DKL 3.01 yaitu suatu model yang menggabungkan beberapa metode seperti ekonometri, kecenderungan, dan analitis dengan pendekatan sektoral. Sehingga hasil yang didapatkan cukup rata (*smooth*,) dimana meningkatnya jumlah konsumsi energi tiap tahun didapatkan dari data histori dari beberapa tahun sebelumnya.

Ngakan Putu Satriya Utama (2007) melakukan penelitian mengenai prakiraan kebutuhan tenaga listrik Provinsi Bali sampai tahun 2018 dengan metode regresi berganda deret waktu. Dalam kehidupan manusia memegang peranan penting dalam menunjang aktivitas masyarakat, aktivitas industri, dan aktivitas lainnya sehingga masalah kelistrikan harus mendapat perhatian serius. Sejalan dengan hal tersebut diperlukan pengembang penyediaan tenaga listrik, yaitu pembangunan pusat-pusat pembangkit yang memerlukan waktu yang lama dan usaha agar daya yang dibangkitkan dapat memenuhi

kebutuhan konsumsi energi. Prakiraan konsumsi energi listrik diperlukan untuk membantu mengambil kebijaksanaan pertambangan energi listrik baik jangka pendek, jangka menengah maupun jangka panjang. Dalam metode regresi berganda deret waktu, penentuan pola kecenderungan kebutuhan tenaga listrik menggunakan metode regresi linier berganda yang merupakan suatu metode yang bersifat kausalitas. Setelah diperoleh kecenderungan, dibandingkan dengan kebutuhan tenaga listrik sebenarnya (data histori) untuk mendapatkan suatu pola siklus dan random, dimana pola ini harus diprakirakan dengan metode statistik untuk masa yang akan datang. Sehingga hasil yang didapatkan untuk prakiraan dengan metode regresi berganda deret waktu adalah menggabungkan pola kecenderungan dan pola siklus dan random yang telah diprakirakan tersebut.

Ayun Adinda Putri (2012) melakukan penelitian mengenai prakiraan kebutuhan beban energi listrik Kabupaten Kendal. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik diperlukan suatu perencanaan (*master plan*) pengembangan kelistrikan sebagai acuan untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik di waktu mendatang. Perencanaan pengembangan kelistrikan dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data, prakiraan kebutuhan beban dan energi, analisa pengembangan, dan pengembangan jaringan listrik. Dari hal tersebut maka dibuat prakiraan kebutuhan beban dan energi listrik serta prakiraan kebutuhan pengembangan jaringan listrik sebagai tahapan dalam pembuatan perencanaan kelistrikan. Untuk menghitung prakiraan kebutuhan beban dan jaringan digunakan metode yang memanfaatkan data perkembangan kelistrikan beberapa tahun sebelumnya, sehingga perhitungan akan menghasilkan prakiraan kebutuhan beban listrik dan jaringan listrik dalam waktu mendatang.

Arfita Yuana Dewi (2012) melakukan penelitian mengenai prediksi kebutuhan energi listrik Kota Padang sampai tahun 2020. Listrik sebagai salah satu sumber tenaga dan sarana yang dapat membantu meningkatkan taraf kesejahteraan masyarakat. Diantaranya dalam bidang pendidikan, perindustrian, perumahan, perkantoran, dan pendapatan suatu daerah. Oleh

karena itu, prakiraan perkembangan beban listrik suatu wilayah sangat penting dalam perencanaan pemasangan kapasitas trafo atau gardu distribusi di masa yang akan datang. Dalam hal ini untuk prakiraan kebutuhan energi listrik menggunakan analisa kecenderungan linier, dimana suatu cara yang mempelajari sederat waktu atau suatu proses diwaktu yang lalu dan saat ini kemudian dibuat model matematikanya sehingga prediksi yang akan datang dapat diketahui dari sekarang dengan proyeksi perpanjangan grafik memberikan perkiraan perkembangan beban listrik dan persamaan garis linier yang telah terbentuk.

Pradana Anoraga Tinto (2012) melakukan penelitian mengenai prakiraan kebutuhan energi listrik tahun 2012 – 2022 pada PT. PLN area pelayanan jaringan Malang dengan metode gabungan. Area pelayanan dan jaringan (APJ) Malang Raya memiliki pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang signifikan yang disebabkan oleh banyaknya perguruan tinggi di Kota Malang, serta Kota Batu dan Kabupaten Malang merupakan wilayah objek wisata dan pertanian yang sangat banyak maka pertumbuhan ekonomipun semakin meningkat yang diiringi dengan meningkatnya kebutuhan dan intensitas penggunaan energi listrik. Oleh karena itu dibutuhkan suatu perencanaan jangka panjang dan pendek untuk menjamin keberlangsungan pelayanan energi listrik baik dari sisi pengembangan pembangkit maupun distribusi. Sehingga peningkatan kebutuhan dan intensitas penggunaan energi listrik mampu diimbangi oleh penyediaan energi listrik yang memadai. Berdasarkan masalah tersebut, maka dibutuhkan prakiraan beban energi listrik sepuluh tahun kedepan dengan metode DKL 3.2 untuk bagian pelanggan yang mengalami kenaikan jumlah pelanggan dan metode kecenderungan untuk bagian pelanggan yang mengalami penurunan jumlah pelanggan sebagai persiapan fasilitas untuk menjaga kontinuitas pelayanan listrik di PLN APJ Malang.

Syahrizal Agus Siregar (2013) melakukan penelitian mengenai studi prakiraan kebutuhan energi listrik tahun 2013-2017 wilayah Kota Padang Sidempuan dengan metode gabungan. Seiring dengan kemajuan teknologi,

permasalahan pada dunia listrik sering terjadi salah satunya pada kebutuhan energi listrik yang semakin tahun terus bertambah seiring dengan penambahan konsumen, pertumbuhan bisnis, industri, dan lainnya. Untuk itu prakiraan kebutuhan energi listrik perlu diadakan sebagai salah satu pedoman perencanaan pengembangan industri listrik di Indonesia. Metode gabungan merupakan gabungan dari metode analitis, ekonometri, dan kecenderungan, yaitu akan didapat suatu metode yang tanggap terhadap pengaruh aktivitas ekonomi, harga listrik, pergeseran pola penggunaan, kemajuan teknologi, kebijakan pemerintah, dan sosio geografis. Dalam pemilihan metode tersebut, harus digunakan dan tergantung dari beberapa hal, antara lain : tujuan prakiraan, subyektifitas yang membuat prakiraan, dan kemudahan metodenya serta kemudahan memperoleh data pendukungnya.

Syafriwel (2015) melakukan penelitian mengenai analisis ramalan kebutuhan beban energi listrik di Regional Sumatera Utara tahun 2015 – 2019 dengan metode gabungan. Dari tahun 2010 sampai 2014 penduduk Sumatera Utara mengalami pertumbuhan penduduk rata-rata 1,2% pertahun, dengan bertambahnya kebutuhan energi listrik tentunya juga dibutuhkan untuk mengimbangi permintaan akan kebutuhan beban listrik maka dibuatlah suatu ramalan untuk bisa memenuhi kebutuhan energi listrik agar kedepannya tidak terjadi krisis energi listrik. Sehingga hasil prakiraan bisa digunakan untuk suatu perencanaan pembangkit yang lebih ekonomis sesuai kebutuhan.

Antonov (2015) melakukan penelitian mengenai prakiraan dan analisa kebutuhan energi listrik Provinsi Sumatera Barat hingga tahun 2024 dengan metode analisis regresi linier berganda. Energi listrik merupakan salah satu komponen terpenting dalam perkembangan suatu daerah. Sumber energi listrik di Provinsi Sumatera Barat dipasok oleh PLN melalui empat cabang sentral pembangkit, yakni Padang, Bukittinggi, Solok, dan Payakumbuh. Dalam melakukan prakiraan ini menggunakan metode analisis regresi, yaitu menentukan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel lainnya sehingga dianalisis kembali ke regresi linier berganda dengan hasil untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel

dependen apakah masing-masing variabel independen berhubungan positif atau negative dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan dan data yang digunakan berskala interval atau rasio.

Muhammad Bobby Fadillah (2015) melakukan penelitian mengenai analisis prakiraan kebutuhan energi listrik tahun 2015 – 2024 wilayah PLN Kota Pekanbaru dengan metode gabungan. Kecukupan pasokan energi listrik diukur dengan melihat kemampuan pasokan daya listrik pada saat beban puncak. Hal ini mengingat sifat tenaga listrik tidak dapat disimpan, sehingga kebutuhan suatu saat harus dipasok saat itu juga. Disamping itu, kebutuhan energi listrik bersifat acak dan dinamis sehingga diperlukan strategi prakiraan pertumbuhan beban dan penyediaan daya yang terdistribusi sesuai dengan dinamika kebutuhan beban. Dalam sistem kelistrikan prakiraan kebutuhan energi listrik dibutuhkan dengan tujuan untuk memperkirakan dengan tepat seberapa besar daya listrik yang dibutuhkan untuk melayani beban dan kebutuhan energi listrik dalam pendistribusian energi listrik. Dalam metode gabungan ini, yaitu analisis kecenderungan (*trend*) yang dibagi menjadi empat diantaranya : *trend linear*, *trend parabola*, *trend eksponensial (logaritma)*, dan *trend gompertz*, yang kemudian diuji dengan metode *Mean Squared Error (MSE)* dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* sebagai ukuran ketepatan dalam peramalan.

Ikha Nurjanah (2016) melakukan penelitian mengenai prakiraan kebutuhan energi listrik tahun 2016 – 2020 pada PT. PLN (Persero) unit area pelayanan dan jaringan (APJ) Tegal dengan metode gabungan. Ketersediaan energi listrik merupakan aspek yang sangat penting dan bahkan menjadi suatu parameter untuk mendukung keberhasilan pembangunan suatu daerah. PLN perlu melakukan proyeksi konsumsi energi listrik pada jangka panjang. Hal ini untuk menentukan kapasitas penambahan sistem pembangkit, transmisi, dan distribusi. Apabila proyeksi yang diperoleh belum sesuai dengan yang diharapkan, maka hal ini dapat dioptimalkan. Apabila kapasitas pembangkit dirasa tidak cukup, maka pemerintah akan merancang strategi agar kebutuhan

listrik di masa mendatang bisa terpenuhi seperti persiapan dana, infrastruktur dan persiapan lainnya.

2.2 Dasar Teori

Buku yang berjudul “sistem distribusi tenaga listrik” pada bab 12 tentang analisis peramalan beban dan kebutuhan energi listrik, menjelaskan bahwa peramalan pada dasarnya merupakan suatu dugaan atau prakiraan mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa dimasa yang akan datang. Dalam kegiatan perencanaan peramalan merupakan kegiatan mula proses tersebut. Ramalan dibidang tenaga elektrik pada dasarnya merupakan ramalan kebutuhan energi listrik. Hasil peramalan ini dipergunakan untuk membuat rencana pemenuhan kebutuhan maupun pengembangan penyediaan tenaga elektrik setiap saat secara cukup dan baik serta terus menerus. Secara garis besar pembuatan ramalan kebutuhan energi listrik dapat dibagi dalam tiga tahap, yaitu :

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

Makridakis, Wheelwright dan McGee (1999), menjelaskan bahwa pada umumnya peramalan kuantitatif dapat diterapkan bila terdapat tiga kondisi berikut, yaitu tersedia informasi tentang masa lalu (data historis), informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk numerik, dan dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut dimasa yang akan datang.

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

Dalam penyediaan suatu energi listrik diperlukan adanya sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang kompleks yang terdiri dari beberapa komponen yang saling berhubungan untuk mengubah dan memindahkan energi dalam upaya

penyediaan listrik. Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari 3 komponen utama : sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi.

a. Sistem Pembangkitan

Suatu sistem yang memproduksi energi listrik. Sistem pembangkitan ini mengubah berbagai macam jenis energi yang merupakan bahan bakar sistem pembangkit ke penggerak mula yang menjadi energi mekanis. Kemudian dari energi mekanis tersebut diubah menjadi energi listrik oleh generator.

b. Sistem Transmisi

Merupakan rantai penghubung antara sistem pembangkitan dengan sistem distribusi. Sistem transmisi bertugas menyalurkan energi listrik hasil produksi sistem pembangkitan menuju pusat beban. Dalam suatu sistem saluran transmisi pasti memiliki suatu nilai hambatan yang bisa menyebabkan rugi dalam menyalurkan energi listrik. Berdasarkan fenomena tersebut, dilakukan suatu upaya dalam meminimalisir rugi yang terjadi. Dari sistem pembangkitan akan dibangkitkan energi listrik yang mempunyai tegangan tinggi atau ekstra tinggi yang kemudian akan disalurkan oleh sistem transmisi. Upaya menaikkan tegangan listrik ini bertujuan untuk mengurangi rugi pada saluran transmisi agar energi listrik tetap bisa mencapai ke pengguna dengan kualitas yang baik. Di Negara Indonesia, PT PLN pada sistem transmisinya menggunakan level tegangan di nilai 30 kV, 70 kV, 150 kV, 275 kV, dan 500 kV.

c. Sistem Distribusi

Merupakan salah satu komponen utama dari sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pengguna energi listrik. Sistem ini bertugas untuk mendistribusikan energi listrik ke pengguna yang berupa perumahan, bisnis, perkantoran, pabrik dan pemerintahan. Energi listrik yang disalurkan oleh sistem transmisi yang memiliki tegangan tinggi atau ekstra tinggi masuk

ke gardu induk. Pada gardu induk ini terdapat alat berupa transformator/trafo yang bertugas untuk mengubah tegangan tinggi atau ekstra tinggi menjadi tegangan menengah atau tegangan rendah yang kemudian didistribusikan ke pengguna sesuai kebutuhan masing-masing.

2.2.2 Beban Dalam Sistem Tenaga Listrik

Tenaga listrik yang didistribusikan ke pelanggan (konsumen) digunakan sebagai sumber daya untuk bermacam-macam peralatan yang membutuhkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Peralatan tersebut umumnya bisa berupa lampu (penerangan), beban daya, pemanas, dan sumber daya peralatan elektronik.

Sedangkan tipe-tipe beban menurut konsumen pemakainya pada umumnya dapat dikelompokkan dalam kategori berikut :

- a. Rumah Tangga, terdiri dari beban-beban penerangan, kipas angin, alat-alat rumah tangga misalnya pemanas, lemari es, kompor listrik, dan lain-lain.
- b. Bisnis, terdiri atas beban penerangan dan alat listrik lainnya yang dipakai pada bangunan komersil atau perdagangan seperti toko, restoran, dan lain-lain.
- c. Umum/publik, terdiri dari pemakai selain ketiga golongan di atas misalnya gedung pemerintah, penerangan jalan umum, dan pemakai kepentingan social.
- d. Industri, terdiri dari industri kecil/rumah tangga hingga industri besar. Umumnya bebannya berupa beban untuk motor listrik.

2.2.3 Karakteristik Beban

Karakteristik perubahan besarnya daya yang diterima oleh beban sistem tenaga setiap saat dalam suatu interval tertentu dikenal sebagai kurva beban harian.

Faktor-faktor yang menentukan karakteristik beban antara lain sebagai berikut :

a. Faktor kebutuhan

Faktor kebutuhan adalah perbandingan antara kebutuhan maksimum dalam sebuah sistem dengan total beban yang terpasang atau terhubung pada sistem tersebut. Faktor kebutuhan tergantung pada jenis dan kegiatan dari konsumen, berapa besarnya tergantung lokasi dan sistem tenaga.

b. Faktor beban

Faktor beban adalah perbandingan rata-rata beban pada periode waktu tertentu yang direncanakan terhadap beban puncak yang terjadi pada periode tersebut. Faktor beban hanya mengukur variasi dan tidak menyatakan penunjukkan yang tepat dari kurva durasi beban.

c. Faktor penggunaan

Faktor penggunaan adalah perbandingan antara beban puncak terhadap kapasitas terpasang.

2.2.4 Rasio Elektrifikasi

Dapat didefinisikan sebagai nilai suatu perbandingan antara jumlah total rumah yang sudah terinstalasi listrik dengan jumlah total seluruh rumah tangga dalam suatu wilayah. Semakin besar nilai elektrifikasi pada suatu wilayah berarti konsumen rumah tangga di suatu wilayah tersebut sebagian besar atau seluruhnya sudah memasang dan menikmati energi listrik.

2.2.5 Elastisitas energi

Merupakan suatu indeks yang biasa digunakan untuk mengukur kebutuhan energi listrik terhadap perkembangan ekonomi di suatu wilayah. Elastisitas energi didapatkan dari hasil perbandingan antara pertumbuhan konsumsi energi listrik dengan pertumbuhan ekonomi.

Angka elastisitas energi berada dibawah nilai 1 dapat dicapai apabila energi yang tersedia telah dimanfaatkan secara produktif. Semakin kecil angka elastisitas energi maka semakin efisien dalam pemanfaatan energi. Secara matematik dapat ditulis dalam persamaan :

$$e = \frac{\text{rata-rata pertumbuhan energi listrik}}{\text{rata-rata pertumbuhan PDRB}} \quad (2.1)$$

2.2.6 *Software Matlab*

Pengolahan data dihitung secara bertahap dengan menggunakan bantuan *Matlab* yang dapat melakukan pengolahan data perhitungan mulai dari perhitungan yang sederhana hingga rumit. Selain itu, kemampuan *Matlab* lain ialah dalam hal visualisasi atau grafik dari hasil suatu fungsi matematika. *Matlab* merupakan bahasa pemrograman yang menggunakan bahasa *command line* serta menyediakan fungsi-fungsi matematika yang sangat lengkap, misalkan *sqrt*, *det*, *inv*, dan seterusnya.

2.3 **Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik**

2.3.1 **Pengertian**

Prakiraan atau *Forecast* pada dasarnya merupakan dugaan mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa di waktu yang akan datang. Prakiraan bisa bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Prakiraan kualitatif sulit dilakukan untuk memperoleh hasil yang baik karena variabelnya sangat relatif sifatnya. Prakiraan kuantitatif dibagi dua yaitu : prakiraan tunggal (*point forecast*) dan prakiraan selang (*interval forecast*). Prakiraan tunggal terdiri dari satu nilai, sedangkan prakiraan selang terdiri dari beberapa nilai berupa suatu selang (*interval*) yang dibatasi oleh nilai batas bawah (prakiraan batas bawah) dan batas atas (prakiraan tinggi). Kelemahan dari prakiraan tunggal ialah bahwa nilai yang diperoleh berupa gambaran berapa jauh jarak atau selisih nilai prakiraan dengan nilai sebenarnya. Prakiraan

selang dimaksudkan untuk memperkecil kesalahan hasil prakiraan dengan kenyataan.

2.3.2 Peranan Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik

Prakiraan kebutuhan energi listrik (*demand forecast*) merupakan langkah awal dari Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) yang disusun oleh PT. PLN (Persero) Pusat. Prakiraan kebutuhan energi listrik pada unit bisnis PLN di setiap wilayah memiliki peranan yang sangat penting dalam penyusunan RUPTL. Hal ini dapat terlihat secara jelas dalam proses perumusan RUPTL yang dapat dijabarkan sebagai berikut :

- a. *Top-down* : penentuan kebijakan umum dan asumsi-asumsi dasar,
- b. *Bottom-up* : *demand forecast*, rencana pembangkitan, rencana transmisi-GI, rencana distribusi, dan rencana daerah terisolasi,
- c. Penyusunan disesuaikan dengan kewenangan masing-masing unit bisnis PLN,
- d. Koordinasi atau forum perencanaan unit terkait sekurang-kurangnya 2 (dua) kali dalam setahun,
- e. Penggabungan oleh PLN Pusat,
- f. Persetujuan dilakukan oleh PLN Pusat,
- g. Pengesahan dilakukan oleh Menteri ESDM, dan
- h. RUPTL menjadi acuan pembuatan RKAP.

2.3.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi

Dalam membuat ramalan kebutuhan tenaga listrik kita tidak dapat mengabaikan faktor-faktor di luar bidang kelistrikan yang berpengaruh seperti, perkembangan penduduk, pertumbuhan ekonomi, rencana pengembangan daerah, pertumbuhan industri dan juga beberapa kebijaksanaan pemerintah baik dari pusat maupun daerah. Bila faktor-faktor tersebut dapat diperhitungkan seluruhnya maka diharapkan hasil prakiraan akan mendekati kebenaran. Namun tidak

semua faktor tersebut dibahas secara mendalam dan digunakan sebagai variabel perhitungan prakiraan.

2.3.4 Jangka Waktu Prakiraan

Prakiraan kebutuhan energi listrik dapat dikelompokkan menurut jangka waktunya menjadi tiga kelompok, yaitu :

a. Prakiraan jangka panjang

Prakiraan jangka panjang adalah prakiraan untuk jangka waktu diatas satu tahun. Dalam prakiraan jangka panjang masalah-masalah makro ekonomi yang merupakan masalah ekstern perusahaan listrik merupakan faktor utama yang menentukan arah prakiraan kebutuhan energi. Faktor makro tersebut diatas misalnya adalah Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB).

b. Prakiraan jangka menengah

Prakiraan jangka menengah adalah prakiraan untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengan satu tahun. Dalam prakiraan 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.

c. Prakiraan jangka pendek

Prakiraan jangka pendek adalah prakiraan untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu (168 jam). Dalam prakiraan jangka pendek terdapat batas atas untuk beban maksimum dan batas bawah untuk beban minimum yang ditentukan oleh prakiraan beban jangka menengah.

2.3.5 Metode *Time Series*

Metode *Time Series* adalah metode yang disusun berdasarkan hubungan data-data masa lalu tanpa memperhatikan faktor-faktor penyebab (pengaruh ekonomi, iklim, teknologi, dan sebagainya). Kurva kecenderungan *trend* merupakan suatu gerakan kecenderungan naik atau turun dalam jangka panjang yang diperoleh dari rata-rata perubahan dari waktu-waktu dan nilainya cukup rata (*smooth*).

Metode *Time Series* dengan model kurva kecenderungan *trend* dimana teknik perhitungan yang digunakan *trend* eksponensial. Dalam menghitung nilai *trend* dengan metode ini dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$Y = a(1+b)^x \quad (2.2)$$

Dimana, Y : data *time series* periode x
 X : waktu (hari, minggu, bulan, tahun)
 a dan b : bilangan konstan

Tahapan prakiraan kebutuhan energi listrik ditunjukkan pada bagan berikut :

$$\text{Prakiraan} = \text{Data awal} + \text{Pertambahan} \quad (2.3)$$

Dimana pertambahan merupakan laju pertumbuhan (*g*) dikalikan dengan data awal.

Untuk $t = 1$

$$\begin{aligned} Y_{(1)} &= Y_{(0)} + g \cdot Y_{(0)} \quad (2.4) \\ &= Y_{(0)} (1 + g) \end{aligned}$$

Maka prakiraan :

$$Y_{(t)} = Y_{(0)} (1 + g)^t \quad (2.5)$$

Dimana,

$Y_{(t)}$: Prakiraan variabel pada tahun ke t
 $Y_{(0)}$: Data awal variabel
 g : Laju pertumbuhan variabel
 t : Prakiraan pada tahun ke t

Laju pertumbuhan (*growht*) suatu variabel merupakan pertumbuhan variabel tiap tahun. Maka dapat diformulasikan pertumbuhan (g) sebagai berikut :

$$g = \frac{\text{variabel tahun itu}-\text{variabel tahun sebelumnya}}{\text{variabel tahun sebelumnya}} \quad (2.6)$$

Persamaan 2.6 digunakan apabila data yang dimasukkan berjumlah 2 tahun saja, jika data lebih dari 2 tahun maka laju pertumbuhan diambil dari rata-rata laju pertumbuhan per tahun. Jika terdapat sejumlah n laju pertumbuhan maka formulasinya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$g \text{ rata-rata} = \frac{\sum g \text{ pertahun}}{n} \quad (2.7)$$

2.3.6 Ketepatan Ramalan

Ketepatan ramalan merupakan satu hal yang mendasar dalam kegiatan peramalan, bagaimana mengukur kesesuaian suatu metode peramalan tertentu untuk suatu kumpulan data yang ada. Dalam mengukur ketepatan ramalan metode peramalan yang digunakan dengan metode *Mean Absolute Precentage Error (MAPE)*. Metode ini melakukan perhitungan menggunakan perbedaan antara data asli dan data peramalan, secara matematis ditunjukkan dengan persamaan 2.8. Perbedaan tersebut diabsolutkan, kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9 dalam bentuk persentase terhadap data asli. Hasil persentase tersebut kemudian didapatkan nilai mean-nya. Suatu model metode peramalan memiliki kinerja sangat bagus jika nilai *MAPE* berada dibawah 10%.

$$PE_t = \frac{(X_t - F_t)}{X_t} \times 100\% \quad (2.8)$$

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \frac{|PE_t|}{n} \times 100\% \quad (2.9)$$

Dengan :

PE_t : *percentage error* (%)

X_t : data aktual

Ft : hasil peramalan

n : jumlah data

2.3.7 Model Pendekatan Untuk Prakiraan

Model yang digunakan dalam membuat prakiraan harus dapat menggambarkan kaitan antara kebutuhan tenaga listrik dengan variabel lain yang ada dalam masyarakat seperti Produk Domestik Regional Bruto.

Untuk merumuskan kaitan tersebut dibuat model pendekatan untuk memudahkan pembuatan prakiraan. Model pendekatan yang dapat digunakan antara lain :

- Pendekatan sektoral

Yaitu untuk menyusun prakiraan tingkat wilayah dan cabang dengan hasil proyeksi penjualan listrik untuk setiap sektor rumah tangga, bisnis, umum/publik, dan industri.

- Pendekatan lokasi

Yaitu untuk menyusun prakiraan pada daerah tersebar (*isolated system*), dimana daerah ini tidak terhubung dengan sistem interkoneksi, dengan hasil proyeksi penjualan tenaga listrik untuk setiap sektor rumah tangga, bisnis, umum/publik, dan industri.

2.4 Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Dengan Model DKL 3.01

Dalam menyusun prakiraan kebutuhan tenaga listrik ini menggunakan model DKL 3.01 yaitu suatu model yang disusun dengan menggabungkan beberapa metode seperti ekonometri, kecenderungan, dan analitis dengan pendekatan sektoral. Pendekatan sektoral yaitu suatu pendekatan dengan mengelompokkan pelanggan menjadi 4 sektor (rumah tangga, bisnis, umum/publik, dan industri). Data kelistrikan yang digunakan merupakan data pemakaian energi listrik selama beberapa tahun terakhir yang dilihat dari sisi konsumen PLN.

Pada model ini pendekatan yang digunakan dalam menghitung kebutuhan tenaga listrik adalah dengan mengelompokkan pelanggan menjadi empat sektor, yaitu :

- Sektor rumah tangga, terdiri dari pemakai rumah tangga dan pemakai kecil (golongan tarif R1, R2, dan R3)
- Sektor bisnis, terdiri dari pemakai bisnis (golongan tarif B1, B2, dan B3)
- Sektor umum/publik, terdiri dari pemakai gedung/kantor pemerintah, sosial, dan lampu penerangan jalan umum (golongan tarif S1, S2, P1, P2, dan P3)
- Sektor industri, terdiri dari pemakai industri dan hotel (golongan tarif I1, I2, I3, dan I4)

2.4.1 Parameter-Parameter yang Diprakirakan

Dalam penyusunan prakiraan kebutuhan energi listrik ini, parameter-parameter yang diprakirakan adalah sebagai berikut :

- a. Prakiraan jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga,
- b. Prakiraan jumlah pelanggan rumah tangga, bisnis, umum/publik, dan industri,
- c. Prakiraan konsumsi energi untuk pelanggan rumah tangga, bisnis, umum/publik, dan industri,
- d. Prakiraan kebutuhan energi total yang harus diproduksi dan beban puncak.

2.4.2 Tahapan Prakiraan

Tahapan prakiraan kebutuhan energi listrik dengan metode gabungan adalah sebagai berikut :

2.4.2.1 Sektor Rumah Tangga

- a. Jumlah penduduk

Secara matematis untuk menentukan prakiraan jumlah penduduk total adalah sebagai berikut :

$$P_t = P_{t-1} (1 + i)_t \quad (2.10)$$

Dengan, P_t : jumlah penduduk tahun ke t
 P_{t-1} : jumlah penduduk tahun ke t-1
 i : pertumbuhan penduduk dalam %
 t : waktu dalam tahun

b. Jumlah Rumah Tangga

Secara matematis untuk menentukan prakiraan jumlah rumah tangga adalah sebagai berikut :

$$H_t = P_t / Q_t \quad (2.11)$$

Dengan, H_t : jumlah rumah tangga pada tahun ke t
 P_t : jumlah rumah tangga pada tahun ke t-1
 Q_t : jumlah penghuni rumah tangga pada tahun ke t

c. Pelanggan Rumah Tangga

Dari rasio elektrifikasi yang telah diperkirakan serta dari jumlah rumah tangga yang dibuat prakiraannya, jumlah pelanggan rumah tangga dapat ditentukan.

Secara matematis untuk menentukan prakiraan jumlah pelanggan rumah tangga adalah sebagai berikut :

$$Pel.R_t = H_t * RE_t \quad (2.12)$$

Dengan, $Pel.R_t$: pelanggan rumah tangga pada tahun ke t
 H_t : jumlah rumah tangga pada tahun ke t
 RE_t : Rasio Elektrifikasi pada tahun ke t

d. Rasio Elektrifikasi

$$RE_t = (Pel.R_t/H_t) 100\% \quad (2.13)$$

Dengan, Re_t : rasio elektrifikasi
 $Pel.R_t$: pelanggan rumah tangga pada tahun t

H_t : jumlah rumah tangga pada tahun ke t

e. Konsumsi Energi Rumah Tangga

Secara matematis prakiraan energi rumah tangga dinyatakan sebagai berikut :

$$ER_t = ER_{t-1} * (1 + \epsilon_{RT} * \frac{g_t}{100}) + \Delta PRT * UK \quad (2.14)$$

Dengan,

ER_t : konsumsi energi rumah tangga total tahun ke t

ER_{t-1} : konsumsi energi rumah tangga total tahun ke t-1

ϵ_{RT} : elastisitas energi rumah tangga

G_t : pertumbuhan PDRB total tahun ke t

UK : konsumsi rata-rata/pelanggan rumah tangga baru

ΔPRT : penambahan pelanggan rumah tangga tahun ke t

2.4.2.2 Sektor Bisnis

a. Pelanggan Bisnis

Secara matematis untuk menentukan prakiraan jumlah pelanggan bisnis adalah sebagai berikut :

$$Pel.B_t = Pel.B_{t-1} * [1 + \{\epsilon_{Pel.B_t} * ((Pel.R_t / Pel.R_{t-1}) - 1)\}] \quad (2.15)$$

Dengan, $Pel.B_t$: pelanggan bisnis pada tahun t

$Pel.B_{t-1}$: pelanggan bisnis pada tahun ke t-1

$\epsilon_{Pel.B_t}$: elastisitas pelanggan bisnis

$Pel.R_t$: pelanggan rumah tangga tahun t

$Pel.R_{t-1}$: pelanggan rumah tangga tahun t-1

b. Konsumsi Energi Bisnis

Secara matematis konsumsi energi sektor bisnis ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$EB_t = EB_{t-1} * (1 + \epsilon B * \frac{gBt}{100}) \quad (2.16)$$

Dengan, EB_t : konsumsi energi bisnis pada tahun ke t
 EB_{t-1} : konsumsi energi bisnis pada tahun ke t-1
 ϵB : elastisitas energi bisnis
 GB_t : pertumbuhan PDRB

2.4.2.3 Sektor Umum/Publik

a. Pelanggan Umum/Publik

Pertumbuhan jumlah pelanggan umum diasumsikan dipengaruhi oleh jumlah pelanggan rumah tangga yang ditunjukkan dengan elastisitas pelanggan umum atau rasio pertumbuhan pelanggan umum terhadap pertumbuhan pelanggan rumah tangga. Elastisitas pelanggan diperoleh dari analisa regresi.

Prakiraan pelanggan umum ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$Pel.U_t = Pel.U_{t-1} * [1 + \{\epsilon Pel.U * ((Pel.R_t / Pel.R_{t-1}) - 1)\}] \quad (2.17)$$

Dengan, $Pel.U_t$: pelanggan umum pada tahun ke t
 $Pel.U_{t-1}$: pelanggan umum pada tahun ke t-1
 $\epsilon Pel.U$: elastisitas pelanggan umum
 $Pel.R_t$: pelanggan rumah tangga tahun t
 $Pel.R_{t-1}$: pelanggan rumah tangga tahun t-1

b. Konsumsi Energi Umum

Prakiraan konsumsi energi sektor umum ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$EU_t = EU_{t-1} * (1 + \epsilon U * \frac{gUt}{100}) \quad (2.18)$$

Dengan, EU_t : konsumsi energi umum pada tahun ke t
 EU_{t-1} : konsumsi energi umum pada tahun ke t-1

- €U : elastisitas energi umum
- GU_t : pertumbuhan PDRB sektor umum pada tahun ke t

2.4.2.4 Sektor Industri

a. Pelanggan Industri

Prakiraan pelanggan untuk sektor industri ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$Pel.I_t = Pel.I_{t-1} * (1 + \epsilon_{Pel.I} * GI_t / 100) \quad (2.19)$$

- Dengan, Pel.I_t : pelanggan industri pada tahun ke t
- Pel.I_{t-1} : pelanggan industri pada tahun ke t-1
- €Pel.I : elastisitas pelanggan industri
- GI_t : Pertumbuhan PDRB sektor industri pada tahun t

b. Konsumsi Energi Industri

Prakiraan konsumsi energi sektor industri diperoleh dari penjumlahan energi terjual sektor industri dan energi captive power, yaitu energi listrik yang dibangkitkan sendiri dan tidak tersambung dengan jaringan distribusi PLN. Prakiraan tersebut ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$EI_t = EI_{t-1} (1 + \epsilon_I * \frac{GI_t}{100}) \quad (2.20)$$

- Dengan, EI_t : konsumsi energi industri pada tahun ke t
- EI_{t-1} : konsumsi energi industri pada tahun t-1
- €I : elastisitas energi industri
- GI_t : pertumbuhan PDRB sektor industri pada tahun t

2.4.2.5 Konsumsi Energi Listrik Total

Prakiraan total konsumen energi diperoleh dengan menjumlahkan konsumsi energi sektor rumah tangga, bisnis, umum/publik dan industri dengan rumus sebagai berikut :

$$ET_t = ER_t + EB_t + EU_t + EI_t \quad (2.21)$$

Dengan, ET_t : total konsumsi energi listrik pada tahun ke t

ER_t : konsumsi energi sektor rumah tangga pada tahun ke t

EB_t : konsumsi energi sektor bisnis pada tahun ke t

EU_t : konsumsi energi sektor umum/publik pada tahun ke t

EI_t : konsumsi energi sektor industri pada tahun ke t

2.4.2.6 Kebutuhan Energi Listrik dan Beban Puncak

Prakiraan kebutuhan energi listrik yang harus disediakan merupakan penjumlahan antara kebutuhan konsumsi energi listrik dan susut energi pada kurun waktu tertentu, secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$PT_t = ET_t + SE_t \quad (2.22)$$

Dengan, PT_t : total kebutuhan energi listrik pada tahun ke t

ET_t : total konsumsi energi listrik pada tahun ke t

SE_t : susut energi pada tahun ke t

Sedangkan prakiraan beban puncak merupakan perbandingan antara total kebutuhan energi pada kurun waktu tertentu dengan hasil kali antara faktor beban dan jam operasi pada kurun waktu tertentu, secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$BP_t = ET_t / (FB_t * JO_t) \quad (2.23)$$

Dengan, BP_t : beban puncak pada tahun ke t (MW)

ET_t : total konsumsi energi pada tahun ke t

FB_t : faktor beban pada tahun ke t

JO_t : jam operasi selama kurun waktu tertentu

(8.760jam/tahun)