

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prakiraan Energi Listrik

Prakiraan atau *forecasting* energi listrik adalah memprediksi atau memperkirakan kebutuhan energi listrik yang akan datang agar kebutuhan energi bisa terpenuhi dalam penyediaan energi sesuai hasil perhitungan ramalan yang dilakukan. Ramalan meliputi kebutuhan energi dan beban listrik atau (*demand and load forecasting*) hasilnya digunakan untuk membuat perencanaan, pembangunan dan pengembangan kebutuhan energi listrik [16].

Peramalan sangat diperlukan dan penting salah satunya hampir setiap industri menggunakan, ketergantungan dengan energi listrik. Banyak industri memiliki beberapa persediaan untuk menyimpan cadangan produk dan layanan mereka, untuk tenaga listrik industri, listrik tidak dapat disimpan secara besar-besaran menggunakan teknologi saat ini. Akibatnya, listrik harus segera dihasilkan setelah dikonsumsi. Pada kata lain, harus menyeimbangkan penawaran dan permintaan setiap saat.

Dalam usaha membuat dan merencanakan prakiraan beban dan energi listrik selain diperlukan data-data perhitungan, juga diperlukan keadaan masa lampau dan keadaan masa kini, yaitu masa yang sedang berjalan. Prakiraan beban dibidang tenaga listrik dinyatakan dalam satuan *Watt hour* (Wh), *Mega Watt hour* (MWh), atau *Giga Watt hour* (GWh). Sedangkan prakiraan beban tenaga listrik/*load* atau *power* dinyatakan dalam satuan *Watt* (W), *kilo Watt* (kW), atau *Giga Watt* (GW). Dari kedua hal tersebut disebut juga *demand and load forecasting*.

Kegiatan prakiraan dibidang tenaga listrik menghasilkan dua hasil utama yaitu:

1. Prakiraan kebutuhan energi listrik atau *demand*, yaitu permintaan energi yang dibutuhkan pelanggan.
2. Prakiraan beban tenaga listrik atau *load*, yaitu daya/*load* atau *power* yang disediakan PLN untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut.

2.2. Jenis-Jenis Prakiraan

Prakiraan dapat dikelompokkan menjadi 2 kategori yaitu:

1. Prakiraan kualitatif

prakiraan kualitatif merupakan prakiraan yang dapat diketahui berdasarkan data kualitatif pada masa lalu. Jenis prakiraan ini digunakan berdasarkan subjek yang mengeluarkannya. Prakiraan ini dikeluarkan berdasarkan kemampuan pengetahuan yang mengeluarkannya.

2. Prakiraan kuantitatif

prakiraan kuantitatif adalah prakiraan yang dapat diketahui berdasarkan data kuantitatif pada masa lalu. Jenis prakiraan ini tergantung pada setiap metode yang digunakan. Karena setiap metode yang digunakan akan menghasilkan prakiraan yang berbeda. Baik atau tidaknya metode yang digunakan ditentukan berdasarkan perbedaan dari hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi. Hasil ramalan harus lebih kecil daripada kenyataan sehingga metode semakin baik metode yang digunakan. Prakiraan yang baik merupakan peramalan yang dikerjakan berdasarkan langkah-langkah yang terstruktur.

2.2.1. Jenis Prakiraan Berdasarkan Waktu

Prakiraan terbagi menjadi 3 bagian periode menurut jangka waktunya, yang disesuaikan dengan materi prakiraannya, yaitu prakiraan jangka pendek, jangka menengah maupun jangka panjang. Periode prakiraan menurut jangka waktunya sebagai [17][18]:

1. *Short-term forecasting* atau prakiraan jangka pendek

Prakiraan jangka pendek yaitu suatu prakiraan dengan waktu yang sangat singkat seperti beberapa menit, beberapa jam, bahkan beberapa hari. Prakiraan jangka pendek biasanya digunakan untuk menentukan kebutuhan energi listrik yang harus dihasilkan oleh pembangkit yang disesuaikan oleh pelanggan dengan hasil prakiraan yang secara aktual ataupun *realtime*. Besarnya kebutuhan energi listrik untuk setiap jam dapat dilihat dari kecenderungan maupun *trend* di masa lampau atau

history dengan memperhatikan situasi dan kondisi informasi yang didapatkan untuk melihat pengaruh energi listrik.

2. *Mid-term forecasting* atau prakiraan jangka menengah

Prakiraan jangka menengah yaitu prakiraan yang memiliki waktu relatif lebih lama dibanding prakiraan jangka pendek, bisa dalam waktu berminggu ataupun dalam waktu berbulan yang bertujuan untuk melakukan penjadwalan *maintenance* dari komponen-komponen sistem kelistrikan. Dalam prakiraan jangka menengah, masalah-masalah manajerial perusahaan seperti yang disebutkan diatas merupakan faktor masalah utama. Prakiraan jangka menengah ini baik perhitungan dan metode mengikuti prakiraan jangka panjang.

3. *Long-term forecasting* atau prakiraan jangka panjang

Prakiraan jangka panjang yaitu suatu prakiraan yang memiliki periode waktu keadaan prakiraan untuk beberapa tahun yang akan datang. Prakiraan jangka panjang memilih tujuan untuk persiapan ketersediaan unit-unit pada sistem pembangkit, pada sistem transmisi, serta pada sistem distribusi. Prakiraan jangka panjang ini mencakup semua faktor makro seperti masalah ekonomi, jumlah penduduk, dan sebagainya.

2.2.2. Jenis Beban Listrik

Tenaga listrik yang disalurkan ke pelanggan untuk sumber daya dari masing-masing peralatan. Macam-macam peralatan yang digunakan sebagai berikut seperti lampu, peralatan elektronik, beban daya motor, peralatan mekanik, maupun sarana transportasi.

Dari macam-macam pelanggan dapat digolongkan jenis-jenis pelanggan energi listrik, jenis pelanggan ini digolongkan secara umum sesuai dengan klasifikasinya kedalam kelompok-kelompok pelanggan [19]:

1. Beban rumah tangga merupakan peralatan-peralatan yang dipakai dalam rumah tangga sebagai penunjang kegiatan berumah tangga. Peralatan pada rumah tangga umumnya televisi, kulkas, mesin cuci, pemasak nasi, penyejuk udara, kipas angin, kompor listrik, *microwave*, komputer dan sebagainya. Beban rumah tangga menurut histori yang ada akan

mengalami kenaikan pada malam hari dikarenakan aktifitas rumah tangga banyak dilakukan pada malam hari.

2. Beban industri dikelompokkan berdasarkan skalanya yaitu kecil dan besar. Pada Industri yang berskala kecil sering dioperasikan pada siang hari akan tetapi pada industri yang berskala besar sering dioperasikan selama 24 jam.
3. Beban bisnis merupakan beban-beban yang terdiri dari macam-macam peralatan listrik yang dioperasikan pada *shopping center*, hotel, perkantoran, restoran dan sebagainya. Beban bisnis terdiri atas penerangan untuk papan reklame *billboard* dan alat-alat listrik lainnya. Pada beban bisnis biasanya mengalami kenaikan penggunaan energi listrik yang digunakan pada wilayah perkantoran serta pertokoan akan tetapi pada sore hari dan malam hari hingga dini hari mengalami penurunan yang dikarenakan untuk wilayah ini sudah mulai banyak yang tidak beroperasi lagi.
4. Beban sosial merupakan beban-beban yang terdapat pada tempat umum yang bersifat sosial contohnya rumah ibadah, sekolah, rumah sakit dan lain sebagainya. Beban sosial mengalami kenaikan penggunaan energi listrik yang terjadi pada siang hari dikarenakan tempat tempat umum yang bersifat sosial beroperasi pada pagi sampai dengan sore hari.
5. Beban pemerintah merupakan beban pada instansi lembaga pemerintahan. Beban ini termasuk pelanggan istimewa yang mana pasokan energi listrik ke bagian itu harus tersedia secara penuh tanpa adanya pemutusan berkala. Beban gedung pemerintahan ini relatif stabil sesuai kebutuhan lembaga pemerintahan.
6. Beban multiguna merupakan beban-beban yang bersifat umum untuk menunjang kebutuhan publik.

Pada pengelompokan beban pastinya diikuti dengan energi listrik yang digunakan atau energi listrik yang dikonsumsi. Konsumsi energi listrik adalah besarnya energi yang digunakan untuk melakukan aktivitas, dimana aktivitas kelistrikan disini digunakan sesuai dengan kelompok pelanggan, konsumsi energi listrik biasanya dinyatakan dalam kWh. Konsumsi energi listrik berkaitan erat

dengan metode pembagian kelompok beban. Untuk kelompok rumah tangga energi listrik digunakan untuk alat-alat listrik dirumah misalnya untuk penerangan, memasak, dan lain-lain. Pada kelompok komersial berhubungan dengan jual beli komersial seperti perhotelan, perdagangan. Sedangkan untuk kelompok pelanggan industri digunakan sebagai kegiatan perindustrian, pabrik, tekstil dan juga dengan kelompok umum digunakan untuk kegiatan publik dan sosial. Pada penggunaan energi listrik tersebut tidak serta digunakan secara bebas, tetapi setiap pelanggan mempunyai batas-batas sendiri dalam penggunaan energi listrik sehingga setiap kelompok pelanggan mempunyai batas daya terpasang dalam VA.

2.2.3. Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Energi Listrik

Semakin berkembangnya kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi akan energi listrik sehingga membuat permintaan akan energi listrik semakin naik setiap tahunnya. Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan energi listrik, yaitu [20]:

1. Pertumbuhan penduduk memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap kebutuhan energi listrik. Sesuai dengan prinsip demografi bahwa jumlah penduduk akan terus menurun setiap tahunnya, sampai pada suatu titik jumlahnya akan stabil.
2. Faktor ekonomi yang mempengaruhi tingkat kebutuhan tenaga listrik adalah pertumbuhan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto), Secara umum, PDRB dapat dibagi menjadi 3 sektor, yaitu PDRB sektor komersial (Bisnis), sektor industri dan sektor publik.
3. Perencanaan pembangunan daerah, berjalannya pembangunan daerah akan sangat dipengaruhi oleh tingkat perekonomian daerah itu sendiri. Dalam hal ini baik langsung maupun tidak langsung, faktor ekonomi sangat berpengaruh terhadap kebutuhan energi listrik seiring dengan berjalannya pembangunan. Pemerintah daerah sebagai pelaksana pemerintahan di tingkat daerah akan mengambil peran penting dalam perencanaan pengembangan wilayah. Hal itu berbentuk kebijakan yang tertuang dalam peraturan daerah.

2.3. Jaringan Saraf Tiruan

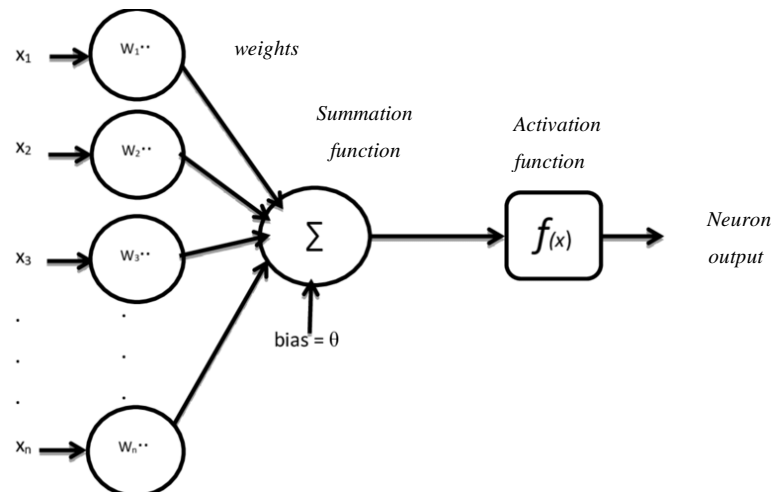
Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan saraf biologi atau jaringan saraf manusia [21]. *Neural Network* atau Jaringan Saraf Tiruan merupakan topik yang hangat dibicarakan dan mengundang banyak kekaguman dalam dasa warsa terakhir. Hal tersebut disebabkan karena kemampuan JST untuk meniru sifat sistem yang di *input*.

Berdasarkan masukan target yang diberikan, JST mampu mengadaptasi dirinya sehingga memberikan keluaran yang tepat apabila nantinya diberikan masukan lain yang serupa. Kemampuan adaptasinya yang luar biasa ini menyebabkan JST dapat diterapkan ke berbagai bidang dalam dunia nyata seperti peramalan, pemodelan, pengenalan pola, dan lain-lain. JST dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan saraf biologi, dengan asumsi bahwa:

1. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana atau *neuron*
2. Sinyal dikirimkan diantara *neuron-neuron* melalui penghubung-penghubung.
3. Penghubung antar *neuron* memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.
4. Menentukan *output* setiap *neuron* menggunakan fungsi aktivasi atau bukan fungsi linier yang dikenakan pada jumlahan input yang diterima. Besarnya *output* ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang.

2.3.1. Model *Neuron*

Satu sel saraf terdiri dari tiga bagian, yaitu fungsi penjumlah, fungsi aktivasi dan keluaran atau *output*. Berikut merupakan model neuron yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Model *Neuron*

Pada Gambar 2.1 merupakan mirip dengan sel *neuron* biologis. Informasi atau *input* akan dikirim ke *neuron* dengan bobot tertentu. *Input* ini akan diproses oleh suatu fungsi yang akan menjumlahkan nilai-nilai bobot yang ada. Hasil penjumlahan kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang atau *threshold* tertentu melalui fungsi aktivasi setiap *neuron*. Apabila *input* tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka *neuron* tersebut akan diaktifkan, jika tidak, maka *neuron* tidak akan diaktifkan. Apabila *neuron* tersebut diaktifkan, maka *neuron* tersebut akan mengirimkan *output* melalui bobot-bobot *outputnya* ke semua *neuron* yang berhubungan dengannya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *neuron* terdiri dari 3 elemen pembentuk, yaitu [22]:

1. Himpunan unit-unit yang dihubungkan dengan jalur koneksi. Jalur-jalur tersebut memiliki bobot yang berbeda-beda. Bobot yang bernilai positif akan memperkuat sinyal dan yang bernilai negatif akan memperlemah sinyal yang dibawa. Jumlah, struktur, dan pola hubungan antar unit-unit tersebut akan menentukan arsitektur jaringan.
2. Suatu unit penjumlah yang akan menjumlahkan *input* sinyal yang sudah dikalikan dengan bobotnya.
3. Fungsi aktivasi yang akan menentukan apakah sinyal dari *input neuron* akan diteruskan ke *neuron* lain atau tidak.

2.3.2. Konsep Dasar Jaringan Saraf Tiruan

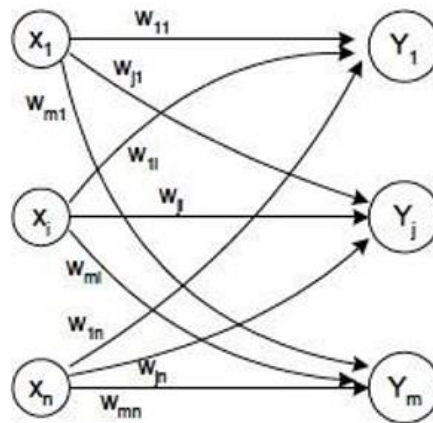
Setiap pola-pola informasi *input* dan *output* yang diberikan ke dalam JST diproses dalam neuron. *Neurons* tersebut terkumpul di dalam lapisan-lapisan yang disebut *neuron layers*. Lapisan-lapisan penyusun JST tersebut dapat dibagi menjadi 3, yaitu [23]:

1. Lapisan *input* merupakan unit-unit di dalam lapisan *input* disebut unit-unit *input*. Unit-unit *input* tersebut menerima pola masukan data dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan.
2. Lapisan tersembunyi merupakan unit-unit di dalam lapisan tersembunyi disebut unit-unit tersembunyi keluarannya tidak dapat secara langsung diamati.
3. Lapisan *output* merupakan unit-unit di dalam lapisan *output* disebut unit-unit *output*. *Output* dari lapisan ini merupakan solusi JST terhadap suatu permasalahan.

2.3.3. Arsitektur Jaringan

JST memiliki beberapa arsitektur jaringan yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi antara lain, yaitu [24]:

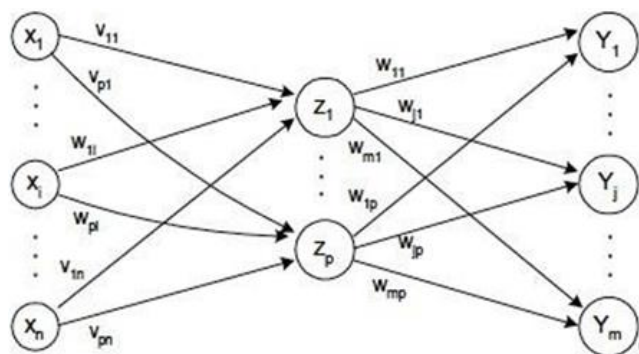
1. Jaringan lapisan tunggal atau *single layer network* pada jaringan lapisan tunggal terdiri dari 1 lapisan masukan, 1 lapisan keluaran. Pada jaringan ini, sekumpulan masukan *neuron* dihubungkan langsung dengan sekumpulan keluarannya. Sinyal mengalir searah dari lapisan masukan sampai lapisan keluaran. Setiap simpul dihubungkan dengan simpul lainnya yang berada di atasnya dan di bawahnya, tetapi tidak dengan simpul pada lapisan yang sama.



Gambar 2.2 Arsitektur Single Layer Network [24]

Pada Gambar 2.2 diperlihatkan arsitektur jaringan dengan n unit *input* (x_1, x_2, x_n) dan m buah unit *output* (y_1, y_2, y_m).

- Jaringan banyak lapisan atau *multi layer network* Jaringan dengan lapisan jamak memiliki ciri khas tertentu yaitu memiliki tiga jenis lapisan yaitu lapisan masukan, lapisan keluaran, dan lapisan tersembunyi. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks dibandingkan jaringan dengan lapisan tunggal. Namun, proses pelatihan membutuhkan waktu yang lama tentu dengan pembelajaran yang lebih kompleks. Akan tetapi, pada beberapa kasus pembelajaran pada jaringan yang mempunyai banyak lapisan ini lebih baik dalam menyelesaikan suatu permasalahan.



Gambar 2.3 Arsitektur Multi Layer Network [24]

Pada Gambar 2.3 diperlihatkan jaringan dengan n buah unit *input* (x_1, x_2, x_n), sebuah layar tersembunyi yang terdiri dari p buah unit (z_1, z_p) dan m buah unit *output* (y_1, y_2, y_m).

2.4. Metode Pelatihan

Cara berlangsungnya pembelajaran atau pelatihan JST dikelompokkan menjadi 3 yaitu [25]:

1. *Supervised learning*

Pada metode ini, setiap pola yang diberikan ke dalam JST telah diketahui keluarannya. Selisih antara pola *output* aktual (*output* yang dihasilkan) dengan pola *output* yang dikehendaki (*output target*) yang disebut *error* digunakan untuk mengoreksi bobot JST sehingga JST mampu menghasilkan *output* sedekat mungkin dengan pola target yang telah diketahui oleh JST.

2. *Unsupervised learning*

Pada metode ini, tidak memerlukan target *output*. Pada metode ini tidak dapat ditentukan hasil seperti apakah yang diharapkan selama proses pembelajaran. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam suatu *range* tertentu tergantung pada nilai *input* yang diberikan. Tujuan pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dalam suatu area tertentu. Pembelajaran ini biasanya sangat cocok untuk klasifikasi pola.

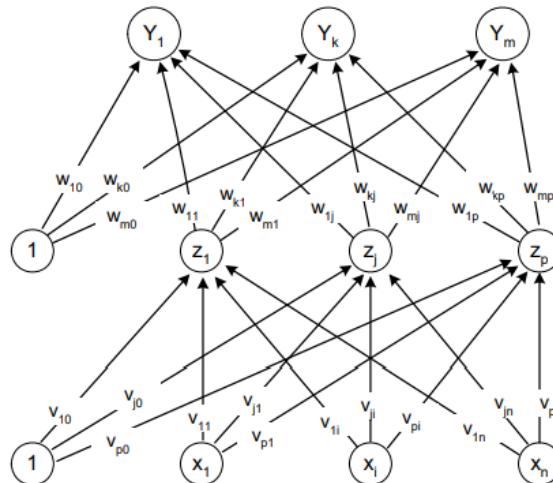
3. *Hybrid Learning*

Merupakan kombinasi dari metode pembelajaran *supervised learning* dan *unsupervised learning*. Sebagian dari bobot-bobotnya ditentukan melalui pembelajaran terawasi dan sebagian lainnya melalui pembelajaran tak terawasi.

Metode algoritma yang baik dan sesuai dalam melakukan pengenalan pola-pola gambar adalah algoritma *backpropagation* dan *perceptron*.

2.4.1. Arsitektur *Backpropagation*

Backpropagation memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih layar tersembunyi. Gambar 2.4 adalah arsitektur *backpropagation* dengan n buah masukan atau ditambah sebuah padanan lainnya, sebuah layar tersembunyi yang terdiri dari p unit atau ditambah sebuah padanan lainnya, serta m buah unit keluaran.



Gambar 2.4 Arsitektur *Backpropagation*

Pada Gambar 2.4 v_{ji} merupakan bobot garis dari unit masukan x_i ke unit layar tersembunyi z_j atau v_{j0} merupakan bobot garis yang menghubungkan padanan lainnya di unit masukan ke unit layar tersembunyi z_j . w_{kj} merupakan bobot dari unit layar tersembunyi z_j ke unit keluaran y_k atau w_{k0} merupakan bobot dari bias di layar tersembunyi ke unit keluaran z_k .

Pada metode *backpropagation*, jaringan saraf tiruan perlu belajar terlebih dahulu dengan memasukkan sekumpulan contoh pelatihan yang disebut set pelatihan. Pelatihan kemudian dilangsungkan dengan maksud membuat jaringan saraf tiruan beradaptasi terhadap karakteristik dari contoh-contoh pada set pelatihan dengan cara melakukan perubahan bobot-bobot yang ada dalam jaringan.

Cara kerja jaringan *backpropagation* adalah sebagai berikut, mula-mula jaringan diinisialisasi dengan bobot yang diset dengan bilangan acak. Lalu contoh-contoh pelatihan dimasukkan ke dalam jaringan. Contoh pelatihan terdiri dari pasangan vektor *input* dan vektor *output* target. Keluaran dari jaringan dibandingkan dengan vektor *output* target untuk mengetahui apakah *output* jaringan sudah sesuai dengan harapan. *Error* yang timbul akibat perbedaan antara *output* aktual dengan *output* target tersebut kemudian dihitung dan digunakan untuk meng-*update* bobot-bobot yang relevan dengan jalan mempropagasikan kembali *error*. Setiap perubahan bobot yang terjadi diharapkan dapat mengurangi besar *error*.

2.4.2. Propagasi Balik

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi atau *supervised learning* dan biasanya digunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan atau *multi layer* untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan *neuron-neuron* yang ada pada lapisan tersembunyi. Algoritma *backpropagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur atau istilah *backward* untuk mendapatkan *error* tahap perambatan maju atau istilah *forward propagation* harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, *neurons* diaktifkan dengan fungsi aktivasi sigmoid [19].

Fungsi aktivasi sigmoid pada *backpropagation*, fungsi aktivasi yang digunakan harus memenuhi beberapa syarat kontinu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun. Salah satu fungsi yang memenuhi ketiga syarat tersebut sehingga sering dipakai adalah fungsi sigmoid biner yang memiliki *range* (0, 1).

2.4.3 Normalisasi Data

Sebelum menggunakan data sebaiknya dilakukan metode atau teknik *pre-processing* terhadap data. Sehingga perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat. *Pre-processing* membuat nilai data agar menjadi lebih kecil tanpa mengubah makna yang dikandungnya. Ada beberapa cara transformasi data yang dilakukan antara lain normalisasi data. Normalisasi data adalah suatu metode atau teknik untuk mengubah data tersebut sehingga berada dalam rentang tertentu. Rentang ini bisa antara (0,1), (-1,1) atau rentang yang diinginkan dapat dinyatakan dalam Persamaan (2.1) [26]:

$$X_n = 2 \times \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} - 1 \quad (2.1)$$

Keterangan:

X_n = Data Normalisasi

X = Data Real

X_{min} = Nilai Minimum Data

X_{max} = Nilai Maksimum Data

2.4.4. Proses *Training*

Proses *training* harus dilalui sebelum melakukan proses prediksi. Tujuannya adalah untuk mendapatkan nilai *output weight* [27]. Langkah-langkah proses *training* yaitu sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah menginisialisasi *input weight* dan padanan lainnya. Nilai ini diinisialisasi secara acak dengan *range* antara -1 hingga 1.
2. Keluaran di *hidden layer* dihitung menggunakan fungsi aktivasi. Langkah pertama adalah menghitung keluaran *hidden layer* (H_{init}), setelah nilai H_{init} didapatkan kemudian dihitung menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid*. Berikut adalah Persamaan (2.2) untuk menghitung keluaran di *hidden layer*:

$$H_{init} \ i \ j = (\sum w_{jk} \cdot x_{ik} \ n_{k=1}) + b_j \quad (2.2)$$

Keterangan:

H_{init} = Matriks keluaran *hidden layer*.

i = [1,2,...,N], dimana N adalah keseluruhan jumlah data

j = [1,2,...,Ñ], dimana Ñ adalah keseluruhan jumlah *hidden neuron*.

n = Jumlah *input neuron*.

w = Bobot *input*.

x = Input data yang digunakan.

b = Nilai padanan.

3. Menghitung *output weight* untuk mendapatkan *output weight*, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mentranspose matriks hasil keluaran *hidden layer* dengan fungsi aktivasi. Setelah ditranspose, matriks *transpose* tersebut dikalikan dengan matriks hasil keluaran *hidden layer* dengan fungsi aktivasi biasa disebut matriks H . Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai invers dari matriks H dari hasil keluaran *hidden layer* dengan fungsi aktivasi. Berikut adalah Persamaan (2.3) untuk menghitung nilai *output weight*:

$$\beta = H+T \quad (2.3)$$

Keterangan:

β = Matriks *output weight*.

H^+ = Matriks *Moore-Penrose Generalized Invers* dari matriks H .

T = Matriks Target

2.4.5. Proses *Testing*

Pada proses ini bertujuan untuk mengevaluasi dari hasil proses *training* sebelumnya. Proses *testing* digunakan menggunakan *input weight*, padanan lainnya dan *output weight* yang didapatkan dari proses *training*. Berikut adalah langkah-langkah proses *testing* adalah sebagai berikut [28]:

1. Langkah pertama adalah menginisialisasi *input weight* dan padanan lainnya yang telah didapatkan dari proses *training*.
2. Keluaran di *hidden layer* dihitung menggunakan fungsi aktivasi. Pilih salah satu fungsi aktivasi yang digunakan yaitu fungsi aktivasi *sigmoid*, *sin*, *hardlim*.
3. Nilai *output weight* yang telah didapatkan pada proses *training* digunakan untuk menghitung keluaran *output layer* yang merupakan hasil prediksi. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai *output layer* ada pada Persamaan (2.4).

$$y = H\beta \quad (2.4)$$

Keterangan:

y = *Output layer* yang merupakan hasil prediksi.

β = Nilai *output weight* didapatkan dari proses *training*.

H = Keluaran di *hidden layer* dihitung dengan fungsi aktivasi.

4. Langkah terakhir adalah menghitung nilai *error* semua *output layer*. Nilai *error* ini menunjukkan nilai kesalahan dari hasil prediksi yang didapatkan

2.4.6. Proses Denormalisasi Data

Proses ini berfungsi untuk membangkitkan nilai yang telah dinormalisasi menjadi nilai asli. Berikut adalah Persamaan (2.5) untuk denormalisasi data:

$$d = d'(max-min) + min \quad (2.5)$$

Keterangan:

d' = Nilai hasil prediksi sebelum didenormalisasi.

d = Nilai asli setelah didenormalisasi.

min = Nilai minimum pada data set fitur X .

max = Nilai maksimum pada data set fitur X .

2.5. *Trend* Eksponensial

Pertumbuhan daya listrik pada suatu daerah tidak selalu linier. Bertambahnya tahun belum tentu ada penambahan pada konsumen daya listrik pada daerah tersebut. Penggunaan energi listrik pada suatu daerah cenderung meningkat dan tidak akan pernah berkurang selama situasi pada daerah tersebut dalam keadaan normal. Alasan tersebut peneliti lebih memilih metode pendekatan yang tidak bersifat linier sehingga metode pendekatan yang digunakan adalah *trend* eksponensial yang tergolong dalam *trend* non linier.

Trend adalah komponen dari deret berkala yang terdiri dari bentuk gerakan jangka panjang naik atau turun yang menuju ke satu arah dari kumpulan data historis. Deret berkala adalah sekumpulan data observasi satu variabel kuantitatif yang merupakan fungsi dari waktu. Perbedaan dengan regresi adalah analisa regresi merupakan hubungan variabel dependen yang merupakan fungsi dari variabel independen-independen lainnya. Berikut ini untuk menentukan *trend* eksponensial dapat digunakan Persamaan (2.6).

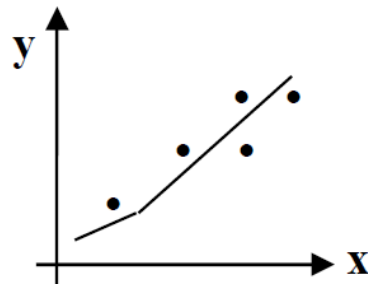
$$\hat{Y} = a(b)^X \quad (1) \quad (2.6)$$

Nilai a dan b diperoleh dengan menyelesaikan Persamaan (2.7) dan Persamaan (2.8):

$$a = \log^{-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^n \log Y_i}{n} \right] \quad (2.7)$$

$$b = \log^{-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^n X_i \log(Y_i)}{\sum_{i=1}^n (X_i^2)} \right] \quad (2.8)$$

Banyak sampel Y_i dan nilai X_i diakumulasikan menjadi total variabel n . Sehingga $\sum X_i = 0$ karena tahun dasar *trend* terletak di tengah-tengah tahun data observasi, jadi nilai di atas tahun dasar nilainya negatif dan di bawah tahun dasar bernilai positif sehingga bila dijumlahkan hasilnya akan sama dengan nol.



Gambar 2.5 Kurva Non-Linier

Pada Gambar 2.5 merupakan ilustrasi kurva pendekatan, yaitu kurva non-linier atau eksponensial. Regresi yang telah lalu dimana kenaikan pengguna dari tahu ke tahun kurang lebih tetap. Data penggunaan yang lalu disusun dalam daftar dan digambar pada grafik hitungan maka akan di dapat satu garis lurus. Proyeksi dari garis ini dapat memberikan perkiraan kebutuhan masa depan.

2.6. Evaluasi Hasil Prakiraan

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah salah satu perhitungan kesalahan dengan menggunakan nilai kesalahan absolut pada setiap periode dan dibagi dengan nilai asli untuk periode tersebut. Selanjutnya merata-rata kesalahan dari persentase absolut nilai tersebut. MAPE di klaim lebih akurat dari MSE. Untuk menghitung MAPE dari suatu proses peramalan, maka dapat dilakukan dengan Persamaan (2.9).

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

Keterangan:

N = Jumlah Sampel

X_t = Nilai Aktual Indeks periode ke-t

F_t = Nilai prediksi indeks periode ke-t

Interpretasi rentang nilai MAPE yang dihasilkan sebagai berikut:

1. MAPE < 10% = Peramalan sangat akurat
2. 10% ≤ MAPE < 20% = Peramalan akurat
3. 20% ≤ MAPE < 50% = Peramalan masih dalam kewajaran
4. MAPE ≥ 50 % = Peramalan tidak akurat

2.7. Kajian Pustaka

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan, terdapat acuan dari peneliti terdahulu yang menjadi sangat penting untuk ditinjau dan dibahas dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu, sehingga dengan menambahkan acuan tersebut dapat menghindari adanya suatu duplikasi dalam penelitian yang akan dilakukan.

Penelitian pertama membahas tentang analisis prakiraan kebutuhan energi listrik wilayah provinsi sumatera utara menggunakan metode *backpropagation neural network*. Hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan yaitu dapat diketahui bahwa model 6 *neuron* pada *input layer*, 3 *neuron* pada *hidden layer*, *output layer* dengan 1 *neuron* merupakan arsitektur terbaik untuk melakukan prakiraan kebutuhan energi listrik dengan menggunakan metode *backpropagation neural network*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai rata-rata MAPE sebesar 1,037%. Hasil ini merupakan sangat akurat berdasarkan rentang nilai MAPE dibawah 10%. Sehingga, metode *backpropagation neural network* ini dapat digunakan untuk melakukan prakiraan kedepannya [4].

Penelitian kedua membahas tentang perkiraan konsumsi energi listrik di rayon Bangsri tahun 2018-2022 menggunakan metode jaringan saraf tiruan (*backpropagation*) [3]. Hasil prediksi untuk semua sektor pada tahun 2022 sebesar 15308979 kWh masih dibawah dari kapasitas energi listrik GI Tanjung Jati yang sebesar 420.480.000 kWh.

Penelitian ketiga membahas tentang jaringan saraf tiruan untuk memprediksi skor pertandingan sepak bola dengan metode *backpropagation*. Hasil pembelajaran pada jaringan saraf tiruan dipengaruhi oleh kecenderungan pola data yang digunakan pada proses pembelajaran. Proses pelatihan dengan menggunakan *neuron* menyebabkan hasil pembelajaran menjadi lebih baik karena memiliki toleransi pada variasi data. Tingkat keberhasilan prediksi pertandingan sebesar 50.5%. Hasil ini sudah cukup baik karena memiliki tingkat keberhasilan 50% [15].

Penelitian keempat membahas tentang peramalan kebutuhan energi listrik Provinsi Bali untuk rentang waktu 2020 s.d. 2030 menggunakan metode jaringan saraf tiruan *feed forward backpropagation*. Proses pelatihan menggunakan 4 input

data yaitu populasi penduduk, PDRB, PDRB per kapita serta IHK. Hasil simulasi mengalami peningkatan kebutuhan energi listrik sebesar 6.523 GWh pada tahun 2025 dan 8.551 GWh pada tahun 2030. Hasil peramalan menghasilkan MAPE terhadap RUKN 2019 sebesar 3,29% yang masih dibawah ketentuan PLN yaitu 10% [12].

Penelitian kelima membahas tentang perkiraan kebutuhan energi listrik jangka panjang pada PT. PLN (persero) wilayah papua dan papua barat area merauke dengan menggunakan metode regresi linier. Berdasarkan hasil analisis perkiraan kebutuhan energi listrik Kabupaten Merauke dengan menggunakan regresi linier, maka dapat disimpulkan bahwa kebutuhan energi listrik Kabupaten Merauke dari tahun 2018 – 2022 cenderung meningkat kecuali pada Sektor Industri. Untuk Perkiraan tahun 2018 besarnya kebutuhan energi listrik Kabupaten Merauke sebesar 137.147.952 KWh sedangkan untuk tahun 2022 sebesar 172.139.908 KWh dengan kenaikan rata-rata pertahun sebesar 5,84% [29].

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang menjadi rujukan kajian pustaka, maka dengan ini akan mengkombinasikan permasalahan dan mencoba mengatasi dengan menggunakan metode yang telah dipaparkan dalam penelitian tersebut. Penelitian yang akan dilakukan ini menggunakan metode JST (Jaringan Saraf Tiruan) dan metode *trend* eksponensial untuk meramalkan kebutuhan energi listrik di Kota Serang untuk 6 tahun mendatang.