

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Metode Extreme Learning Machine

##### 2.1.1 Peramalan

Peramalan adalah sebuah metode yang difungsikan untuk memprediksi probabilitas yang kemungkinan akan terjadi di masa yang akan datang, baik itu menengah maupun jangka panjang, hal ini sangat berguna untuk melihat kebutuhan industrialisasi saat ini yang bergerak sangat maju, untuk dapat menjawab semua kebutuhan tersebut, diperlukan analisa jangka panjang, supaya kebutuhan dan pemenuhan kebutuhan industri dapat terjawab dengan maksimal, dan perancangan kebutuhan energi listrik sangat penting dilakukan pada sistem tenaga listrik. Peramalan sangat membantu dalam menjawab perancangan unit - unit pembangkit yang sesuai dengan kebutuhan industri yang ada di suatu wilayah tertentu dan juga pembangunan infrastruktur. [7] Peramalan beban listrik (*load forecast*) atau kebutuhan listrik (*demand forecast*) merupakan langkah awal dari Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik [8] Berdasarkan rentang waktunya, prediksi kebutuhan energi listrik terbagi menjadi tiga kategori, yaitu:

- **Peramalan Beban Jangka Pendek ( *Short-Term Load Forecasting* )**

Prediksi beban jangka pendek bertujuan untuk memperkirakan kebutuhan energi listrik dalam rentang waktu per jam hingga per minggu. Dalam prosesnya, terdapat batasan beban maksimum dan minimum yang dilakukan dalam peramalan jangka pendek. [9]

- **Peramalan Beban Jangka Menengah ( *Medium – Term Load Forecasting* )**

Peramalan beban jangka menengah merupakan peramalan beban dalam jangka dengan rentang waktu mingguan hingga satu tahun. Faktor - faktor dalam peramalan jangka menengah. Masalah-masalah manajerial misalnya kemampuan teknis memperluas jaringan distribusi, kemampuan teknis menyelesaikan proyek pembangkit listrik baru, serta juga kemampuan teknis menyelesaikan proyek saluran transmisi. [34]

- **Peramalan Beban Jangka Panjang ( *Long – Trem Load Forecasting* )**

Peramalan beban jangka panjang merupakan peramalan yang dibagi dalam beberapa sektor diantaranya adalah sektor perumahan, sektor komersial dan sektor publik atau umum. Di setiap sektor tersebut memiliki beberapa karakteristik - karakteristik yang berbeda. Hasil dari data atau sektor ini digunakan untuk membuat perencanaan atau pemenuhan kebutuhan, dari hasil yang ingin dicapai, yaitu penyediaan tenaga listrik setiap saat secara baik dan kontinyu. Pemanfaatan peramalan jangka panjang adalah untuk jangka waktu satu tahun. [2]

## 2.2.2 Hubungan Ekonomi dengan Kebutuhan Listrik

Pertumbuhan energi listrik tidak lepas dari pertumbuhan ekonomi, hal ini memiliki hubungan yang sangat erat dalam prosesnya. Terdapat beberapa hubungan hal tersebut memunculkan beberapa istilah diantaranya intensitas energi, elastisitas energi, dan beberapa faktor sosial ekonomi yang memengaruhi kebutuhan energi listrik, hal ini sangat berpengaruh terhadap, memaksimalkan kebutuhan energi listrik dan penelitian kali ini akan berlandaskan kepada dua aspek yaitu jumlah pelanggan dan daya energi terjual.

### 1. Jumlah Pelanggan

Jumlah pelanggan listrik di Indonesia, termasuk di Kota Bima, terus meningkat setiap bulan dan tahun. Hal ini sejalan dengan tren kenaikan konsumsi energi listrik nasional. Diasumsikan bahwa setiap penambahan pelanggan di Indonesia berkontribusi pada peningkatan penggunaan listrik per individu. Sejalan dengan hasil penelitian pelanggan berperan sebagai aktor atau pelaku dalam segala aktivitas perekonomian, sehingga dapat memengaruhi tinggi rendahnya pertumbuhan ekonomi ke depan. Pengaruh penduduk terhadap besar konsumsi listrik masa mendatang merupakan salah satu aktivitas ekonomi yang dimaksud dengan berperan sebagai konsumen. [10]

### 2. Daya Energi Terjual

Daya energi terjual atau konsumsi listrik adalah banyaknya listrik yang digunakan oleh kelompok kategori rumah tangga yang dihitung selama sebulan. Konsumsi listrik diukur menggunakan jumlah KWH meter. KWH meter merupakan alat penghitung pemakaian energi listrik. Sedikit banyak penggunaan konsumsi listrik rumah tangga tergantung pada masing-masing kebutuhan pelanggan. Konsumsi listrik dapat dihitung dengan mengakumulasi hasil aktivitas jumlah pemakaian dan intensitas energi.[11]

## 2.2.3 Extreme Learning Machine

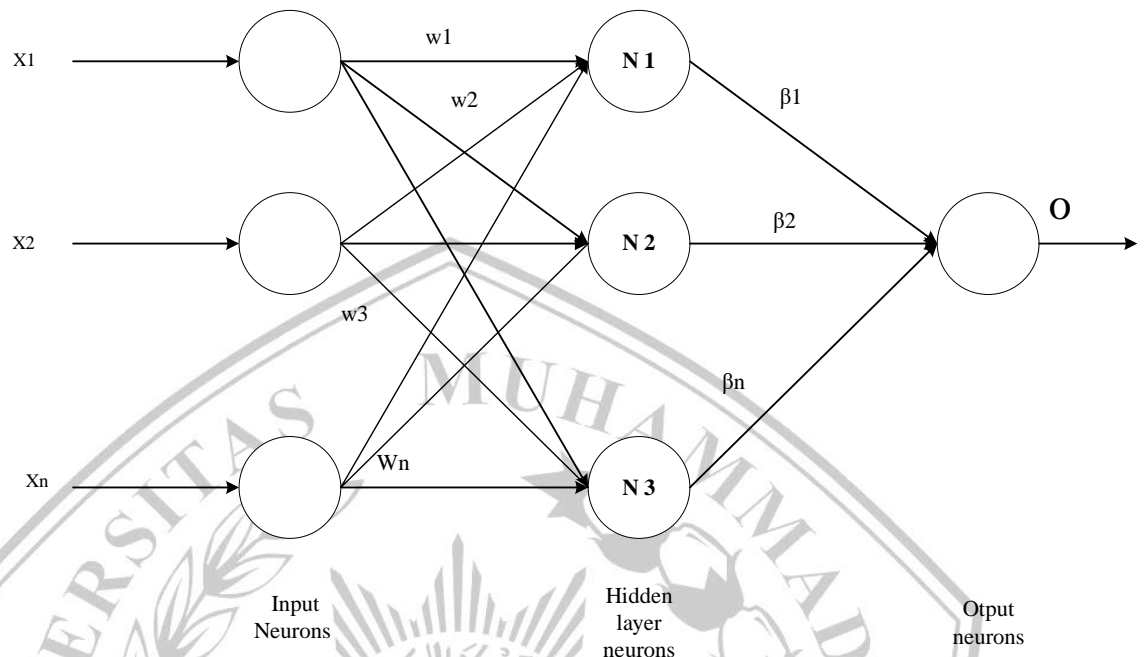
*Extreme Learning Machine (ELM)* merupakan sebuah metode pembelajaran jaringan saraf tiruan yang cepat dan efisien yang biasa di sebut feedforward, untuk menyelesaikan berbagai masalah, seperti klasifikasi, regresi, dan clustering.. Pada awal keberadaan *Extreme Learning Machine* tidak terlepas dari perkembangan *Artificial Neural Network* yang pertama kali dirancang lebih dari 70 tahun terakhir. Perkembangan jaringan saraf tiruan terinspirasi dari kerja jaringan saraf otak yang berada pada manusia, untuk menganalisa sebuah masalah dan memunculkan sebuah solusi dari analisa permasalahan yang ada. Sebagai metode pembelajaran jaringan saraf tiruan terdiri dari neuron, koneksi dan bobot.[12] Dalam jaringan saraf, sebuah neuron menerima sinyal input dari neuron sebelumnya, lalu mengirimkan sinyal output ke neuron berikutnya. Neuron dalam jaringan saraf diatur dalam lapisan yang berbeda, neuron memiliki banyak koneksi ke neuron dari lapisan sebelumnya dan mengirimkan sinyal output ke neuron berikutnya, neuron dalam jaringan saraf sering diatur dalam lapisan yang berbeda. Koneksi didefinisikan sebagai

hubungan antara neuron dari lapisan yang berbeda. Neuron memiliki banyak koneksi ke neuron dari lapisan sebelumnya dan lapisan selanjutnya. Setiap koneksi mengirimkan parameter penting yang disebut sinyal input untuk memberikan sinyal output, kemudian untuk melatih jaringan dengan menentukan bobot dilapisan yang membuatnya mendekati data dengan cara terbaik.

Namun dalam prakteknya metode *Artificial Neural Network* masih memiliki beberapa kekurangan. Menurut Huang *Artificial Neural Network* masih memiliki kelemahan-kelemahan dalam laju pembelajaran. Huang berpendapat bahwa *Artificial Neural Network* mempunyai *learning speed* yang rendah dikarenakan semua parameter pada jaringan ditentukan secara iterative dengan menggunakan metode pembelajaran *slow gradient based* yang mana pada model pembelajaran penentuan parameter bobot input dan bias ditentukan secara manual. Metode *Extreme Learning Machine* menawarkan solusi untuk mengatasi beberapa kekurangan yang dimiliki oleh *Artificial Neural Network*.

Pada metode *Extreme Learning Machine* bobot input dan bias ditentukan secara random sehingga proses *Extreme Learning Machine* memiliki kecepatan pembelajaran yang cepat sehingga menghasilkan performa *generalization* yang baik. Menurut Huang, hal ini disebabkan pada pemodelan matematis untuk mencari bobot dengan perhitungan analitis menggunakan *Moore-penrose Generalized Invers*, dengan menggunakan matriks pada perhitungan bobot akhir yang berisi jumlah atau hasil dari masing-masing input ke *hidden layer*. Cara kerja proses *Extreme Learning Machine* dapat dipahami dengan menguraikan algoritma dan struktur jaringan pada metode *Extreme Learning Machine*.

## 2.2.4 Arsitektur Extreme Learning Machine



Gambar 2.1 Model Extreme Learning Machine

*Extreme Learning Machine* adalah jenis jaringan syaraf tiruan yang memiliki struktur jaringan multilayer. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebuah model jaringan syaraf tiruan *Extreme Learning Machine*. Di atas ini merupakan gambar dari struktur *Extreme Learning Machine*. Struktur pada *Extreme Learning Machine* terdiri atas input layer yang ditujukan untuk pengenalan atau pembelajaran dalam mengenali suatu data yang berisi variabel bebas, kemudian beban yang mengalami perubahan setiap di berikan input sebagai pengenalan atau pembelajaran, *hidden layer* merupakan tempat berlangsungnya pengenalan suatu objek berdasarkan beban yang diberikan, dan output layer keluaran dari hasil pengenalan suatu objek.[2] Pada proses testing *Extreme Learning Machine* hasil dari input beban dan output beban yang diperoleh dari proses hasil training. Tahap selanjutnya melakukan peramalan dengan *Extreme Learning Machine*. Data yang digunakan meliputi 20% untuk data testing dari jumlah data. Pada tahap input nilai yang akan dinormalisasikan terlebih dahulu diubah dengan *range* dan rumus normalisasi yang sama pada data training. Maka hasil dari proses ELM harus melalui proses denormalisasi agar mudah dalam membaca nilai.

### 2.2.5 Algoritma Extreme Learning Machine

Pada langkah pelatihan pada *Extreme Learning Machine* terdapat 3 langkah. Huang mengatakan langkah-langkah tersebut diantaranya adalah inialisasi bobot input dan bias, perhitungan output dari *hidden layer*, dan perhitungan bobot akhir (Dash dan Patel, 2015) [[13] Pada tahap pertama inialisasi bobot input dan bias setiap unit input ( $X_i$ ) yaitu  $a$  dan  $b$ , bias yang diperoleh merupakan hasil dari proses acak. Selanjutnya *hidden* akan di hitung berdasarkan setiap unit dari jumlah keluaran yang dihasilkan dengan persamaan  $g(w_1 \cdot x_1 + b_1)$ . Berikutnya menghitung bobot akhir yaitu ( $\beta$ ) dihitung dan diaktivasi menggunakan sebuah fungsi aktivasi. Pada proses selanjutnya yaitu proses training, setiap unit yang telah selesai mengeluarkan output membandingkan aktivitasnya dengan target tujuannya dari nilai yang sudah ada untuk membandingkan tingkat kesalahan error. Jika hasil error masih di atas target, proses pelatihan *Extreme Learning Machine* akan diulang dari awal dengan menginisialisasi ulang bobot input dan bias hingga menemukan bobot yang optimal.

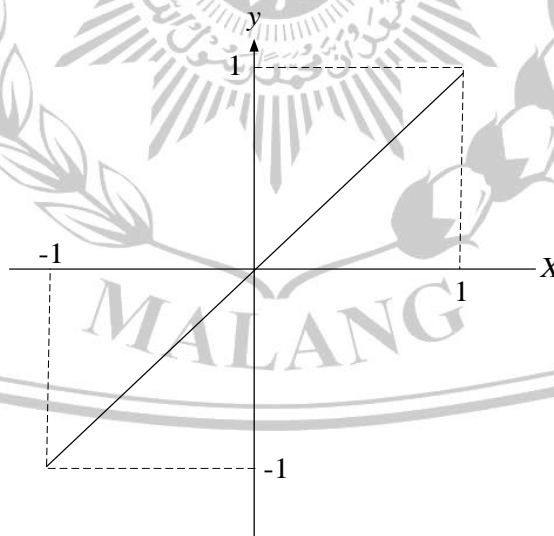
### 2.2.6 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi merupakan fungsi yang mengubah masukan dan proses dalam neuron menjadi output. Fungsinya untuk memodifikasi output ke rentang nilai tertentu. Berikut beberapa fungsi aktivasi yang umum digunakan dalam jaringan saraf:

1. Fungsi Identitas

$$F(x) = x$$

(2.1)



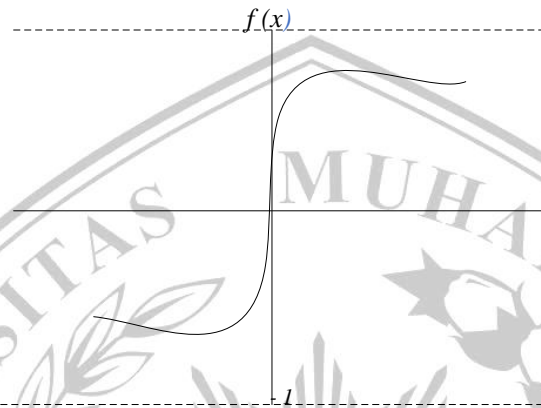
Gambar 2.2 Fungsi Aktivasi Linier

Fungsi ini mengaktifkan semua unit input. Persamaan fungsi 2.1 mewakili fungsi identitas, yang bentuknya digambarkan pada Gambar 2.2

## 2. Fungsi Sigmoid

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

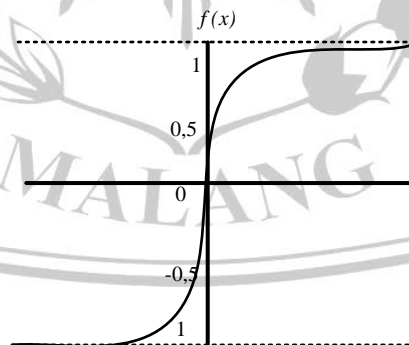
Fungsi sigmoid mempunyai range 0 hingga 1 dan output diinterval 0 hingga 1. Input skala sigmoid antara 0 dan 1 menggunakan kurva berbentuk S.[14]



Gambar 2.3 Fungsi Aktivasi Sigmoid

## 3. Fungsi Tanh

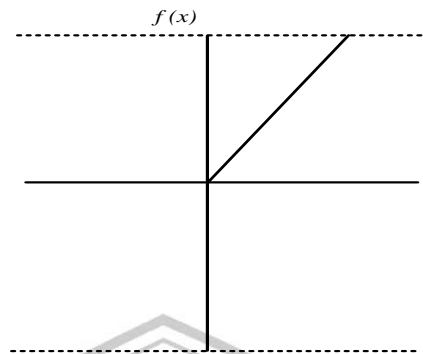
Fungsi aktivasi berpusat di sekitar 0 dan memiliki rentang (-1, 1). Fungsi Tanh sangat mirip dengan fungsi Sigmoid, dengan kelebihan dan kekurangan yang serupa. Perbedaan utamanya adalah kisaran yang pertama adalah (-1,1). [15]



Gambar 2.4 Fungsi Aktivasi Tanh

## 4. Fungsi Rule

Fungsi Rule adalah fungsi sepotong-sepotong. Kecepatan konvergensinya lebih cepat dari Tanh. Ini mencegah masalah hilangnya gradien. [15]



Gambar 2.5 Fungsi Aktivasi Rule

### 2.2.6 Tahapan dalam proses Extreme Learning Machine

1. Pemrosesan Data: Tahap awal dalam proses *Extreme Learning Machine* adalah mempersiapkan dan memproses data masukan. Pada tahap ini, data dimuat, diimpor, atau dibuat. Data masukan kemudian diproses dan diubah menjadi format yang sesuai untuk pelatihan model *Extreme Learning Machine*.
2. Inisialisasi Bobot: Setelah data dimuat dan diproses, langkah selanjutnya adalah menginisialisasi bobot pada lapisan tersembunyi. Bobot pada lapisan tersembunyi diatur secara acak dalam rentang tertentu.
3. Perhitungan Aktivasi: Aktivasi adalah keluaran dari setiap neuron pada lapisan tersembunyi. Aktivasi dihitung dengan menggunakan fungsi aktivasi pada nilai yang diperoleh dari bobot dan data masukan.
4. Pseudo-Inverse: Pada tahap ini, bobot pada lapisan keluaran diatur menggunakan teknik pseudo-inverse dari matriks aktivasi pada lapisan tersembunyi.
5. Pelatihan Model: Pelatihan Model dilatih dengan menyesuaikan bobot pada lapisan keluaran berdasarkan data masukan dan aktivasi neuron di lapisan tersembunyi. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan model yang akurat dan mampu memprediksi data baru dengan baik..
6. Validasi Model: Usai pelatihan model selesai, model tersebut diuji menggunakan data baru yang belum pernah diproses sebelumnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan model dalam memprediksi data baru dengan benar..

7. Pengujian Model: Setelah validasi model selesai, tahap selanjutnya adalah pengujian model. Pada tahap ini, model diuji pada data masukan yang berbeda untuk mengukur kinerja model secara keseluruhan.

### 2.2.7 Evaluasi Kinerja Model

Setelah mendapatkan hasil prediksi, selanjutnya melakukan evaluasi kinerja prediksi dalam rangka mengetahui apakah hasil dari peramalan yang dilakukan sudah sesuai dengan hasil peramalan. Hasil yang didapatkan Tidak dapat dipastikan benar seluruhnya, akan ada perbedaan nilai dengan kenyataan. Maka diperlukannya evaluasi kinerja untuk mengetahui seberapa akurat prediksi yang dilakukan.

1. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), MAPE menghitung kesalahan absolut pada tiap periode dan membaginya dengan nilai observasi periode itu untuk mengevaluasi akurasi peramalan. Selanjutnya merata-rata kesalahan persentase dari hasil data.[16] Tingkat kesalahan prediksi dapat dihitung dengan mengikuti langkah-langkah berikut. Persamaan matematisnya adalah sebagai berikut.:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_i = \left| \frac{\bar{y} - y_i}{y_i} \times 100\% \right|$$

Keterangan :

- n : banyak data  
 $y_i$  : data asli nilai  
 $\bar{y}$  : data hasil peramalan

Berikut adalah data yang menunjukkan tingkat keakuratan hasil peramalan.:

Tabel 2.1 Keakuratan Peramalan ELM

NO	Keakuratan Peramalan Berdasarkan nilai MAPE	Keterangan
1	Persentase Nilai < 10%	Sangat Baik
2	Persentase Nilai 10% - 20%	Baik
3	Persentase Nilai 20% - 50%	Cukup
4	Persentase Nilai > 50%	Buruk