

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Peramalan Beban Listrik**

Peramalan beban mencegah perubahan tiba-tiba dalam permintaan daya dengan memanfaatkan kurva beban harian, mingguan, dan bulanan. Prakiraan beban daya dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan periodenya.:

- a. Prakiraan beban listrik jangka panjang: Prakiraan yang dibuat untuk meramalkan beban listrik pada tahun-tahun mendatang disebut prakiraan beban listrik jangka panjang. Cara ini dapat digunakan untuk meningkatkan ketersediaan unit produksi, sistem transmisi, dan distribusi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.
- b. Prakiraan beban listrik jangka menengah adalah prakiraan jangka menengah untuk beban listrik bulan ke depan. Untuk memenuhi tujuan perencanaan dan operasional dari sisi pembangkitan, prakiraan beban listrik dilakukan dalam jangka menengah.
- c. Prediksi jangka pendek beban listrik adalah prediksi berdasarkan hari, jam, dan menit. Ini merupakan bagian dari prediksi jangka pendek. Kebanyakan orang menggunakan prakiraan jangka pendek ini untuk membandingkan beban daya masa lalu dan masa depan [9].

#### **2.2 Tahapan Peramalan Melewati Beberapa Tahap:**

1. Tentukan jenis data yang akan digunakan dan analisis pola dan karakteristiknya.
2. Pilih metode peramalan yang ingin Anda gunakan. Peramalan dapat dilakukan dengan berbagai cara. Oleh karena itu, untuk mencapai tingkat kesalahan yang paling rendah, metode yang digunakan harus disesuaikan dengan jenis datanya.
3. Menentukan parameter yang membantu meningkatkan akurasi metode prediksi yang ditemukan sehingga tingkat kesalahan dapat dikurangi.
4. Perbandingan nilai taksiran dengan nilai sebenarnya dan persentase kesalahan diperoleh melalui penerapan data acuan pada metode yang ditentukan [10].

#### **2.3 Forecasting Beban Listrik**

Prakiraan beban daya termasuk dalam dua kategori: Peramalan jangka pendek (STF), serta Peramalan jangka panjang (LTF), yang merupakan peramalan untuk periode yang lebih lama (bulan-tahun). Prediksi STF dan LTF sangat

penting untuk prediksi beban daya. Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) digunakan untuk meramalkan beban listrik jangka pendek. Karena prediksi hanya dilakukan sekali, STF hanya dapat berfungsi dalam waktu yang singkat dan harus menunggu kembali agar data aktual dapat digunakan sebagai input untuk proses prediksi berikutnya. Data yang digunakan untuk prediksi harus pertama kali dinormalisasi dalam bentuk  $0 \leq x \leq 1$  dengan menggunakan rumus sebagai berikut: (Thomas Sri Widodo, 2005)

$$ti = \frac{zi - \min(data)}{\text{maks}(data) - \min(data)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

ti = data hasil normalisasi

zi = data beban listrik

min(data) = nilai minimum data beban listrik

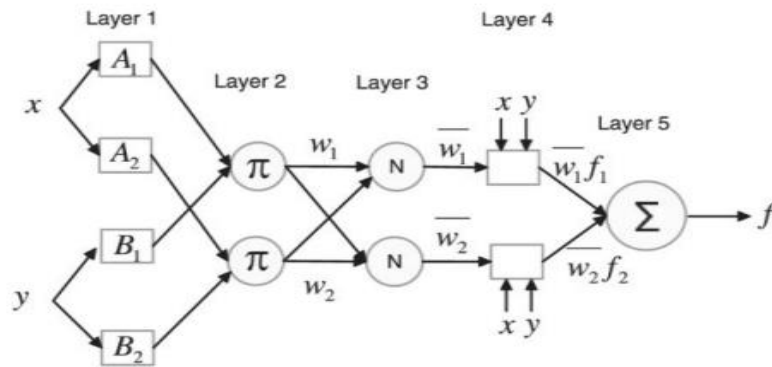
maks(data) = nilai maksimum data beban Listrik [11].

## 2.4 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS )

Pada tahun 1965, Lotfi A. Zadeh menyarankan metode Sistem Inferensi Neuro-Fuzzy Adaptif "ANFIS" bahwa orang dapat membuat keputusan yang lebih baik dengan menggunakan informasi non-numerik yang tidak pasti. Ketika saya melakukan penelitian, saya pertama kali memperkenalkannya. Konsep variabel linguistik ditambahkan dalam perkembangan berikutnya. Variabel linguistik didefinisikan sebagai variabel yang nilainya terdiri dari kata atau frasa daripada angka. Konsep ini mewakili awal teori fuzzy saat diterapkan menggunakan aturan IF-THEN. Sistem Inferensi Neuro-Fuzzy Adaptif (ANFIS) adalah teknik optimasi yang menggabungkan gagasan logika fuzzy dan jaringan saraf. Logika fuzzy menggunakan pengetahuan manusia untuk membuat kesimpulan dan mengambil keputusan, sedangkan jaringan saraf mengenali pola dan menyesuaikannya dengan perubahan lingkungan. Proses komputasi yang bergantung pada kumpulan logika fuzzy dikenal sebagai sistem inferensi fuzzy. operator logika fuzzy dan aturan "Jika-Maka" Logika fuzzy digunakan oleh FIS untuk menghubungkan masukan ke keluaran yang diketahui. Metode optimasi

yang dikenal sebagai sistem inferensi neuro-fuzzy adaptif menggabungkan logika fuzzy dan jaringan saraf. Jaringan saraf mengenali pola, sedangkan logika fuzzy menggunakan pengetahuan manusia untuk menarik kesimpulan dan membuat keputusan. ANFIS dapat memprediksi rangkaian waktu yang tidak teratur. Istilah adaptif fuzzy muncul setelah Sugano membuat himpunan crisp dengan model fuzzy dengan himpunan fuzzy. Salah satu sistem yang diusulkan oleh Roger Jan adalah ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System), yang termasuk dalam kelompok sistem hybrid komputasi lunak, di mana setidaknya dua teknik komputasi lunak digabungkan untuk mencapai algoritma yang lebih lengkap. Semua keunggulan sistem inferensi fuzzy dan sistem jaringan saraf dimiliki oleh sistem neurofuzzy, yang didasarkan pada sistem inferensi fuzzy yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang berasal dari sistem jaringan saraf. Sistem Inferensi Fuzzy Adaptif Neuro-Fuzzy, juga dikenal sebagai "ANFIS", adalah hasil dari kombinasi logika fuzzy untuk sistem berbasis aturan linguistik, dan jaringan saraf tiruan, Teknik jaringan saraf tiruan memungkinkan pengekstrakan parameter aturan fuzzy (premis dan konsekuensi) dari kumpulan data numerik melalui pembelajaran mesin. Jaringan neuro-fuzzy secara khusus mengatasi kekurangan desain sistem fuzzy tradisional, yang mengharuskan perancang untuk melakukan trial and error untuk menyesuaikan input-output dan fungsi keanggotaan himpunan fuzzy tertentu untuk dunia bahasa. Dalam jaringan adaptif, sistem inferensi fuzzy ANFIS digunakan. Parameter ANFIS adalah fungsi keanggotaan premis dan konsekuensi.. Pembelajaran anfis adalah perubahan parameter fungsi keanggotaan input dan output. Algoritme backpropagation atau hybrid dapat digunakan untuk pembelajaran anfis. Algoritme hibrid menggabungkan metode estimasi kuadrat terkecil dan algoritma propagasi mundur untuk menentukan parameter hasil, sedangkan propagasi mundur memperbarui bobot asumsi. Kemampuan sistem fuzzy adalah untuk menggunakan pengetahuan pengguna untuk membuat aturan dasar untuk membagi kelompok fuzzy dan menentukan jumlah aturan fuzzy untuk menentukan hubungan antara data input dan output [10].

## 2.5 Arsitektur Adaptive Neuro Fuzzy Inference System



**Gambar 2.1** Struktur Anfis

- Sistem neuro terdiri dari lima lapisan, masing-masing dengan fungsi unik. Setiap level terdiri dari sejumlah titik yang dimulai dengan lingkaran atau kotak. Simbol persegi mewakili node adaptif, yang memungkinkan nilai parameter berubah selama pelatihan, sedangkan simbol lingkaran mewakili node non-adaptif, yang nilainya tidak berubah sama sekali.
- Arsitektur ANFIS adalah sistem hybrid yang menggabungkan logika fuzzy dan jaringan saraf. Arsitektur ini menggunakan dua ketentuan berdasarkan contoh aturan fuzzy Sugeno, seperti yang ditunjukkan di bawah ini [12].

**Rule I : If  $x_1$  is  $A_1$  and  $x_2$  is  $B_1$  Then  $f_1 = c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + c_{10}$**   
**Rule II : If  $x_1$  is  $A_2$  and  $x_2$  is  $B_2$  Then  $f_2 = c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + c_{20}$**

**Gambar 2.2** Contoh penulisan rules

### 2.5.1 Jaringan ANFIS

- Tingkat keanggotaan yang diberikan oleh fungsi keanggotaan masukan disebut parameter premis. Fungsi anggota yang digunakan adalah trimf, di mana  $\{a,b,c\}$  adalah parameter dan biasanya  $b=1$ .

$$\mu(x) = \exp \left[ - \left( \frac{x-c}{a} \right)^2 \right] \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

- Pada lapisan yang kedua berupa fixed neuron yang keluarannya merupakan hasil dari input. Setiap simpul mewakili predikat aturan ke-i. Lapisan ini disebut firing strength.

$$w_i = \mu_{A_i} \cdot \mu_{B_i} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

c. Lapisan ketiga, disebut dengan normalised firing strength.

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \dots\dots\dots (2.4)$$

d. Lapisan keempat, pada setiap neuron lapisan keempat ialah node adaptif untuk keluaranya.  $\bar{w}_i$  adalah firing strength yang dinormalisasi dari lapisan ketiga dan  $\{c_{i1}, c_{i2}, c_{i0}\}$  yaitu parameter neuron. parameter dari lapisan disebut dengan consequent parameters.

$$\bar{w}_i y_i = \bar{w}_i (y_{x1} + y_{x2} + C_{i0}) \dots\dots\dots (2.5)$$

e. Lapisan kelima yaitu node tetap, yang merupakan jumlah dari semua masukan.

$$O_{5,1} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \dots\dots\dots (2.6)$$

## 2.6 Pemilihan Model Terbaik

Menggunakan RMSE dan MAPE adalah salah satu cara untuk mengukur tingkat akurasi peramalan.

### 2.6.1 RMSE (Root Mean Square Error)

Rmse adalah jumlah dari akar rata-rata kuadrat kesalahan dan juga dapat menunjukkan besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh model peramalan. Skala Rmse yang rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh model prediksi hampir sama dengan variasi nilai yang diamat.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (X_i - f_i)^2}{M}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m e_i^2}{M}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Pada kemampuan peramalan RMSE, Jika nilai RMSE yang ditampilkan lebih kecil, maka hasil yang dicapai lebih akurat, dan jika nilai RMSE lebih besar, maka hasil yang dicapai lebih akurat.

### 2.6.2 MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

Nilai error dapat dihitung menggunakan mape, yang menghitung error absolut untuk setiap momen atau periode dan membaginya dengan nilai pemantauan selama periode yang diperiksa dan persentase kesalahan rata-rata.

hendak mencari nilai mape, perhitungan error dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

n = Banyak data

$\hat{y}$  = Hasil prediksi

y = Data Aktual

MAPE menghitung kesalahan absolut sebagai persentase dari kesalahan absolut rata-rata selama beberapa periode data nyata. Ini menghindari masalah menafsirkan besarnya jumlah data aktual menggunakan nilai prediksi.

Semakin rendah hasil dari MAPE, semakin baik kinerja model. Skor yang dihasilkan dari evaluasi tersebut menunjukkan bahwa kemampuan dari hasil prediksi seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1

**Tabel 2.1** Kategori MAPE

MAPE	Kategori efisiensi prediksi
10 %	Sangat baik
10 % - 20 %	Baik
20 % - 50 %	Cukup
50 %	Buruk