

**PERAMALAN BEBAN PUNCAK PROVINSI LAMPUNG DENGAN  
JARINGAN SYARAF TIRUAN *FEED-FORWARD TIME DELAY***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Aby Virangga**

**NPM 1615031084**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2023**

## ABSTRAK

### PERAMALAN BEBAN PUNCAK PROVINSI LAMPUNG DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN *FEED-FORWARD TIME DELAY*

Oleh

ABY VIRANGGA

Sistem tenaga listrik dalam pengoperasiannya harus selalu dalam keadaan seimbang antara pembangkitan dengan beban yang terhubung. Untuk pengoperasian sistem pembangkit listrik harus mengikuti kebutuhan beban listrik. Peramalan beban listrik menjadi penting dalam menjamin ketersediaan daya listrik dalam memenuhi kebutuhan masyarakat sehari-hari. Terdapat berbagai metode dalam peramalan beban listrik jangka pendek, antara lain yaitu jaringan syaraf tiruan dan penggunaan Teknik statistik seperti regresi. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode jaringan syaraf tiruan dengan pendekatan *fast-forward time-delay*. Dalam proses belajarnya, jaringan syaraf tiruan melakukan pengenalan pola beban listrik tiap tahun, sehingga mampu memprakirakan beban listrik pada hari yang akan datang. Prediksi beban puncak listrik pada provinsi Lampung menggunakan data jumlah penduduk, jumlah pelanggan dan daya tersambung tahun 2001-2021 dengan rata-rata MAPE sebesar 2.97%. Hasil peramalan untuk beban puncak listrik provinsi Lampung pada tahun 2022-2030 adalah 988.481 MW, 1037.69 MW, 1086.9 MW, 1136.11 MW, 1185.319 MW, 1234.529 MW, 1283.739 MW, 1332.948 MW, 1382.159 MW.

Kata Kunci: Peramalan, Beban Puncak, Jaringan Syaraf Tiruan, *Fast-Forward Time-Delay*

## **ABSTRAK**

### **PEAK LOAD FORECASTING IN LAMPUNG PROVINCE USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FEED-FORWARD TIME-DELAY**

**By**

**ABY VIRANGGA**

The electric power system in operation must always be in a state of balance between generation and connected loads. For the operation of the power generation system, it must follow the needs of the electric load. Forecasting the electric load is important in ensuring the availability of electric power to meet people's daily needs. There are various methods in forecasting short-term electrical loads, including artificial neural networks and the use of statistical techniques such as regression. In this study the method used is the method of artificial neural network approach fast-forward time-delayed. In the learning process, the artificial neural network performs pattern recognition of the electrical load each year, so that it is able to predict the electrical load in the future. The prediction of the peak electricity load in Lampung province uses data on population, number of subscribers and connected power for 2001-2021 with an average MAPE of 2.97%. Forecasting results for Lampung province's electricity peak load in 2022-2030 are 988,481 MW, 1037.69 MW, 1086.9 MW, 1136.11 MW, 1185,319 MW, 1234,529 MW, 1283,739 MW, 1332,948 MW, 1382,159 MW.

**Keywords:** Forecasting, Peak Load, Artificial Neural Network, Fast-Forward Time-Delay.

**PERAMALAN BEBAN PUNCAK PROVINSI LAMPUNG DENGAN  
JARINGAN SYARAF TIRUAN *FEED-FORWARD TIME DELAY***

**Oleh**

**ABY VIRANGGA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2023**

Judul Skripsi

**: PERAMALAN BEBAN PUNCAK PROVINSI  
LAMPUNG DENGAN JARINGAN SYARAF  
TIRUAN *FEED-FORWARD TIME DELAY***

Nama Mahasiswa

**: *Aby Virangga***

Nomor Pokok Mahasiswa : 1615031084

Jurusan

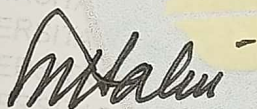
**: Teknik Elektro**

Fakultas

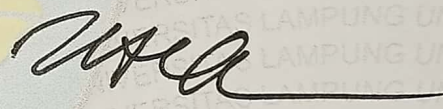
**: Teknik**

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**



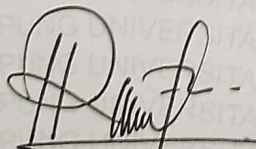
**Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc.**  
NIP 19720923 200012 1 002



**Osea Zebua, S.T., M.T.**  
NIP 19700609 199903 1 002

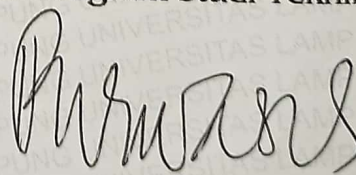
**2. Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Herlinawati, S.T., M.T.**  
NIP 19710314 199903 2 001

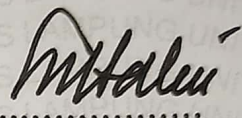
**Ketua Program Studi Teknik Elektro**



**Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.**  
NIP 19740422 200012 2 001

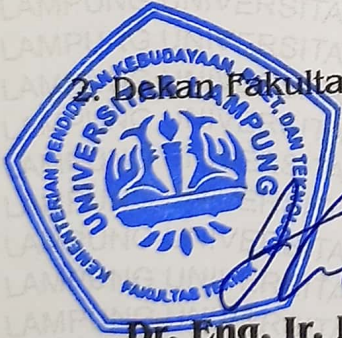
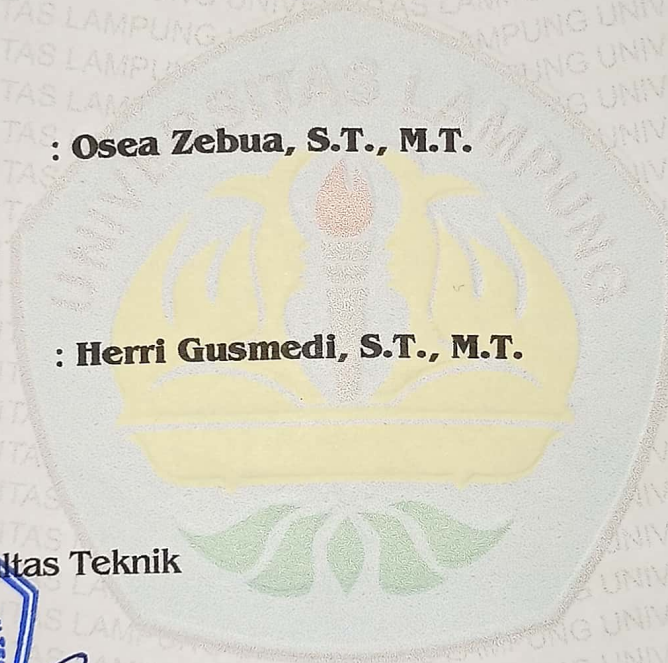
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

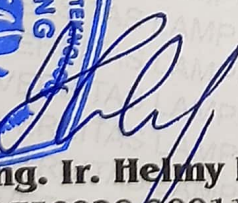
**Ketua : Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc.** ..... 

**Sekretaris : Osea Zebua, S.T., M.T.** ..... 

**Penguji : Herri Gusmedi, S.T., M.T.** ..... 



**2. Dekan Fakultas Teknik**

**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**   
NIP 19750928/200112 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 April 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 April 2023



Virangga  
NPM. 1615031084

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Sukaraja, 30 Agustus 1998. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Nurmansyah dan Ibu Anggun Cinderela. Pendidikan penulis TK Dewi Sartika Sukarame pada tahun 2003, SDN 2 Beringin Raya pada tahun 2004 hingga 2010, SMPN 1 Gedongtataan pada tahun 2010 hingga 2013, dan SMAN 1 Gading Rejo pada tahun 2013 hingga 2016.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, pada tahun 2016 melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis tergabung dalam keanggotaan asisten Laboratorium Konversi Energi Elektrik (KEE) dari tahun 2018 dan berkesempatan menjadi asisten mata kuliah Praktikum Dasar Tenaga Listrik tahun 2019, serta juga menjadi asisten mata kuliah Praktikum Mesin-mesin Listrik dan Elektronika Daya pada tahun 2020. Selain itu, penulis tergabung dalam lembaga kemahasiswaan yang ada di Jurusan Teknik Elektro (Himatro) sebagai anggota Divisi Humas Departemen Komunikasi dan Informasi selama dua periode kepengurusan yaitu pada tahun 2017-2018. Pada 6 Januari 2020 – 6 Februari 2020, penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Krakatau Steel (Persero) Cilegon dengan mengangkat judul “Perbandingan Efisiensi Energi antara *Air Conditioner* Tipe Split dan Central di Gedung Kantor Slab Steel Plant pada PT.Krakatau Steel (Persero)”.





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, Atas Izin Allah yang Maha Kuasa

KUPERSEMBAHKAN KARYA INI UNTUK

*Ayah dan Ibu Tercinta*

*NURMANSYAH*

*dan*

*ANGGUN CINDERELA*

*Adik Tersayang*

*ANISA MUTIARA ARINGGA*

*dan*

*RANGGA AFIF BADILLAH*

Keluarga besar, Dosen, Teman, dan Almamater





## MOTTO



“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.  
Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah;6-8)

“Jangan terlalu keras pada dirimu sendiri, karena hasil akhir dari semua urusan di dunia ini sudah ditetapkan oleh Allah. Jika sesuatu ditakdirkan untuk menjauh darimu, maka ia tak akan pernah mendatangimu. Namun jika ia ditakdirkan bersamamu, maka kau tak akan bisa lari darinya”

(Umar bin Khattab)



## SANWACANA

Segala puji bagi Allah, atas limpahan nikmat-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad, suri teladan yang mampu membuka sesuatu yang terkunci, penutup dari semua yang terdahulu, penolong kebenaran dengan jalan yang benar, dan petunjuk kepada jalan-Mu yang lurus.

Tugas Akhir dengan judul “PERAMALAN BEBAN PUNCAK PROVINSI LAMPUNG DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN *FEED-FORWARD TIME DELAY*” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Universitas Lampung dan selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, arahan, dan bimbingan yang membangun bagi penulis dalam mempersiapkan diri menjadi seorang Sarjana Teknik.
4. Bapak Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc. selaku pembimbing utama dan telah memberikan bimbingan rutin, motivasi, arahan dan pandangan kehidupan kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
5. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan nilai-nilai kehidupan kepada penulis dengan baik dan ramah.

6. Bapak Herri Gusmedi, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
7. Segenap Dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, wawasan, dan pengalaman bagi penulis.
8. Mbak Nurul dan Segenap Staff di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi dan hal-hal lainnya.
9. Orang Tua saya Bapak Nurmansyah dan Ibu Anggun Cinderela serta adik Anisa Mutiara Aringga dan Rangga Afif Badilah yang sangat saya banggakan dan sayangi yang telah mendukung penuh sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Nurtifani Zhafirasi Trisnawardani yang telah mendukung saya secara pribadi dalam suka maupun duka sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan semangat.
11. Angkatan tercinta SINS 2016 terima kasih sudah menjadi keluarga selama awal kuliah sampai saat ini.
12. Farhan Adiwinata, Iqbal Dwi Kurnia Yosa, dan Ramadhan Andhika Vioamanta terima kasih sudah menjadi teman terbaik selama awal kuliah sampai saat ini.
13. Bang yayan, kak nay, dan teman-teman penghuni Lab Konversi terima kasih atas waktu, tempat, dan bantuan yang telah diberikan selama ini.
14. Teman-teman Kantin Teknik Emak Farida atas waktu, tempat, dan bantuan yang telah diberikan sampai sekarang.
15. Seluruh teman-teman yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran konstruktif dari semua pihak demi kemajuan bersama. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 11 April 2023

Aby Virangga

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR .....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Hipotesis .....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.1.1 Metode Regresi Linier untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang (Studi Kasus Provinsi Lampung).....	5
2.1.2 <i>Long-term electrical consumption forecasting using Artificial Neural Network (ANN)</i> .....	6
2.1.3 <i>Artificial-Neural-Networks-Applied-To-Longterm-Electricity-Deman</i> ....	6
2.2 Beban Listrik .....	7
2.3 Analisis regresi .....	8
2.4 Jaringan Syaraf Tiruan .....	9

2.4.1	Arsitektur Jaringan .....	11
2.4.2	Fungsi Aktivasi.....	14
2.4.3	Bias dan Threshold .....	15
2.5	Peramalan .....	16
2.6	<i>Mean Absolute Percentage Error ( MAPE)</i> .....	16
III. METODOLOGI PENELITIAN .....		17
3.1	Waktu dan Tempat .....	17
3.2	Alat dan Bahan .....	18
3.3	Tahapan Penelitian .....	18
3.4	Alir Penelitian.....	20
3.5	Diagram Pendekatan <i>Fast Forward Time-Delay</i> .....	21
3.6	Impelementasi Metode .....	22
3.6.1	Jaringan Syaraf Tiruan (JST) .....	22
3.6.2	<i>Fast forward time delay</i> .....	23
3.6.3	Analisis Regresi.....	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....		27
4.1	Data Historis .....	27
4.2	Peramalan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Pendekatan Fast Forward Time Delay .....	29
4.2.1	Pelatihan dan pengujian Jaringan Syaraf Tiruan .....	29
4.2.2	Hasil Peramalan Jaringan Syaraf Tiruan Pendekatan Fast-Forward Time- Delay.....	31
4.3	Peramalan menggunakan Regresi Linier.....	33
4.3.1	Perhitungan Regresi Linier Jumlah Penduduk provinsi Lampung.....	33
4.3.2	Perhitungan Regresi Linier Jumlah Pelanggan provinsi Lampung .....	35
4.3.3	Perhitungan Regresi Linier Daya Tersambung provinsi Lampung.....	38

4.3.4 Perhitungan Beban Puncak Listrik Provinsi Lampung menggunakan regresi linier berganda .....	40
V.PENUTUP .....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran .....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	46



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Single input neuron .....	10
Gambar 2. 2 Multiple input neuron.....	10
Gambar 2. 3 Jaringan layar tunggal (single layer network).....	11
Gambar 2. 4 Jaringan layar jamak.....	12
Gambar 2. 5 Jaringan reccurent .....	13
Gambar 2. 6 Bias.....	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	20
Gambar 3. 2 Diagram pendekatan Fast forward time delay.....	21
Gambar 3. 3 Multi layer jaringan.....	22
Gambar 3. 4 Kurva fungsi sigmoid biner.....	24
Gambar 4. 1 Parameter Jaringan Syaraf Tiruan .....	29
Gambar 4. 2 Grafik hasil prediksi beban puncak listrik provinsi Lampung Tahun 2001-2030 .....	32

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan .....	17
Tabel 4. 1 Data historis provinsi Lampung tahun 2001-2021.....	28
Tabel 4. 2 Perbandingan nilai hasil pengujian terhadap nilai aktual.....	30
Tabel 4. 3 Hasil Peramalan beban puncak listrik provinsi Lampung tahun 2022- 2030.....	32
Tabel 4. 4 R-sq Jumlah Penduduk.....	33
Tabel 4. 5 Hasil MAPE Jumlah Penduduk dengan metode regresi linier.....	34
Tabel 4. 6 Hasil Peramalan Jumlah Penduduk Tahun 2022-2030 .....	35
Tabel 4. 7 R-sq Jumlah Pelanggan.....	35
Tabel 4. 8 Hasil MAPE Jumlah Pelanggan dengan metode regresi linier .....	36
Tabel 4. 9 Hasil Peramalan Jumlah Pelanggan Tahun 2022-2030.....	37
Tabel 4. 10 R-sq Jumlah Daya Tersambung .....	38
Tabel 4. 11 Hasil MAPE daya tersambung dengan metode regresi linier .....	38
Tabel 4. 12 Hasil Peramalan Daya Tersambung Tahun 2022-2030 .....	39
Tabel 4. 13 R-sq Jumlah Daya Tersambung .....	40
Tabel 4. 14 Hasil MAPE beban puncak dengan metode regresi linier berganda..	41
Tabel 4. 15 Hasil Peramalan Beban Puncak Tahun 2022-2030.....	42
Tabel 4. 16 Perbandingan MAPE .....	43

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Sistem tenaga listrik dalam pengoperasiannya harus selalu dalam keadaan seimbang antara pembangkitan dengan beban yang terhubung. Untuk pengoperasian sistem pembangkit listrik harus mengikuti kebutuhan beban listrik. Apabila daya yang dihasilkan pembangkit terlalu besar dari kebutuhan masyarakat maka akan menimbulkan pemborosan energi yang dapat mengakibatkan kerugian bagi pihak perusahaan listrik. Sedangkan jika daya yang dihasilkan suatu pembangkit lebih kecil dari kebutuhan masyarakat maka akan mengakibatkan pemadaman listrik bergilir yang mengakibatkan kerugian pada masyarakat.

Peramalan beban listrik berfungsi dalam menjamin ketersediaan daya listrik dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat sehari-hari. Terdapat berbagai metode dalam peramalan beban listrik antara lain yaitu, jaringan syaraf tiruan dan penggunaan teknik statistik seperti regresi. Dalam proses belajarnya, jaringan syaraf tiruan melakukan pengenalan pola beban listrik tiap tahun, sehingga mampu memprakirakan beban listrik pada tahun yang akan datang.

Berdasarkan keputusan Menteri ESDM No. 143 K/20/MEM/2019-Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2019-2038 menyebutkan bahwa tujuan pengembangan penyediaan tenaga listrik sejalan dengan pembangunan ketenagalistrikan sebagaimana terdapat pada pasal 2 ayat 2 undang-undang nomor 30 tahun 2009 tentang ketenagalistrikan, yaitu untuk menjamin ketersediaan tenaga listrik dalam jumlah yang cukup, kualitas yang baik dan harga yang wajar.

Berdasarkan hal diatas maka prediksi beban puncak listrik sangat dibutuhkan dalam hal ini, sehingga pemerintah dapat mengetahui kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan oleh masyarakat sejalan dengan potensi EBT yang tersedia di provinsi Lampung serta dapat menjalankan perencanaan pengembangan ketenagalistrikan

dengan tepat sesuai dengan keputusan Menteri No. 143 K/20/MEM/2019-Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2019-2038 untuk mencapai *net-zero emissions*.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui peningkatan beban puncak listrik provinsi Lampung tahun 2022-2030 menggunakan jaringan syaraf tiruan pendekatan *fast-forward time-delay*.

## **1.3 Perumusan Masalah**

Bagaimana proses prediksi beban puncak listrik jangka panjang Provinsi Lampung pada tahun 2022-2030 dengan Jaringan Syaraf Tiruan dan Regresi menggunakan matlab. Dan bagaimana hasil prediksi beban puncak listrik dengan menggunakan data variabel bebas dari statistik PLN dan BPS.

## **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Pada Penelitian ini kondisi ekonomi global diasumsikan stabil.
2. Menggunakan data sekunder dari statistik PLN dan statistik BPS.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah hasil prediksi beban puncak listrik dapat digunakan sebagai gambaran terhadap kebutuhan energi listrik jangka panjang apakah dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di masyarakat.

## **1.6 Hipotesis**

Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi beban puncak listrik jangka panjang pada provinsi Lampung. Penelitian ini menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan dan Regresi, yang dapat menghasilkan data yang akurat, sehingga dapat mengetahui kebutuhan energi masyarakat.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan penulisan serta pemahaman mengenai materi penelitian ini, maka penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi 5 bab, yaitu :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Memuat latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan penelitian.

### **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi penjelasan teori – teori dari literatur yang berkaitan dengan penelitian.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Berisi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, garis besar metode yang diusulkan, serta diagram alir metode yang dilakukan.

### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menjelaskan hasil penelitian, pembahasan, dan perhitungan kinerja metode penelitian.

### **BAB V : SIMPULAN DAN SARAN**

Memuat simpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, dan saran – saran untuk pengembangan selanjutnya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

LAMPIRAN

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

#### 2.1.1 Metode Regresi Linier untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang (Studi Kasus Provinsi Lampung)

Penelitian ini dilakukan oleh M.syarifudin mahasiswa universitas Lampung pada tahun 2014. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kebutuhan energi listrik di Provinsi Lampung hingga Tahun 2030, diharapkan dapat dijadikan sebagai masukan dalam melakukan perencanaan pembangunan sistem tenaga listrik. Prediksi kebutuhan energi listrik Lampung dibagi menjadi 4 sektor yaitu : sektor rumah tangga, bisnis, publik, dan industri. Proses perancangan prediksi kebutuhan energi listrik menggunakan 6 variabel dan dibagi menjadi 2 parameter, yaitu: parameter ekonomi (produk domestik regional bruto, jumlah penduduk, jumlah rumah tangga) dan parameter listrik (rasio elektrifikasi, faktor beban, *losses*). Dengan menggunakan metode regresi linier untuk memprediksi variabel-variabel di atas, diperoleh hasil prediksi daya listrik tersambung total pada tahun 2028 sebesar 2.841,78 MVA (rata-rata pertumbuhannya sebesar 2,38 %), dan konsumsi energi listrik pada tahun 2023 sebesar 5.934,98 Gwh (rata-rata pertumbuhannya sebesar 3, 83 %)[4].

### 2.1.2 *Long-term electrical consumption forecasting using Artificial Neural Network (ANN)*

Penelitian ini dilakukan oleh R Adhiswara, AG Abdullah dan Y Mulyadi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan keakuratan hasil metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh pemerintah untuk memperkirakan konsumsi listrik di Indonesia. Banyak metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan konsumsi energi listrik seperti metode statistik (Exponential Smoothing, ARIMA, Regression), logika fuzzy dan algoritma jaringan syaraf tiruan. Metode yang digunakan dalam RUPTL adalah Simple E (Simple Econometric) dan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma *Artificial Neural Network*. Hasil dari penelitian ini adalah data perkiraan konsumsi listrik di Indonesia tahun 2019-2025. [5].

### 2.1.3 *Artificial-Neural-Networks-Applied-To-Longterm-Electricity-Deman*

Penelitian ini dilakukan oleh Mostafa Al Mamun dan Ken Nagasaka dari Universitas Pertanian dan Teknologi Tokyo. Permintaan tenaga listrik di Jepang terus meningkat dan faktor beban dari sistem tenaga total telah menurun. Oleh karena itu, sangat penting bagi utilitas untuk memiliki pengetahuan awal tentang beban listrik mereka. Salah satu poin penting untuk memperkirakan beban jangka panjang di Jepang adalah dengan mempertimbangkan situasi ekonomi dan permintaan listrik di masa lalu dan sekarang. Poin-poin ini dipertimbangkan dalam penelitian ini. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang diusulkan yaitu *Radial Basis Function Network* (RBFN) juga telah menunjukkan bahwa perubahan beban merupakan cerminan ekonomi. Di sini, prediksi beban puncak di Jepang hingga tahun 2015 dibahas menggunakan RBFN dan permintaan maksimum untuk tahun 2001 hingga 2015 diperkirakan akan meningkat dari 179,42GW menjadi 209,18GW. Tingkat pertumbuhan beban rata-rata tahunan yang terlihat per sepuluh tahun hingga 2015 adalah sekitar 1,39% [6].



## 2.2 Beban Listrik

Beban listrik adalah suatu perangkat yang dihubungkan dengan sistem tenaga listrik sehingga mengkonsumsi daya listrik agar dapat beroperasi. Banyak atau sedikit daya listrik yang digunakan tergantung pada waktu pemakaian peralatan tersebut. Berdasarkan jenis konsumen daya listrik, beban dapat dikelompokkan menjadi 4, yaitu[1]:

### a. Beban Rumah Tangga

Beban rumah tangga yaitu beban yang digunakan pada sektor perumahan baik perumahan tunggal maupun kelompok pemukiman. Pertumbuhan jumlah penduduk membuat beban listrik akan semakin meningkat.

### b. Beban Komersial

Beban komersial adalah beban yang digunakan pada sektor bisnis, misalnya fasilitas yang ada pada pemerintahan, peralatan pendingin yang digunakan pada restoran, supermarket dan hotel, penerangan yang digunakan untuk reklame dan sebagainya.

### c. Beban Industri

Beban industri adalah beban yang terpakai oleh sektor industri. Pada sektor ini biasanya daya listrik digunakan pada proses pengolahan, produksi, atau saat perakitan dan pengemasan, termasuk berbagai industri seperti manufaktur, pertambangan, pertanian dan konstruksi.

### d. Beban Sosial

Beban sosial yaitu beban yang digunakan untuk peralatan atau fasilitas masyarakat. Contohnya adalah penerangan jalan umum, rambu lalu-lintas dan fasilitas lainnya.

### 2.3 Analisis regresi

Analisis regresi yaitu salah satu teknik statistik untuk pemodelan hubungan dua atau lebih variabel. Dalam analisis regresi terdapat satu atau lebih variabel independent yang dituliskan oleh variabel  $x$  dan satu variabel dependen yang diwakili oleh  $y$ . Jika jumlah variabel independent hanya satu, maka sering disebut dengan regresi linear sederhana. Sedangkan jika lebih dari satu variabel independent maka dikenal dengan regresi linear berganda.

Bentuk umum dari persamaan regresi linear sederhana adalah :

$$Y = a + bX$$

Dimana :

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

a = interstep

b = merupakan slop

n = merupakan banyak data

menentukan interstep dan slop menggunakan rumus

$$b = (n * x_t y_t) - (x_t * y_t) / ((n * x^2) - (x_t^2))$$

$$a = \left(\frac{1}{n}\right) * y_t - \left(\frac{b}{n}\right) * x_t$$

Regresi linear berganda adalah hubungan secara linier antara dua atau lebih variabel independent ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) dengan variabel dependen (Y), dengan rumus

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

Menentukan koefisien a dan b regresi linier berganda menggunakan rumus sebagai berikut.

$$a = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2$$

Dimana :

$\bar{y}$  = rata-rata nilai variabel Y

$\bar{x}_1$  = rata-rata nilai variabel X1

$\bar{x}_2$  = rata-rata nilai variabel X2

Analisis nilai korelasi ganda digunakan untuk menunjukkan seberapa besar hubungan yang terjadi antara variabel independent secara serentak terhadap variabel dependen dengan rumus

$$r^2 = (b_1 \Sigma x_1 Y + b_2 \Sigma x_2 Y) / \Sigma Y^2$$

## 2.4 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologis. JST dibuat sebagai generalisasi model matematika terhadap jaringan syaraf biologis, dengan mengasumsikan bahwa :

1. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (*neuron*)
2. Sinyal dikirimkan antara neuron-neuron melalui penghubung-penghubung
3. Untuk menentukan output, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan berbentuk fungsi linear) yang dikenakan pada jumlahan input yang diterima. Besarnya output ini selanjutnya akan dibandingkan dengan suatu batas ambang.

JST ditentukan oleh 3 point :

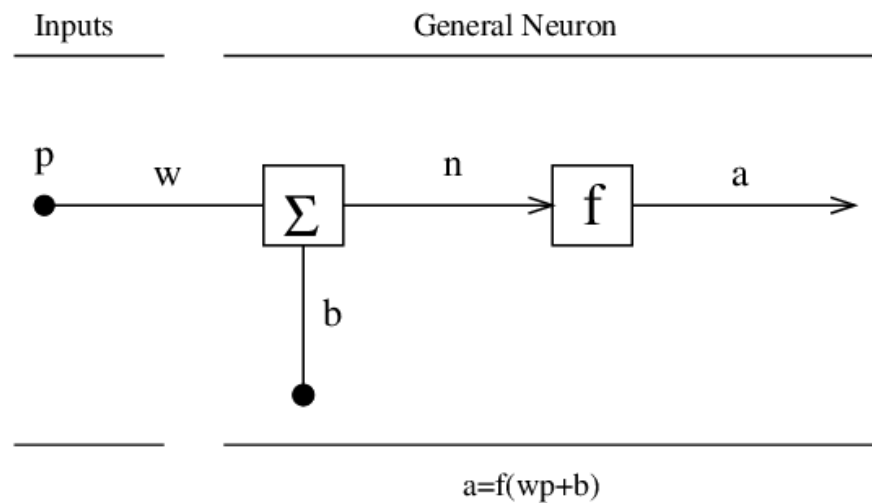
1. Pola hubungan antar neuron (arsitektur jaringan)
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung (metode *training/learning/algorithm*)
3. Fungsi aktivasi

Neuron adalah unit pemroses informasi yang menjadi dasar pada pengoperasian jaringan syaraf tiruan. Neuron terdiri dari 3 elemen pembentuk:

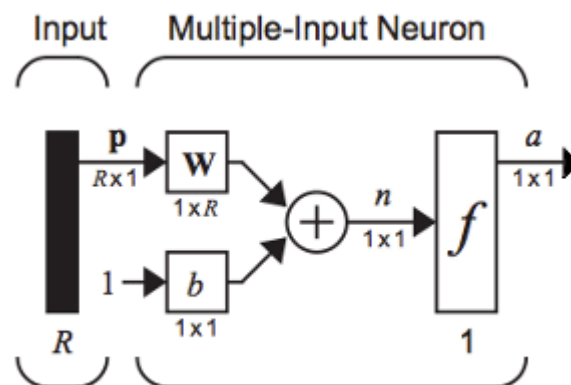
1. Kumpulan unit-unit yang dihubungkan dengan jalur koneksi

2. Suatu unit penjumlahan yang akan menjumlahkan input-input sinyal yang sudah dikalikan dengan bobotnya
3. Fungsi aktivasi yang akan menentukan apakah sinyal dari neuron akan diteruskan ke neuron yang lain atau tidak.

Model neuron terdiri dari *single input* dan *multiple input* neuron



Gambar 2. 1 *Single input* neuron

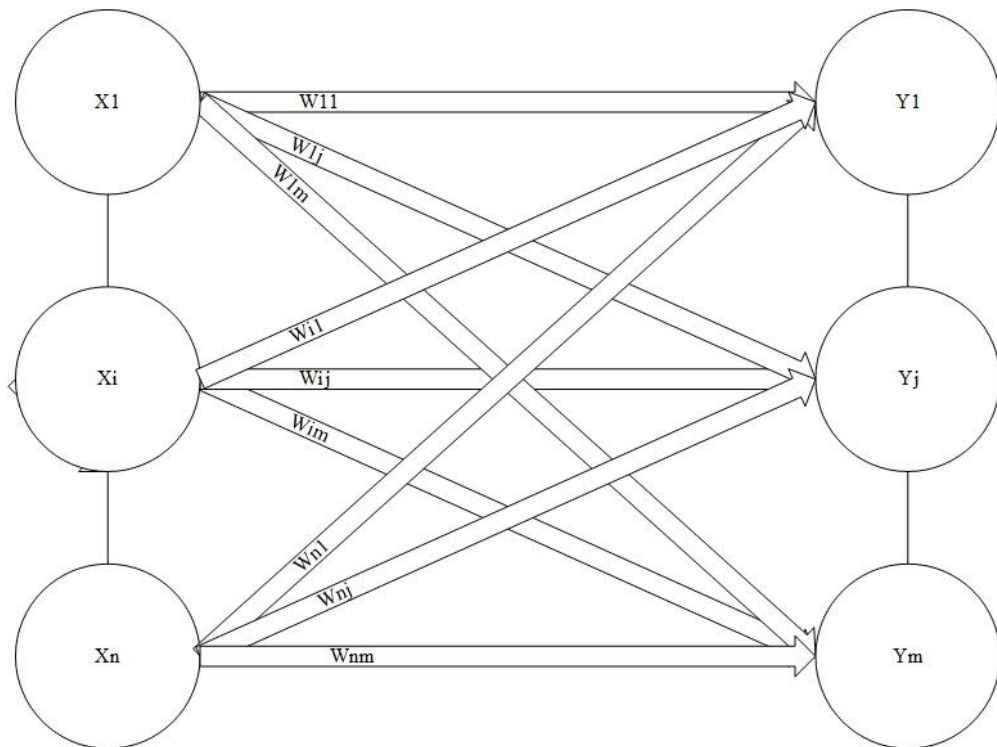


Gambar 2. 2 *Multiple input* neuron

### 2.4.1 Arsitektur Jaringan

Beberapa arsitektur jaringan yang sering dipakai dalam jaringan syaraf tiruan antara lain :

#### 1. Jaringan layar tunggal (*single layer network*)



Gambar 2. 3 Jaringan layar tunggal (*single layer network*)

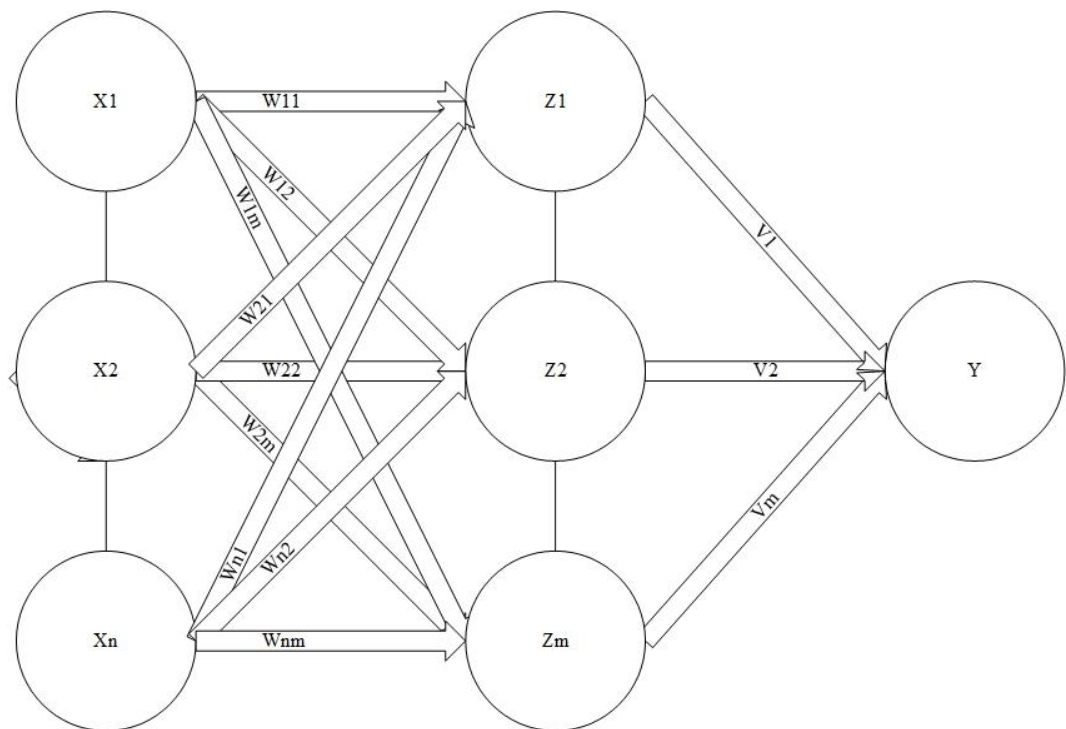
Gambar diatas menunjulam arsitektur jaringan denan n unit output dan m buah output.

Dalam jaringan ini, semua unit input dihubungkan dengan semua unit output, meskipun dengan bobot yang berbeda – beda. Tidak ada unit input yang dihubungkan dengan unit input lainnya. Demikian pula dengan unit output. Besar  $W_{ji}$  menyatakan bobot hubungan antara unit ke-i dalam input dengan unit ke-j dalam output. Bobot – bobot ini saling independen. Selama proses pelatihan, bobot-bobot tersebut akan dimodifikasi untuk meningkatkan

keakuratan hasil. Model semacam ini tepat digunakan untuk pengenalan pola dikarenakan kesederhanaannya.

## 2. Jaringan layar jamak

Jaringan layar jamak merupakan perluasan dari layar tunggal. Dalam jaringan ini, selain unit input dan output, ada unit – unit lain (sering disebut layar tersembunyi). Dimungkinkan pula ada beberapa layar tersembunyi. Sama seperti pada unit input dan output, unit – unit dalam satu layar yang tidak saling berhubungan.



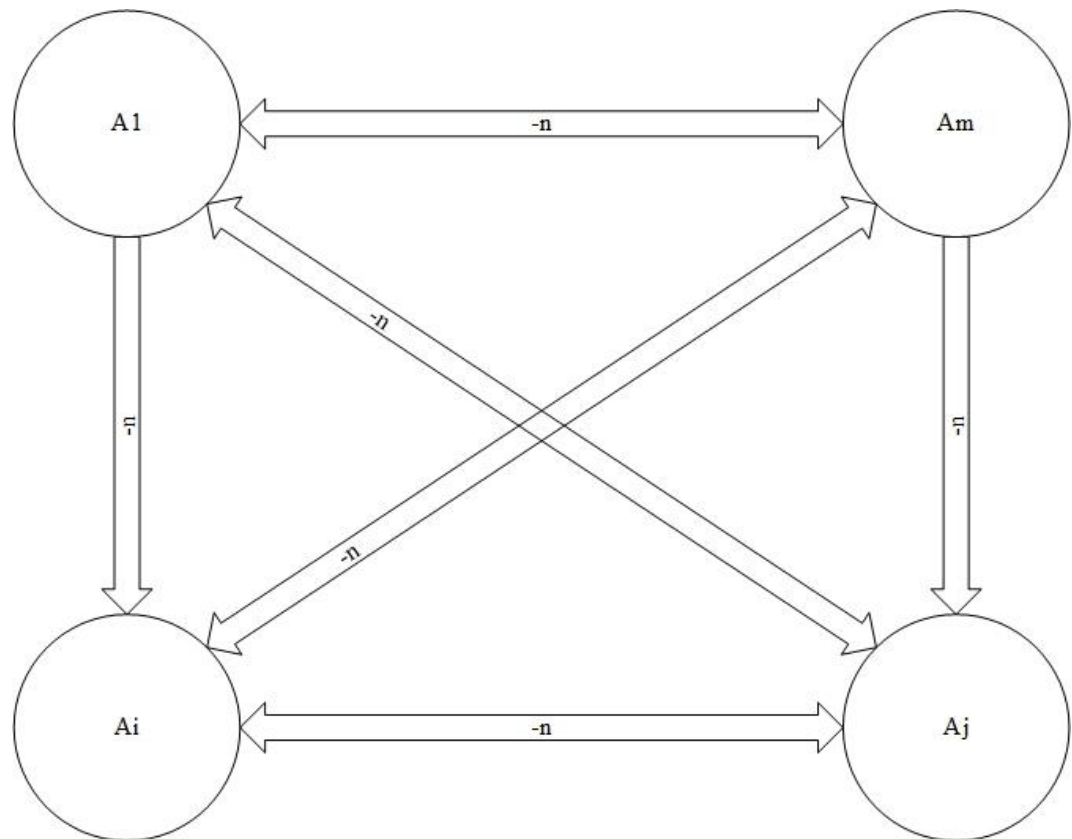
Gambar 2. 4 Jaringan layar jamak

Gambar diatas adalah jaringan dengan n buah input, sebuah layar tersembunyi yang terdiri dai p buah unit dan m buah output.

Jaringan layar jamak dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dibandingkan dengan layar tunggal, meskipun kadangkala proses pelatihan lebih kompleks dan lama.

### 3. Jaringan *Reccurent*

Model jaringan *reccurent* mirip dengan jaringan layar tunggal ataupun ganda. Hanya saja, neuron output yang memberikan sinyal pada unit input (sering disebut feedback loop)



Gambar 2. 5 Jaringan reccurent

### 2.4.2 Fungsi Aktivasi

Dalam jaringan syaraf tiruan, fungsi aktivasi dipakai untuk menentukan keluaran suatu neuron. Argument fungsi aktivasi adalah net masukan (kombinasi linier masukan dan bobotnya). Jika  $net = \sum x_i w_i$ , maka fungsi aktivasinya adalah  $f(net) = \Sigma(x_i w_i)$ .

Beberapa fungsi aktivasi yang sering dipakai adalah sebagai berikut :

- a. Fungsi *Threshold* (batas ambang)

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ 0 & \text{jika } x < a \end{cases}$$

Untuk beberapa kasus, fungsi *threshold* yang dibuat tidak berharga 0 atau 1, tapi berharga -1 atau 1 (sering disebut *threshold bipolar*)

Jadi

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ -1 & \text{jika } x < a \end{cases}$$

- b. Fungsi sigmoid

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

Fungsi sigmoid sering dipakai karena nilai fungsinya yang terletak antara 0 dan 1 dan dapat diturunkan dengan mudah.

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x))$$

- c. Fungsi identitas

$$f(x) = x$$

Fungsi identitas sering dipakai apabila kita menginginkan keluaran jaringan berupa sembarang riil (bukan hanya pada range [0,1] atau [-1,1])



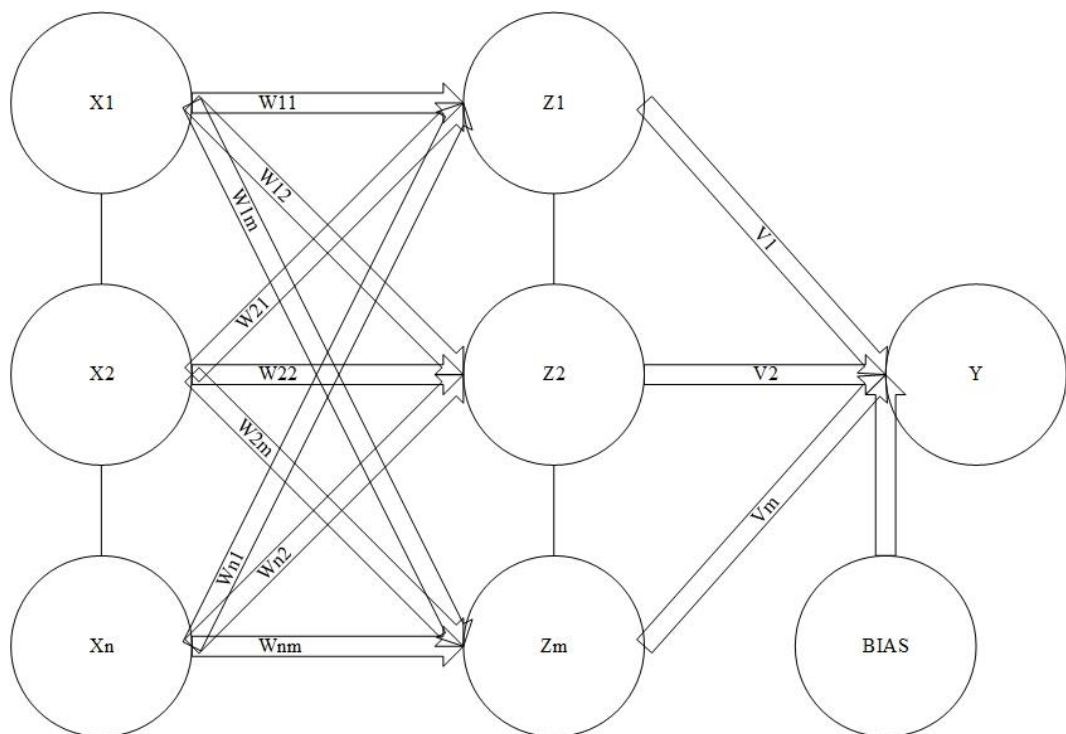
### 2.4.2 Bias dan Threshold

Biasnya dalam jaringan ditambahkan sebuah unit masukan yang nilainya selalu = 1. Unit yang sedemikian itu disebut bias. Bias dapat dipandang sebagai sebuah input yang nilainya = 1. Bias berfungsi untuk mengubah nilai *threshold* menjadi = 0 (bukan = a). Jika melibatkan bias, maka keluaran unit penjumlahan adalah

$$net = b + \sum_i x_i w_i$$

Fungsi aktivasi threshold menjadi :

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq 0 \\ -1 & \text{jika } x < 0 \end{cases}$$



Gambar 2. 6 Bias

## 2.5 Peramalan

Peramalan pada dasarnya merupakan proses pengestimasian permintaan dimasa mendatang dikaitkan dengan aspek kuantitas, kualitas, waktu terjadinya dan lokasi yang membutuhkan produk barang atau jasa yang bersangkutan. Peramalan itu penting artinya bagi perusahaan bisnis, terutama untuk memenuhi keperluan pembuatan perencanaan jangka panjang.

Secara umum, peramalan dibutuhkan oleh manajemen untuk membuat atau Menyusun rencana yang terkait dengan bidang tugas atau fungsinya. Bahkan kebutuhan akan data ramalan tidak hanya dijumpai pada usaha bisnis, tetapi juga pada organisasi nirlaba.

Dilihat dari jangka waktunya, peramalan dibedakan atas tiga macam, yaitu peramalan jangka panjang, peramalan jangka menengah, dan peramalan jangka pendek. Perbedaan menurut jangka waktu ini berpengaruh pada jenis metode atau alat peramalan yang sesuai, serta manfaat atau kegunaan yang dapat dipenuhi.

## 2.6 *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

Dalam melakukan prediksi energi listrik, untuk menentukan tingkat akurasi dari hasil suatu prediksi yaitu menggunakan MAPE. MAPE merupakan algoritma yang melaukan perhitungan selisih atau kesalahan antara data energi aktual dengan prediksi. Untuk mencari nilai MAPE menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - Y'_i|}{Y_i} \times 100\%$$

Keterangan

$Y_i$  = Nilai Aktual

$Y'_i$  = Nilai hasil perkiraan

$N$  = Banyak data

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada bulan Januari sampai dengan bulan April 2023.

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

No	Kegiatan	Waktu			
		Januari	Februari	Maret	April
1	Studi Literatur	■			
2	Seminar Proposal	■			
3	Pengambilan data	■			
4	Penulisan Laporan, Analisis, dan Pembahasan		■		
5	Seminar Hasil		■		
6	Seminar Komprehensif			■	■

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Satu unit laptop
2. Software Matlab R2021a
3. Data historis energi listrik Provinsi Lampung
4. Data jumlah penduduk Provinsi Lampung
5. Data Produk Domestik Regional Bruto provinsi Lampung

### 3.3 Tahapan Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur adalah pembelajaran tentang materi yang dibahas dalam skripsi yang berasal dari referensi seperti jurnal ilmiah, skripsi dan buku yang berkaitan dengan pembahasan skripsi.

2. Studi bimbingan

Studi bimbingan dilakukan dengan cara berdiskusi bersama dengan dosen pembimbing utama maupun dosen pembimbing pendamping tentang pembahasan skripsi untuk mencapai hasil yang maksimal.

3. Pengambilan dan pengolahan data

Penulis melakukan pengambilan data energi pada statistik PLN, data pertumbuhan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi provinsi Lampung pada statistik Badan Pusat Statistik. Kemudian data dikumpulkan serta diolah pada perangkat lunak excel dan dilakukan prediksi menggunakan *software matlab* R2021a.

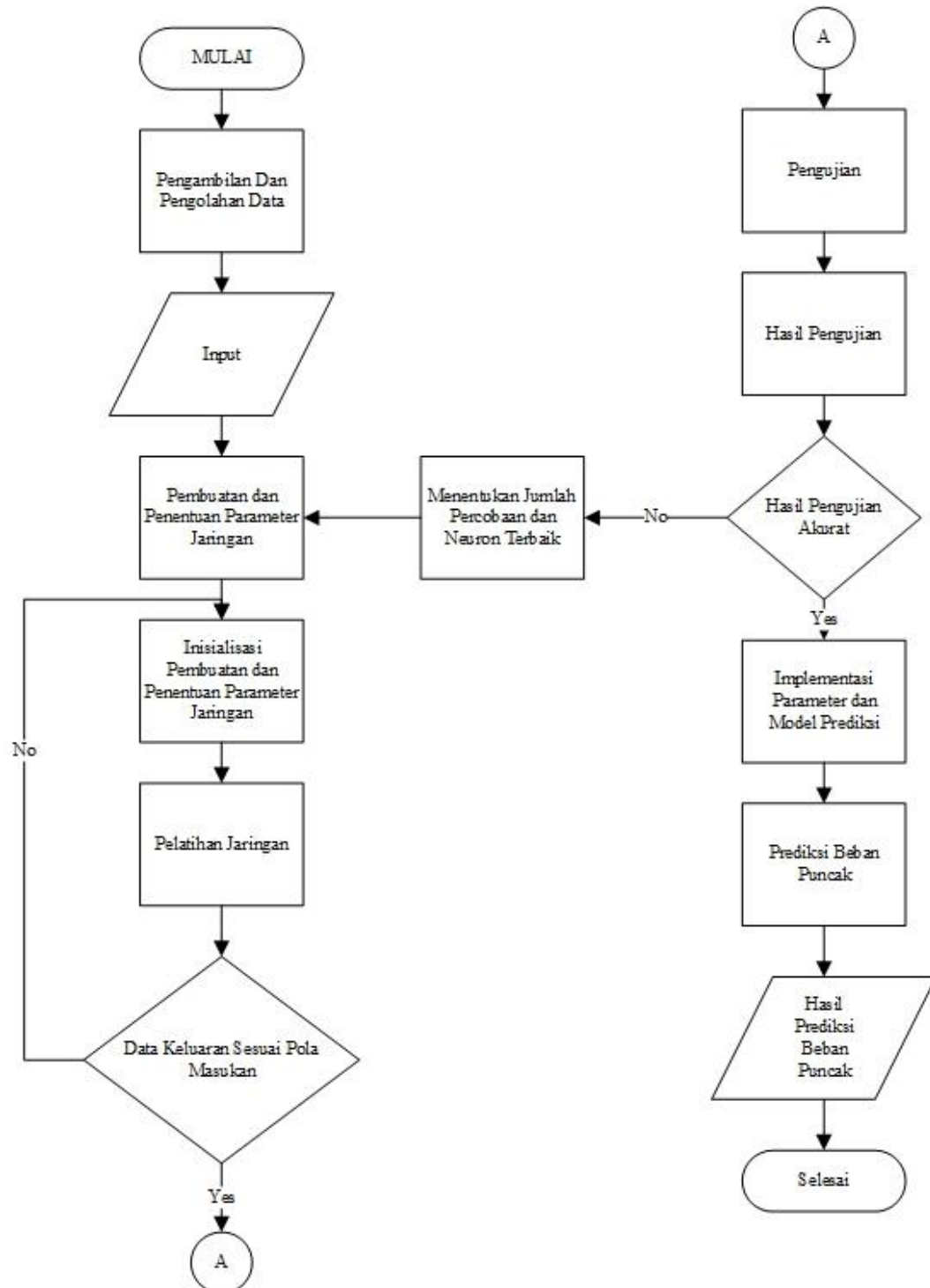
#### 4. Prediksi

Untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan dalam penelitian, dilakukan prediksi menggunakan *software matlab* dengan memasukkan parameter yang ada dan membuat pemodelan dalam tool ANN dengan pendekatan *fast forward time delay*.

#### 5. Penulisan laporan

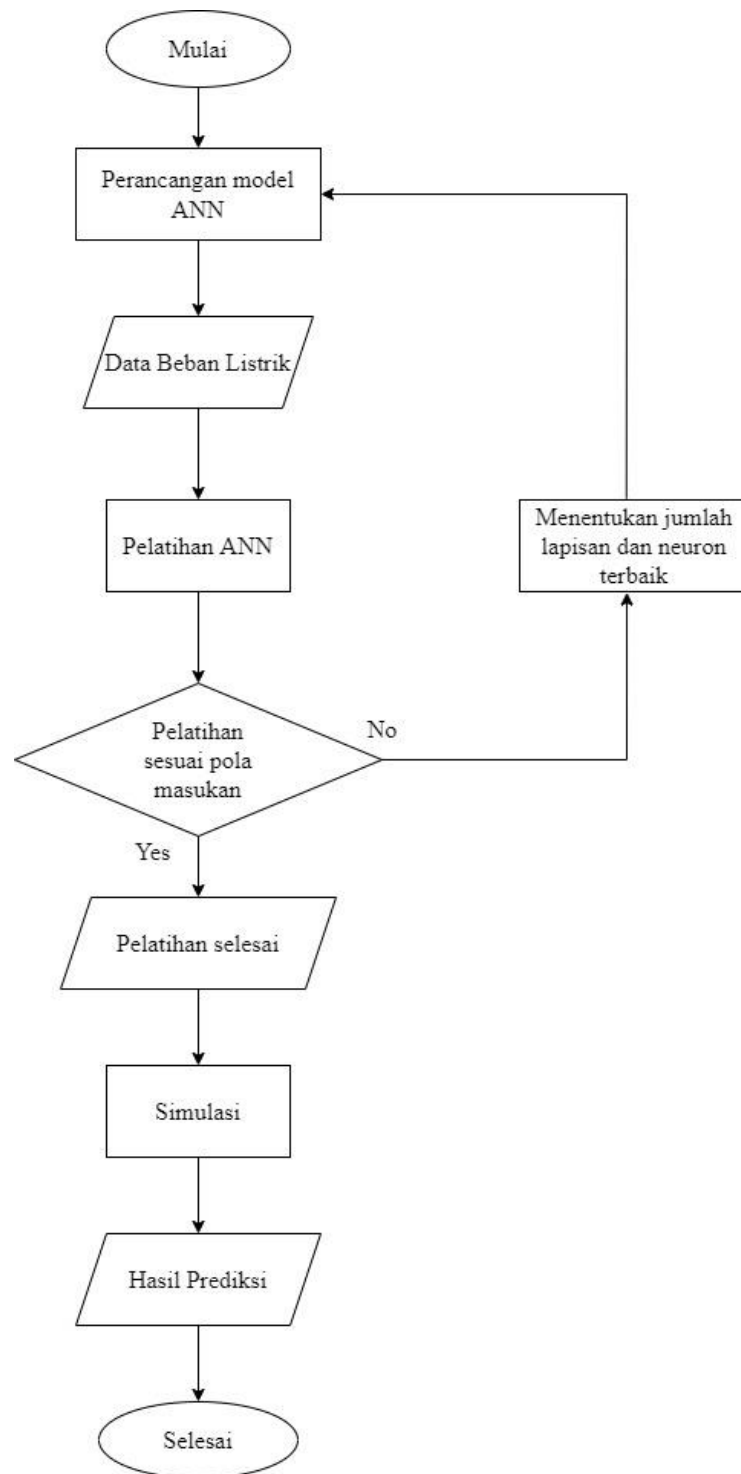
Penulisan laporan dilakukan untuk menyampaikan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh penulis. Laporan terdiri dari laporan awal sebagai sarana untuk melakukan seminar usul dan laporan akhir sebagai sarana untuk melakukan seminar hasil penelitian.

### 3.4 Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.5 Diagram Pendekatan *Fast Forward Time-Delay*

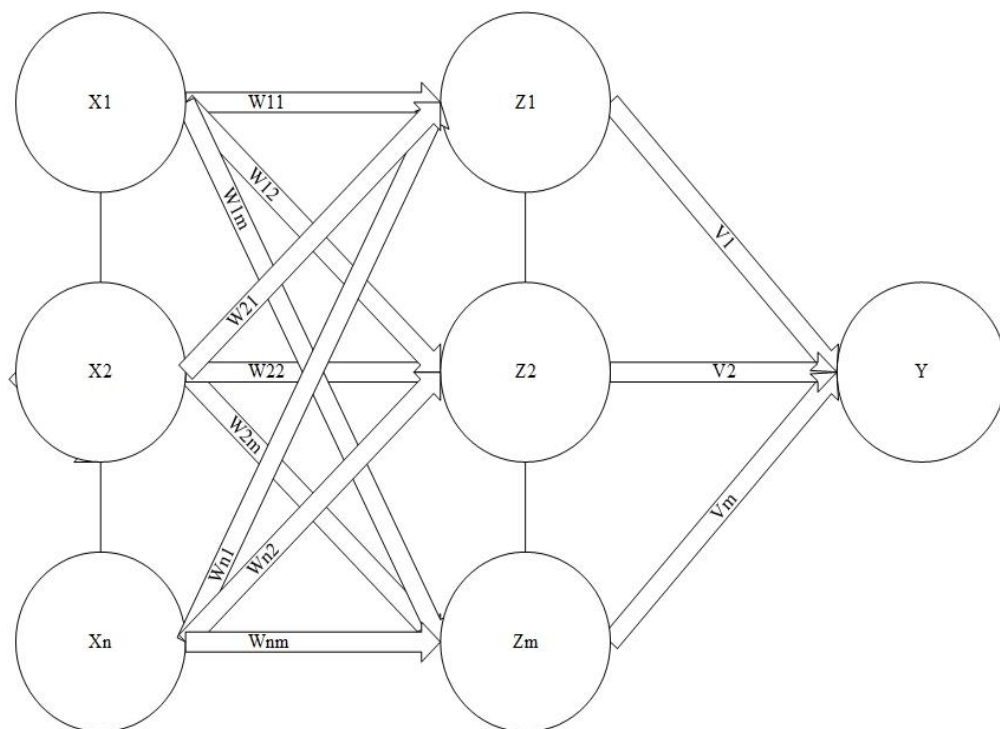


Gambar 3. 2 Diagram pendekatan *Fast forward time delay*

### 3.6 Implementasi Metode

#### 3.6.1 Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan sebuah sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi didapat dari pengetahuan tentang sel syaraf bilogi di dalam otak manusia. Hal tersebut menjadikan JST sangat cocok untuk menyelesaikan masalah dengan tipe sama seperti otak manusia. Arsitektur jaringan yang digunakan adalah multi layer jaringan. Jaringan ini merupakan perluasan dari jaringan layar tunggal. Jaringan ini memperkenalkan satu atau dua lebih layer tersembunyi (*hidden layer*) yang mempunyai simpul disebut neuron tersembunyi (*hidden layer*)



Gambar 3. 3 Multi layer jaringan



Dalam ANN fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan keluaran neuron. (Argumentasi fungsi aktivasi adalah bobot masukan( kombinasi linear keluaran dan bobotnya ). Jika  $net = \sum XiWi$ , maka fungsi aktivasinya  $f(net) = f(\sum XiWi)$ .

#### 1. Fungsi thresold (batas ambang)

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ 0 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad (3.1)$$

Untuk beberapa kasus, fungsi batas ambang yang dibuat tidak berharga 0 atau 1, tapi berharga -1 atau 1. Jadi dapat difungsikan:

$$f(x) = \begin{cases} -1 & \text{jika } x \geq a \\ 1 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad (3.2)$$

#### 2. Fungsi Sigmoid

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (3.3)$$

Fungsi sigmoid sering dipakai karena nilai fungsinya yang terletak antara 0 dan 1, serta dapat dirumuskan dengan mudah.

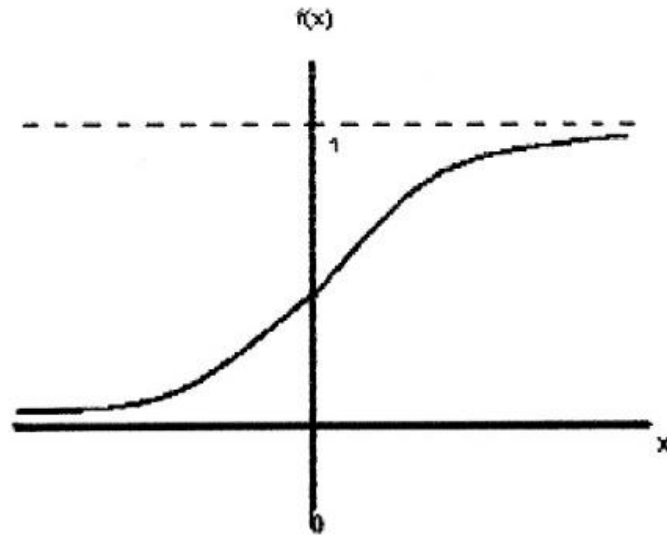
$$f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad (3.4)$$

### 3.6.2 Fast forward time delay

*Fast forward time delay* adalah salah satu metode pada jaringan syaraf tiruang yang menggunakan *multi layer* tanggapan untuk memecahkan masalah yang rumit untuk menyempurnakan jaringan syaraf tiruan yang sebelumnya hanya memiliki lapisan tunggal.

Adapun fungsi aktivasi dari pendekatan *Fast forward time delay* yang terdiri dari beberapa syarat yaitu mudah terdiferensial, kontinyu, dan tidak mengalami penurunan. Fungsi aktivasi pendekatan *Fast forward time delay* yang digunakan Fungsi sigmoid biner (logsig), dalam fungsi ini jarak mulai

dari 0 sampai 1, dengan fungsi pada (2.3) persamaan. Dengan turunan fungsi persamaan (2.4).



Gambar 3. 4 Kurva fungsi sigmoid biner

Pelatihan *feed forward time delay* yang digunakan adalah propagasi maju. Propagasi maju, dimana pola masukan dihitung maju mulai dari layar masukan hingga layar keluaran menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan.

### 3.6.3 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah teknik statistik untuk pemodelan dan investigasi hubungan dua atau lebih variabel. Dalam analisis regresi terdapat satu atau lebih variabel independent yang biasa dituliskan oleh variabel  $x$  dan satu variabel respon yang biasa diwakili oleh  $y$ . Jika jumlah variabel independent hanya satu, maka sering disebut dengan regresi linear sederhana. Sedangkan jika ada lebih dari satu variabel independen maka dikenal dengan regresi linear berganda.

Bentuk umum dari persamaan regresi linear sederhana adalah :

$$Y = a + bX$$

Dimana :

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

a = interstep

b = merupakan slop

n = merupakan banyak data

menentukan interstep dan slop menggunakan rumus

$$b = \frac{(n * x_t y_t) - (x_t * y_t)}{(n * x^2) - (x_t^2)}$$

$$a = \left(\frac{1}{n}\right) * y_t - \left(\frac{b}{n}\right) * x_t$$

Regresi linear berganda adalah hubungan secara linier antara dua atau lebih variabel independent ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) dengan variabel dependen (Y), dengan rumus

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

Menentukan koefisien a dan b regresi linier berganda menggunakan rumus sebagai berikut.

$$a = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2$$

Dimana :

$\bar{y}$  = rata-rata nilai variabel Y

$\bar{x}_1$  = rata-rata nilai variabel X1

$\bar{x}_2$  = rata-rata nilai variabel X2

Analisis nilai korelasi ganda digunakan untuk menunjukkan seberapa besar hubungan yang terjadi antara variabel independent secara serentak terhadap variabel dependen dengan rumus

$$r^2 = (b_1 \Sigma x_1 Y + b_2 \Sigma x_2 Y) / \Sigma Y^2$$

## V.PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Jaringan Syaraf Tiruan pendekatan *Fast-Forward Time-Delay* dapat digunakan untuk melakukan prediksi beban puncak listrik jangka panjang pada provinsi Lampung.
2. Peramalan menggunakan data historis jumlah penduduk, jumlah pelanggan dan daya tersambung tahun 2001-2021 menghasilkan rata-rata error beban puncak sebesar 2.97% pada jaringan syaraf tiruan dan rata-rata error sebesar 3.40% pada regresi menunjukkan metode jaringan syaraf tiruan pendekatan *fast-forward time-delay* lebih baik dari metode regresi untuk peramalan beban puncak listrik provinsi Lampung tahun 2022-2030
3. Jumlah penduduk, jumlah pelanggan dan daya tersambung sebagai variabel independen mempengaruhi kenaikan beban puncak listrik provinsi Lampung tahun 2022-2030 sebagai variabel dependen, semakin bertambah nilai variabel independen maka bertambah pula nilai variabel dependen.

### 5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan metode lain yang dapat menghasilkan rata-rata error yang lebih kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Luz Yolanda Toro Suarez, “*Load Forecasting*,” 2015.
- [2] Febi Satya Purnomo, “*Penggunaan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Untuk Prediksi Beban Konsumsi Listrik Jangka Pendek (Short Term Forecasting)*”jurnal Uns, Semarang 2015.
- [3] Gross and F.D Galiana, “*Short-Term Load Forecasting*,”*In Proceedings Of The IEEE*, Vol. 75, No. 12, Pp. 1558-1573, Dec. 1987.
- [4] M. Syarifuddin, L.Hakim, D.Despa, “*Metode Regresi Linear Untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang (Studi Kasus Provinsi Lampung)*”, Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET), Vol. 2, No. 2, 2014.
- [5] R Adhiswara, AG Abdullah dan Y Mulyadi, “*Long-term electrical consumption forecasting using Artificial Neural Network (ANN)*” Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 2018.
- [6] Mostafa Al Mamun dan Ken Nagasaka, “*Artificial Neural Networks Applied to Long-term Electricity Demand Forecasting*”, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan, 2005.
- [7] Suswanto, “*Sistem Distribusi Tenaga Listrik*”. Universitas Negeri Padang, Padang, 2009.
- [8] Chow, Joe H, “*Applied Mathematics For Restructured Electric Power Systems*”, Spring Science, United States Of Aamerica, 2005.
- [9] L. Fausett, “*Fundamentals Of Neural Networks Architectires, Algoritm, And Applications*,”pp. 1-476, 1994.
- [10] M. S. Drs. Jong Jek Siang, Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan MATLAB. Yogyakarta: ANDI, 2009.

- [11] W. A. Wongso K., Diaz D. Santika , Betsy Susanti, “Dalam Klasterisasi Objek,” *Implementasi Metod. Backpropagation Dalam Klasterisasi Objek*, pp. 30–37, 2007.