

**PREDIKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK JANGKA PANJANG  
DENGAN PENDEKATAN *BACKPROPAGATION* DI PROVINSI  
LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

**ABDUL HADI**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2022**

**PREDIKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK JANGKA PANJANG  
DENGAN PENDEKATAN *BACKPROPAGATION* DI PROVINSI  
LAMPUNG**

Oleh

**ABDUL HADI**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar

**SARJANA TEKNIK**

pada

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik  
Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDARLAMPUNG**

**2022**

## **ABSTRAK**

### **PREDIKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK JANGKA PANJANG DENGAN PENDEKATAN *BACKPROPAGATION* DI PROVINSI LAMPUNG**

**Oleh:**

**Abdul Hadi**

Pengoperasian sistem tenaga listrik, beban sistem harus sama dengan daya yang dibangkitkan. Perlu dilakukan Prediksi kebutuhan energi listrik untuk memenuhi hal ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan kebutuhan energi listrik provinsi Lampung tahun 2022-2030, diharapkan dapat digunakan sebagai gambaran terhadap kebutuhan energi listrik masyarakat sejalan dengan potensi EBT di provinsi Lampung. Prediksi menggunakan 2 data variabel bebas berupa data jumlah penduduk serta data PDRB provinsi Lampung tahun 2007-2021 dan data variabel tak bebas berupa data historis konsumsi energi masyarakat tahun 2007-2021. Dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network* dengan pendekatan *backpropagation*, diperoleh hasil prediksi kebutuhan energi total pada tahun 2022 sebesar 5.455,1 GWh pada tahun 2030 meningkat menjadi 7283,2 GWh, meningkat sebesar 34,81% (rata-rata pertumbuhannya sebesar 3,78%).

Kata kunci—*Artificial Neural Network*, prediksi, kebutuhan Energi Listrik,

## ***ABSTRACT***

### ***PREDICTION OF LONG TERM ELECTRICITY DEMAND WITH BACKPROPAGATION APPROACH IN LAMPUNG PROVINCE***

**By:**

**Abdul Hadi**

*The system load and operation of the electric power system must equal the power generated. Therefore, it is necessary to predict the need for electrical energy to fulfil this. This study aims to determine the increase in electricity demand for Lampung province in 2022-2030. It is hoped that it can be used to illustrate the community's need for electrical energy in line with the potential for EBT in Lampung province. The prediction uses two independent variable data in the form of population data and GRDP data for Lampung province for 2007-2021 and dependent variable data in the form of historical data on people's energy consumption for 2007-2021. Using the Artificial Neural Network method with the backpropagation approach, the predicted results for total energy demand in 2022 are 5,455.1 GWh in 2030, increasing to 7283.2 GWh, an increase of 34.81% (average growth of 3.78%).*

*Keywords—Artificial Neural Network, prediction, Electrical Energy demand*

Judul Skripsi : **PREDIKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK  
JANGKA PANJANG DENGAN PENDEKATAN  
BACKPROPAGATION DI PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Abdul Hadi**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1815031049

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



*M. Hakim* *H. Gusmedi*  
**Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc.** **Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T.**  
NIP. 197209232000121002 NIP. 197108131999031003

2. Mengetahui

Ketua Jurusan  
Teknik Elektro

**Herlinawati, S.T., M.T.**  
NIP. 197103141999032001

Ketua Program Studi  
Teknik Elektro

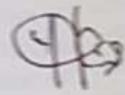
**Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.**  
NIP. 197404222000122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

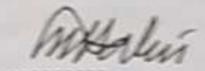
Ketua

: Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T



Sekretaris

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

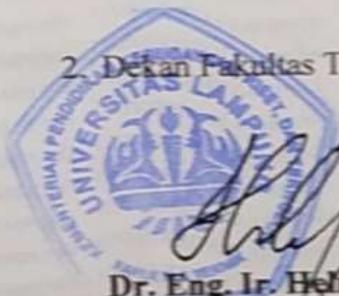


Penguji

: Ir. Khairudin, S.T., M. Sc., Ph.D.Eng



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. J

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Desember 2022

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang telah 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 hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Desember 2022



**Abdul Hadi**

NPM. 1815031049

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Terdana, 10 September 1999. Penulis merupakan anak keempat dari delapan bersaudara dari pasangan Bapak Abdullah dan Ibu Masrurah.

Penulis memiliki riwayat pendidikan antara lain : SDN 1 Penanggungan pada tahun 2006 hingga 2012, MTs N 1 Tanggamus pada tahun 2012 hingga 2015 dan SMA N 1 Kotaagung pada tahun 2015 hingga 2018.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur PMPAP (Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi pada Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Universitas Lampung sebagai anggota Departemen Kaderisasi Dan Pengembangan Organisasi pada Periode 2019 dan Kepala Departemen Kaderisasi Dan Pengembangan Organisasi HIMATRO pada Periode 2020. Kemudian pada tahun 2020 – 2022, penulis berkesempatan menjadi asisten di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik serta menjadi asisten Mata Kuliah Menggambar Teknik dan Praktikum Analisa Sistem Tenaga. Selain proses perkuliahan, penulis juga pernah melaksanakan kerja praktik pada PT. Haleyora Power Area Metro dengan membahas topik tentang “Pemeliharaan Jaringan Tegangan Menengah 20kV Penyulang Stroberi PLN Area Metro” dan magang pada PT. Haleyora Power Area Kota Bumi.

## **PERSEMBAHAN**



Alhamdulillahrabbi'l'amin, Puji Syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa dan Maha Besar atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta Solawat kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wa Sallam yang selalu menjadi suri tauladan bagi kehidupan

### **KUPERSEMBAHKAN DENGAN TULUS KARYA INI TERUNTUK:**

“Ibunda Masrurah dan Ayahanda Abdullah sebagai wujud cinta, kasih sayang, dan bakti atas segala yang telah diberikan. Juga tidak lupa Kakak, dan adik tersayang, Mufti Ansori, Asnawati, Raudhatul Adawiyah, Julaihah, M.yusuf, Wifki Murodi, dan Khotimatun nisa yang sudah memberikan masukan, dukungan, serta doa untuk penulis”

“Dosen Pembimbing dan Penguji serta Civitas Akademik Jurusan Teknik Elektro, terimakasih telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan ilmu yang sangat banyak selama perkuliahan serta pengerjaan skripsi ini”

“Tak lupa kepada teman-teman ELTICS 2018, terimakasih telah menemani, membantu, dan pembelajaran kepada saya selama duduk dibangku perkuliahan.”

## **MOTTO**

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah:286)

“Raihlah ilmu dan untuk meraih ilmu belajarlah tenang dan sabar”

(Umar bin Khattab)

“Sukses adalah berani bertindak dan punya prinsip”

## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan Allah Subhanahu Wata'ala atas segala karunia, rahmat, dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Sholawat serta salam tidak lupa juga penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan yang baik seluruh umat manusia dan senantiasa mengharapkan syafaatnya di yaumul akhir kelak.

Skripsi dengan judul **“Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang Dengan Pendekatan *Backpropagation* Di Provinsi Lampung ”** 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. Allah SWT sebagai Zat yang selalu memberikan rahmat, karunia, serta berbagai nikmat-Nya yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orangtua tercinta Bapak Abdullah dan Ibu Masrurah, terimakasih atas segala kasih sayang, perhatian, dukungan, dan doa pada tiap jalan perjuangan selama penulis menempuh jalan untuk masa depan.
3. Kakak, dan adik tersayang, Mufti Ansori, Asnawati, Raudhatul Adawiyah, Julaihah, M.yusuf, Wifki Murodi, dan Khotimatun nisa yang sudah memberikan masukan, dukungan, serta doa untuk penulis.
4. Bapak Dr. Sofwan Effendi, M.Ed. Selaku Plt Rektor Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
6. Ibu Herlinawati, S.T., M.T Selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

7. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Bapak Ir. Herri Gusmedi, S.T.,M.T. selaku pembimbing utama dan telah memberikan bimbingan rutin, motivasi, arahan dan pandangan mengenai dunia pekerjaan kepada penulis disetiap kesempatan dengan baik dan ramah.
9. Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M. Sc. selaku pembimbing pendamping dan telah memberikan bimbingan, masukan, arahan, dan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis dengan baik
10. Bapak Ir. Khairudin, S.T., M. Sc., Ph.D.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, kritik dan saran yang membangun kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
11. Dr. Eng. Ir. DR.ENG. Dikpride Despa, S.T., M.T., S.T.,M.T., IPM.,ASEAN Eng.. selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, pengetahuan, arahan dan bimbingan yang membangun saat penulis menempuh perkuliahan mulai dari semester I hingga semester VIII.
12. Segenap Dosen dan staff di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu, wawasan dan pengalaman yang sangat bermanfaat bagi penulis kedepannya.
13. Segenap keluarga besar Laboratorium Sistem Tenaga Listrik : Pak Herri dan Pak Rachman atas kerjasamanya dan nasihatnya selama studi. Kepada Rekan Asisten STL 2018 : Naftali, Natasyah, Azis, Reihan, Syamil, Iqbal, Adrian, Ucok, dan Kidan yang telah memberikan semangat, motivasi untuk berjuang dan juga memberikan kebahagiaan setiap harinya di Lab. Dan untuk kakak-kakak asisten Lab. STL 2017 yang memberikan ilmu dan semangat. Untuk adik-adik asisten STL 2019 dan 2020: Fatur, Hadi, Aqil, Adam, Muchlas, Adrian, Riski, Saka, Ipna dan lainnya yang telah banyak membantu penulis.
14. Angkatan tercinta ELTICS 2018, terimakasih sudah menjadi rumah, saudara dan teman dalam segala kesusahan dan kebaikan yang sudah kalian berikan.
15. Segenap keluarga besar HIMATRO yang telah mengajarkan berorganisasi dan mengajarkan banyak hal dan juga menjadi rumah yang sangat nyaman selama kuliah. Sukses selalu Himpunanku HIMATRO Luar Biasa.

16. Kepada Metro *Squad* Azis, Reihan, dan Manda yang telah membantu dan menghibur penulis dalam penyelesaian Kerja Praktik hingga Skripsi.
17. Kepada teman-teman Mardi, Bobi, Ican, Muhyi, Maul, Fikri, Budi, Azis, Reihan, Manda, Rivan, dan Raja yang telah memberikan dukungan serta menghibur penulis selama proses perkuliahan.
18. Kepada teman-teman kontrakan Redy, Didik, Alif, Rinaldo, bang Berli, dan kak Setiawan yang telah memberikan dukungan serta menghibur penulis selama proses perkuliahan.
19. Sahabat-sahabat selama Mts dan juga SMA Defvi, Neti, Umi, Sage, Fakar, Ervi, Cahaya dan Ervi yang telah memberikan dukungan serta menghibur penulis selama proses perkuliahan.
20. Semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan laporan Skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

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

Bandarlampung, 18 Desember 2022

**Abdul Hadi**

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Perumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Hipotesis .....	4
1.7 Struktur Penulisan.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	6
2.2 Beban Listrik .....	7
2.3 Prediksi.....	8
2.4 <i>Artificial Neural Network</i> (ANN).....	11
2.5 Pendekatan <i>Backpropagation</i> .....	17
2.7 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> ( MAPE).....	19
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	20
3.2 Alat dan Bahan .....	20
3.3 Tahapan Penelitian .....	21
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.5 Diagram Pendekatan <i>Backpropagation</i> .....	23
3.6 Impelementasi Metode .....	24
3.6.2 Pendekatan <i>Backpropagation</i> .....	25
3.6.3 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> ( MAPE).....	26
<b>V.PENUTUP .....</b>	<b>27</b>

5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran.....	27
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>28</b>

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2. 1 Model Jaringan syaraf tiruan.....	12
Gambar 2. 2 Sel Syaraf Bilogis.....	13
Gambar 2. 3 Arsitektur sederhana ANN.....	13
Gambar 2. 4 Jaingan Layar Tunggal.....	14
Gambar 2. 5 Jaringan Layar Jamak.....	15
Gambar 2. 6 Arsitektur <i>Backpropagation</i> .....	17
Gambar 2. 7 Kurva fungsi sigmoid biner.....	18
Gambar 2. 8 Kurva fungsi sigmoid bipolar.....	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	22
Gambar 3. 2 Diagram pendekatan <i>Backpropagation</i> .....	23
Gambar 3. 3 <i>Multi layer</i> jaringan.....	24
Gambar 3. 4 Kurva fungsi sigmoid biner.....	26

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan .....	24
Tabel 4.1 data historis energi provinsi Lampung tahun 2007-2021.....	28
Tabel 4.2 Parameter Pelatihan Artificial Neural Network .....	34
Tabel 4.3 Perbandingan nilai hasil pengujian terhadap nilai aktual.....	36
Tabel 4.4 Hasil prediksi kebutuhan energi listrik berdasarkan peningkatan jumlah penduduk dan PDRB tahun 2022-2030 di provinsi Lampung .....	38

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Sistem tenaga listrik dalam pengoperasiannya harus selalu dalam keadaan setimbang antara pembangkitan dan beban yang terhubung. Untuk pengoperasian sistem pembangkit listrik harus mengikuti kebutuhan beban listrik. Dimana kebutuhan listrik akan bertambah sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dan banyaknya aktivitas yang dilakukan menggunakan daya listrik. Jika pembangkit tidak mampu memenuhi permintaan, maka akan terjadi perubahan frekuensi yang melebihi batas sehingga akan ada hilangnya sinkronisasi yang mempengaruhi sistem tenaga dalam skala besar (Ajay Gupta, 2012). Semakin banyaknya kebutuhan listrik membuat biaya pembangkitan menjadi meningkat, sehingga pembangkitan listrik yang ekonomis dan efisien merupakan suatu hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Idealnya, penyaluran listrik harus sesuai dengan yang dibutuhkan oleh konsumen agar mengurangi resiko kerugian yang akan terjadi (Purnomo, 2015).

Pertambahan jumlah penduduk yang berdampak pada konsumsi energi listrik merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi peningkatan konsumsi energi listrik. Dimana ketika jumlah penduduk meningkat seiring dengan meningkatnya ekonomi masyarakat maka konsumsi energi listrik juga meningkat. Serta perilaku konsumen juga dalam menggunakan daya listrik, dimana ketika jumlah penduduk meningkat maka penggunaan barang elektronik meningkat, dan dengan meningkatnya ekonomi masyarakat maka semakin besar energi listrik yang digunakan. Hal tersebut sejalan dengan

kondisi masyarakat saat ini dimana transportasi masyarakat mulai beralih menggunakan kendaraan listrik

Menteri Energi dan Sumber Daya Alam No. 143 K/20/MEM/2019 – Berdasarkan keputusan Rencana Komprehensif Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038, menyatakan bahwa arah pengembangan penyediaan tenaga listrik sejalan dengan target ketenagalistrikan. Pembangunan sebagaimana dimaksud dalam Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 Pasal 2 Ayat 2 tentang Ketenagalistrikan yaitu menjamin ketersediaan tenaga listrik dalam jumlah yang cukup, kualitas yang baik dan harga yang wajar. Jika arah perluasan ketenagalistrikan sektor pembangkitan energi baru terbarukan (EBT) mencakup minimal 23% pada tahun 2025, produsen hanya akan menggunakan bahan bakar minyak untuk keperluan darurat dan sementara seperti: Mengatasi masalah pasokan listrik, PLTG/GU/ Platform MG/MGU, PLTU menggunakan *Clean Coal Technology* (CCT), menggunakan sumber energi primer lokal, dan menggunakan energi nuklir sejalan dengan kebijakan energi nasional. Berdasarkan peta sebaran tahun 2019, total kapasitas terpasang Lampung adalah PLTU 38,7%, PLTA 15,59%, PLTMG 5,93%, PLTMH 0,10%, PLTG 10,87%, PLTG 10,87%, PLTP 19,76%, PLTD 8,50%, PLTS 0,11%. PLTBM hanya 0,54% (Anon., 2019).

Berdasarkan Outlook Transisi Energi Indonesia 2022 tentang Rencana *net-zero emissions*, terungkap bahwa pemerintah Indonesia telah mengumumkan komitmen untuk mencapai *net-zero emissions* pada tahun 2040 dan menghapuskan CFPP. Keputusan Menteri ESDM No. 143 K/20/MEM/2019 – Rencana Komprehensif Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038 dan RUPTL PLN 2021-2030. Dengan peningkatan kapasitas terpasang saat ini yang hanya sebesar 386 MW pada tahun 2021, pengembangan energi baru terbarukan sangat lambat dan masih jauh dari target sebesar 23%. PLTA, panas bumi, bioenergi, dan tenaga surya masing-masing menyumbang 291 MW, 55 MW, 19 MW, dan 21 MW. Tenaga surya atap memiliki tingkat pertumbuhan tahunan tertinggi sekitar 17,9 MW. Di sisi lain, PLTU mencatat pertumbuhan terendah dalam lima tahun terakhir sekitar 308 MW. Namun, dalam hal pembangkit listrik, batu bara

masih mendominasi pembangkit listrik, yaitu sekitar 66% dari total pembangkit listrik. Energi terbarukan saat ini hanya berkontribusi sekitar 13% (Anon., 2019).

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka prakiraan kebutuhan listrik dalam hal ini sangat dibutuhkan oleh pemerintah untuk menentukan kebutuhan listrik yang dibutuhkan oleh pemerintah kota beserta potensi EBT yang tersedia di Provinsi Lampung untuk memenuhi kebutuhan listrik kota tersebut. dan Rencana pengembangan tenaga listrik dapat dilaksanakan sesuai dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Alam No. 143 K/20/MEM/2019 – Rencana Komprehensif Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038 untuk mencakup provinsi Lampung dan mencapai *net-zero emissions*. (Anon., 2019).

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Untuk menggambarkan kebutuhan masyarakat akan kebutuhan energi listrik terkait dengan potensi EBT di provinsi Lampung, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan kebutuhan listrik provinsi tersebut antara tahun 2022 dan 2030.

## **1.3 Perumusan Masalah**

Bagaimana proses prediksi kebutuhan energi listrik jangka panjang Provinsi Lampung pada tahun 2022-2030 dengan pendekatan *backpropagation* menggunakan matlab. Dan bagaimana hasil prediksi kebutuhan energi listrik dengan menggunakan data variabel bebas dari statistik PLN dan BPS.

#### 1.4 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah dari penelitian ini::

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 kebutuhan energi listrik dapat digunakan sebagai gambaran terhadap kebutuhan energi listrik jangka panjang sejalan dengan potensi EBT apakah dapat memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat .

#### 1.6 Hipotesis

Studi ini dilakukan untuk meramalkan kebutuhan listrik jangka panjang di Provinsi Lampung. Penelitian ini menggunakan metode *artificial neural network* (ANN) dan pendekatan *backpropagation* untuk memperoleh data yang akurat dalam penentuan kebutuhan energi listrik masyarakat.

#### 1.7 Struktur Penulisan

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

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB III : METODE PENELITIAN

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

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

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

#### BAB V : PENUTUP

Memuat simpulan yang didapatkan dari hasil penelitian, dan saran – saran untuk pengembangan lebih lanjut.

#### 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 pada tahun 2014 oleh M.syarifudin, mahasiswa Universitas Lampung. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap rencana pengembangan sistem tenaga listrik dengan meramalkan kebutuhan listrik di Provinsi Lampung hingga tahun 2030., dan diharapkan dapat berkontribusi pada rencana pengembangan sistem tenaga listrik. Prakiraan kebutuhan listrik Lampung dibagi menjadi empat sektor: Area domestik, komersial, publik dan industri. Proses perancangan peramalan kebutuhan daya menggunakan enam variabel yang terbagi menjadi dua parameter yaitu: Parameter ekonomi (produk regional bruto, jumlah penduduk, jumlah rumah tangga) dan parameter kelistrikan (tingkat kelistrikan, faktor beban). Dengan menggunakan metode regresi linier untuk memprediksi variabel-variabel di atas, diperoleh hasil peramalan total listrik yang tersambung pada tahun 2028 sebesar 2.841,78 MVA (dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 2,38%) dan konsumsi listrik pada tahun 2023 sebesar 5.934. 98 GWh (pertumbuhan rata-rata 3,83%) (M. Syarifuddin, 2014).

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

Penelitian ini dilakukan oleh R Adhiswara, AG Abdullah, dan Y Mulyadi. Tujuan dari penelitian ini adalah 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 daya, termasuk teknik statistik (pemulusan eksponensial, ARIMA, regresi), logika fuzzy, dan algoritma jaringan saraf. Metode yang digunakan dalam RUPTL adalah Simple E (Ekonometrika Sederhana), dan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma jaringan syaraf tiruan. Hasil dari penelitian ini adalah data perkiraan konsumsi listrik di Indonesia dari tahun 2019 hingga tahun 2025 (R Adhiswara, 2018).

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

Studi ini dilakukan oleh Mostafa Al Mamun dan Ken Nagasaka dari Tokyo University of Agriculture and Technology. Permintaan listrik Jepang terus meningkat, dan faktor beban seluruh sistem tenaga menurun. Oleh karena itu, sangat penting bagi perusahaan listrik untuk mengetahui terlebih dahulu mengenai beban listrik. Salah satu poin kunci dalam memperkirakan paparan jangka panjang di Jepang adalah mempertimbangkan kondisi ekonomi dan permintaan listrik di masa lalu dan saat ini. Poin-poin ini akan dipertimbangkan dalam penelitian ini. Jaringan syaraf tiruan (JST) yang diusulkan, atau jaringan fungsi basis radial (RBFN), juga menunjukkan bahwa perubahan beban mencerminkan ekonomi. Di sini kami menggambarkan perkiraan beban puncak di Jepang hingga 2015 menggunakan RBFN, dan permintaan maksimum dari tahun 2001 hingga 2015 diperkirakan akan meningkat dari 179,42 GW menjadi 209,18 GW. Tingkat pertumbuhan beban rata-rata tahunan yang terlihat untuk dekade hingga 2015 adalah sekitar 1,39% (Nagasaka, 2005).

## 2.2 **Beban Listrik**

Beban listrik merupakan suatu peralatan 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 (M. Syarifuddin, 2014):

a. Beban Rumah Tangga

Pengeluaran rumah tangga merupakan beban yang digunakan dalam sektor perumahan baik untuk perumahan individu maupun rumah kelompok. Pertumbuhan populasi meningkatkan tagihan listrik. Pemanasan, pendinginan, dan penerangan umumnya merupakan perangkat yang paling banyak mengonsumsi daya di sektor perumahan.

b. Beban Komersial

Beban komersial adalah yang digunakan di sektor bisnis, seperti peralatan pendingin yang digunakan di gedung pemerintah, restoran, supermarket, hotel, dan penerangan papan nama.

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 Prediksi

### 2.3.1 Pengertian Prediksi

Prediksi adalah tebakan atau perkiraan tentang peristiwa di masa depan atau terjadinya suatu peristiwa. Prakiraan dapat bersifat kualitatif (tidak dalam bentuk numerik) atau kuantitatif (dalam bentuk numerik). Variabel bersifat relatif, sehingga sulit untuk membuat prediksi kualitatif untuk hasil yang baik. Peramalan kuantitatif dibagi menjadi dua bagian:

Prediksi tunggal (prediksi titik) dan prediksi interval (prediksi interval). Prakiraan interval terdiri dari beberapa nilai yang dipisahkan oleh batas bawah perkiraan yang lebih rendah dan batas atas perkiraan yang lebih tinggi, sedangkan perkiraan tunggal hanya terdiri dari satu nilai. Fungsi peramalan untuk membuat rencana permintaan yang perlu diproduksi, dinyatakan dalam kuantitas (*Quantity*) sebagai fungsi waktu (Siang, 2009).

### 2.3.2 Klasifikasi Teknik Prediksi

Prakiraan permintaan energi listrik dapat dibagi menjadi tiga kelompok menurut periode waktu (R Adhiswara, 2018).

- a. Prakiraan jangka panjang adalah prakiraan untuk periode lebih dari satu tahun. Peramalan jangka panjang masalah ekonomi makro (Pendapatan Domestik Regional Bruto atau PDRB) adalah masalah eksternal, dan utilitas adalah pendorong utama peramalan permintaan energi.
- b. Prakiraan Jangka Menengah adalah prakiraan untuk rentang waktu satu bulan sampai satu tahun. Masalah manajemen seperti kapasitas teknis untuk memperluas jaringan distribusi, kapasitas teknis untuk menyelesaikan proyek pembangkit listrik baru, dan kapasitas teknis untuk menyelesaikan proyek saluran transmisi.
- c. Ramalan jangka pendek Ramalan jangka pendek adalah ramalan untuk beberapa jam sampai dengan satu minggu ( $7 \times 24 \text{ jam} = 168 \text{ jam}$ ).

### 2.3.3 Metode Prediksi

Berikut adalah metode peramalan berdasarkan periode peramalan (Fausett, 1994).

- a. Metode peramalan jangka menengah hingga jangka panjang  
Metode peramalan jangka menengah hingga panjang adalah sebagai berikut.

### 1. Model ekonometrik

Model ekonometrik menggabungkan metode statistik dan teori ekonomi untuk memperkirakan beban listrik. Pendekatan ini memperkirakan hubungan antara konsumsi daya dan faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi daya. Faktor-faktor yang akan mempengaruhi konsumsi listrik ke depan antara lain pertumbuhan ekonomi, perumahan, perdagangan dan industri.

### 2. Model yang terakhir digunakan

Metode ini secara langsung memperkirakan konsumsi daya berdasarkan informasi ekstensif tentang konsumsi daya saat ini, termasuk peralatan, ukuran rumah, dan usia. Data konsumen statistik dan perubahan dinamis menjadi dasar peramalan. Model ini didasarkan pada prinsip bahwa permintaan energi listrik timbul dari kebutuhan konsumen seperti penerangan, pendinginan, pemanasan dan pendinginan. Metode Prediksi jangka pendek

Metode ini menggunakan data historis per jam hingga harian. Berbagai kecerdasan buatan dan metode statistik telah dikembangkan sebagai metode peramalan jangka pendek.

#### 1. Deret waktu (*time series*)

Metode deret waktu biasanya berdasarkan pada data deret waktu yang menunjukkan tren, keacakan, dan musiman. Contoh metode yang umum digunakan adalah:

ARIMA ( *Auto Regressive Integrated Moving Average* ), ARIMAX (*Auto Regressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable*), AR (*Auto Regresif*), dan MA (*moving average*).

#### 2. Metode regresi

Studi beban listrik biasanya menggunakan metode regresi untuk memodelkan hubungan antara konsumsi daya dan faktor lainnya. Metode ini menggunakan fungsi yang sesuai dengan data yang terkumpul.

### 3. Jaringan syaraf tiruan (*neural network*)

Jaringan saraf tiruan telah banyak dikembangkan sejak tahun 1990-an sebagai studi teknik prediksi. Output dari jaringan saraf tiruan adalah sejumlah fungsi matematika linier dan nonlinier dari nilai inputnya. Nilai input dapat berupa output dari elemen jaringan lain seperti: B. Input jaringan aktual.

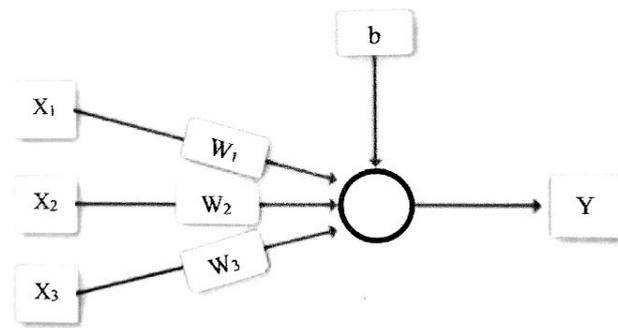
### 4. Logika fuzzy

Logika fuzzy adalah pendekatan umum untuk logika Boolean yang digunakan dalam desain sirkuit digital. Nilai boolean masukan adalah '0' atau '1'. Di bawah logika fuzzy ini terdapat input yang diberikan rentang kualitatif tertentu. Misalnya, beban trafo bisa "tinggi", "sedang", atau "rendah". Logika fuzzy memungkinkan Anda untuk secara logis memperoleh keluaran dari masukan fuzzy.

## 2.4 *Artificial Neural Network (ANN)*

*Artificial Neural Network (ANN)* merupakan sebuah sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi didapat dari pengetahuan tentang sel syaraf biologi di dalam otak manusia. Hal tersebut menjadikan ANN sangat cocok untuk menyelesaikan masalah dengan tipe sama seperti otak manusia. Suatu jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh 3 hal, yaitu (Siang, 2009):

1. Pola hubungan antar neuron, biasanya disebut dengan arsitektur jaringan.
2. Metode bobot penentuan hubung, biasanya disebut dengan metode *training/ learning/ algoritma*.
3. Fungsi aktivasi yang digunakan biasanya untuk menentukan output dalam setiap neuron yang menggunakan fungsi aktivasi.



Gambar 2.1 Model Jaringan syaraf tiruan

Berdasarkan Gambar 2.1, model jaringan syaraf tiruan terdiri dari input  $X_1$ ,  $X_2$ , dan  $X_3$  dari neuron.  $W_1$ ,  $W_2$   $W_3$  adalah bobot dari koneksi input yang sesuai.  $Y$  adalah output dan  $b$  adalah bias yang terkait dengan penyimpanan informasi. Informasi jaringan saraf disimpan dalam bentuk bobot dan bias. Fungsi Bias dirancang untuk mengubah ambang batas menjadi 0.

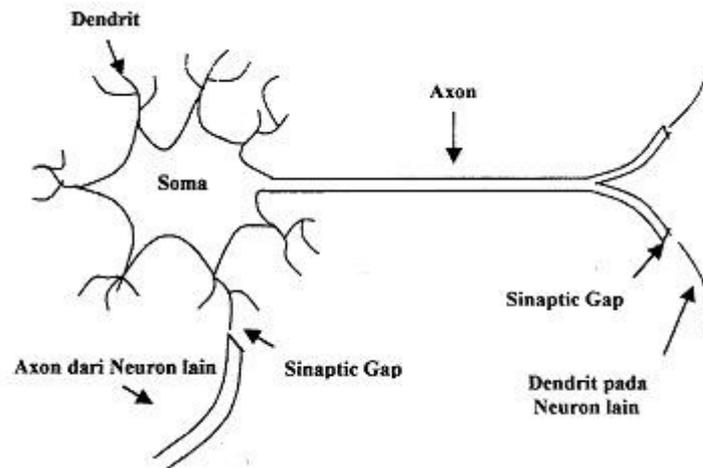
Lapisan pada jaringan syaraf tiruan dibagi menjadi tiga yaitu (Xinxing Pan, 2013):

- a. Semua neuron di lapisan masukan jaringan terhubung ke lapisan tersembunyi atau langsung ke lapisan keluaran jika jaringan tidak menggunakan lapisan tersembunyi. Lapisan input menerima data dari variabel  $x$ .
- b. Neuron yang menerima informasi dari lapisan input membentuk lapisan tersembunyi.
- c. Neuron pada lapisan keluaran, yang nilai keluarannya mewakili hasil komputasi  $x$  ke  $y$ , menerima data langsung dari lapisan tersembunyi atau lapisan masukan.

#### 2.4.1 Konsep dasar ANN

Konsep ANN dapat diibaratkan seperti otak manusia, dengan nukleusnya dan sel saraf lainnya, neuron, dan dendrit terhubung satu sama lain. Otak terdiri dari koneksi saraf dan ANN terdiri dari koneksi nodal. JST meniru

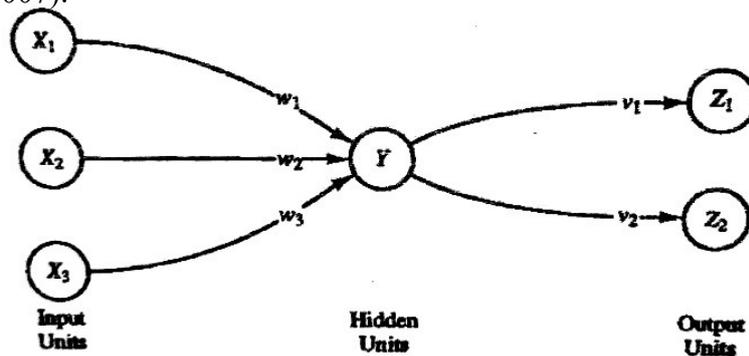
mekanisme otak yang paling penting: asosiasi neuron. Oleh karena itu, pada otak manusia, neuron merupakan simpul dalam metode jaringan syaraf tiruan. Otak manusia menggunakan asosiasi neuron, tetapi JST menggunakan bobot koneksi neuron.



Gambar 2. 2 Sel Syaraf Bilogis

#### 2.4.2 Arsitektur ANN

Arsitektur sederhana dari ANN adalah sebagai berikut (W. A. Wongso K., 2007):

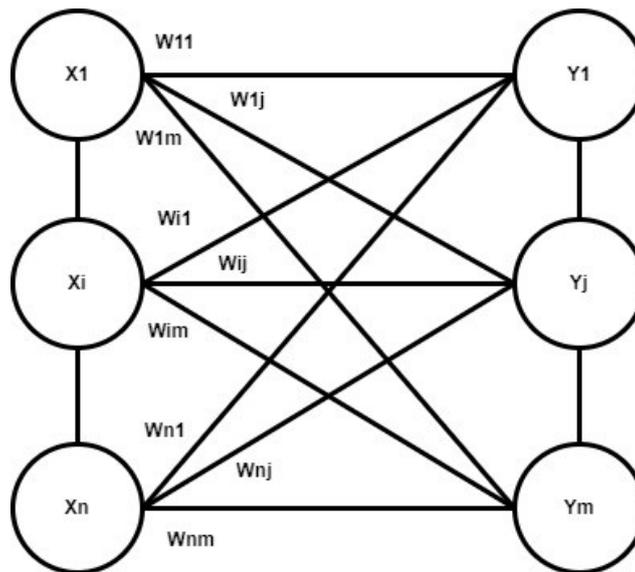


Gambar 2. 3 Arsitektur sederhana ANN

Adapun beberapa arsitektur jaringan yang sering dipakai dalam ANN sebagai berikut (Xinxing Pan, 2013).

a. *Single layer neural network*

Pada jaringan ini, semua unit input dalam jaringan ini dihubungkan dengan semua unit output, meskipun dengan bobot berbeda-beda

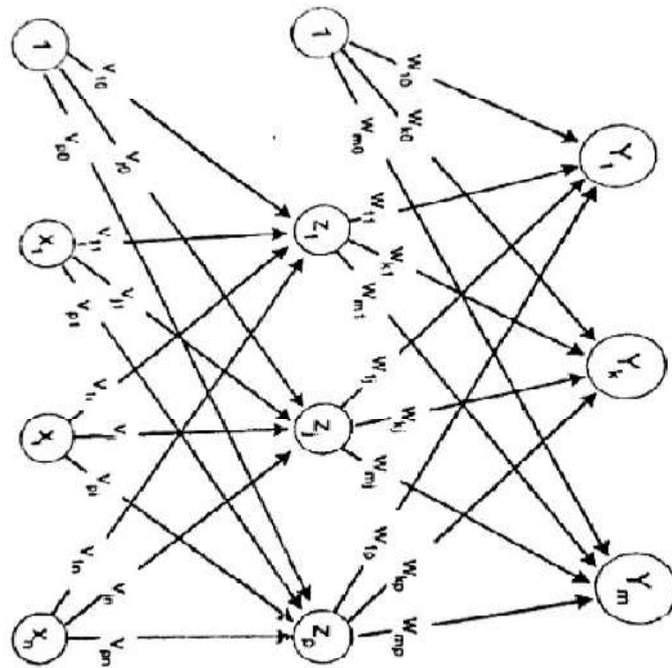


Gambar 2. 4 Jaringan Layer Tunggal

Pada gambar 2.4 menunjukkan arsitektur jaringan dengan  $n$  unit input ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) dan  $m$  buah unit output ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$ ). Besaran  $W_{ji}$  menyatakan bobot hubung antara unit ke- $i$  dalam input dengan unit ke- $j$  dalam output.

b. *Multi layer neural network*

Jaringan ini merupakan perluasan dari jaringan layer tunggal. Jaringan ini memperkenalkan satu atau dua lebih layer tersembunyi (*hidden layer*) yang mempunyai simpul disebut neuron tersembunyi (*hidden layer*)



Gambar 2. 5 Jaringan Layer Jamak

Berdasarkan gambar 2.5 Arsitektur jaringan dari jaringan multilayer digambarkan pada Gambar 2.5 dengan  $n$  input  $x_1, x_2, \dots, x_n$  dan layar tersembunyi dengan  $p$  unit  $z_1, z_2, \dots, z_p$  dan  $m$  unit output  $y_1, y_2, \dots, y_m$ . Meskipun proses pelatihan lebih rumit dan memakan waktu lebih lama, jaringan layar ganda dapat memecahkan masalah yang lebih kompleks daripada jaringan layar tunggal.

#### 2.4.3 fungsi aktivasi

JST menggunakan fungsi aktivasi untuk menentukan output neuron. (Argumen untuk fungsi aktivasi adalah bobot masukan (kombinasi linear dari keluaran dan bobot)). Jika  $net = \sum X_i W_i$ , maka fungsi aktivasinya  $f(net) = f(\sum X_i W_i)$ .

a. Fungsi thresold (batas ambang)

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ 0 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad (2.1)$$

Dalam beberapa hal, fungsi ambang yang dibuat memiliki nilai -1 atau 1, bukan 0 atau 1, sehingga dapat digunakan:

$$f(x) = \begin{cases} -1 & \text{jika } x \geq a \\ 1 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Fungsi Sigmoid

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.3)$$

Fungsi sigmoid sering digunakan karena memiliki nilai fungsi antara 0 dan 1 serta mudah diformulasikan.

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad (2.4)$$

c. Fungsi Identitas

$$f(x) = x \quad (2.5)$$

Jika kita ingin keluaran jaringan berupa bilangan asli bukan hanya bilangan dalam rentang  $[0, 1]$ , kita menggunakan fungsi identitas.

#### 2.4.4 Bias dan *Threshold*

Jaringan dapat menambahkan unit masukan yang selalu sama dengan 1, yang disebut bias. Fungsi Bias dirancang untuk mengubah ambang batas menjadi 0. Jika bias dimasukkan ke dalam jaringan, hasilnya akan menjadi unit penjumlahan:

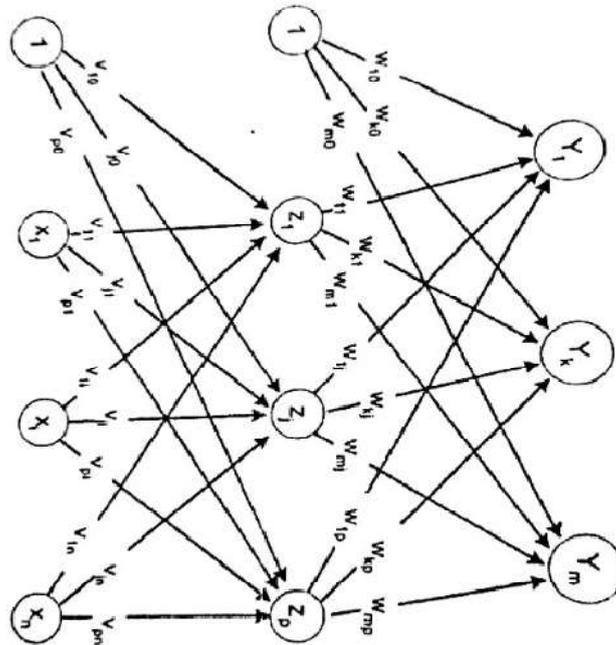
$$net = b + \sum XiWi \quad (2.7)$$

Fungsi aktivasi threshold menjadi:

$$f(x) = \begin{cases} -1 & \text{jika } x \geq a \\ 1 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad (2.8)$$

## 2.5 Pendekatan *Backpropagation*

Pendekatan *backpropagation* merupakan salah satu metode untuk memprediksi kebutuhan energi listrik sistem jaringan saraf tiruan..

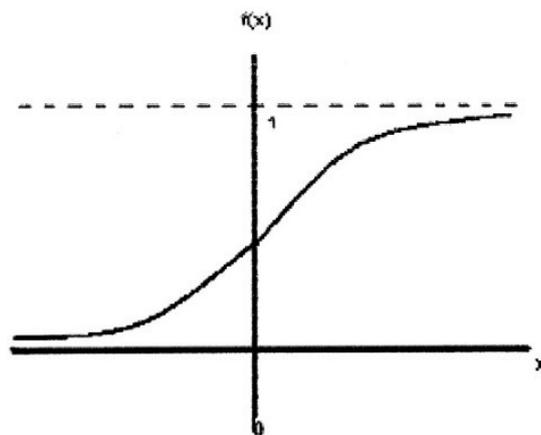


Gambar 2. 6 Arsitektur *Backpropagation*

*Backpropagation* adalah metode pelatihan yang menggunakan banyak lapisan respons untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dan meningkatkan jaringan syaraf tiruan yang sebelumnya hanya memiliki satu lapisan. *Backpropagation* adalah algoritma pembelajaran yang menggunakan kesalahan keluaran untuk memperbaiki nilai bobotnya ke belakang. Jika menyelesaikan fase propagasi maju dan kesalahan belum mencapai target, maka secara otomatis akan mundur.

Adapun fungsi aktivasi dari pendekatan *backpropagation* yang terdiri dari beberapa syarat yaitu mudah terdiferensial, kontinu, dan tidak mengalami penurunan. Fungsi aktivasi pendekatan *backpropagation* terdiri dari :

- a. Fungsi sigmoid biner (logsig), yang berkisar dari 0 hingga 1 dan menggunakan fungsi pada (2.3). Kami menggunakan fungsi diferensial dari persamaan (2.4).



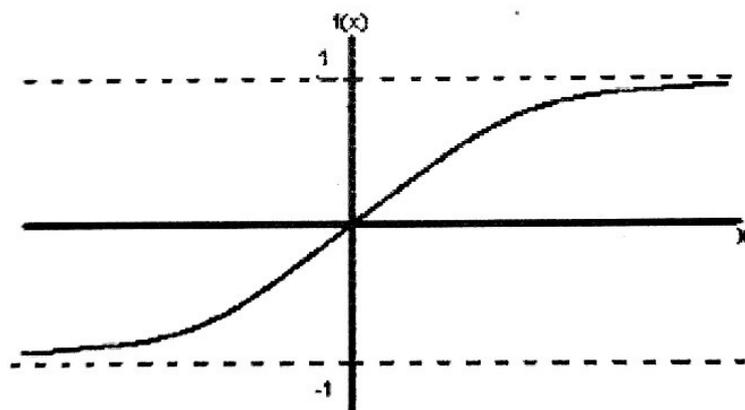
Gambar 2. 7 Kurva fungsi sigmoid biner

- b. Fungsi sigmoid bipolar(tansig), dimana jarak dari -1 sampai 1, dengan fungsi sebagai berikut

$$f = \frac{2}{1+e^{-x}} - 1 \quad (2.8)$$

Dengan turunan fungsi :

$$f' = \frac{(1+f(x))(1-f(x))}{2} \quad (2.9)$$



Gambar 2. 8 Kurva fungsi sigmoid bipolar

- c. Fungsi identitas (*purelin*), dengan fungsi persamaan (2.5), biasanya fungsi ini digunakan pada lapisan *output*.

## 2.6 Pelatihan *Feed Forward Backpropagation*

Pelatihan backpropagation feedforward terdiri dari tiga langkah (Saini, 2007):

- a. Perambatan maju di mana pola input dihitung maju dari layar input ke layar output menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan.
- b. *Backpropagation* ketika ada kesalahan antara output jaringan dan tujuan yang dituju. Kesalahan disebarkan mundur, dimulai dengan garis yang terkait langsung dengan unit layar keluaran.
- c. Ubah bobot untuk mengurangi kesalahan yang terjadi.

Ketiga fase di atas dijalankan berulang kali hingga kondisi berhenti terpenuhi. Kondisi berhenti biasanya merupakan jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi dihentikan jika jumlah maksimal iterasi terlampaui atau jika error yang ditemui kurang dari batas toleransi.

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

Menentukan tingkat akurasi hasil prediksi menggunakan MAPE dalam peramalan energi. MAPE adalah algoritma yang menghitung perbedaan atau kesalahan antara data energi aktual dan hasil prediksi. Temukan nilai MAPE menggunakan rumus 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 Sistem Tenaga Listrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada bulan Maret sampai dengan bulan Oktober 2022.

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

No	Kegiatan	Bulan									
		Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
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

Penelitian kepustakaan adalah kajian terhadap materi yang dibahas dalam suatu makalah, yang bersumber dari referensi seperti jurnal akademik, makalah, dan buku-buku yang berkaitan dengan pembahasan makalah tersebut.

2. Studi bimbingan

Penelitian terbimbing dilakukan dengan berbagi diskusi disertai dengan pembimbing utama dan ko-instruktur untuk mencapai hasil yang maksimal.

3. Pengambilan dan pengolahan data

Penulis mengumpulkan data energi pada statistik PLN, data pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi provinsi Lampung pada statistik dari Badan Pusat Statistik. Data kemudian dikumpulkan, diolah dengan software Excel, dan dilakukan prediksi dengan software Matlab R2021a.

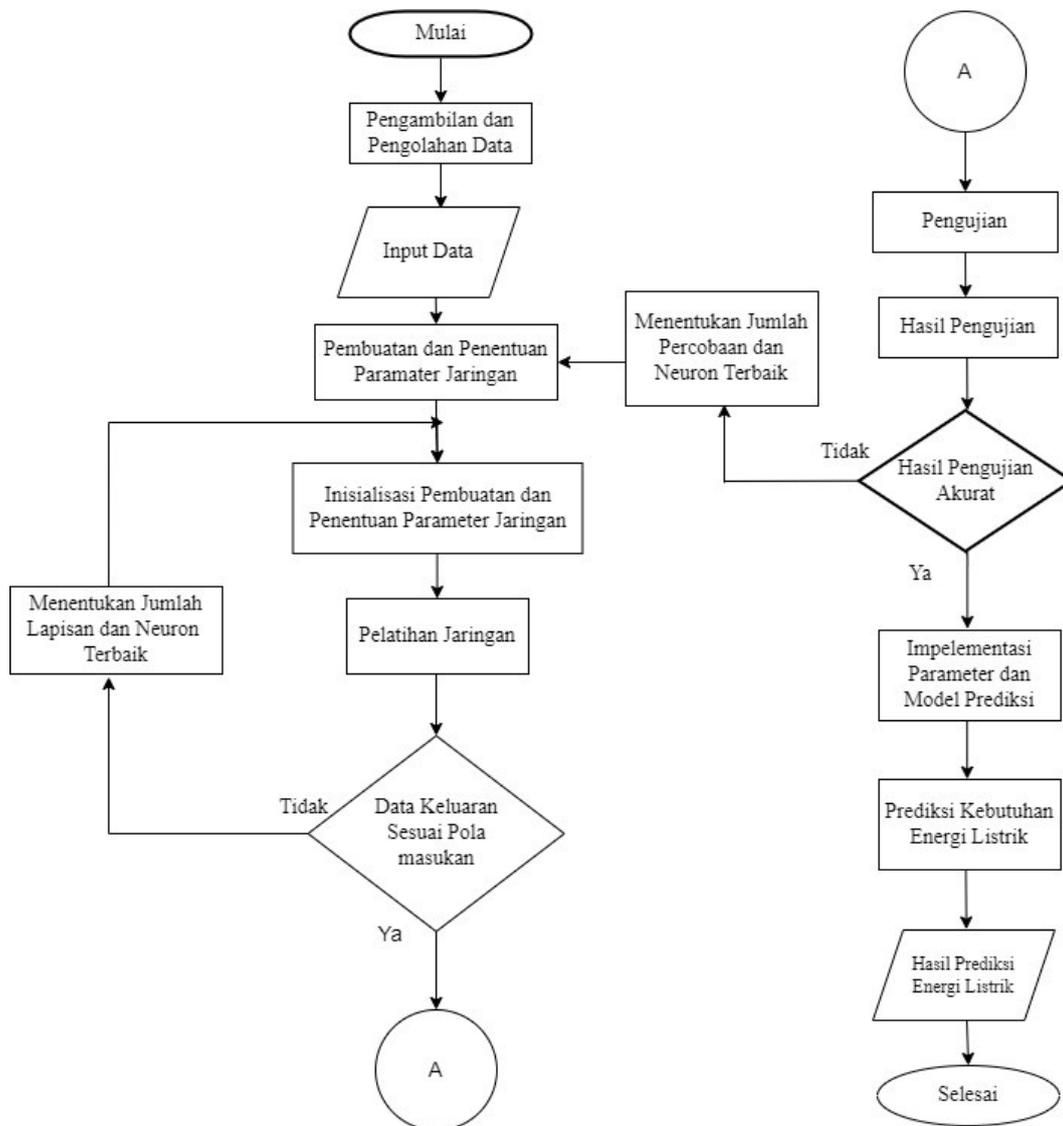
4. Prediksi

Untuk mencapai tujuan penelitian yang diinginkan dilakukan prediksi menggunakan software Matlab dengan menginput parameter yang ada dan pemodelan dengan tool JST menggunakan pendekatan *backpropagation*.

5. Penulisan laporan

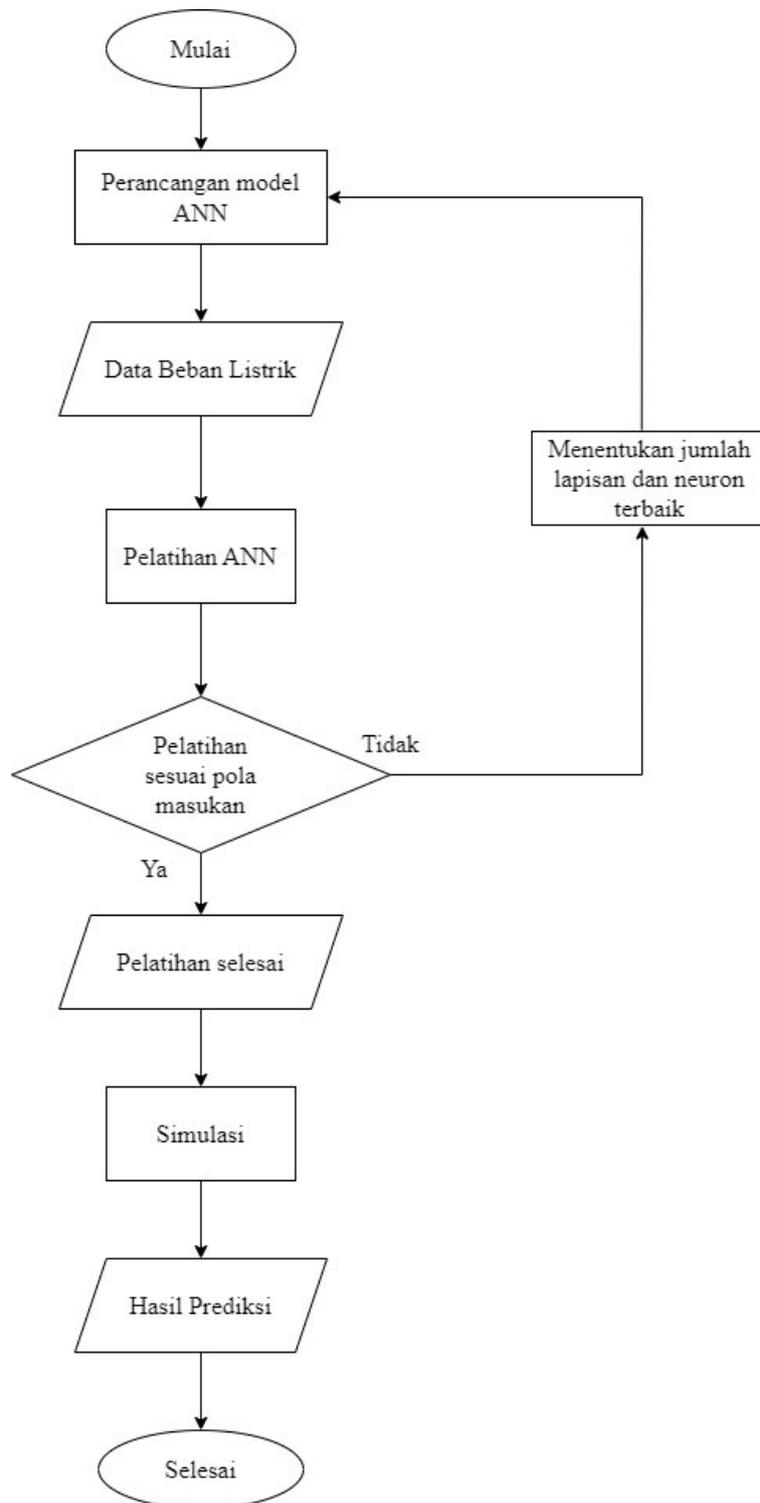
Penulisan laporan berfungsi untuk mengkomunikasikan hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis. Laporan terdiri dari laporan pertama pelaksanaan seminar proposal dan laporan akhir pelaksanaan seminar penelitian.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.5 Diagram Pendekatan *Backpropagation*

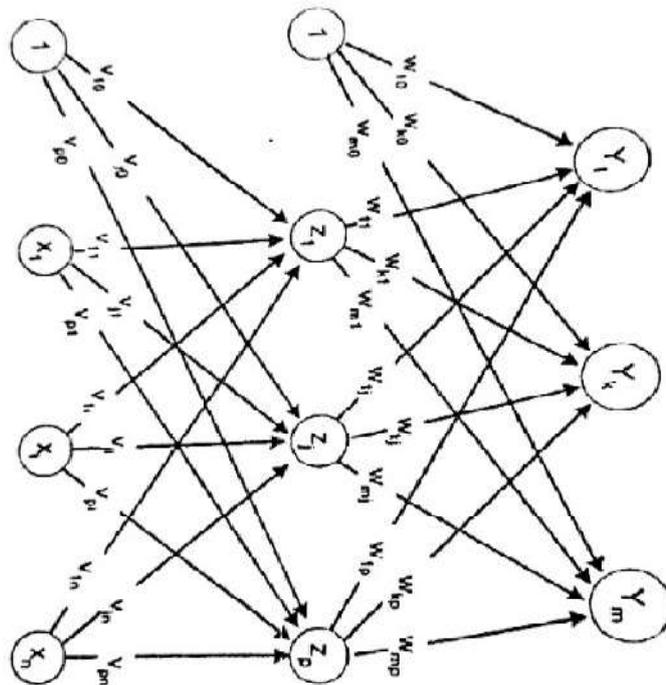


Gambar 3. 2 Diagram pendekatan *Backpropagation*

### 3.6 Impelementasi Metode

#### 3.6.1 *Artificial Neural Network* (ANN)

Jaringan syaraf tiruan, atau ann, adalah jenis sistem komputer yang struktur dan fungsinya didasarkan pada apa yang kita ketahui tentang neuron biologis yang ditemukan di otak manusia. Hal ini membuat JST sangat cocok untuk memecahkan jenis masalah seperti otak manusia. Arsitektur jaringan yang digunakan adalah jaringan *multilayer*. Jaringan ini merupakan perpanjangan dari jaringan Layar Tunggal. Jaringan ini memperkenalkan satu atau dua lapisan tersembunyi dengan node yang disebut neuron tersembunyi (Nagasaka, 2005).



Gambar 3. 3 Multi layer jaringan

Dalam ANN fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan keluaran neuron. (fungsi aktivasi adalah bobot masukan). 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 hal, fungsi batas ambang yang dibuat tidak bernilai 0 atau 1, tapi bernilai -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

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

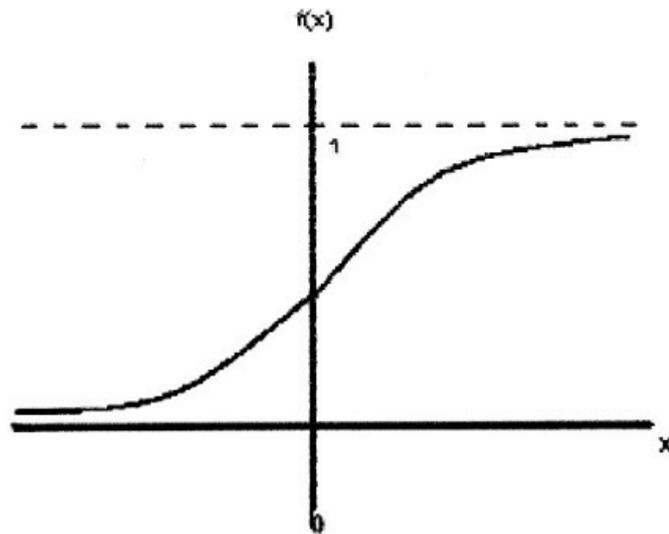
Fungsi sigmoid banyak digunakan karena sederhana untuk diformulasikan dan memiliki nilai fungsi antara 0 dan 1.

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

### 3.6.2 Pendekatan *Backpropagation*

*Backpropagation* adalah metode pelatihan yang menggunakan banyak lapisan respons untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dan meningkatkan jaringan syaraf tiruan yang sebelumnya hanya memiliki satu lapisan. *Backpropagation* adalah algoritma pembelajaran yang menggunakan kesalahan keluaran untuk memperbaiki nilai bobot ke arah mundur. Jadi, jika kesalahan tidak mencapai tujuan setelah menyelesaikan fase propagasi maju, maka secara otomatis akan mundur (Xinxing Pan, 2013).

Fungsi aktivasi untuk pendekatan *backpropagation* terdiri dari beberapa syarat: harus mudah dibedakan, kontinyu, dan tidak menurun. Fungsi aktivasi yang digunakan pada pendekatan *backpropagation* adalah fungsi sigmoid biner (logsig), pada fungsi ini jarak dari 0 ke 1 fungsinya ada pada persamaan (2.3). Kami menggunakan fungsi diferensial dari persamaan (2.4).



Gambar 3. 4 Kurva fungsi sigmoid biner

Pelatihan *feed forward backpropagation* 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 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Menentukan tingkat akurasi hasil prediksi menggunakan MAPE dalam peramalan energi. MAPE adalah algoritma yang menghitung perbedaan atau kesalahan antara data energi aktual dan hasil prediksi. Temukan nilai MAPE menggunakan rumus 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

## V.PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Pendekatan *Backpropagation Artificial Neural Network* dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan energi listrik jangka panjang di provinsi Lampung. Prediksi kebutuhan energi listrik di provinsi Lampung dengan pendekatan *Backpropagation*, dengan Menggunakan data historis energi 15 tahun, berupa data penduduk dan data PDRB menghasilkan pertumbuhan energi listrik rata-rata sebesar 3,78% pertahun , dengan total kebutuhan energi listrik pada tahun 2030 sebesar 7283,2 GWh, atau meningkat sebesar 34,81%. Hasil prediksi kebutuhan energi listrik Provinsi Lampung pada tahun 2030 dapat terpenuhi dengan rencana pembangunan pembangkit energi baru terbarukan berdasarkan RUPTL PLN pada tahun 2021.

### 5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkombinasikan metode ANN dengan metode lain dan memperbanyak data historis untuk mendapatkan hasil prediksi yang lebih panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajay Gupta, p. K. S., 2012. Electrical Load Forecasting Using Genetic Algorithm Based Back-Propagation. *Apeejay Institute of Technology, Greater Noida*.
- Anon., 2019. *Kepmen-esdm-143-Thn 2019 RUKN 2019*, Jakarta: Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- Chow, J. H., 2005. Applied Mathematics For Restructured Electric Power Systems. *Spring Science, United States Of Aamerica*.
- Fausett, L., 1994. Fundamentals Of Neural Networks Architectires, Algoritm, And Applications.
- Galiana, G. a. F., 1987. Short-Term Load Forecasting. *In Proceedings Of The IEEE*, Volume 75, pp. 1558-1573.
- M. Syarifuddin, L. D., 2014. Metode Regresi Linear Untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang (Studi Kasus Provinsi Lampung). *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, Volume 2.
- Nagasaka, M. A. M. d. K., 2005. Artificial Neural Networks Applied to Long-term Electricity Demand Forecasting. *Tokyo University of Agriculture and Technology*.
- Purnomo, F. S., 2015. Penggunaan Metode ARIMA (Autoregresive Integrated Moving Average) Untuk Prediksi Beban Konsumsi Listrik Jangka Pendek (Short Term Forecasting). *urnal Uns, Semarang*.
- R Adhiswara, A. A. d. Y. M., 2018. Long-term electrical consumption forecasting using Artificial Neural Network (ANN). *niversitas Pendidikan Indonesia*.

- Rahul Kumar Agrawal, F. M., 2018. Long Term Load Forecasting with Hourly Predictions based on Long-Short-Term-Memory Network. *Dept. of Electrical Engineering, Delhi Technological University*.
- Saini, L. M., 2007. Peak Load forecasting using bayesian regularization, Resilient and adaptive backpropagation learning based artificial neural networks. *Department of Electrical Engineering, National Institute of Technology*, pp. 1302-1310.
- Siang, M. S. D. J. J., 2009. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: s.n.
- Suswanto, 2009. Sistem Distribusi Tenaga Listrik. *Universitas Negeri Padang*.
- W. A. Wongso K., D. D. S. S., 2007. Implementasi Metod. Backpropagation Dalam Klasterisasi Objek. pp. 30-37.
- Xinxing Pan, B. L. C. Z., 2013. A Comparison of Neural Network Backpropagation Algorithms for Electricity Load Forecasting. *Software Research Institute Athlone Institute of Technology Athlone*.