

**ANALISIS PERKIRAAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK DI SUMATERA
UTARA PADA TAHUN 2032 MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE
NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM***

TESIS

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister Teknik (M.T)
Dalam Bidang Ilmu Teknik Elektro

Oleh :

YOGA TRI NUGRAHA
NPM : 1620080001



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

PENGESAHAN

ANALISIS PERKIRAAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK DI SUMATERA UTARA PADA TAHUN 2032 MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM*

“Tesis ini Telah Dipertahankan Dihadapan Panitia Penguji
Yang Dibentuk Oleh MTE PPs. UMSU dan Dinyatakan Lulus Dalam Ujian,
Pada Hari Sabtu, Tanggal 07 September 2019”

Panitia Penguji

1. Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc
Ketua

1. 

2. Arnawan Hasibuan, S.T., M.T
Sekretaris

2. 

3. Ir. Surya Hardi, M.Sc., Ph.D
Anggota

3. 

4. Ir. Syafruddin Hasan, M.Sc., Ph.D
Anggota

4. 

5. Ir. Eddy Warman, M.T.
Anggota

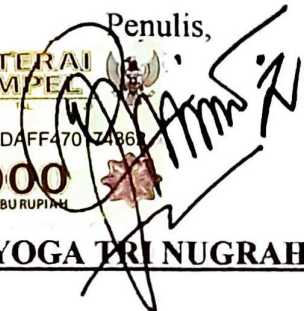
5. 

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan pernyataan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya tulis dengan judul “ANALISIS PERKIRAAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK DI SUMATERA UTARA PADA TAHUN 2032 MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM*” adalah benar merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain dan saya akui sebagai karya saya sendiri tanpa unsur plagiat. Semua sumber referensi yang dikutip dan yang dirujuk telah ditulis dengan lengkap pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari ditemukan judul penelitian yang sama maka dapat dipertanggungjawabkan sepenuhnya.

Medan, 07 September 2019

Penulis,

METERAI
TEMPEL
2351DAFF470 7486
6000
ENAM RIBU RUPIAH
YOGA TRI NUGRAHA

ABSTRAK

Konsumsi energi listrik di Sumatera Utara semakin meningkat dari tahun ke tahun. Faktor yang menyebabkan meningkatnya konsumsi energi listrik di Sumatera Utara adalah Pertumbuhan Penduduk, Ekonomi, dan Industri. Untuk memenuhi akan kebutuhan konsumsi energi listrik yang semakin meningkat dari tahun ke tahun, maka dilakukan perkiraan konsumsi energi listrik jangka panjang selama 15 tahun yaitu pada tahun 2032 di Sumatera Utara. Untuk memperkirakan konsumsi energi listrik ini memerlukan sebuah metode yang dapat mendekati hasil aslinya. Metode tersebut yaitu Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. Hasil yang didapat dalam memperkirakan konsumsi energi listrik pada tahun 2032 di Sumatera Utara dengan menggunakan metode ini adalah sebesar 29307,78 GWh atau dengan kenaikan 7,71% setiap tahunnya sampai tahun 2032.

Kata kunci : *Perkiraan Konsumsi Energi Listrik, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, Penduduk, Ekonomi (PDRB HK 2010), Industri.*

ABSTRACT

Electricity consumption in North Sumatra is increasing from year to year. Factors causing increased electricity consumption in North Sumatra are Population Growth, Economy, and Industry. To meet the need for electricity consumption which is increasing from year to year, then it is estimated that the long-term consumption of electrical energy for 15 years is in 2032 in North Sumatra. To estimate the consumption of electrical energy requires a method that can approach the original results. The method is the Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Method. The results obtained in estimating electricity consumption in 2032 in North Sumatra using this method amounted to 29307.78 GWh or with an increase of 7.71% every year until 2032.

Keywords: *Estimated Electric Energy Consumption, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, Population, Economy (PDRB HK 2010), Industry.*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr.wb

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tesis untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kemaisteran pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tesis ini adalah “***Analisis Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Di Sumatera Utara Pada Tahun 2032 Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System***”.

Selesaiannya penulisan tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda serta Abangda dan Kakanda tersayang, yang dengan cinta kasih dan sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
2. Bapak Dr. Syaiful Bahri, M.AP. Selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. M. Fitra Zambak, ST, M.Sc. Selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro sekaligus Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tesis ini.
4. Ibu Rohana, S.T, M.T. Selaku Sekretaris Program Studi Magister Teknik Elektro.
5. Bapak Arnawan Hasibuan S.T, M.T. Selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan tesis ini.

6. Bapak Ir. Surya Hardi, M.Sc., Ph.D. Selaku Dosen Penguji I.
7. Bapak Ir. Syafruddin Hasan, M.Sc., Ph.D Selaku Dosen Penguji II.
8. Bapak Ir. Eddy Warman, M.T. Selaku Dosen Penguji III.
9. Bapak dan Ibu Dosen di Program Pascasarjana Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Karyawan Biro Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Teman-teman sejawat dan seperjuangan Program Pasacsarjana, khususnya Program Studi Magister Teknik Elektro angkatan 2016 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alakum wr.wb

Medan, 07 September 2019

Penulis,

Yoga Tri Nugraha

1620080001

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1 Sistem Tenaga Listrik	6
2.1.2 Beban Sistem	8
2.1.2.1 Analisa Beban Sistem	14
2.1.2.2 Perkiraan Beban Tenaga Listrik	15
2.1.3 Konsep Dasar <i>Forecasting</i>	17
2.1.3.1 Peran Prakiraan Dalam Perencanaan	18
2.1.3.2 Data Statistik	19

2.1.3.3 Metode Prakiraan	21
2.1.3.3.1 <i>Fuzzy System</i>	23
2.1.3.3.2 Fuzzifikasi	24
2.1.3.3.3 Fungsi Keanggotaan	25
2.1.3.3.4 <i>Fuzzy Clustering</i>	26
2.1.3.3.5 Inferensi	28
2.1.3.3.6 Operasi Himpunan Fuzzy	28
2.1.3.3.7 Defuzzifikasi	29
2.1.3.3.8 Jaringan Syaraf Tiruan	30
2.1.3.3.9 <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i>	30
2.1.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Konsusmsi Energi Listrik	36
2.1.4.1 Pertumbuhan Jumlah Penduduk	36
2.1.4.2 Pertumbuhan Ekonomi	38
2.1.4.2.1 Produk Domestik Bruto	41
2.2 Kajian Pustaka Yang Relevan	42
2.3 Kerangka Berpikir	46
2.4 Hipotesis	47
BAB III METODE PENELITIAN	48
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	48
3.2 Rancangan / Desain Penelitian	48
3.3 Populasi, Sampel, Dan Sampling	50
3.3.1 Populasi	50
3.3.2 Sampel Dan Sampling	50
3.4 Teknik Pengumpulan Data Penelitian	51

3.5 Teknik Analisis Data	51
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1 Hasil Penelitian	53
4.1.1 Deskripsi Data	53
4.1.2 Hasil Uji Persyaratan Analisis.....	53
4.1.3 Hasil Uji Hipotesis	54
4.2 Pembahasan	54
4.2.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Energi Listrik	54
4.2.2 Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Di Sumatera Utara	60
BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN	94
5.1 Kesimpulan	94
5.2 Implikasi.....	96
5.3 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil Regresi Pertumbuhan Penduduk (Jiwa).....	55
Tabel 4.2. Hasil Regresi Pertumbuhan Ekonomi Harga Konstan 2010.....	57
Tabel 4.3. Hasil Pertumbuhan Industri	59
Tabel 4.4. Data Jumlah Penduduk Dan Konsumsi Energi Listrik SUMUT	60
Tabel 4.5. Pembagian Data Dengan 2 Input	61
Tabel 4.6. Data Derajat Keanggotaan Pada Setiap Cluster Dengan FCM.....	62
Tabel 4.7. <i>Output</i> Lapisan Pertama.....	64
Tabel 4.8. <i>Output</i> Lapisan 2 Dan Lapisan 3.....	66
Tabel 4.9. <i>Consequent</i> Parameter.....	67
Tabel 4.10. Nilai <i>Consequent</i> Parameter	67
Tabel 4.11. <i>Output</i> Lapisan 5 (Hasil Perkiraan)	68
Tabel 4.12. Hasil Perkiraan Konsumsi Energi Listrik SUMUT 2018-2032	69
Tabel 4.13. Data Jumlah PDRB Dan Konsumsi Energi Listrik SUMUT	70
Tabel 4.14. Pembagian Data Dengan 2 Input	71
Tabel 4.15. Data Derajat Keanggotaan Pada Setiap Cluster Dengan FCM.....	72
Tabel 4.16. <i>Output</i> Lapisan Pertama.....	74
Tabel 4.17. <i>Output</i> Lapisan 2 Dan Lapisan 3	76
Tabel 4.18. <i>Consequent</i> Parameter.....	77
Tabel 4.19. Nilai <i>Consequent</i> Parameter	77
Tabel 4.20. <i>Output</i> Lapisan 5 (Hasil Perkiraan)	78
Tabel 4.21. Hasil Perkiraan Konsumsi Energi Listrik SUMUT 2018-2032	79
Tabel 4.22. Data Jumlah Industri Dan Konsumsi Energi Listrik SUMUT	80
Tabel 4.23. Pembagian Data Dengan 2 Input	81

Tabel 4.24. Data Derajat Keanggotaan Pada Setiap Cluster Dengan FCM.....	82
Tabel 4.25. <i>Output</i> Lapisan Pertama.....	84
Tabel 4.26. <i>Output</i> Lapisan 2 Dan Lapisan 3	86
Tabel 4.27. <i>Consequent</i> Parameter.....	87
Tabel 4.28. Nilai <i>Consequent</i> Parameter	87
Tabel 4.29. <i>Output</i> Lapisan 5 (Hasil Perkiraan)	88
Tabel 4.30. Hasil Perkiraan Konsumsi Energi Listrik SUMUT 2018-2032	89
Tabel 4.31. Rata-Rata Konsumsi Energi Listrik SUMUT 2018-2032.....	91
Tabel 4.32. Realisasi Dan Perkiraan Konsumsi Energi PT. PLN(Persero)	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Penyampaian Tenaga Listrik	7
Gambar 2.2. Contoh Variasi Beban Pada Hari Kerja Dan Hari Libur	11
Gambar 2.3. Kurva Beban Sistem.....	12
Gambar 2.4. Kurva Pola Trend	19
Gambar 2.5. Kurva Pola Musiman.....	20
Gambar 2.6. Kurva Pola Pola Siklikal	20
Gambar 2.7. Kurva Autokorelasi	21
Gambar 2.8. Kurva Tak Beraturan.....	21
Gambar 2.9. Proses <i>Fuzzy Inference System</i>	24
Gambar 2.10. Kurva <i>Generalized Bell</i>	25
Gambar 2.11. Blok diagram ANFIS	33
Gambar 2.12. Grafik Pertumbuhan Penduduk di SUMBAGUT	37
Gambar 2.13. Grafik Pertumbuhan Ekonomi PDRB HK 2010 di SUMBAGUT.....	40
Gambar 2.14. <i>Flowchart</i> Kerangka Berpikir	47
Gambar 3.1. Diagram Alir Rancangan/Desain Penelitian	49
Gambar 4.1. Struktur ANFIS	61
Gambar4.2. Grafik Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Terhadap Faktor Pertumbuhan Penduduk	62
Gambar 4.3. Grafik Derajat Keanggotaan Dengan Tipe <i>GBellmf</i>	65
Gambar 4.4. Struktur ANFIS	71
Gambar4.5. Grafik Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Terhadap Faktor Pertumbuhan Ekonomi	72
Gambar 4.6. Grafik Derajat Keanggotaan Dengan Tipe <i>GBellmf</i>	75

Gambar 4.7. Struktur ANFIS	81
Gambar4.8. Grafik Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Terhadap Faktor Pertumbuhan Industri.....	82
Gambar 4.9. Grafik Derajat Keanggotaan Dengan Tipe <i>GBellmf</i>	85
Gambar4.10.Grafik Perbandingan Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Terhadap 3 Pengaruh Faktor Di Provinsi SUMUT Tahun 2018-2032	90
Gambar4.11.Grafik Perbandingan Hasil Perkiraan Konsumsi Energi Listrik SUMUT Menggunakan Data Dari PT. PLN(Persero) Dengan Perolehan ANFIS	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk, dan pertumbuhan ekonomi, maka kebutuhan energi listrik akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini sejalan dengan aktifitas kehidupan masyarakat yang bergantung pada ketersediaan pasokan energi listrik. Oleh karena itu perlu adanya penyediaan pasokan energi listrik dalam jumlah yang cukup serta handal dengan harga yang terjangkau untuk kebutuhan masyarakat.

Pada saat ini energi listrik telah menjadi kebutuhan primer bagi kehidupan manusia modern untuk melaksanakan kegiatan sosial dan ekonomi untuk mencapai taraf hidup yang lebih baik. Sehingga besarnya tingkat pemakaian energi listrik dapat juga dianggap sebagai tolak ukur tingkat pendapatan dan kemakmuran bagi suatu negara atau daerah. Selanjutnya dilihat dari peranan listrik dalam perekonomian, industri listrik termasuk industri hulu, sehingga pengembangannya dapat merangsang sektor – sektor lain yang memanfaatkan energi listrik sebagai masukannya [1].

Populasi penduduk memiliki hubungan positif terhadap konsumsi listrik. Dampak populasi tersebut terhadap konsumsi listrik secara statistik signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa, dengan bertambahnya penduduk akan meningkatkan konsumsi energi listrik [2]. Pertumbuhan penduduk Sumatera Utara dari tahun ke tahun mengalami peningkatan sebesar 1,33%. Dengan

pertumbuhan penduduk ini dapat mempengaruhi dari konsumsi energi listrik yang ada di Sumatera Utara.

Pertumbuhan ekonomi memiliki hubungan positif terhadap konsumsi listrik yang secara statistik signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi, maka akan meningkatkan konsumsi energi listrik [2]. Pertumbuhan ekonomi di Sumatera Utara dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Dengan pertumbuhan ekonomi ini dapat mempengaruhi dari konsumsi energi listrik yang ada di Sumatera Utara. Pertumbuhan ekonomi ini dapat dilihat dari Produk Domestik Regional Bruto HK 2010 Provinsi Sumatera Utara.

Pertumbuhan industri memiliki hubungan positif secara tidak signifikan dengan konsumsi listrik. Walaupun pertumbuhan industri ini memiliki pertumbuhan yang tidak cenderung meningkat dari tahun ke tahun, tapi pertumbuhan industri dapat menjadi faktor dari konsumsi energi listrik [2]. Walaupun pertumbuhan industri di Sumatera Utara dari tahun ke tahun tidak cenderung mengalami peningkatan yang signifikan.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka kita harus mengetahui kebutuhan energi listrik dalam beberapa tahun kedepan. Dengan cara membuat perkiraan kebutuhan (*demand forecast*) energi listrik. Perkiraan kebutuhan energi listrik merupakan langkah awal dalam menyusun perencanaan pertumbuhan sistem kelistrikan. Dalam membuat perkiraan kebutuhan energi listrik, sebaiknya menggunakan metode yang menghasilkan *output* lebih mendekati hasil pada realisasinya, serta dapat dipertanggungjawabkan. Hasil perkiraan yang terlalu rendah (*under estimate*) mengakibatkan akan terjadinya pemadaman bergilir serta

pasokan energi listrik tidak mencukupi untuk kebutuhan kehidupan masyarakat. Dan jika hasil perkiraan yang terlalu tinggi (*over estimate*) mengakibatkan investasi yang terlalu besar dan dapat merugikan perusahaan tersebut [3].

Oleh karena itu, perkiraan kebutuhan energi listrik ini memiliki peranan yang sangat penting dan mendasar dalam menyusun rencana pengembangan sistem ketenagalistrikan disuatu daerah atau wilayah. Untuk menunjang hal tersebut perlu memilih metode yang sesuai dan mudah dalam pelaksanaan perhitungannya.

Berdasarkan uraian di atas, dalam tesis ini akan dilakukan penelitian tentang “*Analisis Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Di Sumatera Utara Pada Tahun 2032 Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*”.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas, di dalam tesis ini akan mengidentifikasi masalah-masalah yang ada yaitu sebagai berikut:

1. Pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan industri mengakibatkan kebutuhan energi listrik terus meningkat dari tahun ke tahun. Maka perlu membuat perkiraan kebutuhan energi listrik jangka panjang untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, dan industri.
2. Dalam membuat perkiraan kebutuhan energi listrik perlu menggunakan metode yang dapat mendekati hasil sesuai nyatanya.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan yang dibahas adalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan PT. PLN (Persero) yaitu pertumbuhan penduduk, ekonomi PDRB Harga Konstan 2010, industri dan konsumsi energi listrik di Sumatera Utara dari tahun 2013 sampai 2017.
3. Penelitian ini tidak membahas tentang perbandingan perkiraan konsumsi energi listrik yang sudah pernah dibahas oleh peneliti sebelumnya.

1.4 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam tesis ini adalah :

1. Bagaimana faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik?
2. Bagaimana perkiraan konsumsi energi listrik di Sumatera Utara sampai tahun 2032 menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* ?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tesis ini adalah :

1. Menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik.
2. Menganalisa perkiraan konsumsi energi listrik di Sumatera Utara sampai tahun 2032 menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian tesis ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa, dapat mengetahui bagaimana cara membuat perkiraan konsumsi energi listrik menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* dan faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik sehingga dapat diaplikasikan penggunaannya ke masyarakat sebagai wujud penerapan ilmu yang didapat selama masa perkuliahan.
2. Bagi Universitas, dapat dijadikan sebagai referensi bahan bacaan di perpustakaan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik di Sumatera Utara dan perkiraan konsumsi energi listrik di Sumatera Utara pada tahun 2032.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR, DAN HIPOTESIS

2.1 Kajian Pustaka

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk, dan pertumbuhan ekonomi, maka kebutuhan energi listrik akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini sejalan dengan aktifitas kehidupan masyarakat yang bergantung pada ketersediaan pasokan energi listrik. Oleh karena itu perlu adanya penyediaan pasokan energi listrik dalam jumlah yang cukup serta handal dengan harga yang terjangkau untuk kebutuhan masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka kita harus mengetahui kebutuhan energi listrik dalam beberapa tahun kedepan. Dengan cara membuat perkiraan kebutuhan (*demand forecast*) energi listrik.

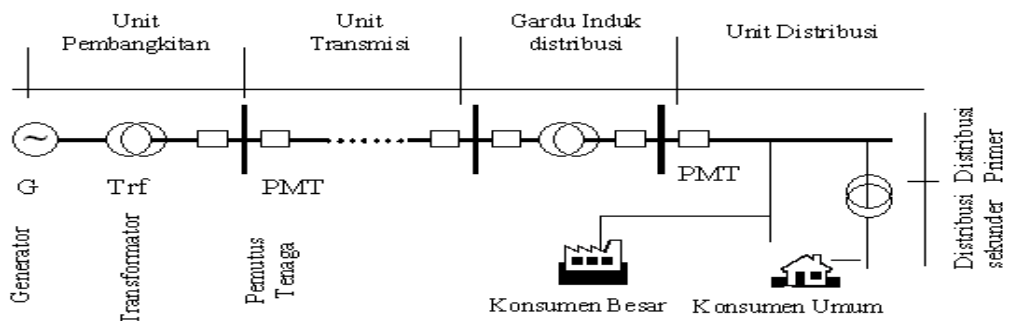
2.1.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik di Indonesia pada umumnya dibangkitkan oleh pusat-pusat tenaga listrik seperti, Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA), Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), dan Pusat Listrik Tenaga Diesel (PLTD), kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan yang ada dipusat listrik. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui transmisi, maka sampailah tenaga listrik di Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan menjadi tegangan menengah atau yang juga

disebut tegangan distribusi primer. Jaringan setelah keluar dari GI disebut jaringan distribusi, sedangkan jaringan antara pusat listrik dengan GI disebut jaringan transmisi [3].

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer, kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu tiang menjadi tegangan rendah dengan tegangan 380/220 volt, kemudian disalurkan melalui jaringan tegangan rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) melalui sambungan rumah. Pelanggan yang mempunyai daya tersambung besar tidak dapat disambung melalui jaringan tegangan rendah, melainkan disambung langsung pada jaringan tegangan menengah bahkan ada pula yang disambung pada jaringan transmisi tegangan tinggi tergantung besarnya daya tersambung.

Setelah tenaga listrik melalui jaringan tegangan menengah, jaringan tegangan rendah dan sambungan rumah, maka tenaga listrik selanjutnya melalui alat pembatas daya dan KWH meter. Instalasi PLN pada umumnya harus sampai dengan KWH meter dan sesudah KWH meter instalasi pada umumnya adalah instalasi milik pelanggan. Proses penyampaian tenaga listrik dari pusat-pusat listrik ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses Penyampaian Tenaga Listrik

Maka besar kecilnya konsumsi tenaga listrik ditentukan oleh para pelanggan yaitu tergantung bagaimana pelanggan akan menggunakan alat-alat listriknya kemudian PLN harus mengikuti kebutuhan tenaga listrik para pelanggan, dalam arti menyesuaikan daya listrik yang dibangkitkan dari waktu ke waktu.

2.1.2 Beban Sistem

Beban sistem tenaga di dalam suatu daerah tergantung pada kegiatan komersial, industri dan pemukiman yang juga dipengaruhi oleh keadaan cuaca. Kegiatan-kegiatan khusus keagamaan dan sosial juga memberi pengaruh pada hari-hari tertentu. Pengetahuan mengenai sifat beban dari kelompok pelanggan yang beragam tersebut akan sangat membantu dalam proses prakiraan beban sistem tenaga. Beban sistem tenaga terdiri dari beberapa kelompok pelanggan. Tiap kelompok pelanggan memiliki sifat-sifat yang khas [3]. Untuk merencanakan suatu sistem distribusi tenaga listrik maka salah satu hal yang harus diperhatikan merupakan beban listrik. Untuk mengetahui beban listriknya ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

a. Jenis Beban Listrik

Jenis beban listrik menurut daerah biasanya digolongkan banyak hal, yaitu:

- 1) Berdasarkan lingkungan atau lokasi yaitu beban pusat perkantoran, beban perumahan, beban perumahan luar kabupaten, beban pedesaan.
- 2) Berdasarkan jenis pelanggan yaitu pelanggan umum dan pelanggan industri.

- 3) Berdasarkan jadwal pelayanan yaitu, beban penerangan jalan, beban perkantoran, beban industri
- 4) Berdasarkan jenis pelanggan

- a) Beban Perumahan

Beban perumahan merupakan beban yang dilayani oleh trafo distribusi yang terdiri dari seluruh atau sebagian besar merupakan tempat tinggal penduduk. Pada beban perumahan kebutuhan maksimum biasanya berlangsung di malam hari jam 17:00-22:00 dan biasanya sangat bervariasi sesuai dengan kebiasaan penduduk setempat dalam mengkonsumsi energi listrik.

- b) Beban Usaha Bisnis

Beban usaha bisnis merupakan beban pelanggan yang terdiri dari suatu kelompok perdagangan atau usaha seperti pertokoan, rumah makan, dan lain sebagainya. Pada umumnya beban komersial ini terletak di pusat kabupaten. Beban puncak umumnya terjadi pada pagi hari sekitar pukul 09:00 sampai malam hari kira-kira 21:00. Hal ini umumnya terjadi karena kegiatan usaha beroperasi pada siang hingga malam hari.

- c) Beban Sosial (Publik)

Beban sosial merupakan beban pelanggan yang terdiri dari tempat-tempat sosial seperti rumah sakit, sekolah, tempat beribadah dan lain sebagainya. Beban puncak umumnya terjadi pada siang hari dan malam hari.

- d) Beban Industri

Beban industri merupakan beban pelanggan yang terdiri dari kelompok pabrik-pabrik atau industri. Beban ini biasanya terpisah dari perumahan

penduduk untuk mencegah terjadinya fluktuasi tegangan yang sering terjadi di industri yang mengganggu peralatan rumah tangga setempat. Beban yang biasanya terdapat di industri berupa lampu sebagai penerangan dan motor-motor listrik. Kapasitas daya yang digunakan oleh industri pada umumnya lebih besar dibandingkan dengan pelanggan lainnya. Beban puncak biasanya terjadi pada siang hari karena motor-motor listrik beroperasi atau memproduksi pada saat-saat tersebut. Prakiraan kebutuhan energi listrik untuk industri didasarkan pada:

1. Prakiraan pelanggan dan besarnya konsumsi energi listrik
2. Jumlah konsumsi energi pelanggan industri

e) Beban Pemerintahan

Beban pemerintahan merupakan jenis beban yang digunakan untuk instansi pemerintahan dan penerangan jalan. Beban biasanya digambarkan dalam kurva dengan sumbu waktu.

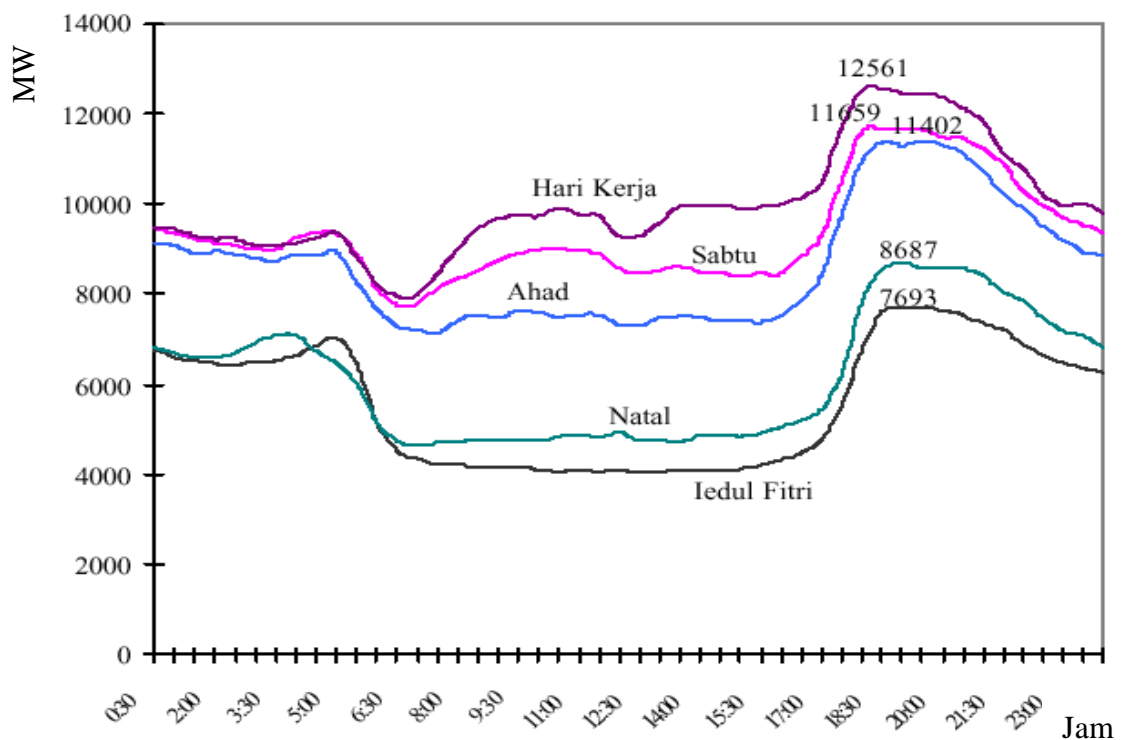
f) Komersial

Untuk kebutuhan energi listrik untuk sektor komersial dapat diperkirakan berdasarkan prakiraan jumlah pelanggan, rasio jumlah pelanggan terhadap jumlah penduduk, rasio konsumsi per pelanggan dan konsumsi energi.

Pola konsumsi listrik masing-masing kelompok itu sangat khas dan puncaknya terjadi tidak bersamaan. Sebagai contoh, beban pemukiman yang kebanyakan terdiri dari lampu penerangan perumahan, peralatan rumah tangga yang mengkonsumsi listrik seperti radio, televisi, lemari pendingin, penyejuk ruangan dan sebagainya, memiliki beban puncak yang terjadi di malam hari. Bebannya rendah di luar periode tersebut. Pada kelompok beban komersial seperti

perkantoran, rumahsakit, hotel, pertokoan dan sebagainya adalah kebalikannya. Bebannya lebih merata sepanjang hari, memiliki dua puncak yaitu pada pagi dan malam hari. Beban industri baik industri kecil dan industri berat bekerja dalam satu atau tiga shift sehari, dapat dikatakan hampir rata sepanjang hari. Penerangan jalan, perusahaan air minum dan drainase termasuk kelompok beban kotapraja. Penerangan jalan yang merupakan bagian utamanya hampir rata selama lampu dinyalakan yaitu mulai pukul 6 sore hingga 6 pagi.

Siklus harian lazim ada di semua sistem tenaga. Tingkat pemakaian listrik pada hari kerja lebih tinggi dibanding pada hari libur dan minggu (ahad). Dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Contoh variasi beban pada hari kerja dan hari libur.

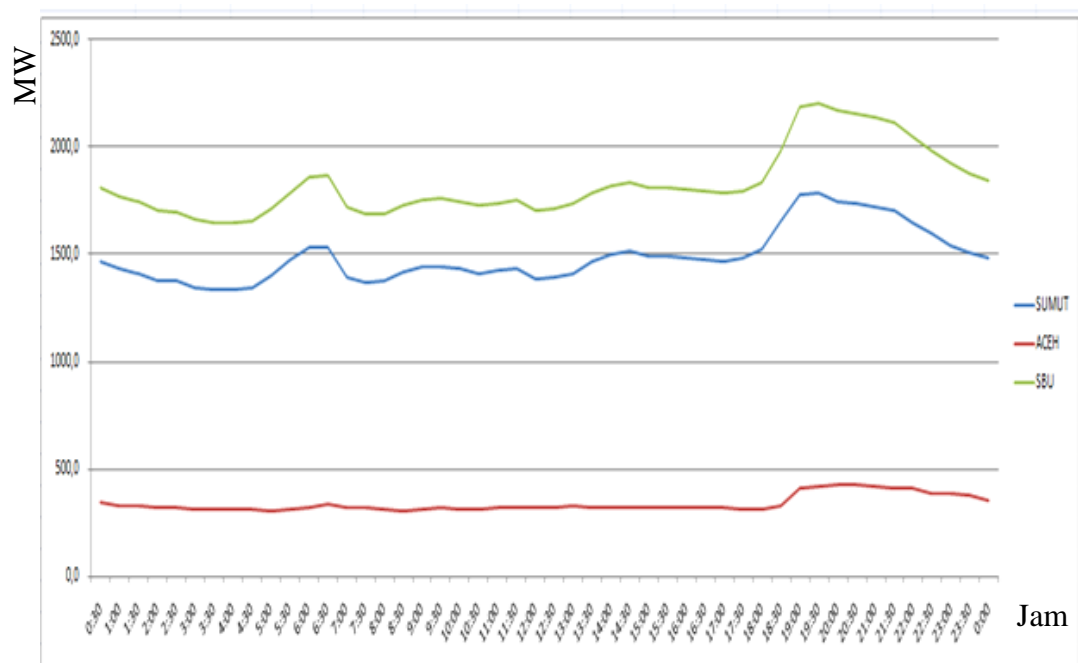
Dari Gambar 2.2 diatas dapat dilihat bahwa pemakaian energi listrik pada hari kerja lebih tinggi dibandingkan hari libur biasa. Sedangkan pada hari libur besar nasional seperti hari besar keagamaan, pemakaian listrik dapat turun hampir

mencapai 50% dari hari kerja. Hal ini butuh perhatian khusus karena semakin rendah beban konsumen, maka akan menyebabkan tegangan yang semakin tinggi. Baik pada ekstra tinggi, tegangan tinggi, bahkan sampai ke tegangan menengahnya.

b. Kurva Beban

Kurva beban sistem merupakan hasil dari penjumlahan kelompok-kelompok beban tersebut. Kurva beban sistem disebut juga kurva beban harian. Dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Grafik Pembebanan SUMBAGUT 14 Agustus 2019



Gambar 2.3 Kurva Beban Sistem

Di negeri empat musim belahan bumi utara dan selatan, siklus tingkat pemakaian listrik mengikuti musim. Pemakaian listrik pada musim panas berbeda dengan pada musim dingin. Sebagai contoh di Sistem Jawa Bali siklus musim

tidak dikenal. Pada dua minggu sekitar hari raya Idul Fitri serta dua minggu sekitar Natal dan Tahun Baru, pemakaian listrik menurun tinggal 80 %.

c. Karakteristik Beban Listrik

Karakteristik beban merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam perencanaan operasi sistem tenaga listrik. Dengan karakteristik beban, maka pengoperasian sistem tenaga listrik dapat diatur sedemikian rupa sehingga dapat diharapkan suatu operasi sistem tenaga listrik yang optimal. Dalam mempelajari karakteristik beban listrik ada beberapa istilah yang perlu diketahui, yaitu:

1. Beban terpasang

Semua beban yang mungkin dipasang pada suatu sistem, beban terpasang menyatakan kemungkinan kebutuhan beban paling besar.

2. Beban maksimum

Kebutuhan keseluruhan sistem atau instalasi yang paling besar yang terjadi pada selang waktu tertentu.

3. Faktor kebutuhan

Perbandingan antara beban maksimum suatu sistem dengan keseluruhan beban yang terpasang pada sistem tersebut.

4. Faktor beban

Faktor beban merupakan perbandingan antara daya nyata yang dibangkitkan dengan daya maksimum yang dapat dihasilkan selama selang waktu sama.

5. Faktor daya

Faktor daya merupakan perbandingan antara daya nyata dengan daya semu yang dibutuhkan beban kelistrikan.

d. Beban Harian

Faktor beban harian, bervariasi menurut karakteristik dari daerah beban tersebut, apakah daerah pemukiman, daerah industri, perdagangan ataupun gabungan dari bermacam pemakai/pelanggan, juga bagaimana keadaan cuaca atau juga apakah hari libur dan sebagainya.

2.1.2.1 Analisa Beban Sistem

Beban sistem tenaga listrik merupakan pemakaian tenaga listrik dari para pelanggan listrik. Oleh karenanya, besar kecilnya beban beserta perubahannya tergantung pada kebutuhan para pelanggan akan tenaga listrik. Tidak ada perhitungan eksak mengenai besarnya beban sistem pada suatu saat, yang bisa dilakukan hanyalah membuat prakiraan beban. Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik harus selalu diusahakan agar daya yang dibangkitkan sama dengan beban sistem.

Maka masalah perkiraan beban merupakan masalah yang sangat menentukan bagi perusahaan listrik baik segi manajerial maupun bagi segi operasional. Oleh karena itu perlu mendapat perhatian khusus, untuk dapat membuat prakiraan beban yang sebaik mungkin maka perlu dianalisis beban sistem tenaga listrik yang sudah terjadi di masa lalu.

Menurut Djiteng Marsudi (2006) pembagian kelompok prakiraan beban yaitu:

1. Prakiraan beban jangka panjang

Perkiraan beban jangka panjang adalah untuk jangka waktu di atas satu tahun. Dalam perkiraan beban jangka panjang masalah-masalah makro

ekonomi yang merupakan masalah ekstern perusahaan listrik merupakan faktor utama yang menentukan arah perkiraan beban.

2. Prakiraan beban jangka menengah

Perkiraan beban jangka menengah adalah untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengan satu tahun. Poros untuk perkiraan beban jangka menengah adalah perkiraan beban jangka panjang.

3. Prakiraan beban jangka pendek

Perkiraan beban jangka pendek adalah untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu (168 jam). Dalam perkiraan beban jangka pendek batas atas untuk beban maksimum dan batas bawah untuk beban minimum yang ditentukan dalam perkiraan beban jangka menengah.

2.1.2.2 Prakiraan Beban Tenaga Listrik

Pada proses perencanaan pengembangan sistem tenaga listrik yang dapat memberikan informasi kepada pembuat kebijakan sehingga dengan prakiraan yang baik akan dapat mengurangi resiko pembangunan yang tidak dibutuhkan. Kebutuhan tenaga listrik suatu daerah tergantung dari letak daerah, jumlah penduduk, standar kehidupan, rencana pembangunan atau pengembangan daerah dimasa yang akan datang. Sehingga dalam prakiraan diperlukan data yang mencakup perkembangan daerah, tingkat perekonomian daerah maka dapat digunakan jumlah Produk Domestik Regional Bruto, kemudian jumlah penduduk daerah tersebut, dan sebagainya [4].

Prakiraan kebutuhan tenaga listrik yang kurang tepat (lebih rendah dari permintaan) dapat menyebabkan kapasitas pembangkit tidak mencukupi untuk

melayani konsumen yang dapat merugikan perekonomian negara. Bila prakiraan terlalu besar dari permintaan maka akan mengalami kelebihan pembangkitan yang merupakan pemborosan karena listrik tidak dapat disimpan. Agar gambaran akan kebutuhan energi listrik dan kebijakan energi listrik dapat diketahui, maka perlu kiranya untuk melakukan perkiraan kebutuhan energi listrik. Karena kebutuhan daya oleh konsumen terus berubah sepanjang waktu, maka untuk mempertahankan frekuensi yang konstan, daya yang dibangkitkan di pusat listrik harus diubah-ubah sepanjang waktu untuk menyesuaikan daya tersebut dengan kebutuhan konsumen agar frekuensi bisa konstan.

Pengaturan pembangkitan tenaga listrik yang berubah-ubah untuk mengikuti perubahan kebutuhan daya konsumen memerlukan perencanaan operasi pembangkitan yang cukup rumit dan menyangkut biaya bahan bakar yang tidak kecil, diperlukan prakiraan beban atau prakiraan kebutuhan daya konsumen sebagai dasar perencanaan operasi. Tidak ada rumus yang eksak untuk membuat perkiraan beban yang umumnya mengacu kepada statistik masa lalu dan atas dasar analisis karakteristik beban yang lalu.

Salah satu faktor yang sangat menentukan dalam membuat rencana operasi sistem tenaga listrik adalah perkiraan beban yang akan dialami oleh sistem tenaga listrik yang bersangkutan. Namun pada umumnya pemakaian energi listrik konsumen sifatnya periodik maka grafik pemakaian tenaga listrik atau lazimnya dibuat sebagai grafik beban dari sistem tenaga listrik juga mempunyai sifat periodik.

Grafik beban secara perlahan-lahan berubah bentuknya baik kuantitatif maupun kualitatif. Perubahan ini antara lain disebabkan oleh:

1. Bertambahnya jumlah konsumen tenaga listrik
2. Bertambahnya konsumsi tenaga listrik dari konsumen lama, misalnya karena dia membeli peralatan listrik tambahan.
3. Suhu udara, kalau suhu udara tinggi maka pemakaian alat-alat penyejuk udara bertambah dan ini menambah pemakaian tenaga listrik.
4. Kegiatan ekonomi masyarakat.
5. Kegiatan sosial masyarakat, sebagai contoh adanya pertandingan olahraga seperti bulu tangkis, tinju, sepak bola dan lain sebagainya. Hal ini akan menimbulkan kenaikan beban.

Dari uraian di atas dapatlah dimengerti bahwa tidaklah mungkin ditemukan rumus yang eksak untuk menentukan besarnya beban. Tetapi beban dapat diperkirakan besarnya berdasarkan pengalaman-pengalaman dan pengamatan-pengamatan di masa lalu kemudian diadakan perkiraan untuk masa yang akan datang.

2.1.3 Konsep Dasar Perkiraan (*Forecasting*)

Pada beberapa tulisan mengenai *forecasting*, terkadang diartikan sebagai peramalan atau prakiraan atau perkiraan, namun sebenarnya mempunyai pengertian yang sama yaitu memprediksi suatu nilai dimasa yang akan datang. Memprediksi masa depan itu pada dasarnya sangat sulit (Nils Bohr). Membuat prakiraan (*forecasting*) kebutuhan tenaga listrik merupakan langkah awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam membuat rencana pengembangan sistem ketenagalistrikan yang meliputi pembangkit, penyaluran dan distribusi. Kebutuhan tenaga listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain

pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, energi substitusi, kemampuan disisi pasokan, dan di beberapa negara dipengaruhi juga oleh harga jual listrik kepada pelanggan, faktor musim, perubahan struktur ekonomi, dan sebagainya [3].

2.1.3.1 Peran Perkiraan Dalam Perencanaan

Perkiraan merupakan proses awal dari rangkaian kegiatan penyusunan perencanaan dan mempunyai posisi strategis serta menjadi bagian yang sangat penting. Tanpa ada data perkiraan kebutuhan listrik, maka perencanaan tambahan kapasitas sistem kelistrikan tidak dapat dilakukan. Selain sebagai dasar dalam proses perencanaan sistem kelistrikan, perkiraan kebutuhan listrik juga digunakan sebagai dasar dalam penyusunan masterplan distribusi, perencanaan kepegawaian, perencanaan fasilitas, proyeksi keuangan dan lain sebagainya.

Bila dilihat dari horizon waktu, maka prakiraan kebutuhan listrik di PLN dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu:

- a. Jangka pendek sampai dengan 2 tahun, yaitu mulai harian, mingguan, bulanan, hingga tahunan, biasa digunakan untuk perencanaan operasional. Sedangkan periode 1 sampai dengan 2 tahunan biasa digunakan untuk perencanaan anggaran (RKAP).
- b. Jangka menengah 3 sampai 5 tahun, digunakan untuk perencanaan strategi korporat, pembangkit skala kecil dan untuk masterplan sistem distribusi.
- c. Jangka panjang 10 tahun, digunakan untuk perencanaan pengembangan sistem pembangkitan, transmisi dan gardu induk, sebagaimana produk RUPTL. Jangka panjang 20 sampai 50 tahun, digunakan untuk menyusun

master plan pengembangan sistem.

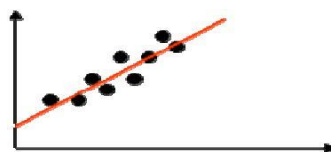
Perlu diketahui bahwa semakin panjang jangka waktu prakiraan, maka akan semakin sulit diprediksi dan ketidakpastiannya akan semakin besar. Sebagai usaha untuk mendapatkan angka prakiraan yang lebih tepat, perlu dilakukan kajian mendalam data historisnya dan secara terus menerus dilakukan tinjauan terhadap asumsi yang digunakan (*review* dan *updating*). Langkah *review* dan *updating* prakiraan kebutuhan listrik jangka menengah dan jangka panjang, sebaiknya dilakukan minimal setiap satu tahun sekali, terlebih bila ada gejala cukup ekstrim baik internal maupun eksternal yang dapat mempengaruhi angka prakiraan kebutuhan listrik.

2.1.3.2 Data Statistik

Kualitas dan pola perilaku sekumpulan data dalam statistik, sangat berpengaruh pada tingkat ketelitian hasil prakiraan (*forecasting*). Oleh karena itu, sebelum melakukan proses prakiraan, perlu dipelajari terlebih dahulu data runtun waktu yang tersedia. Dengan mengamati data runtun waktu, akan terlihat beberapa komponen yang mempengaruhi suatu pola data masa lalu dan sekarang, yang cenderung berulang dimasa mendatang [5].

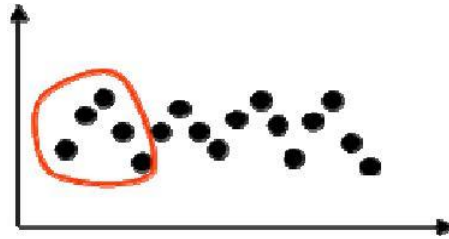
Terdapat beberapa pola data runtun waktu yang sering terjadi yaitu:

1. Trend, yaitu komponen jangka panjang yang mendasari pertumbuhan (atau penurunan) suatu data runtun waktu. Dapat dilihat pada Gambar 2.4.



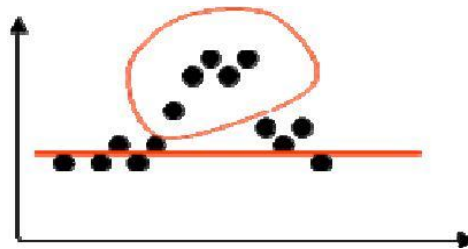
Gambar 2.4 Kurva Pola Trend

2. Musiman (seasonal), yaitu fluktuasi musiman yang sering dijumpai pada data kuartalan, bulanan atau mingguan. Dapat dilihat pada Gambar 2.5.



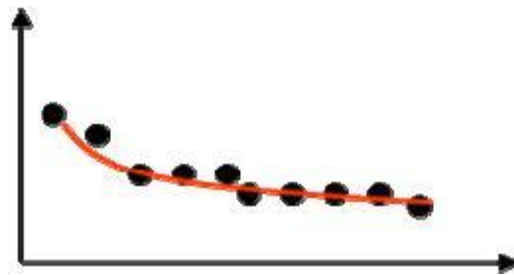
Gambar 2.5 Kurva Pola Musiman

3. Siklikal (cyclical), yaitu suatu pola fluktuasi atau siklus dari data runtun waktu akibat perubahan kondisi ekonomi, dan sebagainya. Dapat dilihat pada Gambar 2.6.



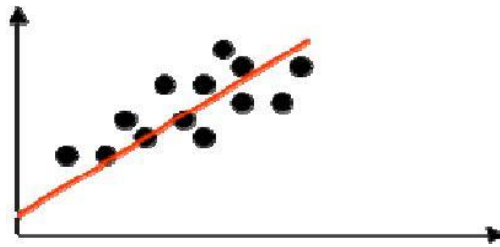
Gambar 2.6 Kurva Pola Siklikal

4. Autokorelasi adalah korelasi yang terjadi antar observasi dalam satu variabel. Korelasi ini terjadi antar waktu atau individu. Umumnya kasus autokorelasi banyak terjadi pada data time series, artinya kondisi sekarang dipengaruhi waktu lalu. Dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kurva Autokorelasi

5. Tak beraturan (irregular), yaitu pola acak yang disebabkan oleh peristiwa yang tidak dapat diprediksi atau tidak beraturan, seperti perang, pemogokan, pemilu, atau longsor maupun bencana alam lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kurva Tak Beraturan

2.1.3.3 Metode Prakiraan

Metode prakiraan (*forecasting*) merupakan salah satu teknik untuk memprediksi atau memprakirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data atau informasi masa lalu maupun saat ini, baik secara matematik maupun statistik. Ketepatan suatu prakiraan yang dibuat, sangat dipengaruhi oleh metode yang digunakan dan kualitas data/informasi yang tersedia. Selama data yang digunakan tidak baik atau kurang meyakinkan, maka prakiraan yang dihasilkan juga akan sulit dipercaya ketepatannya [6].

Secara umum, metode prakiraan (*forecasting*) dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yaitu :

a. Metode kuantitatif atau *objective methods*.

adalah suatu prakiraan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu, disertai rangkaian kaidah matematis untuk memprediksi atau meramalkan suatu nilai dimasa depan. Metode kuantitatif terdiri dari beberapa macam antara lain: metode seri waktu, metode kausal dan kombinasi dari keduanya, metode jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*), metode *fuzzy inference system* serta kombinasi dari metode jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) dengan *fuzzy inference system* yaitu metode *adaptive neuro fuzzy inference system*. Model regresi, trend, dan ekonometri termasuk didalam kelompok ini.

b. Metode kualitatif atau *Subjective (judgmental) methods*.

adalah prakiraan yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Hasil prakiraan yang dibuat sangat bergantung kepada orang yang menyusun karena berdasarkan pada pemikiran yang bersifat intuisi, pendapat dan pengetahuan serta pengalaman dari penyusunnya. Metode ini biasanya digunakan karena tidak tersedia data yang representatif sehingga tidak bisa dibuat model matematik yang sesuai.

Sebagaimana diketahui, ada banyak metode dan cara yang dapat digunakan untuk membuat prakiraan kebutuhan listrik. Namun dalam tulisan ini, hanya beberapa metode saja yang akan diuraikan yaitu metode yang masuk dalam kelompok metode kuantitatif yang diperkirakan akan sering digunakan yaitu metode *adaptive neuro fuzzy inference system*. Karena metode *adaptive neuro*

fuzzy inference system ini memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dalam mendekati hasil aslinya.

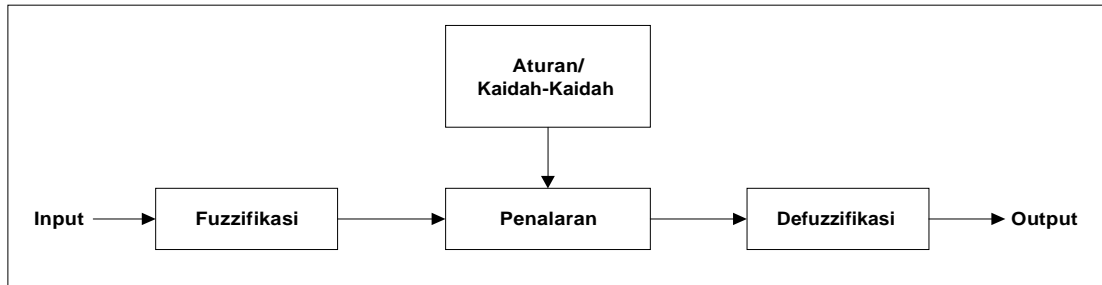
Sistem *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* atau sistem inferensi fuzzy berbasis jaringan adaptif (ANFIS) adalah sejenis jaringan saraf tiruan yang didasarkan pada sistem inferensi fuzzy Takagi-Sugeno. Teknik ini dikembangkan pada awal 1990 an. Karena mengintegrasikan kedua jaringan saraf dan prinsip-prinsip logika fuzzy, sistem ini mempunyai potensi untuk menangkap manfaat keduanya dalam satu kerangka kerja. *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* ini telah digunakan dalam sistem manajemen energi. Sehingga, didalam tesis ini untuk meramalkan perkiraan konsumsi energi listrik menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system*. Dan metode kualitatif, tidak dibahas didalam tulisan ini.

2.1.3.3.1 Fuzzy System

Sistem fuzzy atau *Fuzzy Inference System* (FIS) adalah adalah sistem kendali logika fuzzy yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya dan pengetahuannya. Logika fuzzy adalah logika mengandung unsur ketidakpastian. Pada logika biasa atau logika tegas (crisp) hanya terdapat 2 anggota himpunan nilai yakni salah atau benar, 0 atau 1. Sedangkan logika fuzzy mengenal nilai antara benar dan salah. Kebenaran dalam logika fuzzy dapat dinyatakan dalam derajat kebenaran atau fungsi keanggotaan dalam interval 0 hingga 1[7].

Pada Fuzzy Inference System terdapat beberapa proses mulai dari pemasukan data hingga penarikan kesimpulan. Proses tersebut terdiri dari proses

fuzzifikasi, inferensi (penalaran) dengan memanfaatkan aturan-aturan fuzzy (fuzzy rule), dan defuzzifikasi. Gambaran umum bagan *Fuzzy Inference System* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Proses *Fuzzy Inference System*

2.1.3.3.2 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah pemetaan nilai input yang merupakan nilai tegas ke dalam fungsi keanggotaan himpunan fuzzy, untuk kemudian diolah di dalam mesin penalaran. Fungsi keanggotaan (membership function) dari himpunan fuzzy dapat disajikan dengan dua cara yaitu numerik dan fungsional. Secara numerik himpunan fuzzy disajikan dalam bentuk gabungan derajat keanggotaan tiap-tiap elemen pada semesta.

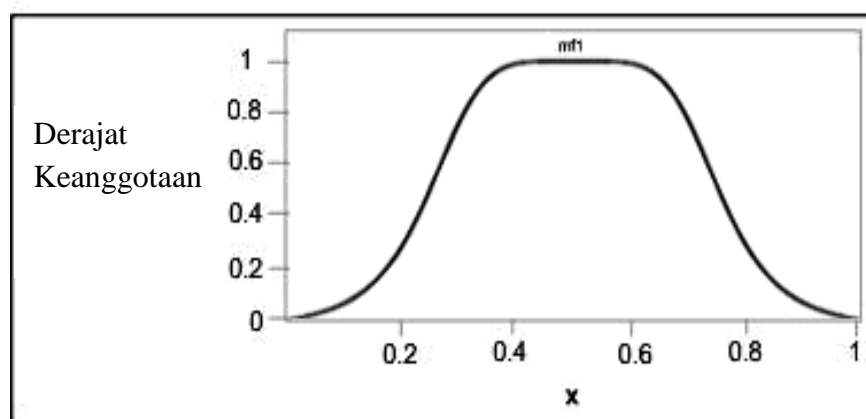
Secara fungsional himpunan fuzzy disajikan dalam bentuk persamaan matematis sehingga untuk mengetahui derajat keanggotaan dari masing-masing elemen dalam semesta pembicaraan memerlukan suatu perhitungan. Pembentukan derajat keanggotaan dapat dilakukan dengan memetakan data secara langsung pada fungsi keanggotaan atau dengan menggunakan data cluster yang kemudian dipetakan pada fungsi keanggotaan [7].

2.1.3.3.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan digunakan untuk mendapatkan derajat keanggotaan dari suatu data terhadap himpunan semesta [6]. Adapun fungsi keanggotaan yang biasa digunakan dalam logika fuzzy adalah sebagai berikut:

1. Fungsi Keanggotaan *Generalized Bell* (GBell)

Bentuk dari fungsi keanggotaan *generalized bell* ditentukan oleh tiga parameter $\{a,b,c\}$ seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Kurva Generalized Bell

Fungsi keanggotaan Generalized Bell (GBell) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$bell(x;a,b,c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

b : nilai bias yang biasanya bernilai positif agar kurva menghadap ke bawah. Jika negatif, maka fungsi keanggotaan akan menjadi *upside-down bell*.

c : nilai mean kurva.

a : standar deviasi yang terbentuk.

2.1.3.3.4 Fuzzy Clustering

Fuzzy clustering merupakan pengelompokan data atau data cluster yang memiliki karakteristik yang hampir sama secara matematis dalam sebuah kelompok atau kelas tertentu. *Membership function* yang akan digunakan pada fuzzy clustering dimodelkan dari data-data yang telah ada. Proses pembentukan membership function ini disebut modeling. Metode fuzzy clustering yang biasa digunakan untuk memodelkan data adalah Fuzzy C-Means (FCM) dan Fuzzy Subclustering [8].

Fuzzy Subclustering merupakan metode pengelompokan data secara tidak terawasi dimana jumlah cluster tidak perlu didefinisikan terlebih dahulu. Berbeda dengan Fuzzy Subclustering, FCM merupakan metode pengelompokan data secara terawasi dimana jumlah cluster harus ditentukan terlebih dahulu sebelum melakukan pengelompokan data.

Konsep dasar FCM pertama kali adalah menentukan pusat cluster pada kondisi awal pusat cluster ini masih belum akurat. Setiap data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap cluster dengan cara memperbaiki pusat cluster dan nilai keanggotaan tiap data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat cluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat.

Sen-Chi Yu (2008) dan Rukli (2013) mengemukakan prosedur perhitungan FCM secara lengkap, yakni:

1. Menentukan matriks X berukuran $n \times m$, dengan n = banyak data yang akan di cluster dan m = banyak variabel (kriteria). Penentuan n dan m disesuaikan dengan kondisi data yang digunakan.
2. Tentukan banyak cluster yang akan dibentuk dimana banyak cluster lebih besar

atau sama dengan 2 ($c \geq 2$).

3. Tentukan bobot pangkat cluster dimana bobot pangkat bernilai lebih besar 1 (pembobot $w > 1$).
4. Tentukan maksimum iterasi yang diinginkan.
5. Tentukan kriteria penghentian ($\varepsilon =$ nilai positif yang sangat kecil).
6. Bentuklah matriks partisi awal U (derajat keanggotaan dalam cluster) dengan matriks partisi awal biasanya dibuat secara acak.
7. Hitung pusat cluster V untuk setiap cluster.
8. Memperbaiki derajat keanggotaan setiap data pada setiap cluster (perbaiki matriks partisi).
9. Tentukanlah kriteria penghentian iterasi, yaitu perubahan matriks partisi pada iterasi sekarang dan iterasi sebelumnya dimana perubahan tersebut sebesar delta: $\Delta = \|U^t - U^{t-1}\|$.
10. Apabila $\Delta < \varepsilon$ maka iterasi dihentikan dan jika tidak lanjutkan menghitung kembali pusat cluster ke- k .
11. Pada akhir proses FCM akan diperoleh suatu pengelompokan data yang terdiri dari nilai center tiap cluster.

Bila fungsi keanggotaan yang digunakan adalah kurva *Generalized Bell* (GBell), maka standar deviasi setiap cluster harus dihitung terlebih dahulu. Nilai fuzzy membership function pada setiap data dapat diperoleh dengan memasukkan data yang telah dinormalkan, nilai center dan standar deviasi cluster ke dalam persamaan kurva GBell. Informasi cluster ini nantinya akan membantu dalam pembangunan FIS model Sugeno yang bisa memodelkan hubungan data input-

output dengan jumlah rule minimum. Definisi sebuah rule diasosiasikan dengan suatu cluster data.

2.1.3.3.5 Inferensi

Pada tahapan ini sistem menalar nilai masukan (input) untuk menentukan nilai keluaran (output) sebagai bentuk pengambil keputusan. Sistem terdiri dari beberapa aturan dimana kesimpulan diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Metode inferensi yang sering digunakan yaitu, metode Mamdani, Sugeno dan Sukamoto. Untuk melakukan proses inferensi, terdapat 3 operasi dasar yang umum digunakan yaitu max, min dan not [6].

2.1.3.3.6 Operasi Himpunan Fuzzy

Operasi-operasi pada himpunan fuzzy pada dasarnya mirip dengan operasi pada himpunan klasik dimana operasi logika AND diganti dengan min, operasi logika OR diganti dengan max, sedangkan operator NOT diganti dengan operasi komplemen pada himpunan tersebut [8].

Operasi dasar himpunan fuzzy adalah sebagai berikut:

1. Operasi “dan” (*Intersection*)

A “dan” B merupakan himpunan fuzzy dari X, ditunjukkan sebagai derajat keanggotaan dari A “dan” B adalah hasil yang diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antara elemen-elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

2. Operasi “atau” (Union)

A “atau” B merupakan himpunan fuzzy dari X, ditunjukkan sebagai derajat keanggotaan dari $A \cup B$ adalah hasil yang diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antara elemen-elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

3. Operasi “tidak” (Complement)

Operasi “tidak” A merupakan himpunan fuzzy dari X, ditunjukkan sebagai derajat keanggotaan dari A' (A komplemen) adalah hasil yang diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

2.1.3.3.7 Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output. Metode defuzzifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *weight average* [7].

Pada metode *weight average* ini mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan, dimana z adalah nilai crisp dan $\mu(z)$ adalah derajat keanggotaan dari nilai crisp z .

2.1.3.3.8 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah struktur jaringan dimana keseluruhan tingkah laku masukan-keluaran ditentukan oleh sekumpulan parameter yang dimodifikasi. Salah satu struktur jaringan neural adalah multilayer perceptrons (MLP) dimana jenis jaringan ini khusus bertipe lajur maju. MLP telah diterapkan dengan sukses untuk menyelesaikan masalah-masalah yang sulit dan beragam dengan melatihnya menggunakan algoritma propagasi balik dari kesalahan atau *Error Back Propagation* (EBP) [9].

Untuk meningkatkan kemampuan pembelajaran, jaringan saraf tiruan dapat bekerja dengan sistem fuzzy. Sistem fuzzy menggambarkan suatu sistem dengan pengetahuan linguistik yang mudah dimengerti. Sistem inferensi fuzzy dapat ditalar dengan algoritma propagasi balik berdasarkan pasangan data masukan-keluaran menggunakan arsitektur jaringan neural. Dengan cara ini memungkinkan sistem fuzzy dapat belajar. Gabungan sistem fuzzy dengan jaringan neural ini biasa disebut dengan sistem Neuro Fuzzy.

2.1.3.3.9 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

Sistem Neuro Fuzzy berstruktur ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* atau biasa disebut juga *Adaptive Network based Fuzzy Inference System*) termasuk dalam kelas jaringan neural namun berdasarkan fungsinya sama dengan *Fuzzy Inference System*. Pada sistem Neuro Fuzzy, proses belajar pada neural network dengan sejumlah pasangan data yang berguna untuk memperbaharui parameter-parameter *Fuzzy Inference System* [6].

Sebagai contoh, untuk model fuzzy Sugeno Orde-Satu, aturan yang umum dengan dua aturan fuzzy IF THEN sebagai berikut:

RULE 1 : IF x is A_1 AND y is B_1 , THEN $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$;

RULE 2 : IF x is A_2 AND y is B_2 , THEN $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$;

dengan x dan y adalah masukan tegas pada node ke i , A_i dan B_i adalah label linguistik (rendah, sedang, tinggi, dan lain-lain) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan yang sesuai, sedangkan p_i , q_i , dan r_i adalah parameter consequent ($i = 1$ atau 2).

Data yang digunakan untuk proses pembelajaran (training) terdiri dari data masukan, parameter ANFIS, dan data test yang berada pada priode training ANFIS yang kemudian dilakukan proses pembelajaran terhadap data-data tersebut sehingga nantinya diperoleh output berupa hasil prediksi.

Training dengan ANFIS menggunakan algoritma belajar hybrid, dimana dilakukan penggabungan metode *Least-Squares Estimator* (LSE) untuk menghitung nilai consequent pada alur maju dan menggunakan *Error Backpropagation* (EBP) dan *gradient descent* pada alur mundur untuk menghitung error yang terjadi pada tiap layer.

ANFIS terdiri dari lima layer. Pada layer pertama terdiri dari proses fuzzifikasi dimana data masukan dan target dipetakan dalam derajat keanggotaannya. Pada layer kedua dan ketiga dilakukan proses inferensi yang digunakan untuk menentukan rule fuzzy menggunakan inferensi Sugeno dimana hasilnya akan diproses pada perhitungan selanjutnya. Pada layer 4 dilakukan proses pencarian nilai consequent dengan menggunakan LSE. Pada layer 5 dilakukan proses summary dari dua keluaran pada layer 4.

Pada ANFIS, Fuzzy Inference System (FIS) terletak pada layer 1, 2, 3 dan 4 dimana FIS adalah sebagai penentu hidden node yang terdapat pada sistem neural network.

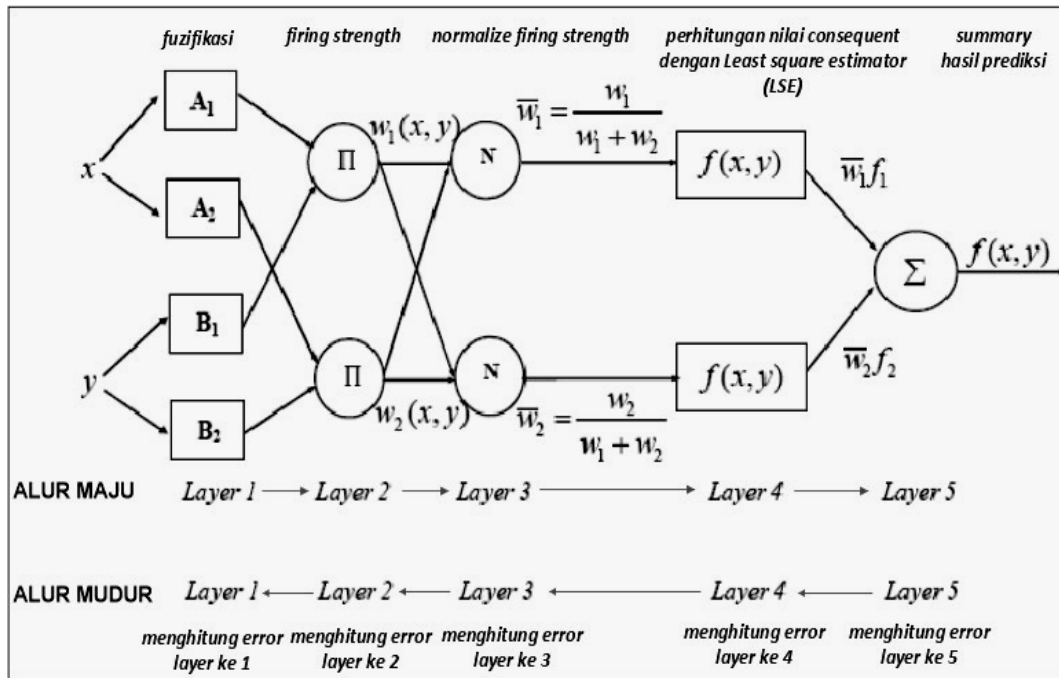
Setelah perhitungan alur maju dilakukan perhitungan alur mundur untuk menghitung nilai error tiap layer dan mengubah nilai parameter masukan menggunakan gradient descent. Proses perhitungan di atas akan berulang terus menerus sampai nilai error memenuhi nilai error maksimum yang telah ditentukan. Alur proses dari sebuah sistem ANFIS yang terdiri dari lima layer digambarkan pada Gambar 2.11.

Berikut ini adalah algoritma Adaptive Neuro Fuzzy Inference System yang digunakan untuk memprediksi data runtun waktu:

1. Melakukan inisialisasi terhadap parameter ANFIS, yaitu laju pembelajaran (η), momentum (α), batasan kesalahan (ϵ), dan maksimum iterasi (MaxEpoch).

Tahap pertama yang dilakukan adalah lajur maju yang berisi beberapa tahap untuk mencari nilai consequent dari aturan yang dibuat dan melakukan penjumlahan terhadap semua masukan pada layer terakhir. Adapun tahapan lajur maju adalah sebagaiberikut:

- a. Setiap node i pada layer satu merupakan node adaptive dengan fungsi node sebagai berikut:



Gambar 2.11 Blok diagram ANFIS

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x), i = 1,2 \text{ atau } O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y), i = 3,4 \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana:

x atau y : masukan dari node i

A_i atau B_i : sebuah label linguistik yang terhubung dengan node i .

$O_{1,i}$: derajat keanggotaan sebuah himpunan fuzzy dengan fungsi kurva Gbell yang terdapat pada persamaan (2.1).

b. Setiap node i pada layer kedua berupa node tetap yang keluarannya adalah hasil dari masukan. Operator yang digunakan adalah operator AND. Tiap-tiap node merepresentasikan α predikat dari aturan ke- i . Keluaran dari layer ini disebut dengan *firing strength*.

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_i}(y), i = 1,2 \dots \dots \dots (2.3)$$

c. Tiap-tiap node pada layer ketiga berupa node tetap yang merupakan hasil penghitungan rasio dari α predikat (w), dari aturan ke- I terhadap jumlah dari

keseluruhan α predikat. Dimana hasilnya dinamakan dengan *normalized firing strength*.

$$O_{3,i} = \hat{w}_i = \frac{w_i}{w_1+w_2}, i = 1,2 \dots\dots\dots(2.4)$$

- d. Tiap-tiap node pada layer keempat merupakan node adaptive terhadap suatu keluaran.

$$O_{4,i} = \hat{w}_i f_i = \hat{w}_i (p_i x + q_i y + r_i), i = 1,2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan wadalah *normalized firing strength* pada layer ketigav { p_i, q_i, r_i } adalah parameter-parameter pada node tersebut yang dinamakan *consequent parameters*.

- e. Menentukan *consequent parameters* dengan menggunakan *recursive least-squares estimator* (LSE resahamif). Berikut ini adalah langkah untuk menentukan nilai consuquent dengan menggunakan LSE resahamif:

- i. Buat matrix A dengan ukuran n x n yang berisi nilai dari keluaran pada layer keempat dan nilai n merupakan jumlah parameter keluaran pada layer keempat.
- ii. Buat matrix Y dengan ukuran n x 1 yang berisi nilai dari target prediksi.
- iii. Melakukan pengulangan dari n+1 sampai data terakhir untuk mendapatkan nilai consequent.

- f. Pada layer kelima memiliki sebuah node yang tetap yang mempunyai tugas untuk menjumlahkan nilai dari semua masukan.

$$O_{4,i} = \sum_i \hat{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \dots\dots\dots(2.6)$$

- g. Berdasarkan arsitektur ANFIS ketika nilai dari parameter *consequent* telah ditetapkan, maka nilai output juga dapat ditetapkan sebagai persamaan linear yang merupakan kombinasi dari parameter consequent. Nilai simbul arsitektur

dinotasikan dengan f .

$$f = (\hat{w}_1x)p_1 + (\hat{w}_1y)q_1 + (\hat{w}_1)r_1 + (\hat{w}_2x)p_1 + (\hat{w}_2y)q_1 + (\hat{w}_1)r_2 \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

f = Hasil Perkiraan;

\hat{w}_1, \hat{w}_2 = Nilai Keluaran Lapisan ke 3;

p, q, r = Nilai *Consequent Parameter* (Variabel Independent);

x, y = Variabel Bebas.

2. Setelah tahap lajur maju selesai, maka selanjutnya dilakukan tahap laju mundur dengan menggunakan Error Backpropagation (EBP) untuk mengecek setiap error pada setiap layer dan menggunakan gradient descent untuk mengubah nilai parameter masukan pada layer pertama. EBP menggunakan metode ordered derivative untuk mencari error pada setiap layer.
3. Menghitung jumlah kuadrat error (SSE) pada layer ke L data ke-p, $1 \leq p \leq N$.
4. Ulangi proses iterasi hingga nilai epoch < Max Epoch dan $E_p >$ batasan kesalahan (err).
5. Setelah melakukan training, dilakukan perhitungan kesalahan hasil prediksi dengan menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), berikut adalah formula yang digunakan:

$$\text{MAPE} = \frac{\sum \frac{a-b}{a}}{n} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

a = data sebenarnya;

b = data prediksi;

n = banyaknya tahun perkiraan.

2.1.4 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Energi Listrik

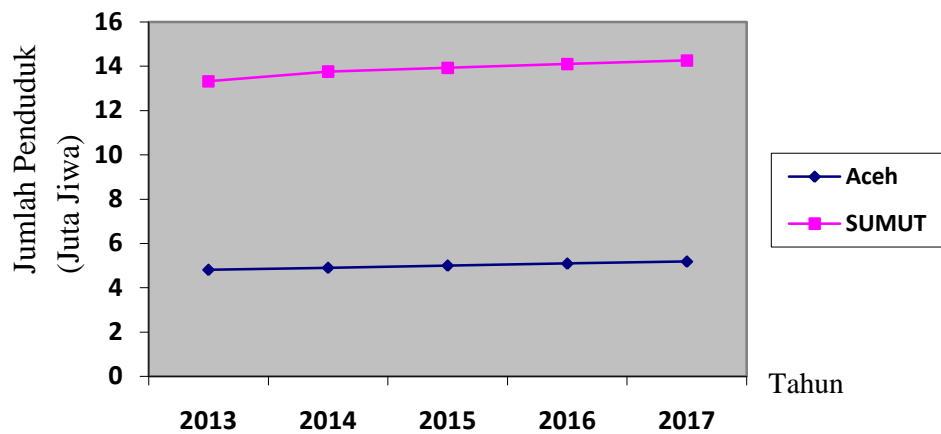
Konsumsi energi listrik sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang dapat membuat pemakaian konsumsi energi listrik itu semakin meningkat dari tahun ke tahun. Secara umum ada beberapa faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik, antara lain:

1. Faktor pertumbuhan jumlah penduduk.
2. Faktor pertumbuhan ekonomi.
3. Faktor pertumbuhan industri

2.1.4.1 Pertumbuhan Jumlah Penduduk.

Semua penduduk pasti memerlukan tenaga listrik untuk menunjang kehidupan sehari-hari sebagaimana yang dialami oleh masyarakat pengguna listrik. Semakin bertambah jumlah penduduk suatu negara/wilayah, maka akan semakin bertambah pula kebutuhan tenaga listrik [10].

Berdasarkan pengalaman selama ini, penambahan jumlah penduduk menjadi salah satu faktor dominan yang mempengaruhi tingkat kebutuhan tenaga listrik selain pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu, dalam membuat perhitungan kebutuhan tenaga listrik, diperlukan data realiasi jumlah penduduk dalam beberapa tahun kebelakang dan proyeksi jumlah penduduk dalam beberapa tahun kedepan [3]. Pertumbuhan penduduk tersebut dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Grafik Pertumbuhan Penduduk di Sumatera Bagian Utara

Gambar 2.12 menunjukkan bahwa pada Sumatera Bagian Utara memiliki 2 provinsi yaitu Sumatera Utara dan Aceh. Pertumbuhan penduduk Sumatera Utara dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, begitu juga dengan pertumbuhan penduduk Aceh. Dengan pertumbuhan penduduk ini dapat mempengaruhi konsumsi energi listrik yang ada di Sumatera Bagian Utara.

Data-data tersebut dapat diperoleh melalui instansi sebagai berikut:

1. Data realiasi jumlah penduduk, diperoleh dari BPS Nasional dan BPS setempat berdasarkan hasil sensus penduduk.
2. Data proyeksi jumlah penduduk, dapat diperoleh melalui buku “Proyeksi Penduduk Indonesia 2010 – 2035”, yang diterbitkan oleh Bappenas, BPS dan UNFPA (*United Nations Population Fund*).

2.1.4.2 Pertumbuhan Ekonomi

Secara sederhana, siklus perekonomian dapat dijelaskan sebagai berikut. Ekonomi berkembang apabila ada peningkatan *output* yaitu berupa barang dan jasa. Peningkatan *output* hanya terjadi jika terdapat investasi yang dilaksanakan secara terus menerus, baik melalui ekspansi maupun investasi baru. Investasi memerlukan modal sehingga tabungan di sektor keuangan (bank) harus dipupuk sebagai alat investasi. Investasi akan meningkatkan *output* dan membuka lapangan kerja baru bagi masyarakat. Belanja pemerintah umumnya bersumber dari pajak dan pendapatan non pajak, yang dapat dikoleksi jika dunia usaha eksis dan tenaga kerja memiliki pendapatan yang cukup. Perdagangan akan terjadi jika barang dan jasa diproduksi, dan sirkulasi ini semua hulunya ada pada investasi [3].

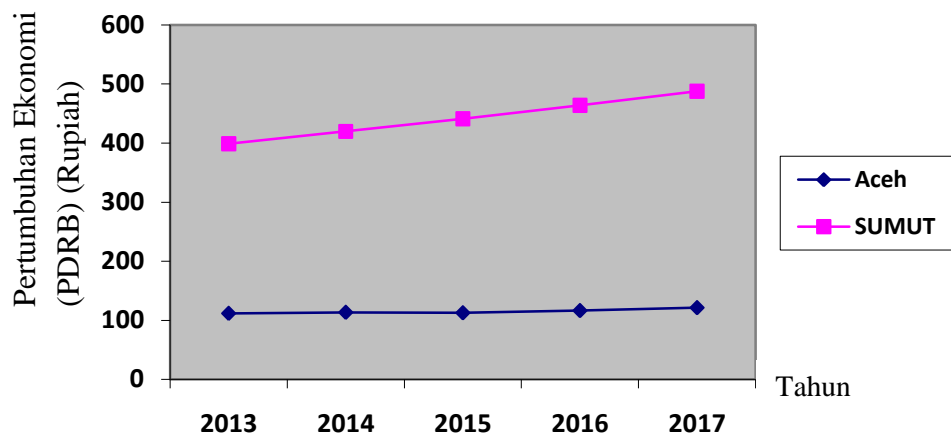
Perkembangan ekonomi suatu negara pada periode tahun tertentu dinyatakan dengan istilah *Gross Domestic Product* (GDP) atau dalam bahasa Indonesia disebut Produk Domestik Bruto (PDB). Jika lingkup wilayah yang dihitung hanya tingkat Provinsi atau Kabupaten/Kota, maka dikenal dengan istilah Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Sebenarnya masih ada beberapa istilah lain seperti *Gross National Product* (GNP), *Gross Domestic Income* (GNI) dan sebagainya. Namun dalam pemakaian selanjutnya untuk menghitung prakiraan kebutuhan listrik hanya PDB dan PDRB, maka yang akan dibahas lebih lanjut hanya kedua istilah tersebut.

Perekonomian suatu negara atau wilayah atau kawasan dikatakan tumbuh jika jumlah produk barang dan jasanya meningkat atau mengalami perkembangan. Laju pertumbuhan ekonomi adalah suatu angka dalam presentase yang

memperlihatkan tinggi rendahnya atau cepat lambatnya pertumbuhan ekonomi suatu negara atau kawasan dalam satu tahun tertentu dibandingkan tahun-tahun sebelumnya.

Tingkat pendapatan masyarakat yang meningkat termasuk pelanggan *existing* yang sudah tersambung ke PLN sebagai akibat dinamika ekonomi yang terus tumbuh, akan menyebabkan peluang untuk membeli peralatan listrik menjadi semakin besar, sehingga konsumsi listriknya akan meningkat pula. Demikian juga pada sektor produksi dan perdagangan, dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi akan terjadi banyak investasi baru maupun perluasan sehingga kebutuhan tenaga listrik juga akan meningkat. Berdasarkan pengalaman selama ini, setiap ekonomi tumbuh 1% akan meningkatkan kebutuhan listrik antara 1% sampai 2%. Artinya, elastisitas pertumbuhan kebutuhan listrik terhadap pertumbuhan ekonomi berkisar antara 1 sampai 2, atau dengan kata lain pertumbuhan ekonomi menjadi salah satu faktor dominan pada peningkatan kebutuhan tenaga listrik.

Fenomena pengaruh pertumbuhan ekonomi terhadap kebutuhan listrik atau sebaliknya pengaruh kesiapan pasokan listrik terhadap tingkat pertumbuhan ekonomi yang dinyatakan dalam persamaan matematis, disebut sebagai ekonometri. Saling keterpengaruhannya kedua variabel tersebut, dapat dinyatakan dalam persamaan regresi berganda dan disebut ekonometri. Pertumbuhan ekonomi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Grafik Pertumbuhan Ekonomi PDRB HK 2010 di Sumatera Bagian Utara

Gambar 2.13. menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi di Sumatera Utara dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, begitu juga dengan pertumbuhan ekonomi di Aceh. Dengan pertumbuhan ekonomi ini dapat mempengaruhi dari konsumsi energi listrik yang ada di Sumatera Bagian Utara. Pertumbuhan ekonomi ini dilihat dari Produk Domestik Regional Bruto HK 2010 Provinsi Sumatera Utara dan Provinsi Aceh (Sumatera Bagian Utara). Walaupun pada tahun 2015 pertumbuhan ekonomi Aceh mengalami penurunan itu tidak akan menjadi efek penurunan dari konsumsi energi listrik di Aceh.

Pada tataran praktis untuk menghitung kebutuhan tenaga listrik, maka diperlukan data realisasi pertumbuhan ekonomi beberapa tahun kebelakang dan proyeksi pertumbuhan ekonomi beberapa tahun kedepan sesuai dengan cakupan periode waktu perencanaan. Data pertumbuhan ekonomi dapat diperoleh pada institusi yang berwenang, sebagai berikut:

1. Data realisasi pertumbuhan ekonomi, dapat diperoleh di BPS Pusat maupun BPS Daerah sesuai dengan lingkup kewenangannya.

2. Data proyeksi pertumbuhan ekonomi kedepan, dapat diperoleh dari Bappenas atau Bappeda setempat, RPJMN, RUKN, dan RAPBN/RAPBD.

2.1.4.2.1 Produk Domestik Bruto (PDB)

Secara sederhana, Produk Domestik Bruto (PDB) atau *Gross Domestic Product* (GDP) adalah hasil total *output* produksi barang dan jasa yang dinyatakan dalam satuan mata uang, dalam suatu wilayah perekonomian (negara) dengan tidak memperhitungkan pemilik faktor produksi, pada satu periode tertentu, misal tahunan atau kuartalan. Jadi jelas bahwa batasannya adalah wilayah dan bukan siapa pemilik faktor produksi serta periode waktu pengamatan. Artinya, produk barang dan jasa tersebut termasuk yang dihasilkan oleh warga asing yang berada di Indonesia dan tidak termasuk yang dihasilkan warga Indonesia yang berada diluar negeri [3].

Berbeda dengan *Gross National Product* (GNP) yang batasannya adalah bukan pada wilayah tetapi pada kewarganegaraan pemilik faktor produksi. Adapun mengenai Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), maka tinjauannya adalah sebatas wilayah Provinsi atau Kabupaten / Kota, pada periode waktu tertentu (misal 1 tahun atau 1 kuartal), dengan bentuk persamaan yang sejenis. Untuk mengukur pertumbuhan ekonomi suatu negara/wilayah/kawasan, maka faktor inflasi atau kenaikan harga barang dan jasa diabaikan, yaitu dengan mengacu pada harga pada tahun tertentu (tahun 2010). Dengan demikian, maka yang dihasilkan adalah murni perubahan kenaikan jumlah produk barang dan jasa. Berdasarkan sektor lapangan usaha, PDB dan PDRB dapat dikelompokkan kedalam 9 lapangan usaha. Dalam konteks untuk menghitung prakiraan kebutuhan

listrik, maka yang diperlukan adalah nilai nominal PDB atau PDRB masa lalu dan proyeksi PDB atau PDRB yang akan datang, menurut harga konstan tahun 2010.

2.2 Kajian Pustaka Yang Relevan

Adapun beberapa penelitian mengenai Perkiraan Konsumsi Energi Listrik yang telah dilakukan sebelumnya yaitu :

1. Menurut Widyaprawati (2012), dalam operasi sistem tenaga listrik diperlukan suatu peramalan beban listrik. Metode yang digunakan dalam meramalkan beban listrik, salah satunya adalah metode ANFIS. Dalam penelitian ini dilakukan peramalan beban listrik jangka pendek yakni peramalan beban listrik mingguan pada sistem kelistrikan Bali. Struktur ANFIS yang dilatih menggunakan model ANFIS Takagi-Sugeno dengan algoritma hybrid, 3 masukan data pelatihan untuk 1 data target, fungsi keanggotaan tipe Gbell dengan 4 fuzzy set, MSE sebesar $1e-04$ dan training epoch sebanyak 540 kali. Hasil peramalan menggunakan metode ANFIS selanjutnya dibandingkan dengan hasil peramalan menggunakan metode ANN. Dari simulasi yang dilakukan, diperoleh MAPE peramalan menggunakan ANFIS sebesar 0,000293275%, sedangkan MAPE peramalan menggunakan ANN sebesar 0,160443776%. Dari hasil perbandingan tersebut, dapat dikatakan bahwa peramalan beban listrik mingguan menggunakan metode ANFIS memiliki tingkat akurasi peramalan yang lebih baik dibandingkan peramalan beban listrik mingguan menggunakan metode ANN [11].
2. Sedangkan menurut A. Hasibuan (2019), sejalan dengan perkembangan sosial ekonomi di kota Subulussalam, maka kebutuhan akan energi listrik dari waktu

ke waktu cenderung semakin meningkat. Hal ini semakin dirasakan dengan meningkatnya jumlah penduduk, pemukiman baru pertokoan, industri-industri, penerangan jalan, lampu hias di taman kota dan lain sebagainya. Seiring bertambahnya kebutuhan energi listrik setiap tahun sangat signifikan maka perlu membuat peramalan untuk mengatasi jumlah kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat. Peramalan ini menggunakan metode regresi linier berganda. Berdasarkan analisis yang dilakukan penelitian ini menyimpulkan bahwa jumlah kebutuhan energi listrik di PT PLN (PERSERO). Kota Subulussalam untuk tahun 2016 sampai dengan 2020 mengalami peningkatan yang cukup signifikan yaitu pada kisaran 3.470.887,446 Kwh untuk tahun 2020 [1].

3. Selanjutnya menurut R. Finata (2015), prakiraan kebutuhan tenaga listrik ini mempunyai peranan yang sangat penting dan mendasar dalam membuat rencana pengembangan sistem ketenagalistrikan disuatu daerah atau wilayah. Maka untuk menunjang hal tersebut perlu dipilih metode yang sesuai dan mudah dalam pelaksanaan perhitungannya. Prakiraan penduduk dan prakiraan pertumbuhan ekonomi dilakukan dengan metode regresi TG (Growth Trend). Prakiraan konsumsi energi listrik di Sumatera Utara dilakukan dengan metode regresi DL (Double Log). Dengan nilai $R=0,991$, $AR=0.988$, $DW=1.29$, $t\text{-value}=2,31$, dan Trend pertumbuhan sebesar 7,21%. Prakiraan pertumbuhan konsumsi energi di Sumatera Utara adalah sebesar kurang lebih 7,21% di tiap tahunnya, dengan jumlah mencapai 19,574 GWh (termasuk susut) pada tahun 2025 [3].

4. Menurut I. Haimi (2010), sebagai sebuah perusahaan yang menangani kebutuhan akan sumber daya listrik di Kota Pekanbaru, Perusahaan Listrik Negara (PLN) haruslah dapat mengetahui secara tepat jumlah permintaan kebutuhan energi listrik pada setiap harinya. Salah satu masalah yang dihadapi Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah bagaimana meramalkan beban listrik dengan akurasi yang baik sehingga PLN dapat memenuhi kebutuhan daya listrik yang diperlukan konsumen dengan kapasitas yang sesuai. Tujuan dari pembuatan penelitian ini adalah membuat sistem yang dapat meramalkan kebutuhan beban listrik jangka pendek menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan memanfaatkan data historis harian bebanlistrik PLN. ANFIS menggabungkan mekanisme sistem inferensi fuzzy yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf dengan menggunakan sistem inferensi Takagi Sugeno Kang (TSK) orde satu. Algoritma pembelajaran pada tahapan maju adalah *Least Squares Estimator* (LSE) *Recursive*, dan tahap mundur menggunakan metode *Gradient Descent*. Berdasarkan hasil pengujian didapat *Mean Absolute Persen Error* (MAPE) peramalan beban listrik adalah $\pm 1,68\%$. Keluaran yang dihasilkan oleh sistem ini dapat diterima dan kesalahan dianggap rendah karena dibawah 20 % [6].
5. Menurut M. Pinem (2014), penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan dan persebaran penduduk di Provinsi Sumatera Utara. Metode yang digunakan adalah analisa data sekunder yang bersifat deskriptif dengan pendekatan keruangan. Sebagai objek penelitian adalah jumlah penduduk, pertumbuhan penduduk, dan persebaran penduduk Sumatera Utara hasil Sensus

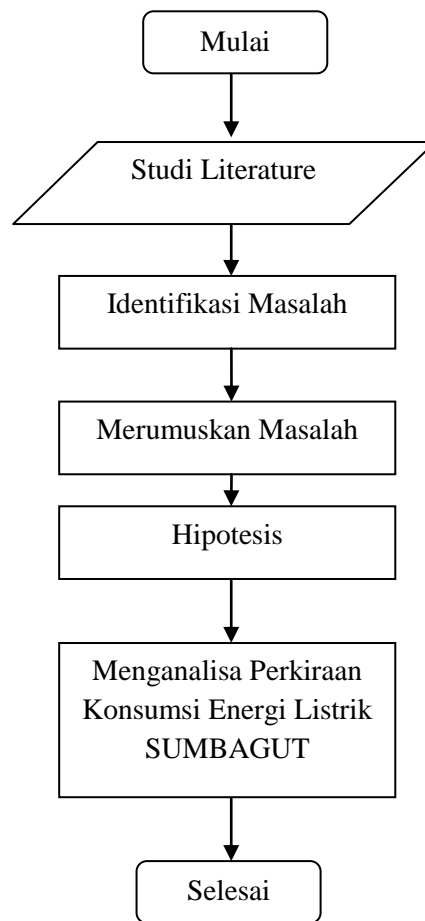
penduduk tahun 2010. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk Provinsi Sumatera Utara dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2010 sebesar 1,22% per tahun. Kabupaten yang paling tinggi pertumbuhan penduduknya adalah Tapanuli Tengah (2,46%), disusul Kabupaten Karo (2,17%), dan Kabupaten Tapanuli Selatan (2,12%), kabupaten/kota yang paling rendah pertumbuhan penduduknya adalah Kota Pematang Siantar (-0,29%), kemudian disusul Toba Samosir (-0,38%), dan Simalungun (-0,46%). Persebaran penduduk Sumatera Utara tidak merata, hampir 62,87% bermukim di daerah Pantai Timur, sedangkan di Pantai Barat 3,05%, dan Nias 4,85% [10].

6. Menurut Azadeh et al (2010), penelitian ini menyajikan sistem inferensi fuzzy berbasis jaringan adaptif (ANFIS) untuk prediksi konsumsi listrik jangka panjang. Enam model diusulkan untuk memperkirakan permintaan listrik tahunan. 104 ANFIS telah dibangun dan diuji untuk menemukan ANFIS terbaik untuk konsumsi listrik. Dua parameter telah dipertimbangkan dalam konstruksi dan pemeriksaan model ANFIS yang masuk akal. Jenis fungsi keanggotaan dan jumlah variabel linguistik adalah dua parameter yang disebutkan. Enam fungsi keanggotaan yang berbeda dipertimbangkan dalam membangun ANFIS, sebagai berikut: fungsi keanggotaan bawaan terdiri dari perbedaan antara dua fungsi keanggotaan sigmoidal (dsig), fungsi keanggotaan kombinasi Gaussian (gauss2), fungsi keanggotaan bawaan kurva Gaussian (gauss), fungsi keanggotaan built-in bell yang berbentuk umum (gbell), fungsi keanggotaan built-in pi berbentuk (pi), psig. Juga, sejumlah variabel linguistik telah dipertimbangkan antara 2 dan 20. Model yang diusulkan terdiri dari

variabel input seperti: Produk Domestik Bruto (PDB) dan Populasi (POP). Enam model berbeda berdasarkan input yang berbeda didefinisikan. Semua ANFIS yang terlatih kemudian dibandingkan sehubungan dengan persentase kesalahan absolut rata-rata (MAPE). Untuk memenuhi kinerja terbaik dari pendekatan berbasis cerdas, data dipra-proses (diskalakan) dan akhirnya output kami adalah pasca-pemrosesan (dikembalikan ke skala semula). Model ANFIS mampu menangani kompleksitas dan ketidakpastian dalam kumpulan data. Untuk menunjukkan penerapan dan keunggulan ANFIS, konsumsi listrik aktual di negara-negara industri termasuk Belanda, Luksemburg, Irlandia, dan Italia dari 1980 hingga 2007 dipertimbangkan. Dengan bantuan model autoregresif, PDB dan populasi pada 2015 diproyeksikan dan kemudian dengan nilai hasil dan model ANFIS terbaik, diperkirakan konsumsi listrik pada 2015 [12].

2.3 Kerangka Berpikir

Untuk membantu dalam penyusunan penelitian ini, maka perlu adanya susunan kerangka berpikir yang jelas tahapannya. Kerangka ini merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penyelesaian masalah yang akan dibahas. Adapun langkah-langkah dari kerangka berpikir dalam penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram *flowchart*, dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. *Flowchart* Kerangka Berpikir

2.4 Hipotesis

Berdasarkan landasan teori dan kerangka berpikir diatas, maka hipotesis penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Hasil perkiraan konsumsi energi listrik dengan metode *adaptive neuro fuzzy inference system* memiliki tingkat error yang kecil yaitu antara 0 % - 1 % terhadap hasil atau daya realisasi PT. PLN(Persero).
2. Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* ini mudah digunakan untuk perkiraan jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang dikarenakan hasilnya mendekati hasil realisasinya.

BAB III

METODE PENELITIAN

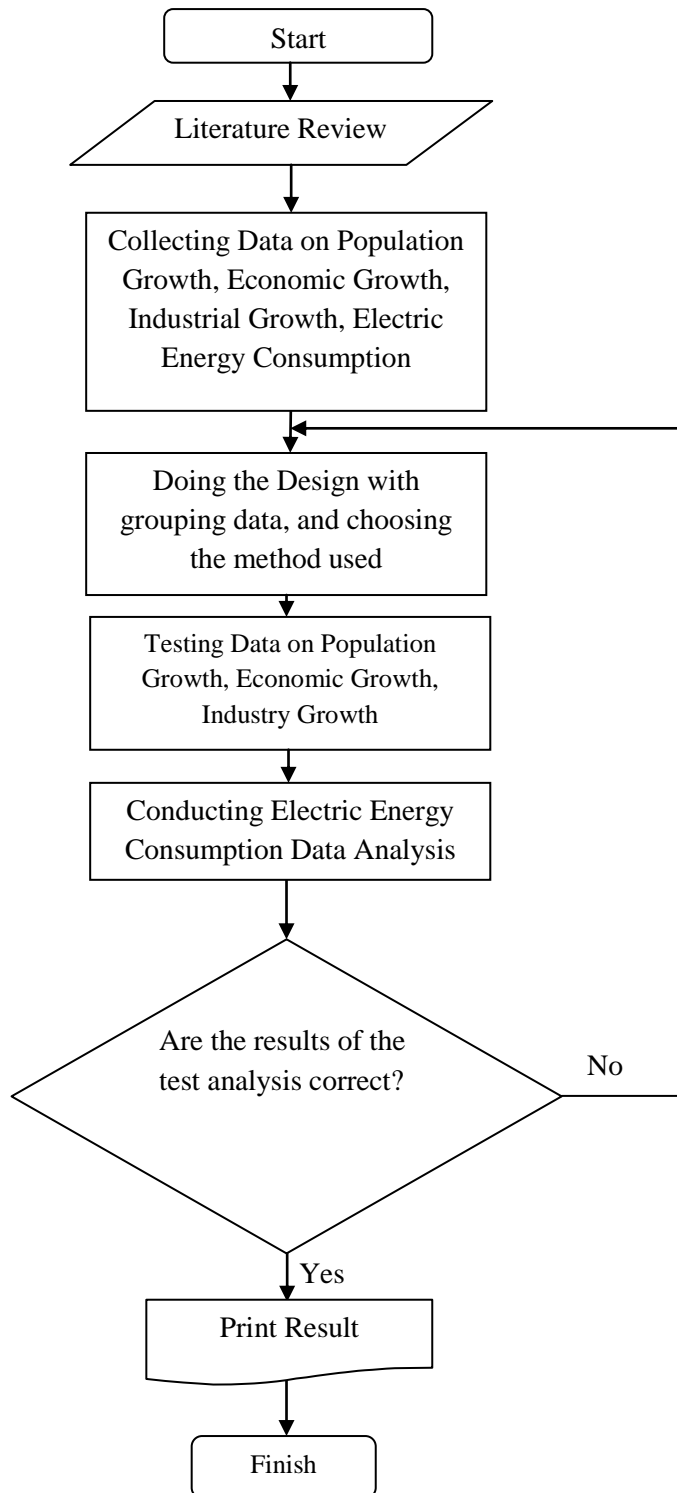
Pada bab ini akan membahas tentang bagaimana langkah-langkah dalam melakukan penelitian mengenai Perkiraan Konsumsi Energi Listrik di Sumatera Utara Pada Tahun 2032.

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 3 bulan dan bertempat di PT. PLN (Persero).

3.2 Rancangan / Desain Penelitian

Adapun proses berlangsungnya rancangan / desain penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram *flowchart* berikut ini :



Gambar 3.1. Diagram alir rancangan/desain penelitian

3.3 Populasi, Sampel, dan Sampling

Populasi adalah keseluruhan obyek atau subyek penelitian. Sedangkan Sampel dan Sampling adalah bagian dari jumlah yang dimiliki oleh populasi serta cara mengambil sampel yang mewakili dari populasi.

3.3.1 Populasi

Arikunto mendefinisikan bahwa : “ Populasi adalah keseluruhan subyek penelitian”. Sedangkan menurut Sugiyono “ Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri dari obyek atau subyek yang menjadi kuantitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya”. Populasi dalam penelitian ini adalah Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Di Sumatera Utara.

3.3.2 Sampel, dan Sampling

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Teknik sampling adalah suatu cara mengambil sampel yang representatif (mewakili) dari populasi. Sampel dalam penelitian ini adalah:

1. Data pertumbuhan penduduk Sumatera Utara Tahun 2013-2017.
2. Data pertumbuhan ekonomi (PDRB) Sumatera Utara Tahun 2013-2017.
3. Data pertumbuhan industri Sumatera Utara Tahun 2012-2016.
4. Data konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara Tahun 2013-2017.

3.4 Teknik Pengumpulan Data Penelitian

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut :

1. Studi Literature

Studi literature ini digunakan untuk mencari data penelitian mengenai perkiraan konsumsi energi listrik yang meliputi studi definisi perkiraan konsumsi energi listrik.

2. Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data mengenai perkiraan konsumsi energi listrik, pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi (PDRB) dan pertumbuhan industri.

3. Pengolahan Data dan Analisa

Melakukan perancangan data yang telah dikumpulkan dan menganalisis data tersebut serta melakukan pengujian dengan data tersebut.

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan suatu langkah yang paling menentukan dari suatu penelitian, karena analisa data berfungsi untuk menyimpulkan hasil penelitian. Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan sebagai berikut :

1. Tahap Penelitian

Pada tahap ini peneliti melakukan proses penelitian yang berupa merencanakan pengambilan data mengenai perkiraan konsumsi energi listrik, pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi (PDRB) HK 2010, dan pertumbuhan industri

dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sumatera Utara dan PT. PLN(Persero).

2. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Perkiraan Konsumsi Energi Listrik, Pertumbuhan Penduduk, Pertumbuhan Ekonomi (PDRB) dan pertumbuhan industri Tahun 2013-2017 Provinsi Sumatera Utara.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil yang didapat pada penelitian ini antara lain :

1. Data konsumsi energi listrik tahun 2012 - 2017.
2. Data pertumbuhan jumlah penduduk Sumatera Utara.
3. Data pertumbuhan ekonomi PDRB Harga Konstan 2010 Sumatera Utara.
4. Data pertumbuhan industri Sumatera Utara.

4.1.1 Deskripsi Data

Data pada penelitian ini diambil dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan PT. PLN(Persero). Adapun data yang diambil dari Badan Pusat Statistik dan PT. PLN(Persero) meliputi data pertumbuhan penduduk, data pertumbuhan ekonomi PDRB Harga Konstan 2010, data pertumbuhan industri, dan data konsumsi energi listrik Tahun 2013-2017 area Provinsi Sumatera Utara. Setelah data-data telah terkumpulkan, kemudian data-data tersebut diproses serta dianalisis untuk mengetahui hasil perkiraan konsumsi energi listrik area Sumatera Utara pada Tahun 2032.

4.1.2 Hasil Uji Persyaratan Analisis

Sebelum uji hipotesis terlebih dahulu dilakukan pengujian persyaratan analisis. Pengujian prasyarat terdiri dari pemilihan data terbaru minimal 5 tahun

sebagai syarat untuk perkiraan konsumsi energi listrik. Data tersebut meliputi faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik.

4.1.3 Hasil Uji Hipotesis

Setelah melakukan uji persyaratan analisis, tahap selanjutnya adalah uji hipotesis. Pada penelitian ini dilakukan uji hipotesis dengan cara menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik, dan membuat perancangan serta menganalisis perkiraan konsumsi energi listrik pada Tahun 2032 / di masa depan.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini membahas tentang faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik dan perkiraan konsumsi energi listrik Sumatera Utara.

4.2.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Energi Listrik

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pemakaian konsumsi energi listrik adalah :

1. Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Dalam menentukan perkiraan pertumbuhan penduduk di Sumatera Utara, maka diperlukan data realisasi pertumbuhan penduduk dari tahun 2012 sampai 2017 dan dengan menggunakan *software* Aplikasi Simple E. Adapun hasil perhitungan perkiraan pertumbuhan jumlah penduduk pada tahun 2032 yang didapat menggunakan Aplikasi Simple E adalah dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 1,55 % dan dapat terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Regresi Pertumbuhan Penduduk

Tahun	Regresi Pertumbuhan Penduduk (Jiwa)
2012	13,187,397
2013	13,395,020
2014	13,605,912
2015	13,820,124
2016	14,037,709
2017	14,258,720
2018	14,483,210
2019	14,707,699
2020	14,935,668
2021	15,167,170
2022	15,402,261
2023	15,640,996
2024	15,883,431
2025	16,129,624
2026	16,379,633
2027	16,633,517
2028	16,891,336
2029	17,153,151
2030	17,419,024
2031	17,689,018
2032	17,963,197

Sehingga, pertumbuhan penduduk akan mempengaruhi dari penggunaan konsumsi energi listrik dari tahun ke tahunnya. Setelah hasil di dapatkan kemudian melakukan perhitungan error (MAPE) dengan persamaan :

$$\text{MAPE} = \frac{\left(\frac{\text{data perkiraan} - \text{data sebenarnya}}{\text{data sebenarnya}} \right)}{\text{jumlah tahun perkiraan}} \times 100\% = 0,00024\% \text{ (Tahun 2017)}$$

2. Pertumbuhan Ekonomi

Dalam menentukan perkiraan pertumbuhan ekonomi di Sumatera Utara, maka diperlukan data realisasi pertumbuhan ekonomi dari tahun 2012 sampai 2017 dan dengan menggunakan *software* Aplikasi Simple E. Adapun hasil perhitungan perkiraan pertumbuhan ekonomi pada tahun 2032 yang didapat menggunakan Aplikasi Simple E adalah dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 5,3 % dan dapat terlihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Regresi Pertumbuhan Ekonomi Harga Konstan 2010

Tahun	Regresi Pertumbuhan Ekonomi Harga Konstan 2010 (Milyar Rupiah)
2012	370,280.35
2013	391,003.54
2014	412,886.53
2015	435,994.23
2016	460,395.18
2017	486,161.76
2018	513,370.39
2019	540,579.03
2020	568,229.72
2021	599,398.90
2022	631,167.05
2023	664,618.91
2024	699,843.71
2025	736,935.42
2026	775,992.99
2027	817,120.61
2028	860,428.00
2029	906,030.68
2030	954,050.30
2031	1,004,614.97
2032	1,057,859.56

Setelah hasil di dapatkan kemudian melakukan perhitungan error (MAPE) dengan persamaan :

$$\text{MAPE} = \frac{\left(\frac{\text{data perkiraan} - \text{data sebenarnya}}{\text{data sebenarnya}} \right)}{\text{jumlah tahun perkiraan}} \times 100\% = 0,0028\% \text{ (Tahun 2017)}$$

3. Pertumbuhan Industri

Dalam menentukan perkiraan pertumbuhan industri di Sumatera Utara, maka diperlukan data realisasi pertumbuhan industri dari tahun 2011 sampai 2016 dan dengan menggunakan *software* Aplikasi Simple E. Adapun hasil perhitungan perkiraan pertumbuhan industri pada tahun 2032 yang didapat menggunakan Aplikasi Simple E adalah dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 1,00 % dan dapat terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Regresi Pertumbuhan Industri

Tahun	Regresi Pertumbuhan Industri (Unit)
2016	1544
2017	1560
2018	1575
2019	1590
2020	1606
2021	1622
2022	1638
2023	1654
2024	1670
2025	1686
2026	1702
2027	1719
2028	1736
2029	1753
2030	1770
2031	1787
2032	1805

Setelah hasil di dapatkan kemudian melakukan perhitungan error

(MAPE) dengan persamaan :

$$\text{MAPE} = \frac{\left(\frac{\text{data perkiraan} - \text{data sebenarnya}}{\text{data sebenarnya}} \right)}{\text{jumlah tahun perkiraan}} \times 100\% = 0,00064\% \text{ (Tahun 2017)}$$

4.2.2 Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Di Sumatera Utara

Dalam penelitian ini faktor pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pertumbuhan industri area Sumatera Utara sangat mempengaruhi konsumsi energi listrik dan pemakaian konsumsi energi listrik area Sumatera Bagian Utara. Berikut hasil perkiraan konsumsi energi listrik area Sumatera Bagian Utara :

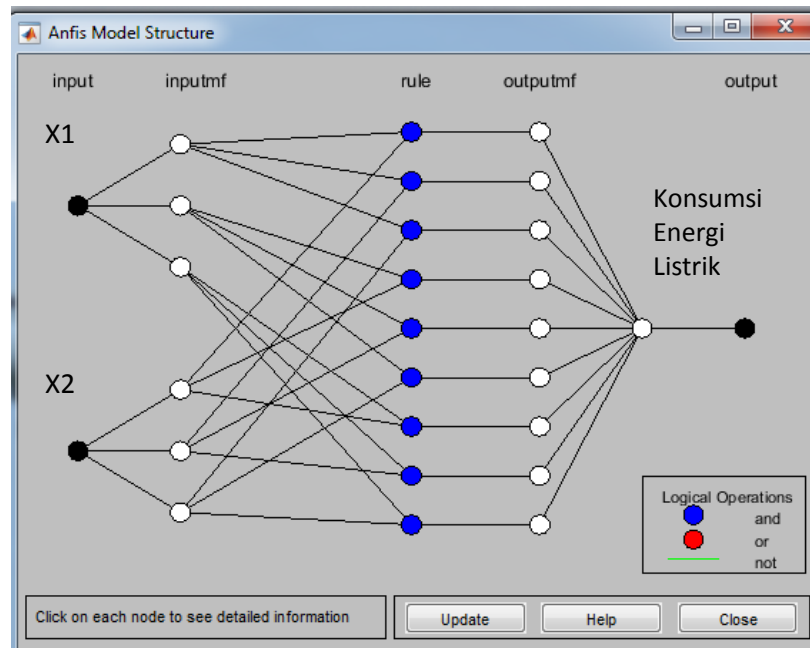
1. Provinsi Sumatera Utara

a. Menurut Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Tabel 4.4. Data Jumlah Penduduk Dan Konsumsi Energi Listrik SUMUT

Tahun	Konsumsi Energi Listrik Sumut (GWh) (X₁)	Penduduk Sumatera Utara (Juta Jiwa) (X₂)
2013	7917,24	13,32
2014	8271,01	13,76
2015	8703,63	13,93
2016	9240,30	14,10
2017	9707,33	14,26

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat pertumbuhan konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk Sumatera Utara dari tahun ke tahun yang terus mengalami peningkatan yang signifikan. Setelah mengetahui data konsumsi energi listrik dan pertumbuhan penduduk, data tersebut akan di proses yang dapat untuk mengetahui pertumbuhan konsumsi energi listrik pada tahun 2032 dan memiliki struktur ANFIS yang dapat dilihat pada gambar 4.1.



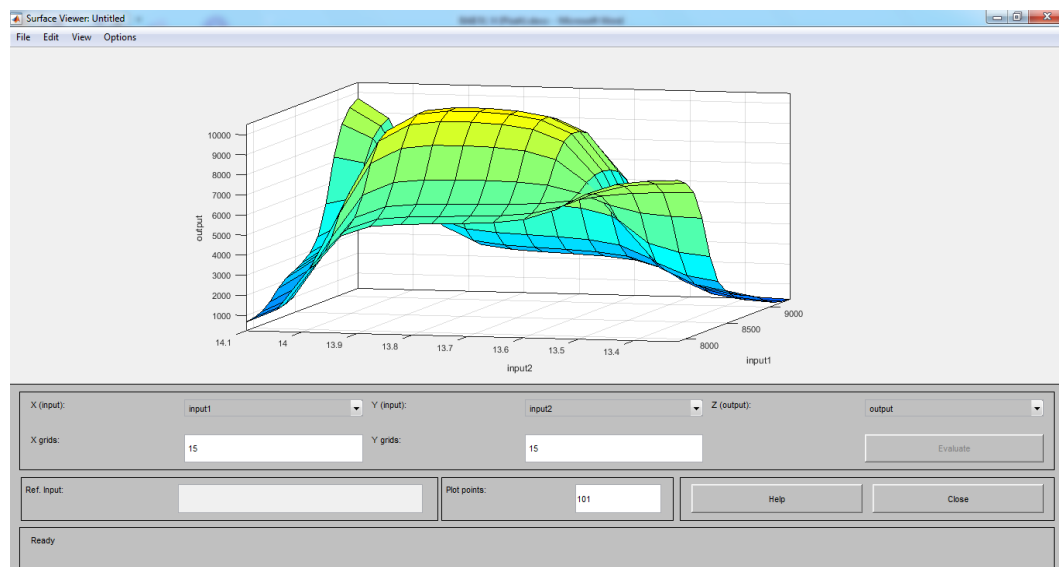
Gambar. 4.1. Struktur ANFIS

Berikut langkah-langkah dalam pemrosesan data pertumbuhan jumlah penduduk dan data konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara :

1. Melakukan pengelompokkan data dapat terlihat pada Tabel 4.5 dan membuat grafik perkiraan konsumsi energi listrik dapat terlihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.5. Pembagian Data Dengan 2 Input

Data ke -	Input		Output
	X_1	X_2	$Y(t)$
1	7917,24	13,32	8271,01
2	8271,01	13,76	8703,63
3	8703,63	13,93	9240,30
4	9240,30	14,10	9707,33



Gambar 4.2. Grafik Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Terhadap Faktor Pertumbuhan Penduduk

2. Kemudian data tersebut dikelompokkan dengan menggunakan algoritma *fuzzy c means (fcm)* pada matlab. Sehingga, didapatkan hasil matriks partisi yang sesuai ada pada iterasi ke-14 :

$$U_{14} = \begin{bmatrix} 0,0287 & 0,0618 & 0,8572 & 0,9653 \\ 0,9713 & 0,9382 & 0,1428 & 0,0347 \end{bmatrix}$$

3. Mengelompokkan data diatas ke beberapa cluster, dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Data Derajat Keanggotaan Pada Setiap Cluster Dengan FCM

Data ke-	X1	X2	Derajat Keanggotaan Data Pada Cluster Ke-		Data Cenderung Masuk Ke Cluster	
			1	2	1	2
1	7917,24	13,32	0,0287	0,9713		*
2	8271,01	13,76	0,0618	0,9382		*
3	8703,63	13,93	0,8572	0,1428	*	
4	9240,30	14,10	0,9653	0,0347	*	

4. Mendapatkan hasil dari pengclustering derajat keanggotaan, kemudian menghitung nilai mean dan deviasi standart.

a. Nilai mean :

$$C_{11} = \frac{7917,24+8271,01}{2} = 8094,12$$

$$C_{12} = \frac{8703,63 + 9240,30}{2} = 8971,96$$

$$C_{21} = \frac{13,32+13,76}{2} = 13,54$$

$$C_{22} = \frac{13,93 + 14,10}{2} = 14,01$$

b. Nilai Deviasi Standart :

$$a_{11} = \frac{\sqrt{((X_{11}-C_{11})+(X_{12}-C_{11}))^2}}{2} = \frac{\sqrt{((7917,24-8094,12)+(8271,01-8094,12))^2}}{2} = 0,005$$

$$a_{12} = \left(\frac{\sqrt{((X_{13}-C_{12}) + (X_{14}-C_{12}))^2}}{2} \right) = 0,007$$

$$a_{21} = \frac{\sqrt{((X_{21}-C_{21})+(X_{22}-C_{21}))^2}}{2} = 0$$

$$a_{22} = \left(\frac{\sqrt{((X_{23}-C_{22}) + (X_{24}-C_{22}))^2}}{2} \right) = 0,007$$

Dapat disimpulkan sebagai berikut :

$$c = \begin{bmatrix} 8971,96 & 8094,12 \\ 14,01 & 13,54 \end{bmatrix}, \quad a = \begin{bmatrix} 0,005 & 0,007 \\ 0 & 0,007 \end{bmatrix}$$

5. Menghitung nilai inferensi dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. Adapun langkah untuk menghitung nilai inferensi adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung output lapisan pertama berupa derajat keanggotaan setiap data menggunakan persamaan :

$$A_1 = \mu(x_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - c_{11}}{a_{11}} \right|^2} \quad A_2 = \mu(x_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - c_{21}}{a_{21}} \right|^2}$$

$$B_1 = \mu(x_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - c_{12}}{a_{12}} \right|^2} \quad B_2 = \mu(x_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - c_{22}}{a_{22}} \right|^2}$$

Perhitungan data ke -1 :

$$\mu(A_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - c_{11}}{a_{11}} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{7917,24 - 8971,96}{0,005} \right|^2} = 0$$

$$\mu(B_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - 8094,12}{0,007} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{13,32 - 8094,12}{0,007} \right|^2} = 0$$

$$\mu(A_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - 14,01}{0} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{7917,24 - 14,01}{0} \right|^2} = 1$$

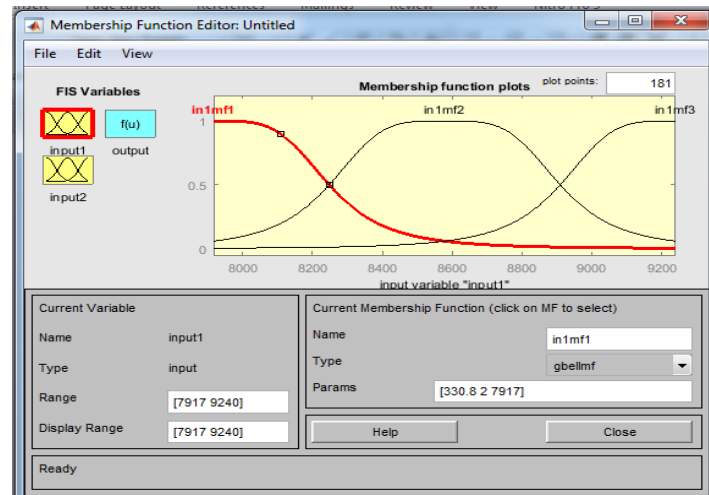
$$\mu(B_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - 13,54}{0,007} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{13,32 - 13,54}{0,007} \right|^2} = 0,0010$$

Untuk hasil perhitungan data ke 2, sampai ke 4 akan ditampilkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. *Output Lapisan Pertama*

Data Ke -	Derajat Keanggotaan			
	$\mu(A_1)$	$\mu(A_2)$	$\mu(B_1)$	$\mu(B_2)$
1	0	1,0000	0	0,0010
2	0	1,0000	0	0,0010
3	0	1,0000	0	0,0003
4	0	1,0000	0	0,0001

Derajat keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Derajat Keanggotaan Dengan Tipe *GBellmf*

- b. Mencari hasil dari *output* lapisan pertama, kemudian menghitung *output* lapisan 2 dan 3, dengan persamaan sebagai berikut :

Lapisan 2

Data ke 1

$$W_1 = \mu(A_1) \times \mu(B_1) = 0 \times 0 = 0$$

$$W_2 = \mu(A_2) \times \mu(B_2) = 1,0000 \times 0,0010 = 0,0010$$

Lapisan 3

Data ke 1

$$\hat{W}_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2} = \frac{0}{0 + 0,0010} = 0$$

$$\hat{W}_2 = \frac{w_2}{w_1 + w_2} = \frac{0,0010}{0 + 0,0010} = 1$$

Untuk hasil perhitungan data ke 2 sampai 4 pada lapisan 2 dan lapisan 3 akan ditampilkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. *Output* Lapisan 2 Dan Lapisan 3

Data Ke-	Lapisan 2		Lapisan 3	
	W_1	W_2	\hat{W}_1	\hat{W}_2
1	0	0,0010	0	1
2	0	0,0010	0	1
3	0	0,0003	0	1
4	0	0,0001	0	1

- c. Menghitung *output* lapisan 4 yaitu menghitung *consequent* parameter dengan persamaan sebagai berikut :

Perhitungan data ke -1

$$p_1 = \hat{w}_1 \times x_1 = 0 \times 7917,24 = 0$$

$$q_1 = \hat{w}_1 \times x_2 = 0 \times 13,32 = 0$$

$$r_1 = \hat{w}_1$$

$$p_2 = \hat{w}_2 \times x_1 = 1 \times 7917,24 = 7917,24$$

$$q_2 = \hat{w}_2 \times x_2 = 1 \times 13,32 = 13,32$$

$$r_2 = \hat{w}_2$$

Untuk hasil perhitungan *consequent* parameter dari data ke 2 dan ke 3 akan ditampilkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 *Consequent* Parameter

Data ke-	Koefisien Dari -					
	p ₁	q ₁	r ₁	p ₂	q ₂	r ₂
1	0	0	0	7917,24	13,32	1
2	0	0	0	8271,01	13,76	1
3	0	0	0	8703,63	13,93	1
4	0	0	0	9240,30	14,10	1

Consequent parameter selesai dihitung, maka akan dihitung juga nilai *consequent* dengan menggunakan LSE resahamif, dan didapat hasil dari nilai *consequent* yang akan ditampilkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Nilai *Consequent* Parameter

p ₁	q ₁	r ₁	p ₂	q ₂	r ₂
0	0	0	0,3075	0,0005	0,00004

d.Setelah mendapatkan hasil dari *output* lapisan 4, maka pada lapisan 5 ini akan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Sigma F_i = (\hat{W}_1 X_1) p_1 + (\hat{W}_1 X_2) q_1 + (\hat{W}_1 r_1) + (\hat{W}_2 X_1) p_2 + (\hat{W}_2 X_2) q_2 + (\hat{W}_2 r_2)$$

Perhitungan Data ke 1 :

$$\begin{aligned} \Sigma F_1 &= (0 \times 7917,24 \times 0) + (0 \times 13,32 \times 0) + (0 \times 0) + (1 \times 7917,24 \times 0,3075) \\ &\quad + (1 \times 13,32 \times 0,0005) + (1 \times 0,00004) = 2435,27 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan data ke 2 dan ke 3 akan ditampilkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. *Output* Lapisan 5 (Hasil Perkiraan)

Data Ke-	<i>Output</i> Lapisan 5 (Hasil Perkiraan)
1	2435,27
2	2544,08
3	2677,15
4	2842,23
Total Perkiraan Konsumsi Energi Listrik SUMUT Tahun 2018	10498,73

Setelah mendapatkan hasil perkiraan konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara dengan faktor pertumbuhan jumlah penduduk, maka dilakukan perhitungan MAPE dengan menggunakan persamaan :

$$\text{MAPE} = \frac{\left(\frac{\text{data perkiraan} - \text{data sebenarnya}}{\text{data sebenarnya}} \right)}{\text{jumlah tahun perkiraan}} \times 100\% = 0,0007\%$$

Jadi, pertumbuhan konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara setiap tahunnya adalah sebesar 8,15% dari tahun sebelumnya. Sehingga, hasil peramalan pertumbuhan penduduk selama 15 tahun kedepan dapat terlihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Hasil Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Provinsi Sumatera Utara 2018-2032

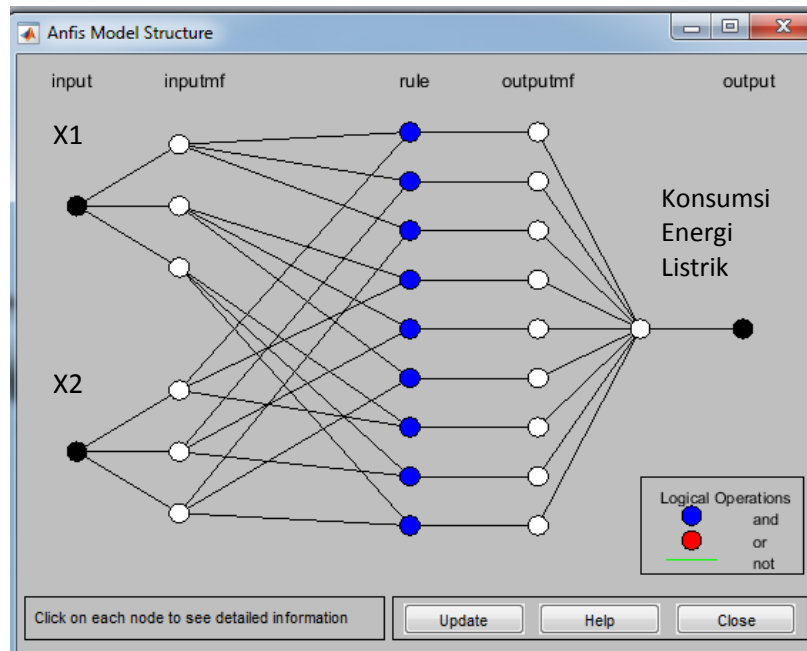
Tahun	Hasil Perkiraan (GWh)
2018	10498,73
2019	11354,37
2020	12279,75
2021	13280,54
2022	14450,47
2023	15716,44
2024	16997,32
2025	18134,44
2026	19344,00
2027	20698,08
2028	22146,94
2029	23851,00
2030	25794,85
2031	27897,13
2032	29356,14

b. Menurut Pertumbuhan Ekonomi (PDRB) HK 2010

Tabel 4.13. Data Jumlah PDRB Dan Konsumsi Energi Listrik SUMUT

Tahun	Konsumsi Energi Listrik Sumut (GWh) (X₁)	PDRB HK 2010 (Triliun Rupiah) (X₂)
2013	7917,24	398,72
2014	8271,01	419,52
2015	8703,63	440,95
2016	9240,30	463,77
2017	9707,33	487,53

Dari Tabel 4.13 dapat dilihat pertumbuhan konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi (PDRB) HK 2010 Sumatera Utara dari tahun ke tahun yang terus mengalami peningkatan yang signifikan. Setelah mengetahui data konsumsi energi listrik dan pertumbuhan ekonomi, data tersebut akan di proses yang dapat untuk mengetahui pertumbuhan konsumsi energi listrik pada tahun 2032 dan memiliki struktur anfis yang dapat terlihat pada gambar 4.4.



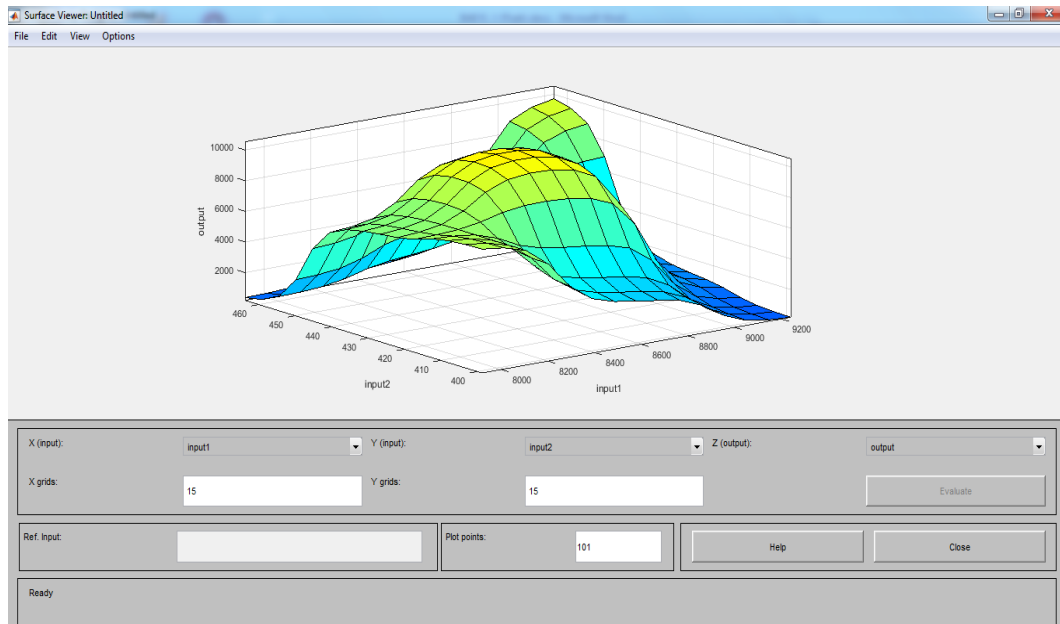
Gambar. 4.4. Struktur ANFIS

Berikut langkah-langkah dalam pemrosesan data pertumbuhan ekonomi dan data konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara :

1. Melakukan pengelompokkan data dapat terlihat pada Tabel 4.14 dan membuat grafik perkiraan konsumsi energi listrik dapat terlihat pada Gambar 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.14. Pembagian Data Dengan 2 Input

Data ke -	Input		Output
	X_1	X_2	$Y(t)$
1	7917,24	398,72	8271,01
2	8271,01	419,52	8703,63
3	8703,63	440,95	9240,30
4	9240,30	463,77	9707,33



Gambar 4.5. Grafik Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Terhadap Faktor Pertumbuhan Ekonomi

2. Kemudian data tersebut dikelompokkan dengan menggunakan algoritma *fuzzy c means (fcm)* pada matlab. Sehingga, didapatkan hasil matriks partisi yang sesuai ada pada iterasi ke-16 :

$$U_{16} = \begin{bmatrix} 0,0287 & 0,0618 & 0,8572 & 0,9653 \\ 0,9713 & 0,9382 & 0,1428 & 0,0347 \end{bmatrix}$$

3. Mengelompokkan data diatas ke beberapa cluster, dapat dilihat pada Tabel 4.15 sebagai berikut :

Tabel 4.15. Data Derajat Keanggotaan Pada Setiap Cluster Dengan FCM

Data ke-	X1	X2	Derajat Keanggotaan Data Pada Cluster Ke-		Data Cenderung Masuk Ke Cluster	
			1	2	1	2
1	7917,24	398,72	0,0287	0,9713		*
2	8271,01	419,52	0,0618	0,9382		*
3	8703,63	440,95	0,8572	0,1428	*	
4	9240,30	463,77	0,9653	0,0347	*	

4. Mendapatkan hasil dari pengclusteran derajat keanggotaan, kemudian menghitung nilai mean dan deviasi standart.

a. Nilai mean :

$$C_{11} = \frac{7917,24+8271,01}{2} = 8094,12$$

$$C_{12} = \frac{8703,63 + 9240,30}{2} = 8971,96$$

$$C_{21} = \frac{398,72+419,52}{2} = 409,12$$

$$C_{22} = \frac{440,95+463,77}{2} = 452,36$$

b. Nilai Deviasi Standart :

$$a_{11} = \frac{\sqrt{((X_{11}-C_{11})+(X_{12}-C_{11}))^2}}{2} = \frac{\sqrt{((7917,24-8094,12)+(8271,01-8094,12))^2}}{2} = 0,005$$

$$a_{12} = \left(\frac{\sqrt{((X_{13}-C_{12}) + (X_{14}-C_{12}))^2}}{2} \right) = 0,007$$

$$a_{21} = \frac{\sqrt{((X_{21}-C_{21})+(X_{22}-C_{21}))^2}}{2} = 0$$

$$a_{22} = \left(\frac{\sqrt{((X_{23}-C_{22}) + (X_{24}-C_{22}))^2}}{2} \right) = 0$$

Dapat disimpulkan sebagai berikut :

$$c = \begin{bmatrix} 8971,96 & 8094,12 \\ 452,36 & 409,12 \end{bmatrix}, \quad a = \begin{bmatrix} 0,005 & 0,007 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

5. Menghitung nilai inferensi dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. Adapun langkah untuk menghitung nilai inferensi adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung output lapisan pertama berupa derajat keanggotaan setiap data menggunakan persamaan :

$$A_1 = \mu(x_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - C_{11}}{a_{11}} \right|^2} \quad A_2 = \mu(x_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - C_{21}}{a_{21}} \right|^2}$$

$$B_1 = \mu(x_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - c_{12}}{a_{12}} \right|^2} \quad B_2 = \mu(x_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - c_{22}}{a_{22}} \right|^2}$$

Perhitungan data ke -1 :

$$\mu(A_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - c_{11}}{a_{11}} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{7917,24 - 8971,96}{0,005} \right|^2} = 0$$

$$\mu(B_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - 8094,12}{0,007} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{398,72 - 8094,12}{0,007} \right|^2} = 0$$

$$\mu(A_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - 452,36}{0} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{7917,24 - 452,36}{0} \right|^2} = 1$$

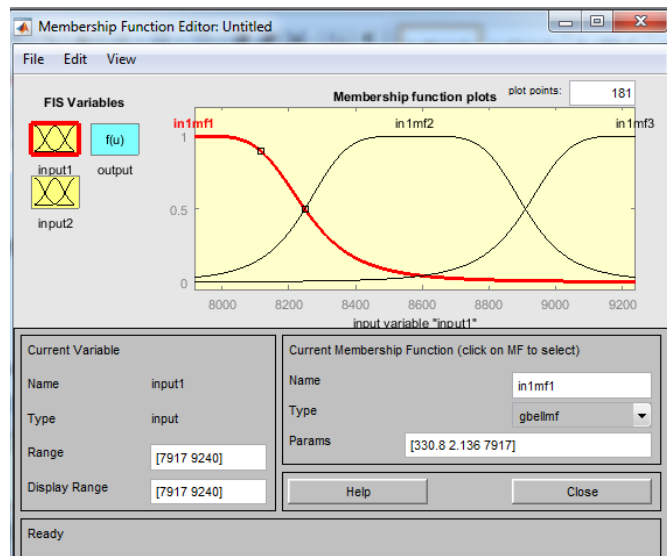
$$\mu(B_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - 409,12}{0,007} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{13,32 - 409,12}{0} \right|^2} = 1$$

Untuk hasil perhitungan data ke 2, sampai ke 4 akan ditampilkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Output Lapisan Pertama

Data Ke -	Derajat Keanggotaan			
	$\mu(A_1)$	$\mu(A_2)$	$\mu(B_1)$	$\mu(B_2)$
1	0	1,0000	0	1,0000
2	0	1,0000	0	1,0000
3	0	1,0000	0	1,0000
4	0	1,0000	0	1,0000

Derajat keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik Derajat Keanggotaan Dengan Tipe *GBellmf*

- b. Mendapatkan hasil dari *output* lapisan pertama, kemudian menghitung *output* lapisan 2 dan 3, dengan persamaan sebagai berikut :

Lapisan 2

Data ke 1

$$W_1 = \mu(A_1) \times \mu(B_1) = 0 \times 0 = 0$$

$$W_2 = \mu(A_2) \times \mu(B_2) = 1,0000 \times 1,0000 = 1,0000$$

Lapisan 3

Data ke 1

$$\hat{W}_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2} = \frac{0}{0 + 1,0000} = 0$$

$$\hat{W}_2 = \frac{w_2}{w_1 + w_2} = \frac{1,0000}{0 + 1,0000} = 1$$

Untuk hasil perhitungan data ke 2 sampai 4 pada lapisan 2 dan lapisan 3 akan ditampilkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Output Lapisan 2 Dan Lapisan 3

Data Ke-	Lapisan 2		Lapisan 3	
	W_1	W_2	\hat{W}_1	\hat{W}_2
1	0	1	0	1
2	0	1	0	1
3	0	1	0	1
4	0	1	0	1

- c. Menghitung *output* lapisan 4 yaitu menghitung *consequent* parameter dengan persamaan sebagai berikut :

Perhitungan data ke -1

$$p_1 = \hat{w}_1 \times x_1 = 0 \times 7917,24 = 0$$

$$q_1 = \hat{w}_1 \times x_2 = 0 \times 398,72 = 0$$

$$r_1 = \hat{w}_1$$

$$p_2 = \hat{w}_2 \times x_1 = 1 \times 7917,24 = 7917,24$$

$$q_2 = \hat{w}_2 \times x_2 = 1 \times 398,72 = 398,72$$

$$r_2 = \hat{w}_2$$

Untuk hasil perhitungan *consequent* parameter dari data ke 2 dan ke 3 akan ditampilkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18. Consequent Parameter

Data ke-	Koefisien Dari -					
	p ₁	q ₁	r ₁	p ₂	q ₂	r ₂
1	0	0	0	7917,24	398,72	1
2	0	0	0	8271,01	419,52	1
3	0	0	0	8703,63	440,95	1
4	0	0	0	9240,30	463,77	1

Consequent parameter selesai dihitung, maka akan dihitung juga nilai *consequent* dengan menggunakan LSE resahamif, dan didapat hasil dari nilai *consequent* yang akan ditampilkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19. Nilai Consequent Parameter

p ₁	q ₁	r ₁	p ₂	q ₂	r ₂
0	0	0	0,3075	0,0155	0,00004

d.Mendapatkan hasil dari *output* lapisan 4, maka pada lapisan 5 ini akan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Sigma F_i = (\hat{W}_1 X_1) p_1 + (\hat{W}_1 X_2) q_1 + (\hat{W}_1 r_1) + (\hat{W}_2 X_1) p_2 + (\hat{W}_2 X_2) q_2 + (\hat{W}_2 r_2)$$

Perhitungan Data ke 1 :

$$\begin{aligned} \Sigma F_1 &= (0 \times 7917,24 \times 0) + (0 \times 13,32 \times 0) + (0 \times 0) + (1 \times 7917,24 \times 0,3075) \\ &\quad + (1 \times 398,72 \times 0,0155) + (1 \times 0,00004) = 2440,73 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan data ke 2 dan ke 3 akan ditampilkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20. Output Lapisan 5 (Hasil Perkiraan)

Data Ke-	Output Lapisan 5 (Hasil Perkiraan)
1	2440,73
2	2549,85
3	2683,20
4	2848,58
Total Hasil Perkiraan Konsumsi Energi Listrik SUMUT Tahun 2018	10552,36

Setelah mendapatkan hasil perkiraan konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara dengan faktor pertumbuhan ekonomi (PDRB) HK 2010, maka dilakukan perhitungan MAPE dengan menggunakan persamaan :

$$\text{MAPE} = \frac{\left(\frac{\text{data perkiraan} - \text{data sebenarnya}}{\text{data sebenarnya}} \right)}{\text{jumlah tahun perkiraan}} \times 100\% = 0,0004\%$$

Jadi, pertumbuhan konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara setiap tahunnya adalah sebesar 8,7% dari tahun sebelumnya. Sehingga, hasil peramalan pertumbuhan penduduk selama 15 tahun kedepan dapat terlihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21. Hasil Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Provinsi Sumatera Utara 2018-2032

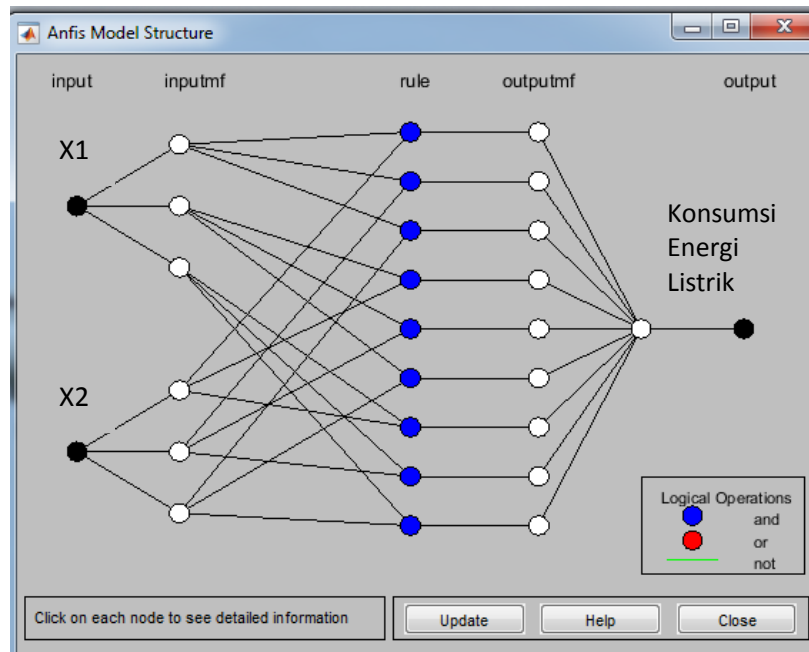
Tahun	Hasil Perkiraan (GWh)
2018	10552,36
2019	11470,41
2020	12468,33
2021	13553,07
2022	14732,18
2023	16013,87
2024	16851,39
2025	18199,50
2026	19455,64
2027	20622,97
2028	22254,32
2029	23804,33
2030	25875,30
2031	27945,32
2032	29406,86

c. Menurut Pertumbuhan Industri

Tabel 4.22. Data Jumlah Industri Dan Konsumsi Energi Listrik SUMUT

Tahun	Konsumsi Energi Listrik Sumut (GWh) (X₁)	Industri (Unit) (X₂)
2012	7809,32	1023
2013	7917,24	1006
2014	8271,01	1027
2015	8703,63	960
2016	9240,30	1545

Dari Tabel 4.22 dapat dilihat pertumbuhan konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan industri Sumatera Utara dari tahun ke tahun yang terus mengalami peningkatan yang signifikan. Setelah mengetahui data konsumsi energi listrik dan pertumbuhan industri, data tersebut akan di proses yang dapat untuk mengetahui pertumbuhan konsumsi energi listrik pada tahun 2032 dan memiliki struktur anfis yang dapat terlihat pada Gambar 4.7.



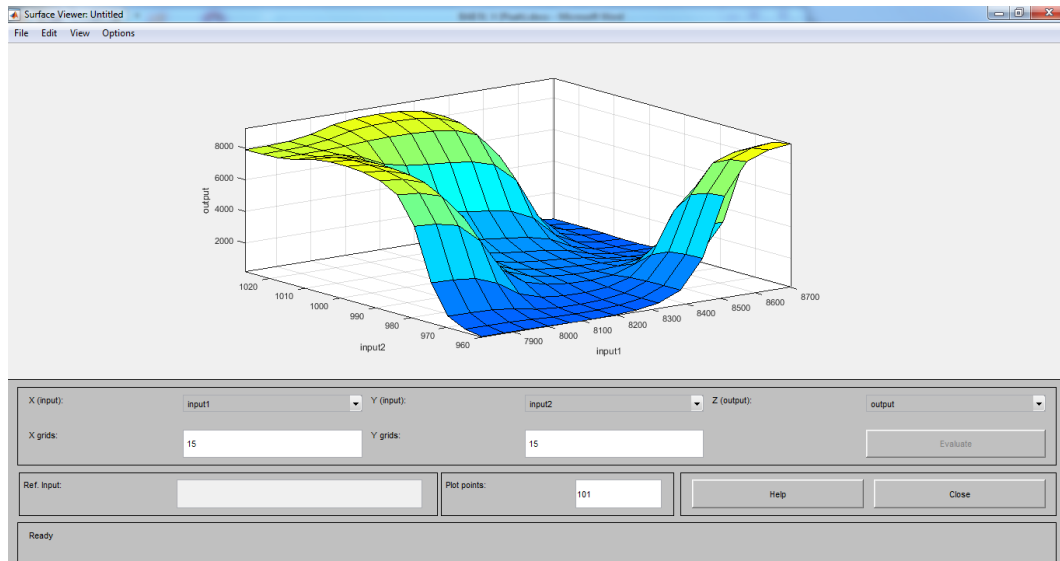
Gambar. 4.7. Struktur ANFIS

Berikut langkah-langkah dalam pemrosesan data pertumbuhan industri dan data konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara :

1. Melakukan pengelompokkan data dapat terlihat pada Tabel 4.23 dan membuat grafik perkiraan konsumsi energi listrik dapat terlihat pada Gambar 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4.23. Pembagian Data Dengan 2 Input

Data ke -	Input		Output
	X_1	X_2	$Y(t)$
1	7809,32	1023	7917,24
2	7917,24	1006	8271,01
3	8271,01	1027	8703,63
4	8703,63	960	9240,30



Gambar 4.8. Grafik Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Terhadap Faktor Pertumbuhan Industri

2. Kemudian data tersebut dikelompokkan dengan menggunakan algoritma *fuzzy c means (fcm)* pada matlab. Sehingga, didapatkan hasil matriks partisi yang sesuai ada pada iterasi ke-23 :

$$U_{23} = \begin{bmatrix} 0,0248 & 0,0228 & 0,7061 & 0,9709 \\ 0,9752 & 0,9772 & 0,2939 & 0,0291 \end{bmatrix}$$

3. Mengelompokkan data diatas ke beberapa cluster, dapat dilihat pada Tabel 4.24 sebagai berikut :

Tabel 4.24. Data Derajat Keanggotaan Pada Setiap Cluster Dengan FCM

Data ke-	X1	X2	Derajat Keanggotaan Data Pada Cluster Ke-		Data Cenderung Masuk Ke Cluster	
			1	2	1	2
1	7809,32	1023	0,0248	0,9752		*
2	7917,24	1006	0,0228	0,9772		*
3	8271,01	1027	0,7061	0,2939	*	
4	8703,63	960	0,9709	0,0291	*	

4. Mendapatkan hasil dari pengclusteran derajat keanggotaan, kemudian menghitung nilai mean dan deviasi standart.

a. Nilai mean :

$$C_{11} = \frac{7809,32+7917,24}{2} = 7863,28$$

$$C_{12} = \frac{8271,01+8703,63}{2} = 8487,32$$

$$C_{21} = \frac{1023+1006}{2} = 1014,5$$

$$C_{22} = \frac{1027+960}{2} = 993,5$$

b. Nilai Deviasi Standart :

$$a_{11} = \frac{\sqrt{((X_{11}-C_{11})+(X_{12}-C_{11}))^2}}{2} = \frac{\sqrt{((7809,32-7863,28)+(7917,24-7863,28))^2}}{2} = 0$$

$$a_{12} = \left(\frac{\sqrt{((X_{13}-C_{12}) + (X_{14}-C_{12}))^2}}{2} \right) = 0$$

$$a_{21} = \frac{\sqrt{((X_{21}-C_{21})+(X_{22}-C_{21}))^2}}{2} = 0$$

$$a_{22} = \left(\frac{\sqrt{((X_{23}-C_{22}) + (X_{24}-C_{22}))^2}}{2} \right) = 0$$

Dapat disimpulkan sebagai berikut :

$$c = \begin{bmatrix} 8487,32 & 7863,28 \\ 993,5 & 1014,5 \end{bmatrix}, \quad a = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

5. Menghitung nilai inferensi dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. Adapun langkah untuk menghitung nilai inferensi adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung output lapisan pertama berupa derajat keanggotaan setiap data menggunakan persamaan :

$$A_1 = \mu(x_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - c_{11}}{a_{11}} \right|^2} \quad A_2 = \mu(x_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - c_{21}}{a_{21}} \right|^2}$$

$$B_1 = \mu(x_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - c_{12}}{a_{12}} \right|^2} \quad B_2 = \mu(x_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - c_{22}}{a_{22}} \right|^2}$$

Perhitungan data ke -1 :

$$\mu(A_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - c_{11}}{a_{11}} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{7809,32 - 8487,32}{0} \right|^2} = 1$$

$$\mu(B_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - 7863,28}{0} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{1023 - 7863,28}{0} \right|^2} = 1$$

$$\mu(A_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - 993,5}{0} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{7809,32 - 993,5}{0} \right|^2} = 1$$

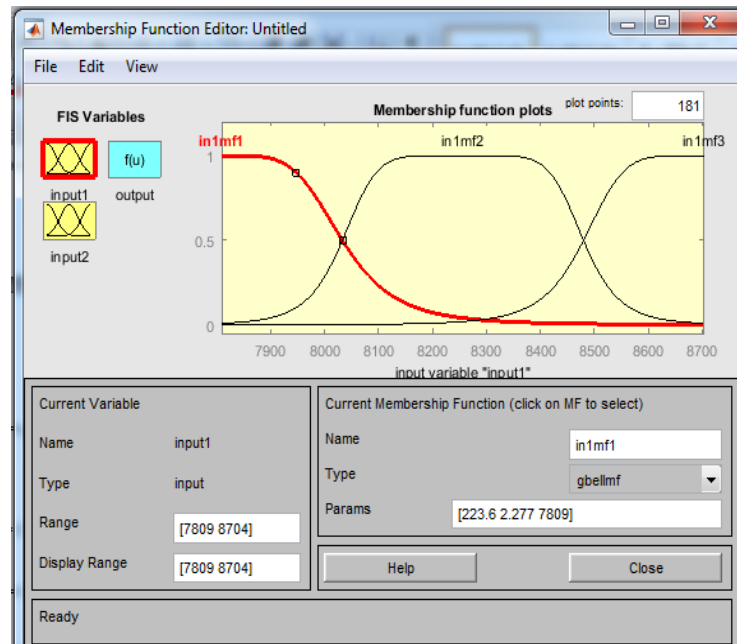
$$\mu(B_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - 1014,5}{0} \right|^2} = \frac{1}{1 + \left| \frac{1023 - 1014,5}{0} \right|^2} = 1$$

Untuk hasil perhitungan data ke 2, sampai ke 4 akan ditampilkan pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25. Output Lapisan Pertama

Data Ke -	Derajat Keanggotaan			
	$\mu(A_1)$	$\mu(A_2)$	$\mu(B_1)$	$\mu(B_2)$
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
3	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
4	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Derajat keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Grafik Derajat Keanggotaan Dengan Tipe *GBellmf*

- b. Mendapatkan hasil dari *output* lapisan pertama, kemudian menghitung *output* lapisan 2 dan 3, dengan persamaan sebagai berikut :

Lapisan 2

Data ke 1

$$W_1 = \mu(A_1) \times \mu(B_1) = 1,0000 \times 1,0000 = 1,0000$$

$$W_2 = \mu(A_2) \times \mu(B_2) = 1,0000 \times 1,0000 = 1,0000$$

Lapisan 3

Data ke 1

$$\hat{W}_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2} = \frac{1}{1,0000 + 1,0000} = 0,5$$

$$\hat{W}_2 = \frac{w_2}{w_1 + w_2} = \frac{1,0000}{1,0000 + 1,0000} = 0,5$$

Untuk hasil perhitungan data ke 2 sampai 4 pada lapisan 2 dan lapisan 3 akan ditampilkan pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26. Output Lapisan 2 Dan Lapisan 3

Data Ke-	Lapisan 2		Lapisan 3	
	W_1	W_2	\hat{W}_1	\hat{W}_2
1	1	1	0,5	0,5
2	1	1	0,5	0,5
3	1	1	0,5	0,5
4	1	1	0,5	0,5

- c. Menghitung *output* lapisan 4 yaitu menghitung *consequent* parameter dengan persamaan sebagai berikut :

Perhitungan data ke -1

$$p_1 = \hat{w}_1 \times x_1 = 0,5 \times 7809,32 = 3904,66$$

$$q_1 = \hat{w}_1 \times x_2 = 0,5 \times 1023 = 511,5$$

$$r_1 = \hat{w}_1$$

$$p_2 = \hat{w}_2 \times x_1 = 0,5 \times 7809,32 = 3904,66$$

$$q_2 = \hat{w}_2 \times x_2 = 0,5 \times 1023 = 511,5$$

$$r_2 = \hat{w}_2$$

Untuk hasil perhitungan *consequent* parameter dari data ke 2 dan ke 3 akan ditampilkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27. Consequent Parameter

Data ke-	Koefisien Dari -					
	p ₁	q ₁	r ₁	p ₂	q ₂	r ₂
1	3904,66	511,5	0,5	3904,66	511,5	0,5
2	3958,62	503	0,5	3958,62	503	0,5
3	4135,50	513,5	0,5	4135,50	513,5	0,5
4	4351,81	480	0,5	4351,81	480	0,5

Consequent parameter selesai dihitung, maka akan dihitung juga nilai *consequent* dengan menggunakan LSE resahamif, dan didapat hasil dari nilai *consequent* yang akan ditampilkan pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28. Nilai Consequent Parameter

p ₁	q ₁	r ₁	p ₂	q ₂	r ₂
1,398	0,171	0,0002	1,398	0,171	0,0002

d. Mendapatkan hasil dari *output* lapisan 4, maka pada lapisan 5 ini akan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Sigma F_i = (\hat{W}_1 X_1) p_1 + (\hat{W}_1 X_2) q_1 + (\hat{W}_1 r_1) + (\hat{W}_2 X_1) p_2 + (\hat{W}_2 X_2) q_2 + (\hat{W}_2 r_2)$$

Perhitungan Data ke 1 :

$$\begin{aligned} \Sigma F_1 &= (0,5 \times 7809,32 \times 1,398) + (0,5 \times 1023 \times 0,171) + (0,5 \times 0,0002) + (0,5 \\ &\quad \times 7809,32 \times 1,398) + (0,5 \times 1023 \times 0,171) + (0,5 \times 0,0002) = \\ &11092,3 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan data ke 2 dan ke 3 akan ditampilkan pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29. *Output Lapisan 5 (Hasil Perkiraan)*

Data Ke-	Output Lapisan 5 (Hasil Perkiraan)
1	11092,3
2	11240,3
3	11738,4
4	12331,8
Total Hasil Perkiraan Konsumsi Energi Listrik SUMUT Tahun 2016	9280,56

Setelah mendapatkan hasil perkiraan konsumsi energi listrik Provinsi

Sumatera Utara dengan faktor pertumbuhan industri, maka dilakukan perhitungan

MAPE dengan menggunakan persamaan :

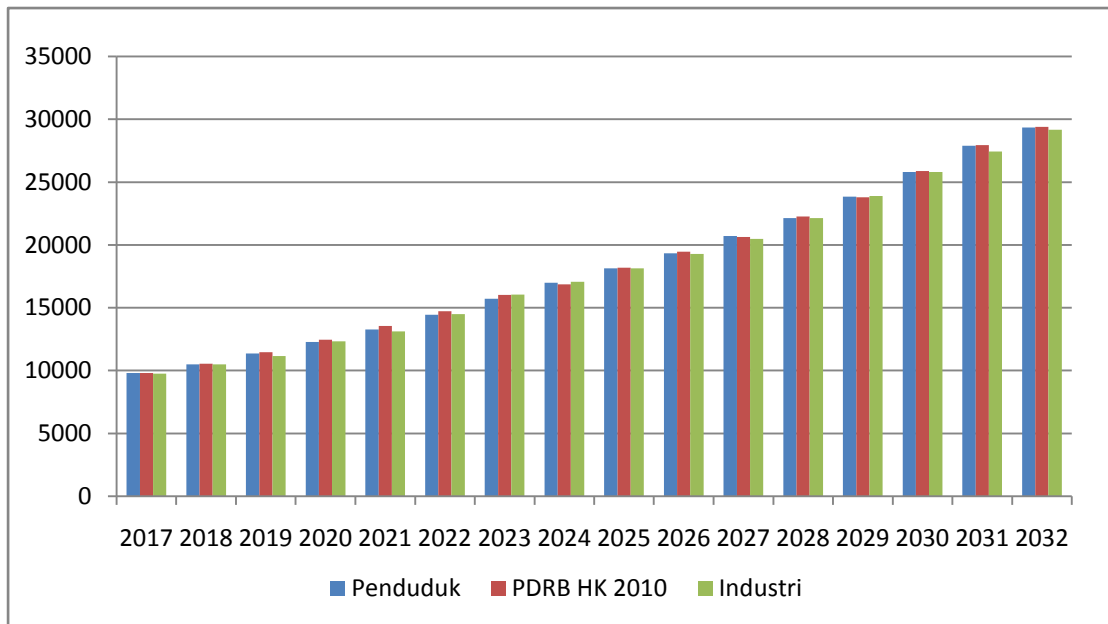
$$\text{MAPE} = \frac{\left(\frac{\text{data perkiraan} - \text{data sebenarnya}}{\text{data sebenarnya}} \right)}{\text{jumlah tahun perkiraan}} \times 100\% = 0,0008\%$$

Jadi, pertumbuhan konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara setiap tahunnya adalah sebesar 6,3% dari tahun sebelumnya. Sehingga, hasil peramalan pertumbuhan penduduk selama 15 tahun kedepan dapat terlihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30. Hasil Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Provinsi Sumatera Utara 2018-2032

Tahun	Hasil Perkiraan (GWh)
2017	9765,93
2018	10486,73
2019	11147,39
2020	12332,29
2021	13109,22
2022	14502,73
2023	16044,37
2024	17055,16
2025	18129,63
2026	19271,79
2027	20485,91
2028	22124,78
2029	23894,76
2030	25806,34
2031	27432,13
2032	29160,35

Setelah didapatkan hasil perkiraan konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara dengan menggunakan data pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi (PDRB) HK 2010, dan pertumbuhan industri, maka akan ditampilkan dalam Gambar 4.10 sebagai perbandingan dari faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2032 :



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Terhadap 3 Pengaruh Faktor Provinsi Sumatera Utara Tahun 2018-2032

Berdasarkan dari Gambar 4.10 diatas bahwa pertumbuhan konsumsi energi listrik di Provinsi Sumatera Utara dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang cukup signifikan dikarenakan faktor pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pertumbuhan industri yang dari tahun ke tahun terus meningkat akan kebutuhan pemakaian konsumsi energi listrik dan dapat terlihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31. Rata Rata Konsumsi Energi Listrik Provinsi Sumatera Utara Tahun 2018-2032

Tahun	Perkiraan Konsumsi Energi Listrik SUMUT (GWh)			Rata-Rata Perkiraan Konsumsi Energi Listrik SUMUT (GWh)
2017	9796,36	9817,91	9765,93	9793,40
2018	10498,73	10552,36	10486,73	10512,61
2019	11354,37	11470,41	11147,39	11324,06
2020	12279,75	12468,33	12332,29	12360,12
2021	13280,54	13553,07	13109,22	13314,28
2022	14450,47	14732,18	14502,73	14561,79
2023	15716,44	16013,87	16044,37	15924,89
2024	16997,32	16851,39	17055,16	16967,96
2025	18134,44	18199,5	18129,63	18154,52
2026	19344,00	19455,64	19271,79	19357,14
2027	20698,08	20622,97	20485,91	20602,32
2028	22146,94	22254,32	22124,78	22175,35
2029	23851,0	23804,33	23894,76	23850,03
2030	25794,85	25875,3	25806,34	25825,50
2031	27897,13	27945,32	27432,13	27758,19
2032	29356,14	29406,86	29160,35	29307,78

Dari Tabel 4.31 yang disajikan telah menghitung rata-rata perkiraan konsumsi energi listrik Provinsi Sumatera Utara menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* dengan pertumbuhan perkiraan rata-rata sebesar 7,71% setiap tahunnya. Kemudian akan dihitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) antara hasil ANFIS terhadap hasil realisasi atau perkiraan konsumsi energi listrik dari PT. PLN(Persero) dengan menggunakan persamaan :

$$\text{MAPE} = \frac{\left(\frac{\text{data perkiraan} - \text{data sebenarnya}}{\text{data sebenarnya}} \right)}{\text{jumlah h tahun perkiraan}} \times 100\%$$

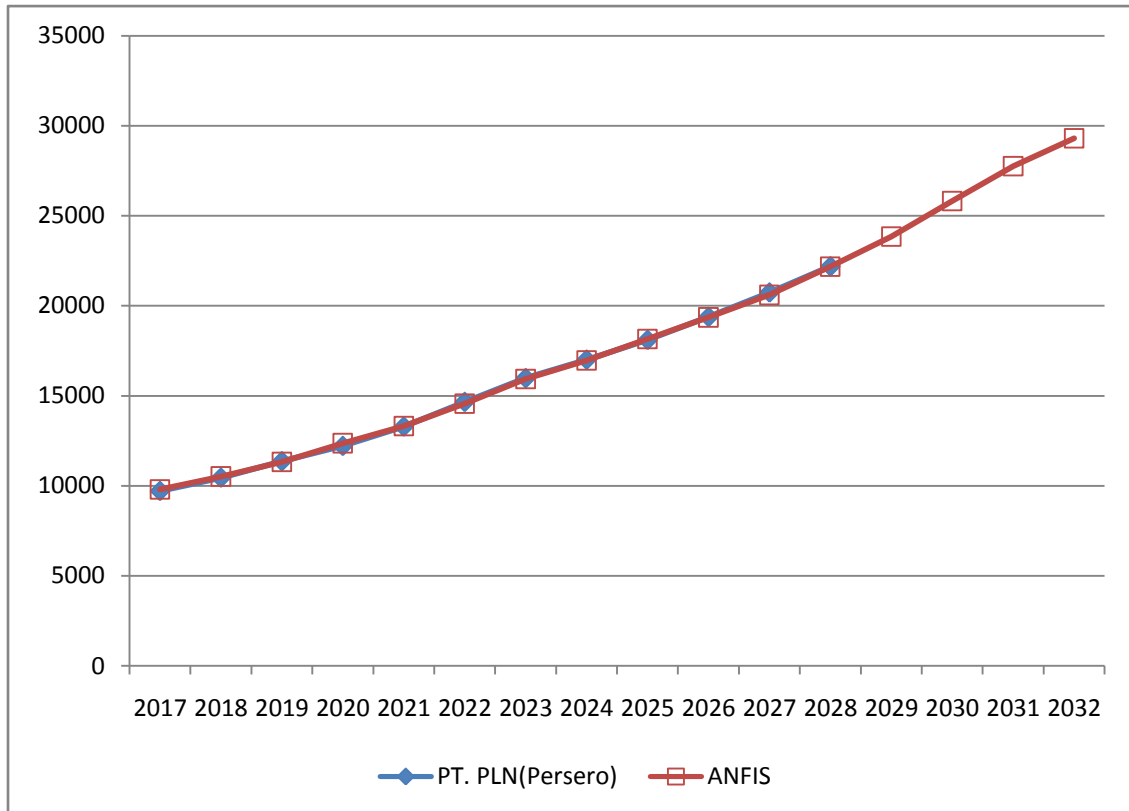
$$\text{MAPE} = \frac{\left(\frac{9793,4 - 9707,33}{9707,33} \right)}{15} \times 100\% = 0,0005\% \text{ (Tahun 2017)}$$

Data Realisasi dan Perkiraan Konsumsi Energi Listrik yang di dapat dari PT. PLN(Persero) dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Realisasi Dan Perkiraan Konsumsi Energi Listrik PT. PLN(Persero)

Tahun	Realisasi Konsumsi Energi Listrik SUMUT (GWh)	Perkiraan Konsumsi Energi Listrik SUMUT (GWh)
2012	7809,32	-
2013	7917,24	-
2014	8271,01	-
2015	8703,63	-
2016	9240,30	-
2017	9707,33	-
2018	10445,02	-
2019	-	11361
2020	-	12210
2021	-	13286
2022	-	14656
2023	-	15979
2024	-	17007
2025	-	18105
2026	-	19381
2027	-	20742
2028	-	22194

Dan dari perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* ini akan dibandingkan hasil dari ANFIS dengan hasil perkiraan konsumsi energi listrik PT. PLN(Persero) Tahun 2017-2032. Dan dapat terlihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Hasil Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Sumatera Utara Menggunakan Data Dari PT. PLN(Persero) Dengan Perolehan ANFIS.

BAB V

KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian Tesis ini, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan bahwa:

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi listrik area Sumatera Bagian Utara adalah :

1.1. Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Pertumbuhan penduduk di Sumatera Utara dengan rata-rata jumlah pertumbuhannya sebesar 1,55 % dengan jumlah pertumbuhan penduduk pada tahun 2032 sebesar 17,963,197 jiwa dan memiliki tingkat error (MAPE) sebesar 0,00024 %. Sehingga dapat mempengaruhi pemakaian konsumsi energi listrik di Sumatera Utara.

1.2. Faktor Pertumbuhan Ekonomi

Pertumbuhan ekonomi di Sumatera Utara dengan rata-rata jumlah pertumbuhannya sebesar 5,3 % dengan jumlah pertumbuhan ekonomi PDRB Harga Konstan 2010 pada tahun 2032 sebesar 1,057,859.56 Milyar Rupiah dan memiliki tingkat error (MAPE) sebesar 0,0028 %. Sehingga dapat mempengaruhi pemakaian konsumsi energi listrik di Sumatera Utara.

1.3. Faktor Pertumbuhan Industri

Pertumbuhan industri di Sumatera Utara dengan rata-rata jumlah pertumbuhannya sebesar 1,00 % dengan jumlah pertumbuhan industri pada tahun 2032 sebesar 1805 unit dan memiliki tingkat error (MAPE) sebesar

0,00064 %. Sehingga dapat mempengaruhi pemakaian konsumsi energi listrik di Sumatera Utara.

2. Faktor pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pertumbuhan industri sangat mempengaruhi dari pertumbuhan konsumsi energi listrik di area Sumatera Utara. Adapun perkiraan konsumsi energi listrik di Sumatera Utara yaitu :

- 2.1. Menurut pertumbuhan jumlah penduduk bahwa perkiraan konsumsi energi listrik Sumatera Utara pada tahun 2032 dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* sebesar 29356,14 GWh atau kurang lebih sebesar 8,15% setiap tahunnya sampai tahun 2032.

- 2.2. Menurut pertumbuhan ekonomi PDRB HK 2010 bahwa perkiraan konsumsi energi listrik Sumatera Utara pada tahun 2032 dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* sebesar 29406,86 GWh atau kurang lebih sebesar 8,7% setiap tahunnya sampai tahun 2032 .

- 2.3. Menurut pertumbuhan industri bahwa perkiraan konsumsi energi listrik Sumatera Utara pada tahun 2032 dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* sebesar 29160,35 GWh atau kurang lebih sebesar 6,3% setiap tahunnya sampai tahun 2032.

- 2.4. Rata-rata perkiraan konsumsi energi listrik Sumatera Utara pada tahun 2032 dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* sebesar 29307,7833 GWh atau meningkat kurang lebih sebesar 7,71% setiap tahunnya sampai tahun 2032.

2.5. Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* ini memiliki tingkat eror (MAPE) sebesar 0,0005% dari hasil realisasi ataupun perkiraan konsumsi energi listrik yang ada di PT. PLN(Persero). Dan metode ini sangat efektif digunakan untuk perkiraan jangka pendek sampai jangka panjang.

5.2 Implikasi

Berdasarkan temuan yang diperoleh, implikasi dari hasil penelitian ini adalah :

1. Banyak faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan konsumsi energi listrik. Tetapi, kita dapat memilih salah satu diantara faktor-faktor tersebut untuk memperkirakan konsumsi energi listrik di masa depan. Atau kita dapat menggunakan semua faktor-faktor tersebut untuk memperkirakan akan kebutuhan konsumsi energi listrik di masa depan. Faktor yang sangat mempengaruhi akan pertumbuhan konsumsi energi listrik di Sumatera Utara adalah faktor pertumbuhan ekonomi PDRB HK 2010 dengan tingkat pertumbuhan sebesar 5,3 %.
2. Pertumbuhan konsumsi energi listrik di Sumatera Utara sebesar 8,15% (menurut pertumbuhan jumlah penduduk), 8,7% (menurut pertumbuhan ekonomi PDRB HK 2010), dan 6,3% (menurut pertumbuhan industri), serta memiliki pertumbuhan rata-rata konsumsi energi listrik sebesar 7,71% setiap tahunnya. Dari hasil tersebut, kita dapat memperkirakan proyeksi konsumsi energi listrik di wilayah Sumatera Utara pada tahun 2032.

5.3 Saran

1. Untuk pengembangan tesis ini dapat dikaji lebih rinci lagi tentang membandingkan hasil dengan metode lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hasibuan and W. V. Siregar, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Kota Subulussalam Sampai Tahun 2020 Menggunakan Metode Analisis Regresi," *R E L E (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 1, pp. 0–4, 2019.
- [2] P. Agung, D. Hartono, and A. A. Awirya, "Pengaruh Urbanisasi Terhadap Konsumsi Energi Dan Emisi CO₂: Analisis Provinsi di Indonesia," *J. Ekon. Kuantitatif Terap.*, pp. 9–18, 2018.
- [3] R. Finata, "Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Di Sumatera Utara Pada Tahun 2025 Menggunakan Metode Regresi Dalam Aplikasi Simple E," *UMSU*, 2015.
- [4] U. Khasanah, D. C. R. Novitasari, W. D. Utami, and P. K. Intan, "ANALISIS PERAMALAN BEBAN LISTRIK (Studi Kasus : PT . PLN (Persero) Area Pengaturan Distribusi Jawa Timur)," *J. Unirow*, vol. 01, no. 01, pp. 17–24, 2019.
- [5] Antonov and A. Rahman, "Prakiraan Dan Analisa Kebutuhan Energi Listrik Provinsi Sumatera Barat Hingga Tahun 2024 Dengan Metode Analisis Regresi Linear Berganda," *JTE ITP*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [6] I. Haimi, "Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Dengan Menggunakan Metode ANFIS," *UINSUSKA*, 2010.
- [7] P. P. Manoj and A. Pravinchandra Shah, "Fuzzy Logic Methodology for Short Term Load Forecasting," *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 03, no. 04, pp. 322–328, 2015.

- [8] P. Ganguly, A. Kalam, and A. Zayegh, “Short Term Load Forecasting Using Fuzzy Logic,” *ICRES*, no. October, pp. 129–133, 2017.
- [9] N. Nurkholiq, T. Sukmadi, and A. Nugroho, “Analisis Perbandingan Metode Logika Fuzzy Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Pada Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang Di Indonesia Sampai Tahun 2022,” *TRANSIENT*, vol. 3, 2014.
- [10] M. Pinem, “Analisis Pertumbuhan Dan Persebaran Penduduk Provinsi Sumatera Utara Berdasarkan Hasil Sensus Penduduk Tahun 2010,” *J. Pendidik. Ilmu-Ilmu Sos.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2014.
- [11] L. K. Widyaprawati, I. P. A. Mertasana, and I. G. D. Arjana, “Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Di Bali Menggunakan Pendekatan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*,” *Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 1, 2012.
- [12] A. Azadeh, M. Saberi, V. Nadimi, M. Iman, and A. Behrooznia, “An Integrated Intelligent Neuro-Fuzzy Algorithm for Long-Term Electricity Consumption: Cases of Selected EU Countries,” *Acta Polytech. Hungarica*, vol. 7, no. 4, pp. 71–90, 2010.

YOGA TRI NUGRAHA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



CONTACT



Medan, March 02, 1994



Single



Jl. Mesjid Taufik Gg. Andalas
No. 5 B, Medan, Sumatera Utara



yoga_nugraha14@yahoo.com



+62-811-6332-394

SOCIAL MEDIA



yoga-tri-nugraha-2725a8a4



Yoga Tri Nugraha



@yogatnofficial

INTEREST

Travelling

Photography

Sport

Reading and Writing

Music

Research

PROFILE

My name is Yoga Tri Nugraha, 25 years old. I just graduated from a master's degree of electrical engineering at Muhammadiyah University of North Sumatera. I have skills. And I have expertise in the fields of IT, Telecommunications, Aviation, Research and Electricity. I also have experience as an Engineering Consultant, Laboratory Assistant Coordinator, Lecturer Assistant and IT Staff.

EDUCATION

2017-2019

Muhammadiyah University of North Sumatera
S2 – Master's of Electrical Engineering

2012-2016

Muhammadiyah University of North Sumatera
S1 – Bachelor's of Electrical Engineering

2009-2012

Dharmawangsa High School

WORK EXPERIENCE

2019-Present

Universitas Al-Azhar Medan
As an IT Staff (Apr-Oct), Honorer Lecturer (Feb-Present)

2016-2016

PT. INTIMULYA MULTIKENCANA
As an Engineering Consultant
Only 6 months (Apr-Oct) because the contract is over.

2014-Present

Laboratory of Electrical Engineering UMSU
As a Laboratory Assistant Coordinator.

SKILLS

Finding the problem solving



Creative and Innovative



Strong Analytical



Design



Ability to fast reporting



LANGUAGES

Bahasa



Thai



English



Japan



Malay



Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga Menurut Kabupaten/Kota, 2012

Kabupaten/Kota	Penduduk (jiwa)	Rumah Tangga	Rata-rata Banyaknya Anggota Rumah tangga
Kabupaten			
01. Nias	132 860	26 584	5,00
02. Mandailing Natal	410 931	97 572	4,21
03. Tapanuli Selatan	268 095	62 785	4,27
04. Tapanuli Tengah	318 908	69 351	4,60
05. Tapanuli Utara	283 871	66 531	4,27
06. Toba Samosir	174 865	43 479	4,02
07. Labuhanbatu	424 644	96 945	4,38
08. Asahan	677 876	160 477	4,22
09. Simalungun	830 986	215 067	3,86
10. Dairi	273 394	66 486	4,11
11. Karo	358 823	98 301	3,65
12. Deli Serdang	1 845 615	438 807	4,21
13. Langkat	976 885	243 481	4,01
14. Nias Selatan	294 069	61 868	4,75
15. Humbang	174 765	40 228	4,34
16. Pakpak Bharat	41 492	9 328	4,45
17. Samosir	121 594	29 775	4,08
18. Serdang Bedagai	604 026	149 346	4,04
19. Batu Bara	381 023	88 592	4,30
20. Padang Lawas	229 064	53 993	4,24
21. Padang Lawas	232 166	54 366	4,27
22. Labuhanbatu	284 809	68 414	4,16
23. Labuhanbatu Utara	335 459	78 734	4,26
24. Nias Utara	128 533	26 737	4,81
25. Nias Barat	82 701	16 526	5,00
Kota			
71. Sibolga	85 852	18 651	4,60
72. Tanjungbalai	157 175	34 035	4,62
73. Pematangsiantar	236 947	56 100	4,22
74. Tebing Tinggi	147 771	35 764	4,13
75. Medan	2 122 804	493 231	4,30
76. Binjai	250 252	58 349	4,29
77. Padangsidimpuan	198 809	45 148	4,40
78. Gunungsitoli	128 337	26 549	4,83
Sumatera Utara	13 215 401	3 131 600	4,22

Sumber: BPS Provinsi Sumatera Utara

Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga Menurut Kabupaten/Kota, 2013

Kabupaten/Kota	Penduduk (jiwa)	Rumah Tangga	Rata-rata Banyaknya Anggota Rumah tangga
Kabupaten			
01. Nias	133 388	26 945	4,95
02. Mandailing Natal	413 475	99 116	4,17
03. Tapanuli Selatan	268 824	63 558	4,23
04. Tapanuli Tengah	324 006	71 134	4,55
05. Tapanuli Utara	286 118	67 699	4,23
06. Toba Samosir	175 069	43 946	3,98
07. Labuhanbatu	430 718	99 272	4,34
08. Asahan	681 794	162 950	4,18
09. Simalungun	833 251	217 717	3,83
10. Dairi	276 238	67 821	4,07
11. Karo	363 755	100 606	3,62
12. Deli Serdang	1 886 388	452 793	4,17
13. Langkat	978 734	246 276	3,97
14. Nias Selatan	295 968	62 863	4,71
15. Humbang	176 429	41 000	4,30
16. Pakpak Bharat	42 144	9 565	4,41
17. Samosir	121 924	30 142	4,05
18. Serdang Bedagai	605 583	151 164	4,01
19. Batu Bara	382 960	89 895	4,26
20. Padang Lawas	232 746	55 386	4,20
21. Padang Lawas	237 259	56 090	4,23
22. Labuhanbatu	289 655	70 244	4,12
23. Labuhanbatu Utara	337 404	79 948	4,22
24. Nias Utara	129 053	27 102	4,76
25. Nias Barat	82 854	16 715	4,96
Kota			
71. Sibolga	85 981	18 858	4,56
72. Tanjungbalai	158 599	34 672	4,57
73. Pematangsiantar	237 434	56 753	4,18
74. Tebing Tinggi	149 065	36 423	4,09
75. Medan	2 123 210	498 046	4,26
76. Binjai	252 263	59 380	4,25
77. Padangsidempuan	204 615	46 911	4,36
78. Gunungsitoli	129 403	27 025	4,79
Sumatera Utara	13 326 307	3 188 015	4,18

Sumber: BPS Provinsi Sumatera Utara

Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga Menurut Kabupaten/Kota, 2014

Kabupaten/Kota	Penduduk (jiwa)	Rumah Tangga	Rata-rata Banyaknya Anggota Rumah tangga
Kabupaten			
01. N i a s	135 319	26 733	5,06
02. Mandailing Natal	426 382	99 972	4,27
03. Tapanuli Selatan	273 132	63 162	4,32
04. Tapanuli Tengah	342 902	73 626	4,66
05. Tapanuli Utara	290 864	67 316	4,32
06. Toba Samosir	178 568	43 845	4,07
07. Labuhanbatu	453 630	102 255	4,44
08. A s a h a n	699 720	163 567	4,28
09. Simalungun	844 033	215 694	3,91
10. D a i r i	277 575	66 658	4,16
11. K a r o	382 622	103 503	3,70
12. Deli Serdang	1 984 598	465 881	4,26
13. L a n g k a t	1 005 965	247 586	4,06
14. Nias Selatan	305 010	63 356	4,81
15. Humbang Hasundutan	181 026	41 147	4,40
16. Pakpak Bharat	44 520	9 883	4,50
17. Samosir	123 065	29 759	4,14
18. Serdang Bedagai	606 367	148 033	4,10
19. Batu Bara	396 479	91 018	4,36
20. Padang Lawas Utara	247 286	57 563	4,30
21. Padang Lawas	251 927	58 254	4,32
22. Labuhanbatu Selatan	307 171	72 851	4,22
23. Labuhanbatu Utara	347 465	80 520	4,32
24. Nias Utara	132 735	27 262	4,87
25. Nias Barat	84 419	16 658	5,07
Kota			
71. S i b o l g a	86 166	18 490	4,66
72. Tanjungbalai	164 675	35 209	4,68
73. Pematangsiantar	245 104	57 304	4,28
74. Tebing Tinggi	154 804	36 997	4,18
75. M e d a n	2 191 140	502 735	4,36
76. B i n j a i	261 490	60 204	4,34
77. Padangsidempuan	206 496	46 302	4,46
78. Gunungsitoli	134 196	27 413	4,90
Sumatera Utara	13 766 851	3 220 756	4,27

Sumber: BPS Provinsi Sumatera Utara

Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga Menurut Kabupaten/Kota, 2015

Kabupaten/Kota	Penduduk (jiwa)	Rumah Tangga	Rata-rata Banyaknya Anggota Rumah tangga
Kabupaten			
01. Nias	136.115	27.034	5,03
02. Mandailing Natal	430.894	100.877	4,27
03. Tapanuli Selatan	275.098	63.672	4,32
04. Tapanuli Tengah	350.017	75.119	4,66
05. Tapanuli Utara	293.399	67.805	4,33
06. Toba Samosir	179.704	44.005	4,08
07. Labuhanbatu	462.191	104.137	4,44
08. Asahan	706.283	164.935	4,28
09. Simalungun	849.405	216.768	3,92
10. Dairi	279.090	66.825	4,18
11. Karo	389.591	104.955	3,71
12. Deli Serdang	2.029.308	475.365	4,27
13. Langkat	1.013.385	249.048	4,07
14. Nias Selatan	308.281	64.231	4,80
15. Humbang Hasundutan	182.991	41.493	4,41
16. Pakpak Bharat	45.516	10.171	4,48
17. Samosir	123.789	29.837	4,15
18. Serdang Bedagai	608.691	148.402	4,10
19. Batu Bara	400.803	91.899	4,36
20. Padang Lawas Utara	252.589	58.759	4,30
21. Padang Lawas	258.003	59.566	4,33
22. Labuhanbatu Selatan	313.884	74.316	4,22
23. Labuhanbatu Utara	351.097	81.295	4,32
24. Nias Utara	133.897	27.509	4,87
25. Nias Barat	84.917	16.756	5,07
Kota			
71. Sibolga	86.519	18.566	4,66
72. Tanjungbalai	167.012	35.708	4,68
73. Pematangsiantar	247.411	57.844	4,28
74. Tebing Tinggi	156.815	37.478	4,18
75. Medan	2.210.624	507.205	4,36
76. Binjai	264.687	60.780	4,35
77. Padangsidempuan	209.796	47.014	4,46
78. Gunungsitoli	135.995	27.831	4,89
Sumatera Utara	13.937.797	3.257.205	4,28

Sumber: BPS Provinsi Sumatera Utara

Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga menurut Kabupaten/Kota, 2016

Kabupaten/Kota	Penduduk (jiwa)	Rumah Tangga	Rata-rata Banyaknya Anggota Rumah tangga
Kabupaten			
01 Nias	141 403	28 096	5,03
02 Mandailing Natal	435 303	101 910	4,27
03 Tapanuli Selatan	276 889	64 087	4,32
04 Tapanuli Tengah	356 918	76 601	4,66
05 Tapanuli Utara	295 613	68 316	4,33
06 Toba Samosir	180 694	44 248	4,08
07 Labuhanbatu	470 511	106 012	4,44
08 Asahan	712 684	166 430	4,28
09 Simalungun	854 489	218 065	3,92
10 Dairi	280 610	67 189	4,18
11 Karo	396 598	106 842	3,71
12 Deli Serdang	2 072 521	485 488	4,27
13 Langkat	1 021 208	250 971	4,07
14 Nias Selatan	311 319	64 864	4,8
15 Humbang Hasundutan	184 915	41 930	4,41
16 Pakpak Bharat	46 392	10 367	4,47
17 Samosir	124 496	30 007	4,15
18 Serdang Bedagai	610 906	148 942	4,1
19 Batu Bara	404 988	92 859	4,36
20 Padang Lawas Utara	257 807	59 973	4,3
21 Padang Lawas	263 784	60 900	4,33
22 Labuhanbatu Selatan	320 381	75 854	4,22
23 Labuhanbatu Utara	354 485	82 079	4,32
24 Nias Utara	135 013	27 738	4,87
25 Nias Barat	80 785	15 924	5,07
Kota			
71 Sibolga	86 789	18 624	4,66
72 Tanjungbalai	169 084	36 151	4,68
73 Pematangsiantar	249 505	58 333	4,28
74 Tebing Tinggi	158 902	37 976	4,18
75 Medan	2 229 408	511 515	4,36
76 Binjai	267 901	61 518	4,35
77 Padangsidimpuan	212 917	47 713	4,46
78 Gunungsitoli	137 693	28 179	4,89
Sumatera Utara	14 102 911	3 295 701	4,28

Sumber : BPS Provinsi Sumatera Utara

Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga menurut Kabupaten/Kota, 2017

Kabupaten/Kota	Penduduk (jiwa)	Rumah Tangga	Rata-rata Banyaknya Anggota Rumah tangga
Kabupaten			
01 Nias	142 110	28 241	5
02 Mandailing Natal	439 505	102 894	4
03 Tapanuli Selatan	278 587	64 479	4
04 Tapanuli Tengah	363 705	78 057	5
05 Tapanuli Utara	297 806	68 823	4
06 Toba Samosir	181 790	44 516	4
07 Labuhanbatu	478 593	107 833	4
08 Asahan	718 718	167 839	4
09 Simalungun	859 228	219 275	4
10 Dairi	281 876	67 492	4
11 Karo	403 207	108 622	4
12 Deli Serdang	2 114 627	495 351	4
13 Langkat	1 028 309	252 715	4
14 Nias Selatan	314 395	65 505	5
15 Humbang Hasundutan	186 694	42 333	4
16 Pakpak Bharat	47 183	10 544	4
17 Samosir	125 099	30 152	4
18 Serdang Bedagai	612 924	149 435	4
19 Batu Bara	409 091	93 800	4
20 Padang Lawas Utara	262 895	61 157	4
21 Padang Lawas	269 799	62 288	4
22 Labuhanbatu Selatan	326 825	77 380	4
23 Labuhanbatu Utara	357 691	82 822	4
24 Nias Utara	136 090	27 959	5
25 Nias Barat	81 279	16 017	5
Kota			
71 Sibolga	87 090	18 688	5
72 Tanjungbalai	171 187	36 601	5
73 Pematangsiantar	251 513	58 803	4
74 Tebing Tinggi	160 686	38 403	4
75 Medan	2 247 425	515 649	4
76 Binjai	270 926	62 213	4
77 Padangsidempuan	216 013	48 407	4
78 Gunungsitoli	139 281	28 503	5
Sumatera Utara	14 262 147	3 332 796	4

Sumber : BPS Provinsi Sumatera Utara

[Seri 2010] Produk Domestik Regional Bruto menurut Kabupaten/Kota Atas Dasar Harga Konstan Tahun 2010 (milyar rupiah), 2011 - 2015

Kabupaten/Kota	2011	2012	2013	2014*)	2015**)
Kabupaten					
1. Nias	1 671,21	1 776,05	1 888,76	1 991,99	2 100,11
2. Mandailing Natal	5 844,31	6 210,82	6 606,44	7 036,90	7 474,42
3 Tapanuli Selatan	5 637,99	6 150,49	7 222,61	7 542,78	7 921,24
4 Tapanuli Tengah	4 702,52	4 943,04	5 199,02	5 460,85	5 738,32
5 Tapanuli Utara	4 002,40	4 198,63	4 419,77	4 645,42	4 868,95
6 Toba Samosir	3 792,70	3 985,21	4 178,50	4 355,07	4 553,17
7 Labuhanbatu	15 355,41	16 289,98	17 263,41	18 164,10	19 079,93
8 Asahan	16 939,70	17 872,41	18 892,62	20 004,51	21 118,75
9 Simalungun	18 024,80	19 117,54	20 122,01	21 194,28	22 305,43
10 Dairi	4 447,09	4 671,00	4 906,86	5 153,83	5 413,75
11 Karo	9 761,45	10 258,23	10 765,99	11 314,39	11 880,93
12 Deli Serdang	45 257,73	47 513,87	51 896,06	55 793,75	58 722,46
13 Langkat	19 594,74	20 858,68	22 029,48	23 157,01	24 321,61
14 Nias Selatan	2 923,11	3 074,46	3 217,40	3 356,39	3 506,03
15 Humbang Hasundutan	2 792,13	2 948,18	3 085,20	3 249,45	3 419,57
16 Pakpak Bharat	537,57	569,86	603,55	639,29	677,18
17 Samosir	1 985,57	2 105,65	2 234,09	2 367,10	2 503,73
18 Serdang Bedagai	12 780,06	13 558,85	14 345,76	15 080,38	15 841,75
19 Batubara	16 946,46	17 916,36	18 674,62	19 459,38	20 259,69
20 Padang Lawas Utara	5 199,65	5 531,49	5 871,51	6 228,35	6 598,30
21 Padang Lawas	5 020,06	5 332,02	5 659,62	5 997,31	6 341,53
22 Labuhanbatu Selatan	12 249,55	13 024,49	13 812,09	14 547,52	15 294,17
23 Labuhanbatu Utara	11 262,26	11 978,44	12 729,04	13 414,53	14 109,37
24 Nias Utara	1 549,73	1 645,93	1 750,25	1 847,62	1 948,96
25 Nias Barat	823,94	877,93	923,29	970,55	1 017,80
Kota					
71 Sibolga	2 324,88	2 458,50	2 605,01	2 758,57	2 914,51
72 Tanjungbalai	3 689,90	3 919,55	4 152,39	4 392,58	4 637,50
73 Pematangsiantar	6 333,31	6 753,56	7 141,86	7 594,53	7 992,32
74 Tebing Tinggi	2 608,86	2 758,87	2 924,75	3 084,05	3 234,05
75 Medan	97 675,58	105 162,00	110 795,42	117 528,08	124 277,48
76 Binjai	5 236,27	5 553,63	5 890,97	6 234,29	6 571,20
77 Padangsidempuan	2 788,16	2 952,72	3 124,02	3 285,46	3 451,08
78 Gunungsitoli	2 143,60	2 276,15	2 417,72	2 565,26	2 703,50
Sumatera Utara	353 147,59	375 924,14	398 727,14	419 573,31	440 955,85

Sumber : BPS Provinsi Sumatera Utara

Keterangan : *) Angka Sementara

***) Angka Sangat Sementara

[Seri 2010] Produk Domestik Regional Bruto menurut Kabupaten/Kota Atas Dasar Harga Konstan Tahun 2010 (milyar rupiah) 2014 - 2016

Kabupaten/Kota	2014	2015 ^{*)}	2016 ^{**)}
Kabupaten			
01 Nias	1 997,75	2 108,04	2 214,15
02 Mandailing Natal	7 034,93	7 471,72	7 935,03
03 Tapanuli Selatan	7 543,28	7 910,01	8 314,49
04 Tapanuli Tengah	5 460,85	5 738,32	6 032,21
05 Tapanuli Utara	4 642,33	4 869,48	5 070,19
06 Toba Samosir	4 355,42	4 551,51	4 769,81
07 Labuhanbatu	18 165,10	19 080,99	20 046,02
08 Asahan	20 003,08	21 117,02	22 308,20
09 Simalungun	21 194,28	22 304,11	23 507,97
10 Dairi	5 153,83	5 413,75	5 688,45
11 Karo	11 314,39	11 880,93	12 494,87
12 Deli Serdang	55 790,75	58 713,67	61 839,67
13 Langkat	23 157,12	24 321,61	25 533,81
14 Nias Selatan	3 356,39	3 505,19	3 662,19
15 Humbang Hasundutan	3 256,19	3 406,80	3 577,75
16 Pakpak Bharat	639,39	677,43	717,89
17 Samosir	2 367,10	2 503,78	2 635,77
18 Serdang Bedagai	15 080,38	15 841,95	16 656,17
19 Batu Bara	19 458,33	20 264,82	21 127,23
20 Padang Lawas Utara	6 228,35	6 598,60	6 991,66
21 Padang Lawas	5 997,31	6 341,53	6 725,98
22 Labuhanbatu Selatan	14 546,12	15 294,51	16 088,42
23 Labuhanbatu Utara	13 414,53	14 109,37	14 843,99
24 Nias Utara	1 853,28	1 954,12	2 043,91
25 Nias Barat	973,76	1 024,93	1 074,48
Kota			
71 Sibolga	2 757,27	2 913,17	3 063,07
72 Tanjungbalai	4 392,58	4 637,21	4 904,54
73 Pematangsiantar	7 594,43	7 992,37	8 380,82
74 Tebing Tinggi	3 084,17	3 235,30	3 400,69
75 Medan	117 525,06	124 269,93	132 062,86
76 Binjai	6 234,29	6 571,20	6 935,55
77 Padangsidempuan	3 287,39	3 454,24	3 636,87
78 Gunungsitoli	2 564,37	2 712,86	2 876,36
Sumatera Utara	419 573,31	440 955,85	463 775,46

Sumber : BPS Provinsi Sumatera Utara

Keterangan : *) Angka Sementara

**) Angka Sangat Sementara

Produk Domestik Regional Bruto menurut Kabupaten/Kota Atas Dasar Harga Konstan Tahun 2010 (milyar rupiah) 2015 - 2017

Kabupaten/Kota	2015	2016 ^{*)}	2017 ^{**)}
Kabupaten			
01 Nias	2 108,04	2 214,15	2 325,01
02 Mandailing Natal	7 471,72	7 933,13	8 416,50
03 Tapanuli Selatan	7 910,01	8 314,69	8 748,18
04 Tapanuli Tengah	5 738,32	6 032,21	6 348,24
05 Tapanuli Utara	4 869,48	5 070,19	5 280,69
06 Toba Samosir	4 551,51	4 769,11	5 005,71
07 Labuhanbatu	19 080,99	20 046,02	21 048,17
08 Asahan	21 116,72	22 302,70	23 525,35
09 Simalungun	22 304,11	23 508,97	24 715,67
10 Dairi	5 413,75	5 688,45	5 968,77
11 Karo	11 880,93	12 494,87	13 145,85
12 Deli Serdang	58 713,67	61 839,67	64 991,87
13 Langkat	24 321,61	25 533,81	26 823,48
14 Nias Selatan	3 505,19	3 662,19	3 830,50
15 Humbang Hasundutan	3 406,80	3 577,75	3 759,32
16 Pakpak Bharat	677,43	717,89	760,55
17 Samosir	2 503,78	2 635,77	2 776,85
18 Serdang Bedagai	15 841,95	16 656,17	17 516,43
19 Batu Bara	20 264,82	21 169,84	22 039,29
20 Padang Lawas Utara	6 598,60	6 991,66	7 379,17
21 Padang Lawas	6 341,53	6 725,98	7 110,25
22 Labuhanbatu Selatan	15 294,51	16 088,42	16 907,59
23 Labuhanbatu Utara	14 109,37	14 843,99	15 602,05
24 Nias Utara	1 954,12	2 043,91	2 134,49
25 Nias Barat	1 024,93	1 074,48	1 126,19
Kota			
71 Sibolga	2 913,17	3 063,07	3 224,58
72 Tanjungbalai	4 637,21	4 904,54	5 174,85
73 Pematangsiantar	7 992,37	8 380,82	8 750,23
74 Tebing Tinggi	3 235,30	3 400,75	3 575,51
75 Medan	124 269,93	132 062,86	139 730,21
76 Binjai	6 571,20	6 935,55	7 309,27
77 Padangsidimpuan	3 454,24	3 636,87	3 830,32
78 Gunungsitoli	2 712,86	2 876,34	3 049,12
Sumatera Utara	440 955,85	463 775,46	487 531,23

Sumber : BPS Provinsi Sumatera Utara

Keterangan : *) Angka Sementara

**) Angka Sangat Sementara

Tabel 6.2.6 **Jumlah Perusahaan Industri Besar dan Sedang Menurut Golongan Industri (unit) , 2011 – 2013**
Table 6.2.6 **Number of Large and Medium Manufacturing Establishments by Industrial Classification (unit), 2011 – 2013**

Golongan Industri <i>Industrial Classification</i>		2011	2012	2013 ^{a)}
(1)		(2)	(3)	(4)
1.	Industri Makanan, Minuman dan Tembakau/ <i>Manufacture of Food, Beverages and Tobacco</i>	460	457	413
2.	Industri Tekstil, Pakaian Jadi dan Kulit/ <i>Manufacture of Textiles, Clothing and Leather</i>	45	44	44
3.	Industri Kayu, Perabot Rumahtangga/ <i>Manufacture of Wood, Including Furniture</i>	117	126	125
4.	Industri Kertas, Percetakan dan Penerbit/ <i>Manufacture of Paper, Printing and Publishing</i>	30	30	25
5.	Industri Kimia, Batu Bara, Karet dan Plastik/ <i>Manufacture of Chemicals, Petroleum, Coal, Rubber and Plastics</i>	189	195	190
6.	Industri Barang Galian Bukan Logam Kecuali Minyak Bumi dan Batu Bara/ <i>Manufacture of Non Metallic, Except Petroleum and Coal</i>	56	58	58
7.	Industri Logam Dasar/ <i>Manufacture of Basic Metals</i>	12	14	14
8.	Industri Barang dari Logam, Mesin dan Peralatannya/ <i>Manufacture of Fabricated Metal Products, Machinery and Equipment</i>	59	60	60
9.	Industri Pengolahan Lainnya/ <i>Other Manufacturing Industries</i>	39	39	34
Jumlah/Total		1 007	1 023	963

Sumber/Source: BPS Provinsi Sumatera Utara / BPS - Statistics of Sumatera Utara Province

Keterangan/Note: ^{a)} Angka perkiraan/Estimated figure

MANUFACTURING

Tabel 6.2.6 Jumlah Perusahaan Industri Besar dan Sedang menurut Golongan Industri (unit), 2013 – 2016
Table Number of Large and Medium Manufacturing Establishments by Industrial Classification (unit), 2013 – 2016

Golongan Industri Industrial Classification	2013	2014	2015	2016 ^{el}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1. Industri Makanan, Minuman dan Tembakau/ Manufacture of Food, Beverages and Tobacco	458	466	445	697
2. Industri Tekstil, Pakaian Jadi dan Kulit/ Manufacture of Textiles, Clothing and Leather	43	43	42	67
3. Industri Kayu, Perabot Rumahtangga/ Manufacture of Wood, Including Furniture	127	118	113	185
4. Industri Kertas, Percetakan dan Penerbit/ Manufacture of Paper, Printing and Publishing	28	28	29	44
5. Industri Kimia, Batu Bara, Karet dan Plastik/ Manufacture of Chemicals, Petroleum, Coal, Rubber and Plastics	193	193	165	283
6. Industri Barang Galian Bukan Logam Kecuali Minyak Bumi dan Batu Bara/ Manufacture of Non Metallic, Except Petroleum and Coal	56	61	53	87
7. Industri Logam Dasar/Manufacture of Basic Metals	13	16	16	24
8. Industri Barang dari Logam, Mesin dan Peralatannya /Manufacture of Fabricated Metal Products, Machinery and Equipment	58	43	40	71
9. Industri Pengolahan Lainnya/ Other Manufacturing Industries	30	59	57	87
Jumlah/Total	1 006	1 027	960	1 545

Sumber : BPS Provinsi Sumatera Utara

Source : BPS-Statistics of Sumatera Utara Province

Keterangan/Note: ^{el} Angka perkiraan/Estimated figure

Tabel 6.4.7 **Jumlah Penjualan Energi Listrik Menurut Jenis Pelanggan dan Cabang (gwh), 2010- 2013**
Total of Energy Sold by Customer and Branch (gwh), 2010 - 2013

Cabang Branch	Rumah Tangga Household	Komersial Commer- cial	Industri Industry	Sosial Social	Peme- rintah/ Govern- ment	PJU	Jumlah Total
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1. Cabang Medan/ Medan Branch	1 219,64	706,09	1 134,56	122,05	48,71	155,41	3 386,47
2. Cabang Binjai/ Binjai Branch	576,00	120,01	287,73	19,54	7,34	50,37	1 061,01
3. Cabang P.Siantar/ P.Siantar Branch	606 12	114,78	215,65	27,02	9,90	51,27	1 024,74
4. Cabang Sibolga/ Sibolga Branch	192,79	32,58	31,16	11,05	7,02	19,13	293,73
5. Cabang P.Sidimpuan/ P.Sidimpuan Branch	203,89	30,31	7,51	10 26	3,07	9,80	264,83
6. Cabang Rantau. Prapat/Rantau Prapat Branch	399,22	65,62	50,86	12,22	5 97	31,52	565,42
7. Cabang Lbk Pakam/Lbk Pakam Branch	619,09	116,79	404,81	29,72	6,77	70,32	1 247,50
8. Cabang Nias/ Nias Branch	54,13	9,23	1,78	3,70	2,37	2,34	73,55
Jumlah/Total 2013	3 870,87	1 195,41	2 134,05	235,56	91,19	390,16	7 917,24
2012	3 814,01	1 155,84	2 134,96	229,03	88,28	387,18	7 809,32
2011	3 365,60	1 179,38	2 016,24	195,82	78,34	367,66	7 194,04
2010	3 073,41	1 101,40	1 845,32	178,78	82,53	354,85	6 636,29

Sumber/Source: PT PLN (Persero) Wilayah Sumatera Utara/State Electrical Company of Sumatera Utara

Tabel 6.3.7 Jumlah Penjualan Energi Listrik menurut Jenis Pelanggan dan Area (gwh), 2017
Total of Energy Sold by Customer and Area (gwh), 2017

Area Area	Rumah Tangga Household	Komersial Commercial	Industri Industry	Sosial Social	Pemerintah/ Government	PJU	Layanan Khusus	Jumlah Total
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1. Area Medan/ Medan Area	1 450,13	847,78	1 133,84	174,36	58,83	160,02	2,54	3 827,52
2. Area Binjai/ Binjai Area	772,09	142,67	356,04	33,46	10,34	50,88	0,51	1 366,02
3. Area P.Siantar P.Siantar Area	701,30	133,34	272,86	36,94	12,04	47,44	25,17	1 229,08
4. Area Sibolga/ Sibolga Area	233,15	37,50	40,28	15,32	9,01	20,68	5,49	361,42
5. Area P.Sidimpuan/ P.Sidimpuan Area	272,57	34,94	33,99	13,45	5,55	10,08	1,21	371,78
6. Area Rantau. Prapat/Rantau Prapat Area	529,33	83,72	62,13	22,89	9,30	33,54	0,24	741,15
7. Area Lbk Pakam/Lbk Pakam Area	836,75	185,05	518,74	51,90	10,58	91,97	0,46	1 695,46
8. Area Nias/ Nias Area	83,25	14,38	1,97	6,57	4,17	4,34	0,22	114,90
Jumlah/Total 2017	4 878,56	1 479,37	2 419,85	354,91	119,83	418,96	35,84	9 707,33
2016	4 808,80	1 388,89	2 127,50	332,87	114,61	409,26	58,32	9 240,30
2015	4 507,57	1 286,46	2 076,05	291,18	107,24	297,58	41,54	8 703,63
2014	4 177,31	1 251,62	2 094,13	255,27	96,54	396,15	80,34	8 271,01

Sumber : PT PLN (Persero) Wilayah Sumatera Utara
 Source : State Electrical Company of Sumatera Utara