



**Prediksi Konsumsi Energi Listrik Menggunakan Metode
Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent di PLN APJ Salatiga**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh

Agus Rifais

NIM. 5301414031

PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

SEMARANG

2018

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Agus Rifais
NIM : 5301414031
Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : **Prediksi Konsumsi Energi Listrik Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent di PLN APJ Salatiga**

Skripsi/TA ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang ujian skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro FT. UNNES

Semarang, 13 Desember 2018

Dosen Pembimbing


Drs. Isdiyarto, M.Pd.

NIP. 195706051986011001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi FT UNNES pada :

Hari : Senin

Tanggal : 28 Januari 2019

Panitia Sidang Skripsi :

Ketua



Dr. -Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T.
NIP. 197805312005011002

Sekretaris



Drs. Agus Suryanto, M.T.
NIP. 196708181992031004

Semarang, Januari 2019

Penguji 1



Drs. Djoko Adi Widodo M.T.
NIP. 195909271986011001

Penguji 2



Drs. Agus Suryanto, M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji 3/Pembimbing



Drs. Isdiyarto, M.Pd.
NIP. 195706051986011001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister dan /atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 13 Desember 2018

yang membuat pernyataan,



Agus Rifais

NIM. 5301414031

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- Hidup bukanlah menunggu badai hilang, namun hidup adalah bagaimana cara kita untuk dapat menari di tengah badai
- Karena saya percaya bahwa keajaiban datang karena kesiapan bertemu dengan kesempatan

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

1. Alm bapak yang saya sayang dan ibu tercinta yang tiada henti mendoakan dan memberikan segalanya.
2. Kakak yang selalu mensupport segala apa yang saya lakukan.
3. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

ABSTRAK

Rifais, Agus. 2019. Prediksi Konsumsi Energi Listrik Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent di PLN APJ Salatiga. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Drs. Isdiyarto, M.Pd.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi energi listrik yang dibutuhkan di PLN APJ Salatiga dan untuk mengetahui tingkat ketepatan prediksi. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent dengan variabel input yaitu total energi listrik dengan 2 layer dan menghasilkan output hasil prediksi total energi listrik tahun 2023 di PLN APJ Salatiga.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen. Data penelitian diambil dari data time series penggunaan energi listrik di PLN APJ Salatiga pada bulan januari tahun 2013 hingga desember tahun 2017. Kemudian data tersebut dibagi menjadi 2 yaitu 60% untuk pelatihan dan 40% untuk pengujian. Hasil analisa menunjukkan bahwa algoritma jaringan syaraf tiruan recurrent akurat untuk digunakan sebagai prediksi. Hal ini terlihat dari nilai MSE terkecil adalah 0.8 dan jika dibandingkan dengan hasil prediksi dari PLN Salatiga tingkat kesalahan 5.57%. Hasil peramalan dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent secara berturut-turut mulai bulan januari 2023 sampai dengan bulan desember 2023 sebesar 129191587.0 KWH, 129203477.8 KWH, 128234717.5 KWH, 130613599.4 KWH, 130377032.8 KWH, 128298753.9 KWH, 131946695.8 KWH, 133865770.4 KWH, 127912600.6 KWH, 129523304.5 KWH, 129997513.8 KWH, 134739847.8 KWH.

Kata kunci : Prediksi, Energi, Jaringan Syaraf Tiruan, Recurrent

KATA PENGANTAR

Puji syukur khadirat Allah SWT atas segala rahmat dan ridho-Nya sehingga penyusunan skripsi yang berjudul “Prediksi Konsumsi Energi Listrik Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent di PLN APJ Salatiga” dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun dalam rangka penyelesaian studi S1 untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan oleh banyak pihak. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Rosidah dan Alm Bapak Muh Yayuli selaku orang tua tercinta, atas segala doa, dukungan dan bimbingan yang telah diberikan dan tak terhitung banyaknya sehingga ananda dapat menyelesaikan skripsi ini,
2. Prof.Dr.Fathur Rokhman, M.Hum selaku Rektor Universitas Negeri Semarang,
3. Dr. Nur Qudus, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Bapak Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro UNNES yang telah memberikan banyak motivasi serta dukungan,
5. Bapak Drs. Agus Suryanto, M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro UNNES,
6. Bapak Drs. Isdiyarto M.Pd. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, nasehat serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini,
7. Teman dari Mahasiswa Baru sampai sekarang yaitu PTE UNNES 2014 yang sangat menginspirasi.
8. Putri Azizah yang menjadi supporting sistem, selalu memberi motivasi dan membantu dalam banyak hal.
9. Teman dari ngadikin indekos yang bersedia menjadi tempat bermalam selama 4 tahun

10. Teman-teman BEM KM UNNES 2015 yang telah memberi banyak pengalaman dan motivasi.
11. Kawan-kawan HIMPROTE 2016 dan ESC 2016 yang memberi banyak sekali pengalaman dan ilmu.
12. Teman seperjuangan BEM FT UNNES 2017 yang membuat saya menjadi pribadi lebih baik lagi.
13. Teman diskusi BEM KM UNNES 2018 yang selalu memberi ceramah dan pantikan motivasi.
14. Anak-anak saya di departemen SINEMA BEM FT UNNES 2017 dan Kementrian Dalam Negeri BEM KM UNNES 2018 yang membuat saya belajar banyak hal.
15. Teman PPL dan KKN yang membantu dan memberi pantikan semangat.
16. Teman Duta Gethuk Magelang yang menjadi sahabat dari daerah asal.

Akhirnya semua kembali kepada Allah SWT. Semoga semua usaha dan bantuan yang telah dilakukan diterima sebagai amal ibadah, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Semarang, 13 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1 Kajian Pustaka	8
2.2 Landasan Teori	12

2.2.1 Prediksi	12
2.2.2 Beban Konsumsi Listrik	15
2.2.3 Beban Listrik	17
2.2.4 Daya Listrik	25
2.2.5 Energi Listrik	26
2.2.6 Konsumsi Energi Listrik	30
2.2.7 Alat Ukur Energi Listrik	31
2.2.8 Jaringan Syaraf Tiruan	33
2.2.9 Algoritma Pembelajaran	38
2.2.10 Fungsi Aktivasi	40
2.2.11 Komponen Jaringan Syaraf Tiruan	41
2.2.12 Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent.....	43
2.2.13 Matlab R2014a	47
BAB III METODE PENELITIAN	50
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	50
3.2 Desain Penelitian	50
3.3 Alat dan Bahan	55
3.4 Parameter Penelitian	55
3.5 Teknik Pengumpulan Data Penelitian	55
3.6 Teknik Analisis Data	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	67
4.1 Deskripsi Data	67

4.2 Analisis Data	67
4.3 Pembahasan	77
BAB V PENUTUP.....	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran	80
Daftar Pustaka	81
Daftar Lampiran	86

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Konsumsi Energi Listrik PLN APJ Salatiga tahun 2013 s.d. 2015	68
Tabel 4.2 Data Konsumsi Energi Listrik PLN APJ Salatiga Tahun 2016 s.d. 2017...	69
Tabel 4.3 Hasil Prediksi Menggunakan Neurons 24.....	72
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Prediksi	73
Tabel 4.5 Data Prediksi energi listrik bulan januari 2023 sampai dengan desember 2023	74
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Prediksi dengan RUTL PLN APJ Salatiga.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Beban Resistif	17
Gambar 2.2 Diagram Fasor Beban Resistif.....	18
Gambar 2.3 Rangkaian Beban Induktif	19
Gambar 2.4 Diagram Fasor Beban Induktif	19
Gambar 2.5 Rangkaian Beban Kapasitif.....	20
Gambar 2.6 Diagram Fasor Beban Kapasitif	21
Gambar 2.7 Rangkaian Beban RLC.....	22
Gambar 2.8 Diagram Fasor Beban RLC Induktif	23
Gambar 2.9 Diagram Fasor Beban RLC Kapasitif	24
Gambar 2.10 Segitiga Daya	26
Gambar 2.11 Arah Perpindahan Energi Listrik	28
Gambar 2.12 Prinsip KWH.....	32
Gambar 2.13 Jaringan Layer Tunggal	36
Gambar 2.14 Jaringan Layer Jamak	37
Gambar 2.15 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent	38
Gambar 2.16 Struktur Neuron Jaringan	43
Gambar 2.17 Koneksi Antar Layer Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent.....	46
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	51
Gambar 3.2 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent	52
Gambar 3.3 Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent	54
Gambar 3.4 <i>Comman Window</i>	58

Gambar 3.5 Toolbox Neural Network	58
Gambar 3.6 Toolbox Import Data	59
Gambar 3.7 Menu Create Network	60
Gambar 3.8 Jaringan yang Akan Dijalankan	61
Gambar 3.9 Training Info	62
Gambar 3.10 Training Parameters	63
Gambar 3.11 Training Tool	64
Gambar 3.12 Training Performance	65
Gambar 3.11 Diagram Alur Proses Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent	61
Gambar 4.1 Hasil Pelatihan Dengan Menggunakan Neurons 12.....	70
Gambar 4.2 Hasil Pelatihan Dengan Menggunakan Neurons 18.....	71
Gambar 4.3 Hasil Pelatihan Dengan Menggunakan Neurons 24.....	71
Gambar 4.4 Grafik Hasil Prediksi Energi Listrik	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Energi Listrik PLN APJ Salatiga Tahun 2013 Sampai Dengan Tahun 2017	86
Lampiran 2. Langkah-langkah Untuk Melakukan Prediksi Menggunakan Matlab R2014a	89
Lampiran 3. Tingkat Errors	99
Lampiran 4. Pemrograman Matlab	100
Lampiran 5. Perizinan Penelitian dari PLN APJ Salatiga	105
Lampiran 6. Form Usulan Topik Skripsi	106
Lampiran 7. Form Pengajuan Judul	107
Lampiran 8. Form Surat Tugas Pembimbing	108
Lampiran 9. Form Permohonan Izin Penelitian	109
Lampiran 10. Form Jawaban Permohonan Izin Penelitian	110

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan yang mendesak dan sangat penting bagi kehidupan manusia karena energi listrik tidaklah praktis untuk disimpan dan kegunaannya sangat mendukung banyak aspek kehidupan seperti dalam segi ekonomi, pendidikan, sosial, kebudayaan dan lain-lain. (Kuncoro, 2005).

Secara umum pemenuhan kebutuhan listrik dalam kehidupan merupakan suatu kebutuhan mendasar yang harus dipenuhi oleh manusia. Pada negara maju seperti Indonesia, aktifitas yang membutuhkan tenaga listrik dari waktu ke waktu akan mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan tenaga listrik sudah menjadi bagian penting untuk keberlangsungan kehidupan manusia. Menurut Peraturan Pemerintah RI nomor 14 tahun 2012, pada pasal 1 ayat 5 dijelaskan bahwa konsumen adalah setiap orang atau badan yang membeli tenaga listrik dari pemegang ijin usaha penyedia tenaga listrik dan pada ayat 6 diterangkan bahwa usaha penjualan tenaga listrik adalah kegiatan usaha penjualan listrik kepada konsumen. Berdasar dari peraturan pemerintah tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa hubungan antara konsumen dan penyedia listrik (PLN) sangatlah penting.

Menurut (RUTPLN, 2016) Pada lima tahun terakhir 2011-2016 penjualan tenaga listrik meningkat berkisar rata-rata yaitu 8.1% pertahun, yang mana di wilayah Jawa-Bali penjualan tenaga listrik pada lima tahun terakhir meningkat berkisar rata-rata 7.5%.

Jumlah populasi manusia yang terus mengalami peningkatan mengakibatkan jumlah pelanggan tenaga listrikpun ikut meningkat. Realisasi jumlah pelanggan tenaga listrik selama 2010-2014 mengalami peningkatan dari 42.2 juta menjadi 57.2 juta atau jumlah pelanggan terus meningkat rata-rata 3.5 juta setiap tahunnya, yang mana rata-rata paling banyak menyumbang peningkatan jumlah pelanggan yaitu dari sektor rumah tangga, yaitu rata-rata 3.2 juta pelanggan pertahun, lalu diikuti sektor bisnis dengan rata-rata 140 ribu pelanggan pertahun, sedangkan sektor publik rata-rata 82 ribu pelanggan pertahun, dan terakhir adalah sektor industri dengan rata-rata 2 ribu pelanggan pertahun. (RUTLPLN, 2016)

Jumlah pelanggan yang terus mengalami peningkatan baik dalam sektor rumah tangga, sektor bisnis, sektor publik, maupun sektor industri merupakan penyebab utama yang mengharuskan PT PLN (Perusahaan Listrik Negara) selaku penyalur daya listrik melakukan perencanaan operasi dan perencanaan sistem pengembangan tenaga listrik untuk memenuhi besar daya listrik yang harus disalurkan ke konsumen agar daya yang disalurkan oleh PLN tepat sasaran dan tepat ukuran. (Kristiana, 2015)

PLN sebagai penyedia dan penyalur utama daya listrik dari pembangkit menuju ke tujuan (konsumen) seharusnya menyesuaikan kebutuhan daya yang dibutuhkan konsumen. Seimbangny transaksi antara sisi *demand* (konsumen) dan sisi *suplay* (PLN) akan mengurangi tingkat kerugian yang akan ditanggung baik dari pihak penyedia maupun dari pihak konsumen. Maka dari itu, PLN sebagai jasa penyedia daya listrik haruslah memiliki perencanaan yang digunakan untuk memprediksi konsumsi daya listrik guna ketepatan proses penyediaan daya listrik dan mengurangi tingkat

kerugian dikedua belah pihak. Dengan begitu kejadian seperti kelebihan yang berakibat pada pemborosan yang ditanggung PLN maupun kekurangan yang akan berdampak pada pemadaman listrik yang akan dirasakan oleh pihak konsumen tidak terjadi.

Perencana sistem harus pintar melihat kemungkinan-kemungkinan perkembangan sistem tenaga ditahun-tahun yang akan datang sehingga hasil dari perencanaan tersebut mampu digunakan untuk memenuhi kebutuhan secara tepat. Salah satu perencanaan yang dapat dilakukan adalah dengan menghitung prediksi konsumsi listrik. (Marsiana, 2014).

Karenanya persoalan metode prediksi beban listrik menjadi sangat penting dalam penyediaan tenaga listrik yang efisien. Banyak pilihan yang dapat digunakan sebagai referensi untuk perencanaan prediksi kebutuhan energi listrik dimasa mendatang, baik menggunakan metode konvensional maupun dengan menggunakan alat bantu aplikasi. Menurut Wiyanti dan Pulungan (2012) prediksi deret waktu saat ini terbagi menjadi dua, yaitu pertama, model prediksi yang didasarkan pada model matematika statistik yaitu *Auto Regressive (AR)*, *Moving Average (MA)*, *Exponential Smoothing*, Regresi, dan *Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA* atau Box Jenkins). Sedang yang kedua, model prediksi yang didasarkan pada kecerdasan buatan seperti *Neural Network*, Algoritma Genetika, *Simulated Annealing*, *Genetic Programming*, Klasifikasi dan Hibrid.

Analisis *time series* dan *forecasting* adalah bidang penelitian yang aktif. Keakuratan hasil analisis dalam *time series* dan *forecasting* adalah hal penting yang menentukan pengambilan keputusan. Contoh penelitian yang menggunakan analisis

time series adalah statistik, jaringan syaraf, *wavelet*, dan *system fuzzy*. Penelitian tersebut pasti memiliki kekurangan dan kelebihan. Zheng dan Zhong (2011).

Menurut Pramudya,dkk (2015), Jaringan syaraf tiruan *Recurrent Neural Network* cocok untuk digunakan pada arsitektur jaringan yang memiliki koneksi antar neuron yang belum ditentukan. Perencanaan prediksi kebutuhan energi listrik pada masa yang akan datang menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent* mempunyai banyak pilihan metode yang dapat digunakan untuk membantu melakukan perencanaan prediksi tersebut diantaranya adalah Pramudya dkk (2015) yang berjudul Perancangan Pengaturan Durasi Lampu Lalu Lintas Adaptif. Pada penelitian tersebut diperoleh bahwa hasil uji kinerja sistem terbaik yang dibandingkan dengan *fix time* sebesar 87.191%. Selain itu juga Maulida (2011) yang berjudul Penggunaan Elman Recurrent Neural Network Dalam Peramalan Suhu Udara Sebagai Faktor Yang Mempengaruhi Kebakaran Hutan. Pada penelitian ini diperoleh nilai RMSE dan MAPE sebesar 0.51 dan 1.55%.

Meninjau dari penjelasan sebelumnya dimana konsumsi listrik yang semakin meningkat maka dibutuhkan prediksi tentang energi listrik yang dimungkinkan akan dialami pada masa mendatang. Dikarenakan prediksi tentang energi listrik ini sangat diperlukan maka penulis juga menginginkan agar penelitian ini dapat menghasilkan sebuah prediksi yang akurat. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent*. Data yang akan digunakan sebagai bahan penelitian adalah data energi listrik di PT.PLN (Persero) APJ Salatiga dari bulan Januari 2013 sampai dengan bulan Desember 2017. Maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian

dengan judul “**Prediksi Konsumsi Energi Listrik Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent* di PLN APJ Salatiga**”

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat masalah yang dapat diidentifikasi yaitu:

1. Penyediaan daya listrik yang tepat dan mempunyai kualitas yang baik menjadi masalah kompleks yang harus diselesaikan karena daya listrik yang tidaklah praktis untuk disimpan, maka dari itu perencanaan (prediksi) dalam proses penyediaan daya listrik haruslah juga dengan melihat kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi di masa yang akan datang.
2. Prakiraan energi listrik dapat dilakukan dengan banyak metode, namun sebaiknya melakukan pengkajian ulang agar nilai error dari metode yang digunakan tidak melebihi dari toleransi yang diterima oleh penyedia tenaga listrik yakni sebesar 10%.

1.3 Pembatasan Masalah

Pada penulisan ini, permasalahan dibatasi pada:

1. Ruang lingkup penelitian ini adalah pada wilayah yang dikoordinir oleh PT.PLN (persero) APJ Salatiga.
2. Data dari PLN APJ Salatiga dari Bulan Januari 2013 sampai dengan Desember 2017.

3. Program yang digunakan untuk simulasi menggunakan Matlab 2014a dan data yang digunakan disimpan di *Microsoft Excel (Ms. Excel)* dan *workspace* pada matlab.
4. Prediksi yang dilakukan adalah prediksi di PLN APJ Salatiga pada bulan Januari sampai dengan Desember tahun 2023.

1.4 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah hasil prediksi nilai energi listrik di PLN APJ Salatiga menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent*?
2. Bagaimanakah tingkat akurasi dari metode Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent* pada prediksi energi listrik di PLN APJ Salatiga?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil prediksi energi listrik di PLN APJ Salatiga menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent*.
2. Untuk mengetahui ketepatan prediksi energi listrik menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent*.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi pengembangan ilmu pengetahuan, diharapkan adanya penelitian ini dapat menambah dinamika keilmuan dalam teknik prediksi untuk

menentukan nilai prediksi energi listrik dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent*.

2. Bagi PLN, diharapkan penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan untuk melakukan prediksi nilai energi listrik di PLN APJ Salatiga pada masa yang akan datang.
3. Bagi pihak-pihak yang ingin melakukan kajian lebih dalam mengenai teknik prediksi, diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi dan landasan bagi penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Dari beberapa penelitian terkini yang telah dilakukan untuk memprediksi energi listrik, peneliti menyimpulkan bahwa penelitian terkini belum tersinkronisasi tentang tingkat kesalahan yang dihasilkan. Adapun beberapa penelitian tersebut diantaranya

1. Dodi Setiabudi (2015) dengan judul penelitian Sistem Informasi Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang di Kabupaten Jember Menggunakan JST *Backpropagation*, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui beban puncak di wilayah Kabupaten Jember hingga tahun 2022 namun dalam penelitian tersebut belum didapatkan nilai real dari output yang diprediksi. Dengan bantuan jaringan syaraf tiruan dan memanfaatkan metode *Backpropagation* beliau melakukan prakiraan dengan 5 variabel input yaitu populasi, jumlah rumah tangga, pelanggan sektor publik, pelanggan sektor bisnis dan pelanggan sektor industri dengan target beban puncak selama 10 tahun hingga tahun 2022 setelah melakukan prakiraan didapatkan hasil dengan nilai error sebanyak 17,09%.
2. Sugiharto et al (2015: 216-221) dengan judul “Sistem Peramalan Stok Obat Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan laporan estimasi biaya stok obat sehingga pihak rumah sakit dapat mengeluarkan anggaran dengan tepat. Penelitian yang

3. menggunakan metode double exponential smoothing model Holt. Kesimpulan pada penelitian ini adalah dengan merubah besaran alfa dan beta mulai dari 0.1 sampai dengan 0.4 sehingga peramalan mendapat nilai error terkecil menghasilkan nilai MSE 4.7908. Jika nilai MSE yang dihasilkan besar dari pada target error, hal itu disebabkan karena nilai peramalan exponential smoothing bergantung pada data actual alfa dan beta.
4. Marsiana *et al.* (2014), dalam jurnalnya yang berjudul “Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dalam Peramalan Beban Puncak Distribusi Listrik di Wilayah Pemalang”. Melakukan penelitian yang bertujuan mengetahui bagaimana rancangan arsitektur jaringan syaraf tiruan (JST) *backpropagation* pada data beban puncak distribusi listrik di Wilayah Pemalang. Arsitektur dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dalam penelitian ini (1) Membagi data menjadi dua yaitu data harian beban puncak listrik siang dan data harian beban puncak listrik malam dengan presentase data pelatihan adalah 70% dari data dan 30% data untuk data pengujian, (2) Melakukan *preprocessing*/normalisasi data, (3) Menentukan jumlah lapisan tersembunyi, (4) Mencari laju belajar (*learning rate*) dan konstanta momentum terbaik, (5) Mencari variasi jaringan yang optimum, (6) Melakukan *Postprocessing*/denormalisasi, (7) Setelah proses pelatihan selesai, harga-harga ternormalisasi *output* jaringan harus dikembalikan (denormalisasi) ke harga aslinya untuk mendapatkan nilai *output* pada *range* yang sebenarnya, dan (8) Melakukan peramalan. Hasil penelitiannya diperoleh arsitektur jaringan syaraf

tiruan yang optimum untuk peramalan beban puncak distribusi listrik di Wilayah Pemalang yaitu jaringan dengan struktur 7 unit *input*, 32 unit tersembunyi, 1 unit *output*, dan MSE sebesar 0.009990292 dengan 423 epoch untuk beban puncak siang, serta jaringan dengan 7 unit *input*, 42 unit tersembunyi, 1 unit *output*, dan MSE adalah sebesar 0,00998844 dengan 837 *epoch* untuk beban puncak malam.

5. Hansi Efendi (2009) dengan judul Aplikasi Logika *Fuzzy* Untuk Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Matlab, dalam penelitiannya beliau menggunakan logika fuzzy yang terdapat dalam toolbox Matlab untuk melakukan prakiraan jangka pendek dengan data beban dari Sub Sistem Sumatra Barat. Dalam penelitian tersebut terdapat dua input masukan yaitu beban listrik dan data suhu dengan satu keluaran yaitu beban listrik. Hasil yang didapatkan adalah logika fuzzy mampu melakukan peramalan dengan tingkat kesalahan sebesar 10,78 % - 16,98%. Keberhasilan logika metode fuzzy bergantung pada aturan- aturan yang dibangun dari pengetahuan atau data- data input yang ada, jika logika yang dibangun tepat maka akan menghasilkan nilai error yang bisa mencapai kurang dari 1%.
6. Sumartanto (2014) dengan judul Perkiraan Beban Jaringan Distribusi di Wonogori Tahun 2014 – 2018 Menggunakan Metode Regresi Dengan Perbandingan Antara Aplikasi Matlab dan Microsoft Excel. Peneliti menggunakan software Matlab dan Ms. Excel sebagai alat bantu perhitungan dengan menggunakan rumus regresi yang sudah ada. Hasil dari penelitian tersebut adalah pada akhir 2018 hasil perhitungan dengan metode regresi

menggunakan Matlab jumlah pelanggan mencapai 132.368 pelanggan, daya tersambung sebesar 106.124.412 VA, energi terjual sebesar 13.611.724 KWh menggunakan program Excel jumlah pelanggan 132.368 pelanggan, daya tersambung 106.200.741 VA, energi yang terjual 13.611.760 KWh.

Relevansi dari penelitian-penelitian tersebut menunjukkan beberapa hal penting yaitu yang pertama perlu adanya permodelan jaringan menggunakan data time series dari sebuah daerah, dikarenakan sebuah daerah mempunyai karakteristik maka data time series di tiap daerah yang akan dijadikan tempat penelitian sangat diperlukan. Kedua metode dalam penelitian di atas yang memanfaatkan perhitungan manual menggunakan algoritma backpropagation, namun perhitungan manual memiliki tingkat ketelitian yang sangat teliti sehingga banyak faktor yang mempengaruhi tingkat kesalahan, oleh karena itu penelitian ini menggunakan aplikasi matlab dengan algoritma jaringan syaraf tiruan recurrent. Ketiga, menggunakan fuzzy memerlukan bantuan user untuk membangun logika yang tepat jika logika yang dibangun kurang tepat maka akan menghasilkan nilai kesalahan yang tinggi, sedangkan metode *Neural Network* mampu melakukan pembelajaran sendiri di dalam layer tersembunyi sehingga mempermudah melakukan prakiraan. Keempat, selain itu penggunaan aplikasi juga sangat diperlukan seperti penelitian di atas yang menggunakan *software* Matlab dan Ms. Excel untuk membantu perhitungan prakiraan, namun belum memanfaatkan tool yang terdapat dalam Matlab sehingga perlu menyusun *script* dalam *mfile* terlebih dahulu. Penelitian yang peneliti lakukan adalah dengan

memanfaatkan *toolbox neural network* yang sudah tersedia di dalam Matlab sehingga memudahkan dalam proses pengolahan data.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Prediksi

Prediksi merupakan sebuah proses untuk memprakirakan mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa di masa mendatang. Prediksi juga dapat disebut dengan sebutan peramalan yang ilmiah (*Educated Guess*). Keputusan yang diambil dan menyangkut keadaan di masa mendatang, maka dalam proses pengambilan keputusan tersebut melibatkan adanya prediksi. (S. Assauri, 1984 dalam Purnomo, 2015)

Prediksi adalah penggunaan di masa lalu untuk memperkirakan nilai-nilai yang akan dicari di masa yang mendatang. Asumsi dasar dalam penerapan teknik prediksi adalah: *“if we can predict what the future will be like we can modify our behaviour now to be in a better position, than we otherwise would have been, when the future arrives”*. Artinya yaitu jika kita dapat memprediksi apa yang akan terjadi di masa depan maka kita dapat mengubah kebiasaan kita saat ini menjadi lebih baik dan akan jauh lebih berbeda di masa yang akan datang. Hal ini dikarenakan hasil dari proses masa lalu akan terus berulang-ulang ke masa-masa selanjutnya yang jaraknya relatif dekat. (Yulianto, 2015).

Dari hal tersebut yang selanjutnya mengakibatkan adanya sebuah prediksi dan adanya prediksi ini dibutuhkan disemua institusi/industri beroperasi (dalam hal ini PLN) yang mana keputusan yang diambil hari ini akan sangat mempengaruhi pada masa mendatang. Prediksi yang efektif sangat dibutuhkan untuk mencapai tujuan dari

institusi/industri baik secara tujuan institusi/industri maupun secara operasional. Untuk institusi/industri (dalam hal ini PLN) prediksi untuk mengendalikan sistem produksi dan distribusi yang berdasar kebutuhan konsumen. Prediksi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari perencanaan program dan kebijakan yang akan diambil dari sebuah institusi/industri, baik dalam sektor ekonomi, masyarakat ataupun yang lainnya.

Menurut Wiguna (2016) ada dua hal pokok yang harus diperhatikan dalam proses peramalan yang akurat dan bermanfaat:

- a. Pengumpulan data yang relevan berupa informasi-informasi yang dapat menghasilkan prediksi yang akurat.
- b. Pemilihan metode prediksi yang tepat akan lebih memperkuat proses sehingga didapatkan hasil yang maksimal.

Pada dasarnya ada dua metode pendekatan untuk melakukan prediksi yaitu dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif, yang mana metode kualitatif ini dibagi menjadi 2 metode yaitu metode eksploratoris dan normatif. Metode kualitatif adalah metode subjektif. Metode ini didasarkan pada informasi kualitatif., dengan dasar informasi tersebut dapat diprediksi kejadian-kejadian di masa yang akan datang. Metode kualitatif ini digunakan ketika data historis tidak tersedia.

Sedangkan metode prediksi kuantitatif ini adalah metode prediksi dengan memanfaatkan runtun waktu untuk menduga atau memprediksi dari data masa lalu dari sebuah variable yang dikumpulkan menjadi sebuah informasi. Data tersebut yang nantinya akan diolah menjadi sebuah hasil prediksi di masa mendatang dengan metode-metode yang sesuai. Metode kuantitatif ini dibagi menjadi dua tipe yaitu regresi

(*casual*) dan runtun waktu (*time series*). Metode kuantitatif dapat digunakan apabila : ada informasi tentang keadaan lain, informasi tersebut dituliskan dalam bentuk data dan dapat diasumsikan bahwa pola yang lalu akan berkelanjutan di masa mendatang.

Menurut Hadi (1994,86) dalam Fadilah (2015, 2) berdasarkan jangka waktunya, prediksi atau peramalan dibagi menjadi 3 bentuk:

- a. Prediksi jangka pendek (*Short term forecasting*), yaitu prediksi yang dilakukan dengan hasil tujuan prediksi yang berjangka waktu harian hingga setiap jam. Biasanya digunakan untuk studi perbandingan beban listrik prediksi dengan akurat (*realtime*)
- b. Prediksi jangka menengah (*mid term forecasting*), yaitu prediksi yang dilakukan dengan hasil tujuan prediksi yang berjangka waktu mingguan hingga bulanan. Biasanya digunakan untuk mempersiapkan jadwal persiapan dan operasional sisi pembangkit.
- c. Prediksi jangka panjang (*long term forecasting*), yaitu prediksi yang dilakukan dengan hasil tujuan prediksi yang berjangka waktu tahunan atau beberapa tahun ke depan. Biasanya digunakan untuk mempersiapkan ketersediaan unit pembangkit, sistem transmisi, serta distribusi.

2.2.2 Beban Konsumsi Listrik

Listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan pada saat ini karena dirasa listrik adalah energi yang paling nyaman dan cocok digunakan manusia. Semakin bertambahnya penduduk maka semakin bertambah pula permintaan tenaga listrik, yang mana hal tersebut mengakibatkan harus direncanakan pembangunan pusat-pusat listrik

baru, atau menciptakan bentuk-bentuk energy baru untuk mendukungnya. Menurut jenis arusnya, sistem tenaga listrik terbagi menjadi sistem arus bolak-balik (AC) dan sistem arus searah (DC). Pada sistem AC penaikan dan penurunan tegangan, medan magnet putarnya mudah dilakukan. Dikarenakan kemudahan tersebut, banyak yang menggunakan sistem arus bolak-balik, walaupun selain itu menggunakan sistem bolak-balik juga banyak dikembangkan dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu. Sementara sistem AC tidak dapat disimpan, sehingga dalam memenuhi permintaan konsumen, maka penyedia listrik harus dapat mengetahui seberapa besar beban yang dikonsumsi untuk dapat terus mensuplai sesuai dengan permintaan konsumen dari waktu ke waktu. Nugroho (2006).

Tenaga listrik merupakan kebutuhan utama bagi masyarakat, banyak kebutuhan yang menggunakan tenaga listrik sebagai tenaga utama contohnya saja pada sektor rumah tang, industri, usaha komersial, dan tempat layanan umum. Namun ada kendala yang mengharuskan tenaga listrik ini disediakan pada saat dibutuhkan dan harus sesuai dengan kebutuhan bebanya. Akibatnya banyak persoalan dalam menghadapi kebutuhan konsumen yang setiap waktu bisa berubah-ubah yaitu bagaimana mengoperasikan suatu sistem tenaga listrik yang selalu dapat memenuhi permintaan daya pada setiap konsumen. Chang *et al.* (2009: 330). Maka menurut Li & Zhang (2009: 366), diperlukan antara pembangkit listrik dengan daya yang akan digunakan dengan cara mengetahui prediksi berapa pemakaian listrik periode mendatang

Menurut Pratama (2016), Beban listrik merupakan peralatan yang menggunakan daya listrik agar dapat berfungsi sebagaimana fungsinya. Menurut

fadillah (2015) Berdasarkan jenis konsumen energy listrik, ragam beban dapat dibagi menjadi (1) beban rumah tangga, merupakan beban yang digunakan pada sektor rumah tangga seperti peralatan elektronik, pemanas air, lemari es, dan sebagainya. Beban rumah tangga biasanya berada dititik puncak pada malam hari. (2) Beban komersial, merupakan beban yang digunakan pada sektor bisnis. Misalnya kipas angin, penyejuk udara, dan alat-alat listrik lainnya. Beban ini secara drastic naik di siang hari dan menurun di waktu sore hari. (3) beban industri, merupakan beban yang sering digunakan di sektor industri. Beban ini rata-rata akan tetap beroperasi selama 24 jam dan (4) beban fasilitas umum, merupakan beban yang digunakan untuk umum.

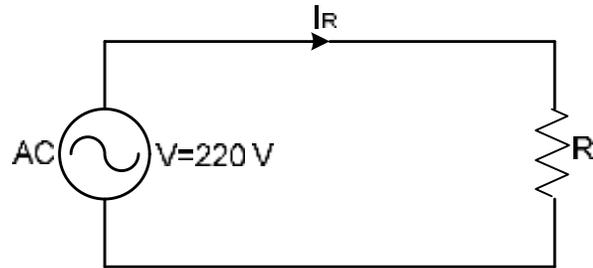
2.2.3 Beban Listrik

Beban listrik merupakan sesuatu yang membutuhkan daya listrik dan yang mana segalanya ditanggung oleh pembangkit listrik. Contoh dari beban listrik adalah peralatan-peralatan rumah tangga seperti tv, dvd, lampu, dll. Menurut Khasanah (2017) Macam-macam beban listrik adalah sebagai berikut:

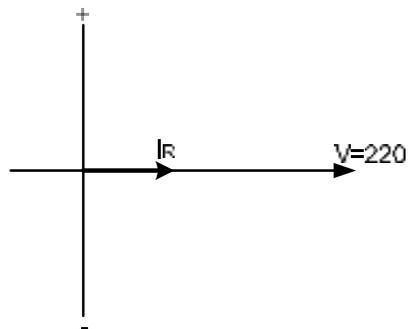
1. Beban Resistif (R)

Beban resistif adalah beban yang memiliki sifat yang sama dengan resistor yaitu apabila beban dialiri arus listrik maka arus yang mengalir melewati beban tersebut adalah arus nominal dan memiliki nilai yang tetap. Contoh dari beban listrik yang termasuk beban resistif adalah lampu pijar, setrika, dan kebanyakan peralatan rumah tangga yang menghasilkan listrik.

Rangkaian beban resistif lihat gambar 2.1. Pada beban resistif posisi dari tegangan dan arus adalah satu fasa. Untuk arah diagram fasor pada beban resistif dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.1. Rangkaian Beban Resistif



Gambar 2.2 Diagram Fasor Beban Resistif

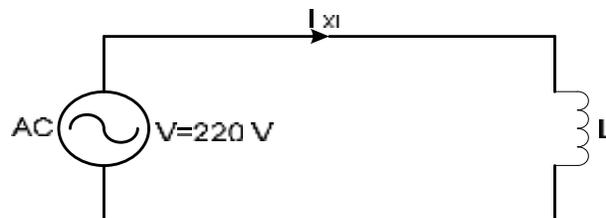
Rumus arus pada beban resistif adalah

$$I_R = V/R \angle 0^\circ$$

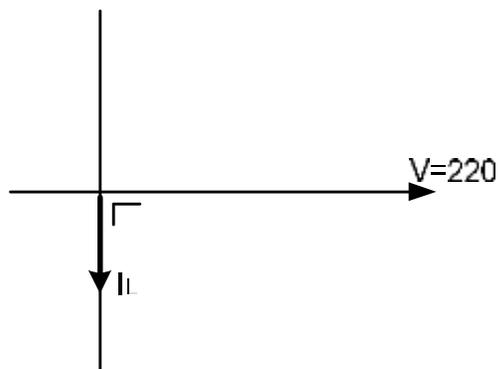
Keterangan : I_R : Kuat arus listrik (A)
 V : Tegangan (V)
 R : Beban resistif (ohm)
 \angle : Sudut

2. Beban Induktif (L)

Beban induktif adalah beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan sehingga membentuk induksi. Contoh dari beban induktif adalah coil, transformator, dll. Beban yang memiliki sifat menginduksi apabila beban dialiri arus listrik maka arus yang mengalir melewati beban tersebut adalah tertinggal terhadap tegangan dikarenakan ada pergeseran fasa pada arus sehingga arus bersifat lagging. Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis akan mengakibatkan fasanya bergeser menjadi tertinggal. Beban induktif ini menyerap daya aktif dan reaktif. Rangkaian beban induktif dapat dilihat pada gambar 2.3. dan untuk gambar diagram fasor beban induktif dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.3 Rangkaian Beban Induktif



Gambar 2.4. Diagram Fasor Beban Induktif

Untuk menghitung besar reaktansi beban induktif (X_L), yaitu dengan rumus:

$$X_L = \omega L$$

$$X_L = 2\pi fL$$

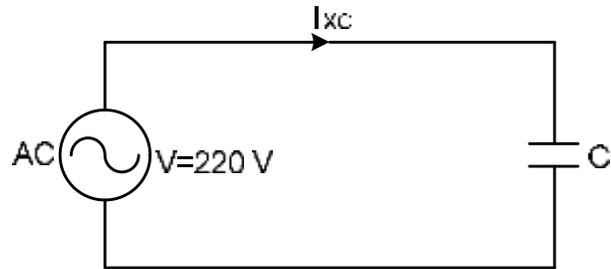
Keterangan : X_L : Reaktansi induktif (Ohm)
 f : Frekuensi (Hz)
 L : Induktansi (Henry)

Rumus arus pada beban induktif adalah :

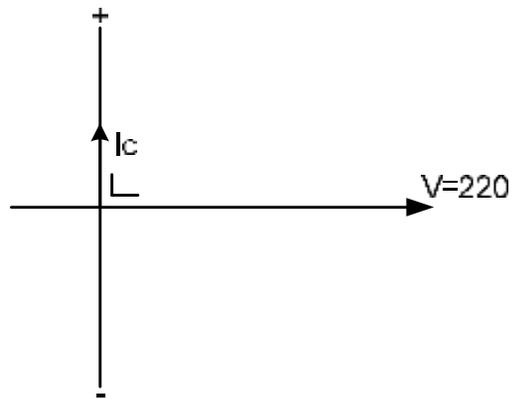
$$I_L = V/X_L \angle -90^\circ$$

3. Beban Kapasitif (C)

Beban kapasitif adalah beban yang memiliki sifat kapasitansi atau yang dapat menyimpan tegangan yang berasal dari pengisian elektrik. Beban yang memiliki sifat kapasitansi apabila beban dialiri arus listrik maka arus yang mengalir melewati beban tersebut adalah mendahului terhadap tegangan dikarenakan ada pergeseran fasa pada arus sehingga arus bersifat leading. Beban kapasitif menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Rangkaian beban kapasitif dapat dilihat pada gambar 2.5 dan untuk diagram fasor beban kapasitif dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.5 Rangkaian Beban Kapasitif



Gambar 2.6 Diagram Fasor Beban Kapasitif

Untuk menghitung besar reaktansi kapasitif (X_C) menggunakan rumus:

$$X_C = 1/\omega C$$

$$X_C = 1/2\pi f C$$

Keterangan: X_C : Reaktansi Kapasitif (Ohm)

f : frekuensi (Hz)

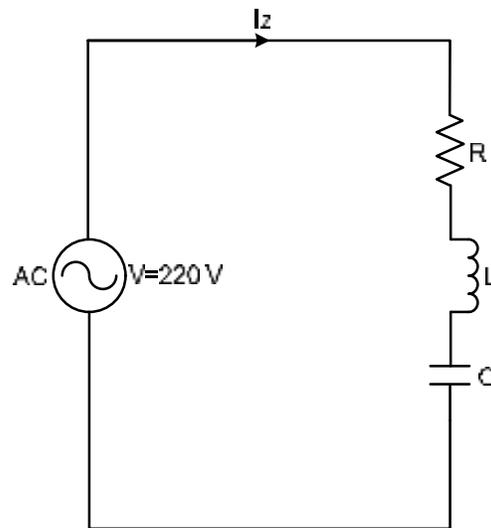
C : Kapasitif (Farad)

Untuk mengetahui arus beban kapasitif menggunakan rumus:

$$I_C = V/X_C \angle +90^\circ$$

4. Beban RLC

Beban RLC adalah beban listrik yang mengandung beberapa sifat beban di dalamnya yaitu resistif, induktif, dan kapasitif yang saling terhubung satu sama lainnya sehingga berada pada satu rangkaian. Rangkaian RLC dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7. Rangkaian Beban RLC

Untuk dapat mengetahui nilai beban RLC maka harus melakukan perhitungan impedansi dari rangkaian RLC tersebut. Impedansi adalah ukuran penolakan terhadap arus bolak-balik. Impedansi menggunakan satuan ohm dan lambing Z . impedansi dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$Z = R + jX$$

Keterangan : Z : Impedansi (Ohm)

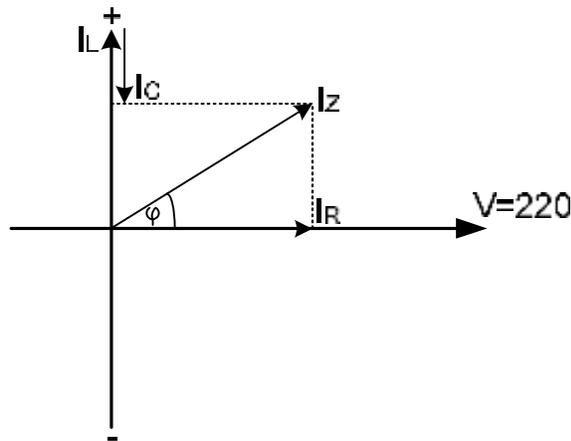
R : Beban Resistif (ohm)
 j : Bilangan Imajiner
 X : Reaktansi(bisa berupa Induktif maupun kapasitif)(ohm)

Dalam beban RLC apabila rangkaian bersifat induktif maka berlaku rumus:

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Diagram fasor dari beban RLC induktif dapat dilihat pada gambar 2.8 dan diagram fasor dari beban RLC kapasitif dapat dilihat pada gambar 2.9.

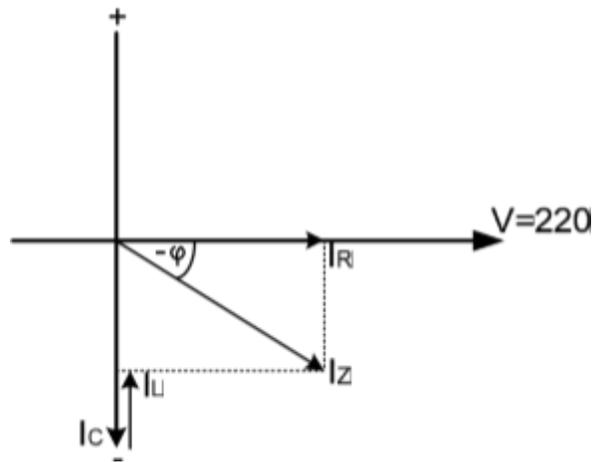


Gambar 2.8 Diagram fasor beban RLC Induktif

Apabila beban RLC bersifat kapasitif, maka untuk mencari impedansi menggunakan rumus

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$



Gambar 2.9 Diagram Fasor Beban RLC Kapasitif

2.2.4 Daya Listrik

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam ketenaga listrik, daya adalah jumlah energi yang digunakan untuk sebuah usaha. Daya listrik dinyatakan dalam satuan Watt atau *Horse Power* (HP), dimana satu *Horse Power* setara dengan 746 Watt.

Jika daya listrik (Watt) dinyatakan dalam P , tegangan (Volt) dinyatakan dalam V , dan arus (Ampere) dinyatakan dalam I , sehingga besarnya daya listrik:

$$P = V \cdot I$$

$$P = \text{Tegangan} \cdot \text{Arus} \cdot \cos \varphi$$

Menurut (P3BJB, 2005) Macam-macam daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk keperluan energi yang sesungguhnya. Rumus dari daya nyata adalah:

$$P = V.I. \cos \varphi$$

Keterangan: P : Daya nyata (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus Listrik (Ampere)

$\cos \varphi$: Faktor kerja

2. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang diperlukan dalam pembentukan medan magnet untuk membentuk fluks magnet. Rumus dari daya reaktif adalah:

$$Q = V.I.\sin \varphi$$

Keterangan : Q : Daya Reaktif (VAR)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus Listrik (Ampere)

$\sin \varphi$: Sudut fasa

3. Daya Semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan efektif dengan arus efektif, ataupun juga daya hasil penjumlahan trigonometri dari daya aktif dan daya reaktif.

$$S = V_{rms}. I_{rms}$$

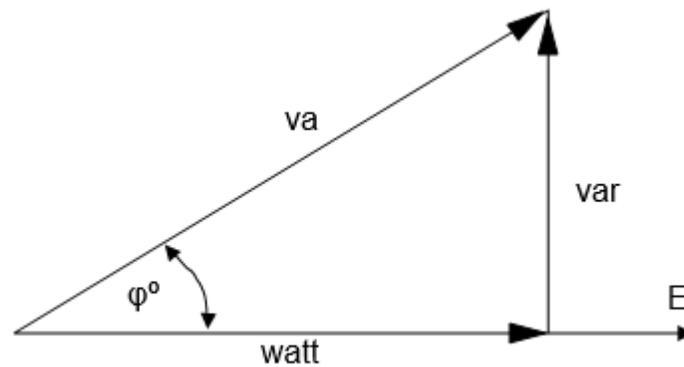
Keterangan : S : Daya Semu (VA)

V_{rms} : Tegangan Efektif (V)

I_{rms} : Arus Efektif (A)

4. Segitiga Daya

Hubungan antara daya aktif, daya reaktif, dan daya semu dapat diilustrasikan sebagai segitiga siku-siku dengan sisi siku yaitu daya aktif dan reaktif dan daya semu sebagai sisi miringnya.



Gambar 2.10. Segitiga Daya

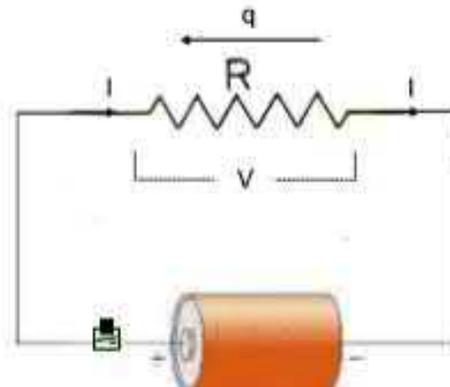
2.2.5 Energi Listrik

Energi listrik dihasilkan dari berbagai energi-energi potensial seperti energi fosil yakni batu bara, minyak bumi, maupun gas alam atau yang lainnya. Selain itu energi listrik juga dihasilkan dari sumber daya yang dapat diperbaharui seperti air, angin, matahari, panas bumi, dan yang lainnya. Walaupun saat ini sudah banyak energi listrik yang sumbernya dari sumber daya yang dapat diperbaharui, namun energi fosil tetap yang paling banyak digunakan sebagai pembangkit listrik. Itu karena energi fosil ini adalah yang paling mudah dikonversi, andal, dan ekonomis (Subagio dalam Rohi 2011).

Energi listrik adalah energi yang berasal dari muatan listrik yang memiliki medan listrik atau electron yang bergerak pada konduktor. Energi listrik dapat diciptakan oleh konversi energi yang lain dan bahkan energi listrik ini juga dapat diubah kembali menjadi energi lain. (Permatasari 2015)

Arus listrik mengalir melalui suatu media, ketika media tersebut mengalami perbedaan potensial maka arus dapat mengalir. Arus listrik dapat mengalir dari potensial yang tinggi ke potensial yang lebih rendah dikarenakan ada perpindahan elektron dari potensial rendah ke potensial yang lebih tinggi.

Untuk memindahkan muatan listrik tersebut diperlukan sebuah energi, dalam perpindahannya jumlah muatan juga memerlukan perbedaan potensial diujung-ujung penghantarnya. Artinya, semakin besar perbedaan potensialnya dan ketika jumlah muatan yang berpindah juga banyak, maka energi yang diperlukan juga akan semakin besar. Karena jika dalam sebuah rangkaian tertutup diberi beda potensial sehingga mengalir arus listrik sebesar I dan muatan listrik sebesar Q , maka pada rangkaian tersebut energi listrik yang dibutuhkan adalah:



Gambar 2.11 Arah Perpindahan Energi Listrik

$$W = Q \cdot V \quad \text{dengan } Q = I \cdot t$$

Keterangan:	W	: Energi Listrik	(Joule)
	V	: Beda Potensial	(Volt)
	Q	: Muatan Listrik	(Coulomb)
	t	: Waktu	(sekon)
	I	: Arus Listrik	(Ampere)

Energi listrik (W) bersatuan Joule, dimana 1 joule merupakan energi yang diperlukan untuk memindahkan 1 coulomb dengan beda potensial 1 volt. Lalu untuk satu muatan per satuan waktu adalah kuat arus yang mengalir pada rangkaian tersebut maka dapat diartikan bahwa

$$W = Q \cdot V \quad \text{Jika } Q = I \cdot t$$

Maka dapat disimpulkan juga bahwa:

$$W = (I \cdot t) \cdot V \quad \text{atau } W = V \cdot I \cdot t \quad \text{dengan satuan Watt-Jam}$$

Dikarenakan besarnya tegangan berbanding lurus dengan arus yang mengalir dan berbanding terbalik dengan jumlah tahanan, maka untuk besarnya energi listrik dapat dirumuskan sebagai berikut

$$W = V.I.t$$

$$W = (I.R).I.t \quad \text{atau} \quad W = I^2.R.t$$

$$W = \frac{V^2}{R}.t$$

Dengan : I = kuat arus listrik (A)

R = Hambatan/Tahanan (Ohm)

V = Beda Potensial (V)

t = Waktu (s)

W = Energi listrik (J)

Besarnya energi listrik sebanding dengan besarnya daya yang terpakai pada peralatan listrik tersebut dan dalam waktu yang digunakan. Semakin lama daya listrik dipakai dan semakin lama pula waktu pemakaiannya maka energi yang dibutuhkanpun semakin besar. Energi listrik didefinisikan sebagai laju dari sebuah penggunaan daya listrik dikali lama daya tersebut dipakai. Untuk mencari berapa energi listrik yang terpakai dapat digunakan rumus

$$W = P.t \text{ dimana,}$$

$$P = V.I$$

Keterangan :

W = Energi listrik yang terpakai (Watt-jam)

P = Daya listrik yang terpakai (watt)

V = Tegangan pada peralatan listrik (V)

I = Arus yang mengalir (A)

t = Waktu pemakaian listrik (s)

Energi listrik dapat diubah menjadi bentuk lain sesuai dengan kegunaannya, diantaranya :

- Energi listrik menjadi energi kalor/panas. Contoh penggunaannya adalah untuk setrika, solder, dan kompor listrik
- Energi listrik menjadi energi cahaya. Contoh penggunaannya adalah untuk lampu
- Energi listrik menjadi energi mekanik. Contoh penggunaannya adalah untuk motor listrik
- Energi listrik menjadi energi kimia. Contoh penggunaannya adalah untuk peristiwa pengisian accu, peristiwa penyepuhan (peristiwa melapisi logam dengan logam lain)

2.2.6 Konsumsi Energi Listrik

Konsumsi energi listrik adalah penggunaan energi listrik yang mana energi listrik ini digunakan untuk menghidupkan peralatan listrik. Menurut (Khasanah, 2017) berdasarkan metode pengoperasiannya, konsumsi energi listrik dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Konsumsi Energi Listrik Statis.

Konsumsi energi listrik statis atau tetap adalah penggunaan jumlah energi yang sama secara terus menerus dalam jangka waktu ketika awal pengoperasiannya sampai berakhirnya operasi peralatan tersebut.

2. Konsumsi Energi Listrik Dinamis

Konsumsi energi listrik dinamis adalah penggunaan jumlah energi listrik yang mana hanya berdasarkan kondisi dan ukuran tertentu yang ditentukan oleh suku cadang tambahan yang ada dalam perangkat tersebut.

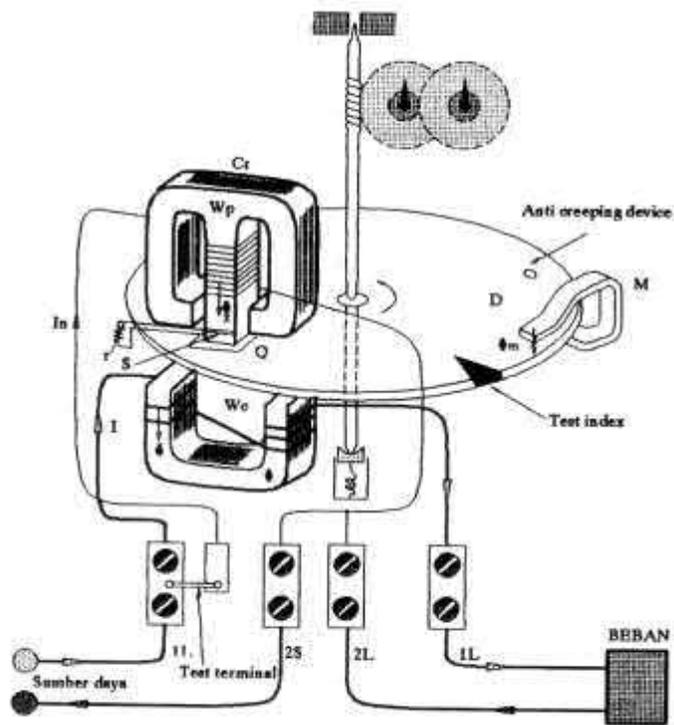
2.2.7 Alat Ukur Energi Listrik

Dalam instalasi listrik tentunya memerlukan alat yang digunakan untuk mengukur besaran daya yang digunakan oleh pemakai dalam setiap waktu. KWH meter (Kilo Watt Hours Meter) merupakan alat yang mempunyai peranan penting dalam instalasi listrik. KWH Meter adalah komponen elektronik yang digunakan oleh PLN untuk mengukur besaran energi listrik yang telah dipakai oleh konsumen. Konsumen rumah tangga menggunakan KWH Meter 1 fasa dikarenakan daya yang dipasang pada konsumen rumah tangga adalah daya 1 fasa, sedangkan pada industri atau yang lainnya menggunakan daya listrik 3 fasa maka untuk KWH Meternya pun menggunakan KWH Meter 3 fasa. (Permana, 2013)

Menurut (Reza, 2015), prinsip kerja dari KWH Meter ini adalah menggunakan metode induksi magnet, yang mana medan magnet tersebut menggerakkan cakram yang terbuat dari aluminium. Maka poros yang ada pada cakram aluminium itu akan menggerakkan counter digit sebagai tampilan dari KWH Meter. Lambat atau cepatnya pergerakan dari lempengan aluminium itu bergantung pada banyaknya induksi yang

diterima pada koil arus. KWH meter memiliki dua kumparan, yaitu kumparan arus dan kumparan tegangan. Keduanya mempunyai peran sebagai pembangkit fluks, yaitu kumparan tegangan untuk fluks tegangan dan kumparan arus untuk fluks arus.

Beberapa komponen lainnya diantaranya adalah magnet permanen yang mempunyai fungsi sebagai pengerem ataupun penetral piringan dari induksi magnet. Piringan itu sendiri adalah sebagai tempat integrasi antara fluks tegangan dan fluks arus sehingga menyebabkan momen putar yang nantinya akan ditampilkan pada counter digit. Sebagai tempat penghubung antara kwh dengan komponen yang lainnya adalah pada terminal yang letaknya di bagian bawah piringan.



Gambar 2.12. Prinsip Kerja KWH(Reza, 2015)

2.2.8 Jaringan Syaraf Tiruan

1. Pengertian Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan sebuah sistem linier representasi buatan dari orang manusia yang mana JST ini mempraktikan proses pembelajaran pada otak manusa. Maulana & Muslim (2015:59). Kelebihan sistem *nonlinier* pemetaan *input* dan *output* yang cenderung mempelajari pelatihan (training), sehingga ketiganya berperilaku sesuai dengan fungsi masing-masing ketika berurusan dengan variable yang berlawanan.. Zhang & Gu (2017:17).

Menurut Hermawan (2006: 4) dalam Yusendra (2014, 277), jaringan syaraf tiruan memiliki beberapa kelebihan disbanding dengan metode perhitungan yang lain:

1. Kemampuan jaringan sayaraf tiruan dalam mengakuisisi pengetahuan walaupun dalam kondisi ada gangguan dan ketidakpastian. Hal ini karena jaringan syaraf tiruan mampu melakukan generalisasi dan abstraksi.
2. Kemampuan jaringan sayaraf tiruan dalam mempresentasikan pengetahuan secara fleksibel.
3. Kemampuan jaringan sayaraf tiruan untuk memberikan toleransi atas suatu distorsi (*error/fault*), dimana gangguan kecil pada data dapat dianggap hanya sebagai *noise* (guncangan) belaka.
4. Kemampuan jaringan sayaraf tiruan dalam memproses pengetahuan secara efesien karena memakai sistem paralel, sehingga waktu yang diperlukan untuk mengoperasikannya menjadi lebih singkat.

2. Istilah dalam Jaringan Syaraf Tiruan

Beberapa istilah dalam JST yang sering ditemui antara lain:

1. *Neuron/node* atau unit, yaitu sel syaraf tiruan yang berperan sebagai elemen pengolahan jaringan syaraf tiruan yang menerima data *input* (masukan), kemudian memproses *input* tersebut dan mengirimkan hasilnya berupa sebuah *output* (keluaran).
2. Jaringan, yaitu kumpulan *neuron-neuron* yang saling terkoneksi/terhubung dan membentuk sebuah lapisan.
3. Lapisan tersembunyi (*hidden layer*), yaitu lapisan yang tidak secara langsung berhubungan dengan dunia luar. Kelebihannya lapisan ini memiliki kegunaan memperluas kemampuan jaringan syaraf tiruan dalam menghadapi masalah-masalah yang kompleks.
4. *Input* atau masukan, yaitu sebuah atribut tunggal dari sebuah pola atau data lain dari dunia luar. Sinyal-sinyal *input* ini kemudian diteruskan ke lapisan berikutnya.
5. *Output* atau keluaran, yaitu hasil pemahaman jaringan terhadap data *input*. Karena mendapatkan nilai *output* adalah tujuan dari pembangunan jaringan syaraf tiruan.
6. *Bobot*, nilai matematis antar *neuron* yang berfungsi untuk mengatur *output* yang diinginkan sekaligus bertujuan membuat jaringan tersebut belajar.
7. Fungsi aktivasi, yaitu fungsi yang digunakan untuk merubah nilai-nilai bobot periterasi dari semua nilai *input*.

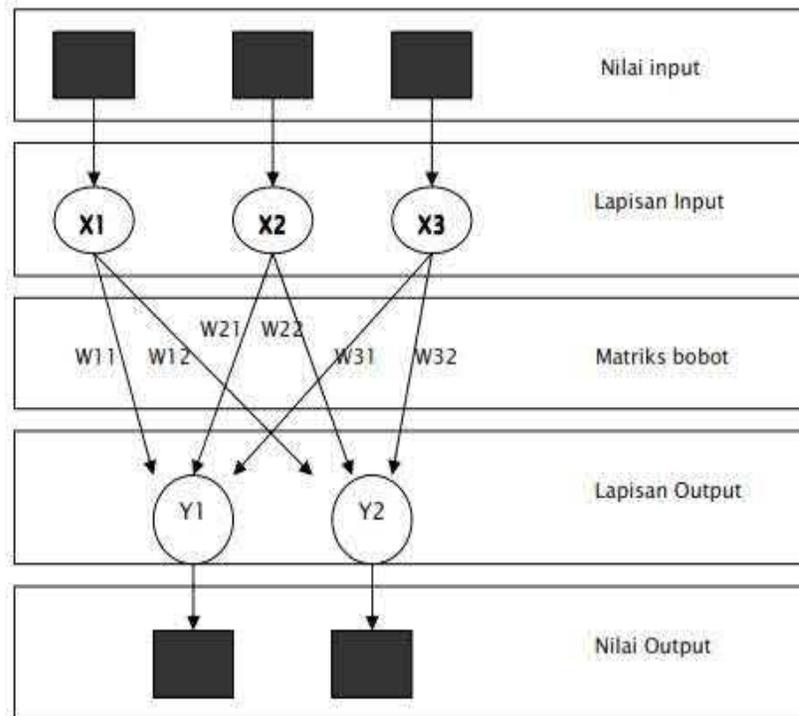
8. Fungsi aktivasi sederhana adalah mengalikan *input* dengan bobotnya yang kemudian menjumlahkannya. Biasanya berbentuk linier atau tidak linier dan sigmoid.
9. Paradigma pembelajaran merupakan bentuk pembelajaran, bentuk pembelajaran ini dibedakan menjadi dua yaitu *supervised learning* dan *unsupervised learning*
10. Aturan Pembelajaran, yaitu aturan kerja dari teknik/algorithm JST.

3. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Menurut Kusumadewi dan Hartati (2010: 211), berdasarkan arsitekturnya model jaringan syaraf tiruan dibagi menjadi tiga yaitu.

1. Jaringan Layar Tunggal (*Single Layer Network*)

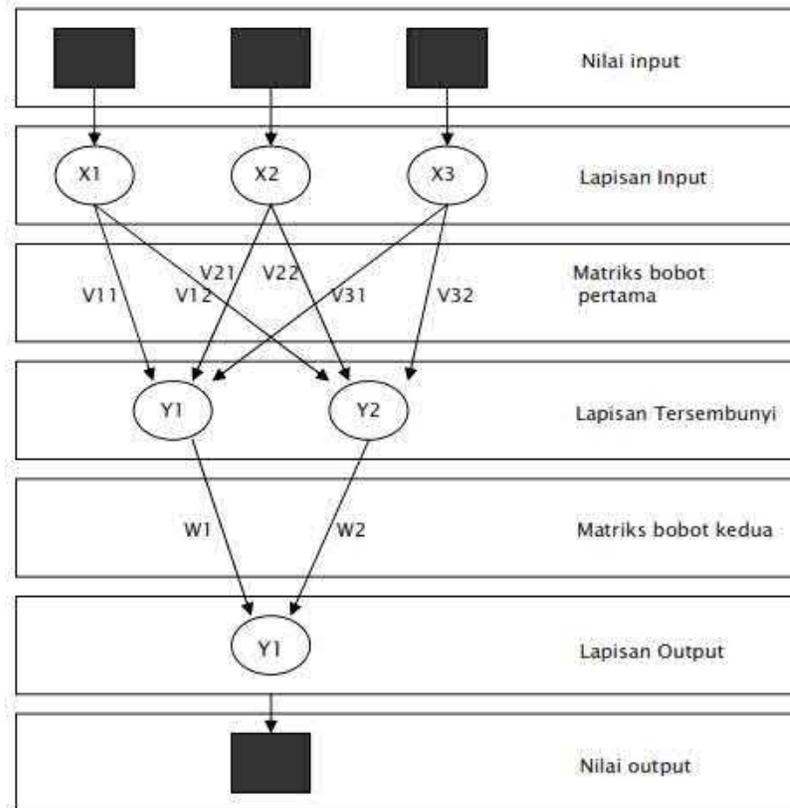
Jaringan layar tunggal adalah jaringan yang hanya memiliki satu lapisan dengan matriks bobot yang terhubung seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.13 jaringan layar tunggal ini hanya menerima *input* dan kemudian langsung diolah menjadi *output* tanpa melalui lapisan lain. Contoh model yang termasuk jaringan layar tunggal adalah ADALINE, *Hopfield*, *Perceptron*, LVQ, dan lain-lain



Gambar 2.13 Jaringan *Layer Tunggal* Kusumadewi dan Hartati (2010: 211)

2. Jaringan Layar Jamak (*Multi Layer Network*)

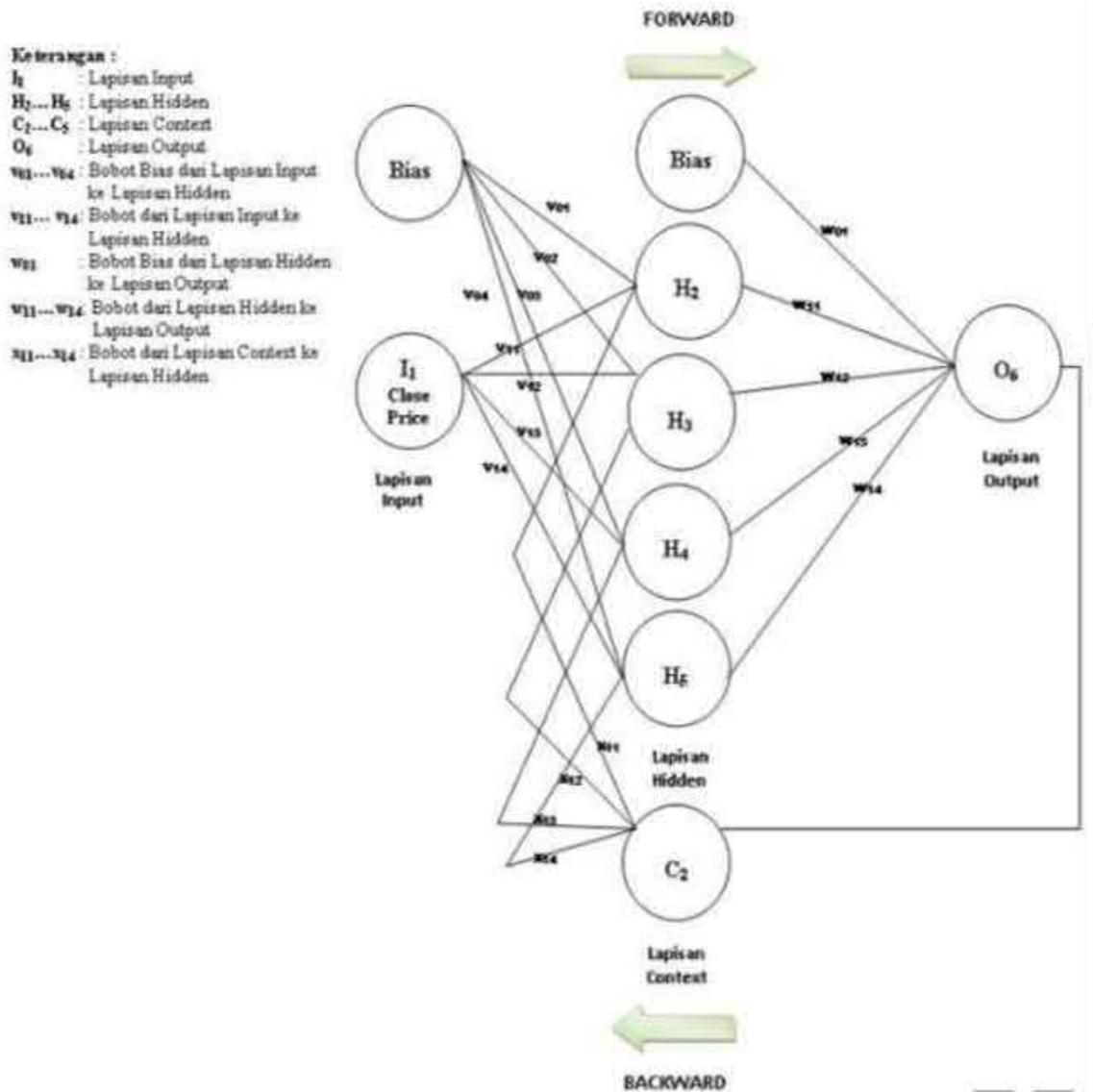
Jaringan layar jamak merupakan perluasan dari jaringan layar tunggal, yaitu menerima *input* selanjutnya ke layar tersembunyi lalu diolah menjadi *output* yang ditunjukkan seperti gambar 2.14 Terdapat beberapa layar tersembunyi yang dimaksudkan pada pernyataan di atas. Model yang termasuk jaringan ini antara lain : MADALINE, *Backpropagation*, *Neocognitron*, dll.



Gambar 2.14 Jaringan *Layer* Jamak Kusumadewi dan Hartati (2010: 211)

3. Jaringan *Reccurent*

Jaringan *Reccurent* (*recurrent network*) merupakan model yang mirip dengan jaringan layar tunggal maupun layar jamak. Namun ada unit keluaran yang memberikan sinyal pada unit masukan (sering disebut *feed back loop*). Dengan kata lain sinyal mengalir dua arah yaitu maju atau mundur. Contoh model yang menerapkan model ini adalah : BAM (*Bidirectional Assosiative Memory*) Boltzman Machine, dll.



Gambar 2.15 Arsitektur Jaringan Recurrent (Susanti, 2016)

2.2.9 Algoritma Pembelajaran

Satu hal terpenting dalam konsep jaringan syaraf tiruan adalah terjadinya proses pembelajaran. Tujuan dari pembelajaran ini yaitu melakukan pengaturan-pengaturan terhadap bobot-bobot yang ada pada syaraf, sehingga diperoleh bobot akhir atau bobot

hasil pengaturan itu yang tepat dan sesuai dengan pola data yang dilatih. Selama proses pembelajaran akan terjadi perbaikan bobot berdasarkan algoritma tertentu.

Menurut Siang (2005:30), algoritma belajar atau pelatihan digolongkan menjadi dua jenis yaitu :

1. Pelatihan dengan Supervisi (*Supervised Training*)

Dalam pelatihan dengan supervisi, terdapat beberapa pasang data (masukan-target/keluaran) yang mana pasangan data tersebut dipakai untuk melatih jaringan. Pada setiap pelatihan, suatu masukan diberikan ke jaringan, jaringan kemudian akan memproses dan kemudian akan mengeluarkan *output* atau keluaran. Selisih antara keluaran jaringan dengan target adalah kesalahan, yang mana jaringan akan memodifikasi bobot sesuai dengan kesalahan tersebut.

Pelatihan dengan supervisi ini memerlukan keluaran yang telah diketahui sebelumnya dan target sebagai dasar perubahan bobot. Pada proses pembelajarannya, satu sinyal masukan diberikan kepada satu *neuron* kemudian akan diolah dan akan menghasilkan satu keluaran. Nilai keluaran akan dibandingkan dengan nilai targetnya. Apabila terjadi perbedaan antara keluaran pelatihan dan keluaran dari target, maka akan terjadi *error*. Untuk mendapat nilai *error* terkecil, maka harus dilakukan pembelajaran secara berkala. Model yang menggunakan pelatihan supervisi antara lain : *Hebbian, Perceptron, ADALINE, Backpropagation, Boltz, Hopfield*, dll.

2. Pelatihan Tanpa Supervisi (*Unsupervised Training*)

Pada pelatihan ini, perubahan bobot jaringan dilakukan berdasarkan parameter tertentu dan jaringan dimodifikasi menurut ukuran parameter tersebut. Tujuan pelatihan tanpa supervisi ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dengan suatu area tertentu. Pelatihan ini sangat cocok untuk pengelompokan pola.

Model yang menggunakan pelatihan tanpa supervisi ini diantaranya adalah model jaringan kompetitif. Dalam model jaringan kompetitif, jaringan terdiri dari layar *input* dan layar kompetisi. Layar *input* menerima data dari luar (eksternal). Sedangkan layar kompetisi berisi *neuron-neuron* yang saling berkompetisi agar diperoleh kesempatan untuk merespon sifat-sifat yang ada dalam data masukan. *Neuron* yang memenangkan kompetisi akan memperoleh sinyal dan akan dimodifikasi sehingga lebih menyerupai data maukan. Model yang menggunakan pelatihan tanpa supervisi antara lain : *Kohonen, LVQ, Neocognitron, dll.*

2.2.10 Fungsi Aktivasi

Dalam jaringan syaraf tiruan, fungsi aktivasi dipakai untuk menentukan keluaran suatu *neuron*. Fungsi aktivasi merupakan net masukan (kombinasi linear masukan dan bobotnya). Jika $net = \sum x_i w_i$, maka fungsi aktivasinya adalah $f(net) = f(\sum x_i w_i)$. Menurut Siang (2005: 26) Beberapa fungsi aktivasi yang sering dipakai adalah sebagai berikut:

- (1) Fungsi *threshold* (batas ambang)

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

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

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

(2) Fungsi *sigmoid*

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

Fungsi *sigmoid* memiliki *range* antara 0 dan 1 maka dari itu fungsi ini sering dipakai. Fungsi *sigmoid* dirumuskan sebagai berikut.

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

(3) Fungsi identitas

$$f(x) = x$$

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

2.2.11 Komponen Jaringan Syaraf Tiruan

Menurut Puspitaningrum (2006: 9), arsitektur jaringan syaraf tiruan (JST) berdasar kerangka kerja dan skema interkoneksi dibagi menjadi tiga yaitu *input layer*, *output layer*, dan *hidden layer*.

Ada beberapa tipe jaringan syaraf, dan hampir semua memiliki komponen yang sama. Seperti otak manusia, jaringan syaraf tiruan juga terdiri dari beberapa neuron.

Neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima. Pada jaringan syaraf tiruan, hubungan tersebut dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut kemudian disimpan pada sebuah nilai tertentu.

Layaknya sistem syaraf otak, neuron-neuron tersebut juga bekerja dengan cara biologis. Input yang datang akan diproses dengan menjumlahkan nilai dari semua bobot. Hasilnya akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) melalui suatu fungsi aktivasi pada setiap neuron. Apabila nilai input melebihi nilai ambang tertentu, maka neuron akan diaktifkan. Begitupun sebaliknya, jika input tidak melewati nilai ambang, maka neuron tidak diaktifkan. Apabila neuron tidak aktif, maka neuron akan mengirimkan output melalui bobot *output* ke semua neuron yang berhubungan dengannya, begitupun seterusnya. (Kusumadewi dan Hartati, 2010: 70). Cara kerja neuron tersebut dapat digambarkan seperti Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Struktur Neuron Jaringan (Kusumadewi dan Hartati, 2010: 70)

Menurut Puspitaningrum (2006: 9), arsitektur jaringan syaraf tiruan (JST) berdasarkan kerangka kerja dan skema interkoneksi di bagi menjadi tiga yaitu *input layer*, *output layer*, dan *hidden layer*.

Penjelasan mengenai komponen JST sebagai berikut.

1. *Input Layer* (Lapisan *Input*)

Input layer berisi *node-node* yang masing-masing menyimpan sebuah nilai masukan yang tidak berubah pada fase pelatihan dan hanya bisa berubah jika diberikan nilai masukan baru. *Input* yang di masukkan merupakan penggambaran dari suatu masalah.

2. *Hidden Layer* (Lapisan Tersembunyi)

Lapisan ini tidak pernah muncul sehingga dinamakan *hidden layer*. Akan tetapi semua proses pada fase pelatihan dan fase pengenalan dijalankan di lapisan ini. Jumlah lapisan ini tergantung dari arsitektur yang akan dirancang, tetapi pada umumnya terdiri dari satu lapisan *hidden layer*.

3. *Output Layer* (Lapisan *Output*)

Output dari lapisan ini merupakan keluaran/*output* jaringan sayaraf tiruan terhadap suatu permasalahan.

2.2.12 Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent*

1. Pengertian Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent*

Menurut Pramudya (2015) Jaringan syaraf tiruan adalah jaringan yang dapat mengakomodasikan keluaran dari sebuah jaringan syaraf tiruan untuk menjadi masukan kembali pada jaringan itu lagi dalam rangka menghasilkan keluaran jaringan berikutnya. Jaringan recurrent terdiri dari beberapa lapisan tersembunyi (*hidden layer*) yang mana pada lapisan pertama adalah lapisan yang memiliki bobot sama dengan bobot input, sedangkan lapisan berikutnya adalah lapisan yang mempunyai bobot dari lapisan sebelumnya. Berbeda dengan jaringan syaraf tiruan backpropagation, pada jaringan ini mempunyai fungsi aktivasi yang dapat berupa sembarang fungsi, baik yang

kontinyu maupun yang bukan kontinyu. Menurut (Kusumadewi 2004) delay yang ada pada setiap lapisan baik itu lapisan input maupun lapisan tersembunyi adalah pada waktu sebelumnya ($t-1$) dapat digunakan pada saat ini (t). Hal yang unik pada jaringan syaraf tiruan recurrent ini adalah adanya koneksi umpan balik yang mana umpan balik tersebut membawa informasi gangguan (noise) pada saat akan memasuki jaringan berikutnya.

2. Inisialisasi Nguyen-Widrow

Inisialisasi Nguyen-Widrow pada umumnya mempercepat proses pembelajaran dibandingkan dengan inisialisasi acak (Fauset 1994). Ada beberapa persamaan inisialisasi yang dapat didefinisikan sebagai persamaan berikut:

- a. Menghitung faktor pengali β

$$\beta = 0.7 p^{LN}$$

dimana:

β = faktor pengali

N = Jumlah neuron lapisan input

P = jumlah neuron lapisan tersembunyi

- b. Untuk setiap unit tersembunyi ($j=1,2,\dots,p$)

\Menghitung V_j (lama) yaitu bilangan acak antara -0.5 dan 0.5 (atau di antara $-n$ sampai n)

- c. Menghitung V_j (lama) menjadi V_j (baru) yaitu

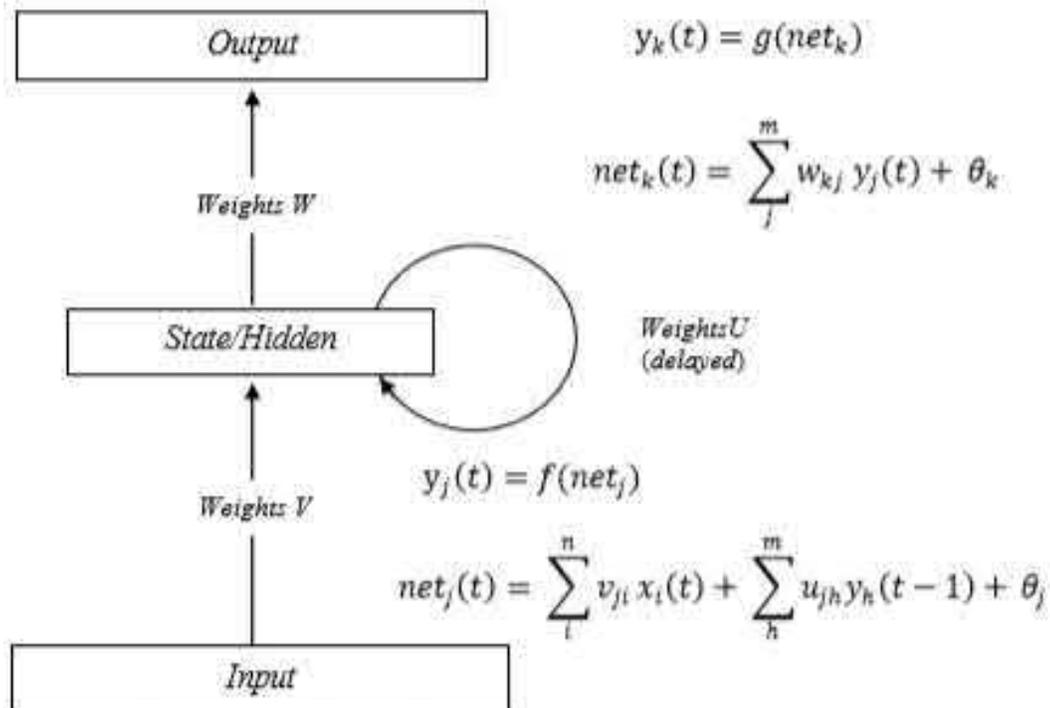
$$V_j(\text{lama}) = \beta V_j(\text{lama}) : V_j(\text{lama})$$

- d. Ketepatan Pendugaan

Menurut (Walpole dalam Salman 2011) Ketepatan pendugaan adalah sebuah model regresi dimana dapat dilihat dari koefisien determinasi (R^2) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Nilai R^2 menunjukkan jumlah kuadrat total yang dapat dijelaskan oleh sumber keragaman peubah bebas, sedangkan RMSE menunjukkan besar simpangan nilai dugaan terhadap aktualnya. R^2 adalah kuadrat dari korelasi antara nilai vector observasi y dengan nilai vector penduga \hat{y} .

3. Algoritma Elman Recurrent Neural Network

Arsitektur Elman Neural Network hampir sama dengan algoritma feed forward backpropagation, namun ada perbedaan yaitu dengan penambahan layer constant untuk menampung hasil output.



Gambar 2.17 Koneksi antar layer JST Recurrent

Keterangan

k: node input	n	: Jumlah node masukan
h: node context	m	: jumlah node context
j: node hidden	f,g	: fungsi output
i: node input	v	: bobot input dengan hidden layer
x: input (vector masukan)	w	: bobot hidden dengan output
θ : bias	u	: bobot context dengan hidden

Adapun tahapan dalam pembuatan Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent adalah:

Sebuah jaringan recurrent sederhana, vector masuknya juga disebarkan melalui lapisan berbobot, akan tetapi juga dikombinasikan dengan aktivasi keadaan

sebelumnya melalui lapisan bobot tambahan yaitu “U” dimana itu adalah bobot delay.

Setiap unit akan menghitung aktivasinya seperti pada jaringan feed forward backpropagation. Pada setiap layer akan memiliki indeks masing-masing.

2.2.13 Matlab R2014a

Menurut (Away, 2014). Matlab adalah sebuah Bahasa pemrograman level tinggi yang berarti bahwa matlab memudahkan pengguna khususnya untuk komputasi teknis. Matlab atau *Matrix Laboratory* adalah bahasa pemrograman yang telah dikembangkan oleh *The Mathwork Inc.*, yang berguna sebagai penganalisis data numerik. Matlab yang digunakan dalam penelitian ini adalah Matlab versi R2014a, versi kedua yang telah diberikan beberapa fitur baru dari versi sebelumnya. Fitur tersebut antara lain

1. Sudah tertanam pembuatan kode C
2. Menggunakan *real time workshop*
3. Fungsi blok algoritma sudah didukung simulink
4. Mempunyai dukungan untuk array numerik lebih besar dari 2×10^9
5. Pada sistem 64 bit, Matlab mampu membaca format MPEG, WMV dan format video lainnya pada Windows
6. Dukungan Java untuk sistem *data reoters market* di *datafeed tollbox new*.

Matlab juga merupakan bahasa pemrograman computer berbasis window dengan orientasi dasarnya adalah matrik, namun pada program ini tidak menutup kemungkinan untuk pengerjaan permasalahan non matrik. Selain itu matlab juga

merupakan bahasa pemrograman yang berbasis pada obyek (OOP), namun disisi lain karena matlab bukanlah type compiler, maka program yang dihasilkan pada matlab tidak dapat berdiri sendiri. Agar hasil program dapat berdiri sendiri maka harus dilakukan transfer pada bahasa pemrograman yang lain, misalnya C++.

Menurut (Away, 2014). Terdapat beberapa bagian penting yang terdapat pada antarmuka Matlab adalah seperti berikut :

1. *Command Window* atau jendela perintah yang dipakai penerima perintah dari pemakai untuk menjalankan segala fungsi yang ada pada MATLAB.
2. *Workspace* berisi daftar variabel yang diciptakan oleh pemakai dan masih ada dalam memori. *Workspace* berfungsi sebagai navigator bagi pemakai dalam penyedia informasi yang sedang aktif
3. *Command History* mencantumkan perintah-perintah yang pernah diberikan oleh pemakai pada *workspace*.
4. *Current Directory* menyatakan direktori kerja.

Selain itu untuk menangani persoalan-persoalan yang spesifik, Matlab menyediakan sejumlah toolbox antara lain:

1. *Image Processing*
Ditujukan secara khusus untuk melakukan pengolahan citra.
2. *Signal Processing:*
Ditujukan untuk menangani pengolahan isyarat.
3. *Neural Network:*

Menyediakan berbagai fungsi yang terkait dengan jaringan syaraf tiruan. Salah satu fungsi dari *toolbox neural network* adalah untuk melakukan prediksi. Untuk mengaktifkan *toolbox neural network* bisa melalui start pada Matlab kemudian pilih *toolbox neural network* atau dengan cara mengetikkan *nn toolbox* pada *command window*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai prediksi energi listrik di PLN APJ Salatiga dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan recurrent dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terjadi peningkatan energi yang dibutuhkan oleh PLN APJ Salatiga untuk memenuhi kebutuhan listrik konsumen, dengan rata-rata semula selama tahun 2013 sampai dengan 2017 sebesar 98860896.65 KWH. Sedangkan rata-rata prediksi pada tahun 2023 mulai bulan januari sampai dengan desember tahun 2023 adalah sebesar 130325408.5 KWH.
2. Pada tahapan pemilihan model terbaik didapatkan nilai rata-rata kesalahan (MSE) sebesar 0.8. Jika hasil dari prediksi menggunakan neurons 24 dibandingkan dengan hasil prediksi dari PLN APJ Salatiga maka dapat dilihat tingkat kesalahan hasil prediksi yaitu rata-rata tingkat kesalahannya adalah 7.57% Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode atau algoritma Jaringan Syaraf Tiruan *Recurrent* baik digunakan untuk proses prediksi energi listrik karena memiliki nilai ketepatan yang tinggi atau mempunyai tingkat kesalahan yang kecil.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut disarankan:

1. Hasil analisis yang diperoleh dalam penelitian ini hanya menggunakan data time series 5 tahun yang lalu. Maka diharapkan untuk PLN ataupun yang akan meneliti lebih memperhatikan data yang akan diujikan, karena semakin banyak data maka tingkat akurasi akan semakin baik.
2. PLN harus mempersiapkan antisipasi meningkatnya kebutuhan energi listrik karena diprediksikan tahun 2023 rata-rata energi yang dibutuhkan sebesar 130325408.5 KWH. Sedangkan dari tahun 2013 sampai dengan 2017 PLN memberikan energi listrik untuk pelanggan sebesar kira-kira 98860896.65 KWH

DAFTAR PUSTAKA

- Away.Gunaidi.Abdia., 2014, *The Shortcut of Matlab Programmingí*, Bandung :
Informatika Bandung
- Chang, P. C., Fan, C.Y., & Hsieh, J. C. 2009. A Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for Electricity Demand Forecasting. *Information and Database Systems*. Vol. 0(0): 330-335.
- Desvina.,Ari.,P. Penerapan Metode Box-Jenkins Untuk Memprediksi Jumlah Mahasiswa Universitas Negeri Suska Riau. *Jurnal Sains Teknologi dan Industri*. 2014:80-89
- Diapriani.Sistya.Rosi, dan Suhartono, Analisis Klasifikasi Menggunakan Regresi Logistik Biner dan Radial Basis Function Network di Bank ‘X’ Cabang Kediri, *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, Vol.3,No.2.
- Ekasari, Yunidha, Diagnosis Kanker Serviks Menggunakan Model Recurrent Neural Network (RNN) Berbasis Graphical User Interface (GUI), 2015, *skripsi*, UNY, Yogyakarta.
- Fadillah. M.B, Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2015-2024 Wilayah PLN Kota Pekanbaru Dengan Metode Gabungan,*Jom FTEKNIK*, Vol.2,No.2.
- Fauzannisa. Rahafattri.,dkk. Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia Menggunakan Metode Radial Basis Function Neural Network, *Jurnal Gaussian*, 2015 Vol 5 No.1

- Fauziah L & Suhartono. 2012. Peramalan jumlah kedatangan wisatawan mancanegara ke Indonesia melalui lima pintu kedatangan utama menggunakan model hibrida ARIMA-ANFIS. Makalah Tugas Akhir. Jurusan Statistika FMIPA-ITS.Surabaya.
- Hendrawan,Bambang, Penerapan Model ARIMA Dalam Memprediksi IHSG, *Jurnal Integrasi*, Vol.4, No.2:205-211.
- Hussain, Tahir. 2010. *Engineering Economics*. New Delhi: Golden House
- Kristiana, Ana., Yuciana W., Alan P. 2015. Peramalan Beban Puncak Pemakaian Listrik Di Area Semarang Dengan Metode Hybrid Arima (*Autoregressive Integrated Moving Average*)-Anfis (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*). *Jurnal Gaussian*. Vol 4. No 4. Hal 715-723
- Kusumadewi, S. dan Hartati, S. 2010. *Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kuncoro, A dan Rinaldy Dalimi, 2005. Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Peramalan Beban Tenaga Listrik Jangka Panjang Pada Sistem Kelistrikan Di Indonesia. *Jurnal Teknologi Edisi No 3*. Hal 211-217.
- Marsiana, Siwi., Dwijanto., Alamsyah. 2014. Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* Dalam Peramalan Beban Puncak Distribusi Listrik Di Wilayah Pematang. *UNNES Journal of Mathematics*, 3(1).
- Nugroho.Agung, Metode Pengaturan Penggunaan Tenaga Listrik Dalam Upaya Penghematan Bahan Bakar Pembangkit Dan Energi, *Jurnal Transmisi*, Vol.11, No.1: 45-51.

- PLN, “Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d. 2025”, PT PLN Persero, Tahun 2016.
- Pratama.R A, Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang Provinsi DIY Menggunakan Neural Network Backpropagation,*Jurnal Teknik Elektro*, Vol.05, No.03:0-47
- Puspitanngum,Diyah. 2006. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta
- Siang, J J. 2005. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramanya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Suparti.2015.Analisis Data Inflasi Indonesia Menggunakan Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Dengan Penambahan Outlier,*Media Statistika*,Vol 8, No 1.
- Sutijo.Brodjol, Subanar., dan Suryo G, Pemilihan Hubungan Input-Node Pada Jaringan Saraf Fungsi Radial Basis, *Jurnal Berkala MIPA*,16 (1).
- Wiguna.A.S., Kurriawan.B.P, Analisis dan Peramalan FTS terhadap Zinc-Carbon Accumulator dan Yuasa Accumulator Model 6N4-2A-4, *Jurnal SMARTICS*, Vol.2, No.2.
- Yulianto. Hengki., Samsir.,Iwan. 2014. Analisis Efektivitas Metode Forecasting Terhadap Permintaan Produk PT Arara Abadi Perawang, *JOM FEKON*, Vol 3 No 2.
- Yusendra.M.A.E, dan Yulmaini, Kajian Penerapan Metode Peramalan Pada Ilmu Ekonomi dan Ilmu Komputer,*LP3 dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, Hal 15-16.

Zheng,F. dan S. Zhong. 2011. Time Series Forecasting Using a Hybrid RBF Neural Network and AR Model Based on Binominal Smoothing. *International Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering*, 5(3):419-423.