

ANALISIS PERAMALAN BEBAN PUNCAK MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* PT. PLN (PERSERO) KOTA JAMBI RAYON KOTA BARU

Syukran Madeli

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Jl. Lingkar Selatan, kec. Kasihan, Bantul,

Daerah Istimewa Yogyakarta 55183, Indonesia

Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

E-mail: sukranmadeli@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is one of the developing countries with all developments in every sector and also supported by technological advancement, which is why the demand for electricity in Indonesia is increasing. Without the exact formula that can ensure the amount of electrical load at any time, then that can be done is to forecast the electrical load. The load forecasting method discussed in this study is a method of artificial neural network (ANN) run by Backpropogation. This research produces a peak load forecasting system of PT. PLN (Persero) Kota Jambi rayon Kota Baru in the span of 9 years ahead by using Artificial Neural Network (ANN) Backpropogation using software MATLAB R2017a. This peak load forecasting uses historical data from PT. PLN (Persero) Kota Jambi rayon Kota Baru. In the result of this research it is found that using ANN method has error of $8,9481e-10$ this shows that method of ANN proper to use as forecasting method going forward. Forecasting results that have been done through the ANN method from 2017 to 2025 show an average peak load increase of 6.3%.

Keywords: Peak load forecasting, Artificial Neural Network (ANN) Backpropagation, Matlab.

1. PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan energi listrik memiliki kedudukan yang penting dalam pembangunan nasional pada umumnya dan sebagai pendorong kegiatan ekonomi pada khususnya dalam rangka mewujudkan masyarakat yang adil dan makmur. Kebutuhan akan tenaga listrik di suatu wilayah terus meningkat dari waktu ke waktu sejalan dengan meningkatnya kegiatan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat di wilayah tersebut. Dinamika konsumsi energi listrik juga dapat digunakan sebagai indikator kecenderungan terhadap perkembangan dari sektor atau wilayah tersebut bergerak. Semakin meningkatnya kebutuhan akan energi listrik ini tentunya harus diantisipasi dengan menyediakan sistem kelistrikan yang lebih memadai baik dari segi jumlah maupun kualitas untuk di masa yang akan datang.

Kota Jambi merupakan salah satu daerah yang mengkonsumsi energi listrik cukup besar tiap tahunnya dengan total daya terpasang 600 megawatt (MW). Untuk memenuhi kebutuhan tersebut secara kuantitas dan kualitas maka dibutuhkan perencanaan sistem tenaga listrik yang tepat. Sebagai dasar dalam perencanaan, baik perencanaan operasi maupun perencanaan sistem pengembangan tenaga listrik, salah satu hal yang penting adalah peramalan (*forecasting*) yang tepat untuk mengetahui kebutuhan tenaga listrik dalam kurun waktu tertentu. Peramalan

menurut Kafahri Arya Hamidie (2009) adalah suatu kegiatan atau usaha untuk memprediksi kondisi di masa yang akan datang. Di bidang tenaga listrik, peramalan biasanya berupa peramalan beban (*load forecasting*) meliputi peramalan beban puncak (MW) dan peramalan kebutuhan energi listrik (*demand forecasting*).

Peramalan berdasarkan rentang waktu dapat dikategorikan menjadi tiga: jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang. Dalam melakukan peramalan, telah berkembang berbagai macam metode peramalan diantaranya metode berdasarkan deret waktu (*moving average, exponential, trend*) dan juga metode kausal (*regresi, ARMA, ARIMA/Bob-jenkins, dan ekonometri*).

Dalam tugas akhir ini, metode jaringan syaraf tiruan (JST) *Backpropagation*. JST merupakan suatu sistem yang didasarkan pada cara kerja jaringan syaraf manusia (Fausset 1994). Salah satu jenis dari JST adalah *backpropagation*, jenis ini dipilih karena saat *output* tidak sama dengan target yang diharapkan maka *output* akan disebarkan mundur (*backward*) pada *hidden layer* untuk diteruskan ke *input layer*, sehingga akan ada umpan balik untuk memvalidasi hasil *output* JST (Setiabudi 2015).

2. LANDASAN TEORI

2.1 Peramalan

Pada dasarnya ramalan merupakan suatu dugaan atau perkiraan atas terjadinya kejadian di waktu mendatang. Ramalan bisa

bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Ramalan kualitatif tidak berbentuk angka, misalnya besok akan turun hujan, tahun depan akan terjadi perang, hasil penjualan tahun depan akan meningkat, dan sebagainya. Sedangkan ramalan kuantitatif dinyatakan dalam bentuk angka atau bilangan. Ramalan kuantitatif sendiri dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Ramalan Tunggal (point forecast)
2. Ramalan Selang (interval forecast)

Ramalan tunggal terdiri dari satu nilai saja, misalnya hasil produksi perusahaan ABC akan mencapai 1000 satuan, keuntungan penjualan bulan depan akan bernilai Rp. 250.000,-. Besar pemakaian daya tahun depan akan naik 5% dan sebagainya.

Ramalan selang terdiri atas beberapa nilai dalam satu interval yang dibatasi nilai batas bawah (ramalan rendah) dan batas atas (ramalan tinggi). Misalnya, hasil produksi perusahaan ABC akan mencapai 800 – 1200 satuan, keuntungan penjualan bulan depan akan bernilai Rp. 200.000 sampai dengan Rp.250.000, besarnya kenaikan konsumsi daya tahun depan berkisar antara 5 – 10%.

Menurut jangka waktunya, peramalan dibagi menjadi 3 periode, sesuai dengan materi yang di ramalkan. Dalam peramalan beban listrik, periode peramalan dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Peramalan Jangka Panjang (*Long-Term Forecasting*)

Merupakan peramalan yang memperkirakan keadaan dalam waktu beberapa tahun ke depan. Tujuannya dalam adalah untuk dapat mempersiapkan ketersediaan unit pembangkitan, sistem transmisi, serta distribusi.

2. Peramalan Jangka Menengah (*Mid-Term Forecasting*)

Merupakan peramalan dalam jangka waktu bulanan atau mingguan. Tujuannya untuk mempersiapkan jadwal persiapan dan operasional sisi pembangkit.

3. Peramalan Jangka Pendek (*Short-Term Forecasting*)

Merupakan peramalan dalam jangka waktu harian hingga setiap jam. Biasa digunakan untuk studi perbandingan beban listrik perkiraan dengan actual (*realtime*).

2.2 Cara-cara Peramalan Beban

Salah satu faktor yang sangat menentukan dalam membuat rencana operasi sistem tenaga listrik adalah peramalan beban yang akan dialami oleh sistem tenaga listrik yang bersangkutan. Tidak ada rumus eksak untuk ini karena besarnya beban ditentukan oleh pemakai (konsumen) tenaga listrik yang secara bebas

dapat menentukan pemakaiannya. Namun karena pada umumnya kebutuhan tenaga listrik seorang konsumen sifatnya periodik maka grafik pemakaian tenaga listrik atau yang disebut dengan grafik beban dari sistem tenaga listrik yang mempunyai sifat periodik. Oleh karena itu statistik beban dari masa lalu beserta analisisnya seperti diuraikan sangat diperlukan untuk memperkirakan beban di masa yang akan datang yang pada umumnya dilakukan dengan cara mengekstrapolasi grafik beban di masa lampau ke masa yang akan datang. Setelah dilakukan ekstrapolasi kemudian ditambahkan koreksi-koreksi terhadap hal-hal khusus, baik untuk peramalan jangka panjang, jangka menengah, maupun jangka pendek.

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

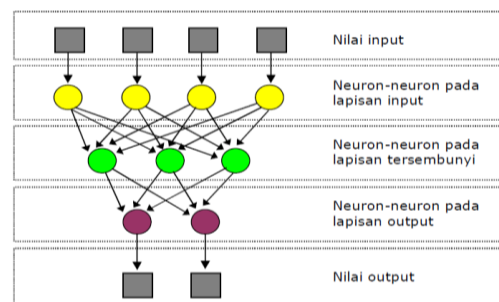
1. Bertambahnya konsumen tenaga listrik
2. Bertambahnya konsumen tenaga listrik dari konsumen lama, misalnya karena ia membeli peralatan listrik dari konsumen lama, atau juga membeli peralatan listrik tambahan.
3. Suhu udara, kalau suhu udara tinggi maka pemakaian alat-alat penyejuk udara bertambah dan ini menambah pemakaian tenaga listrik.

4. Kegiatan ekonomi dalam masyarakat.
5. Kegiatan social dalam masyarakat.

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

2.3 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan sistem kecerdasan tiruan dengan kemampuan belajar dan menghimpun pengetahuan hasil pembelajaran dalam jaringan selnya (neuron) sehingga



memungkinkan jaringan secara keseluruhan semakin cerdas merespon masukan/input yang diberikan. Kemampuan belajar dan mengakumulasi pengetahuan ini memungkinkan sistem jaringan syaraf tiruan untuk dapat beradaptasi dengan lingkungan yang memberikan input kepadanya. Layaknya otak manusia dalam merespon kondisi lingkungan berbeda-beda, peranan

JST dalam bidang penelitian dan pengembangan sangat penting di masa yang akan datang yang menuntut aspek otomatisasi dan aspek interaktif antara alat dan manusia. (Muis 2017)

Menurut Jong Jek Siang (2009), sistem jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh 3 hal, yaitu:

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

2.4 Arsitektur Jaringan

Dalam JST, neuron-neuron akan dikumpulkan menjadi lapisan (*layer*) yang disebut *neuron layer*. Masing-masing *layer* akan dihubungkan satu sama lain, baik dengan *layer* sebelumnya maupun sesudahnya. Informasi akan dirambatkan dari satu *layer* ke *layer* berikutnya, mulai dari *input* sampai ke *output layer* melalui *hidden layer*. (Haidaroh, 2013)

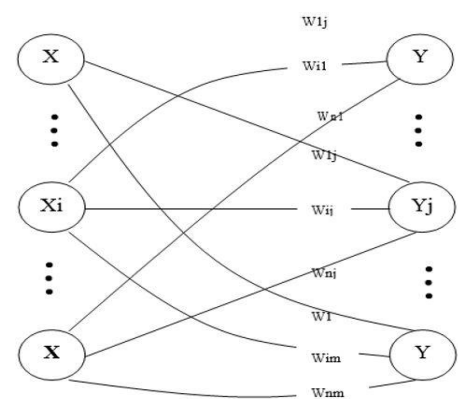
Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

(Sumber : Ir. Ahmad Haidaroh. Pengenalan Kecerdasan Buatan)

Menurut Jong Jek Siang (2009), arsitektur jaringan syaraf tiruan yang sering digunakan antara lain :

- a. Jaringan layar tunggal (*single layer network*)

Dalam jaringan ini, sekumpulan input neuron dihubungkan langsung dengan sekumpulan outputnya, meskipun dengan bobot yang berbeda-beda. Tidak ada unit input yang dihubungkan dengan unit input lainnya. Demikian pula dengan unit output.



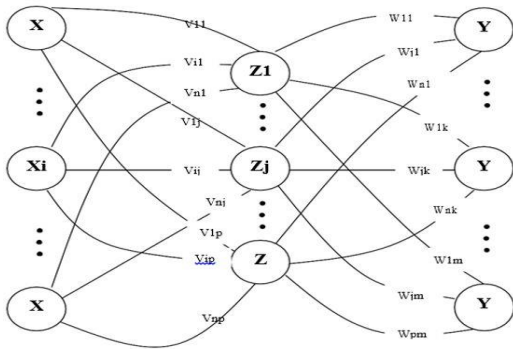
Gambar 2.2 Arsitektur jaringan layar tunggal

(Sumber :

<http://okkyibrohim.com/index.php/2016/10/19/arsitektur-jaringan-syaraf-tiruan/>)

- b. Jaringan layar jamak (*multi layer network*)

Dalam jaringan ini, selain unit input dan output terdapat juga layer yang tersembunyi. Jumlah layer tersembunyi dapat lebih dari satu. Sama seperti pada unit input dan output, unit-unit dalam satu layer tidak saling berhubung.

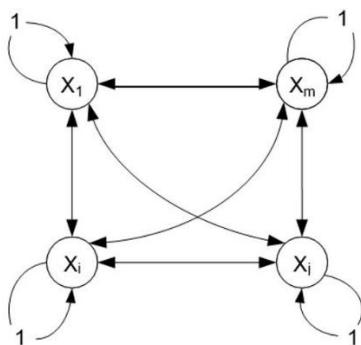


Gambar 2.3 Arsitektur jaringan layar jamak

Jaringan ini didesain agar dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dengan layar tunggal, meskipun membutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses pelatihannya.

c. Jaringan *Recurrent*

Model jaringan ini mirip dengan jaringan layar tunggal maupun layar ganda, hanya saja ada neuron output yang memberikan sinyal pada unit input yang disebut *feedback loop*.



Gambar 2.4 Arsitektur jaringan *Recurrent*

2.5 Fungsi Aktivasi

Menurut Jong Jek Siang (2009) fungsi aktivasi ialah hanya dipakai untuk menentukan keluaran suatu neuron. Berikut adalah fungsi aktivasi yang sering dipakai:

- a. Fungsi *threshold* (batas ambang)

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

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

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

- b. Fungsi sigmoid

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

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

- c. Fungsi identitas

$$f(x) = x$$

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

2.6 Algoritma *Backpropagation*

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya

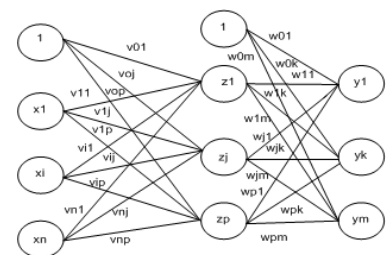
digunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Algoritma *backpropagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobotnya ke arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu. (Kusumadewi 2004)

Secara garis besar, mengapa algoritma ini disebut sebagai propagasi balik, karena ketika JST diberikan pola masukan sebagai pola pelatihan maka pola tersebut menuju ke unit-unit pada lapisan tersembunyi untuk diteruskan ke unit lapisan keluaran. Kemudian unit-unit lapis keluaran memberikan tanggapan yang disebut sebagai keluaran JST. Saat keluaran JST tidak sama dengan keluaran yang diharapkan maka keluaran akan disebarkan mundur (*backward*) pada lapis tersembunyi diteruskan ke unit pada lapisan masukan. Oleh karenanya maka mekanisme pelatihan tersebut dinamakan *backpropagation* (propagasi balik). (Purnomo dan Kurniawan 2006)

Menurut Jong Jek Siang (2009) standar algoritma *backpropagation* adalah :

a. Arsitektur *backpropagation*

Backpropagation memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih layer tersembunyi (*hidden layer*). Gambar 2.5 adalah arsitektur *backpropagation* dengan n buah masukan (ditambah sebuah bias), sebuah layer tersembunyi yang terdiri dari p unit (ditambah sebuah bias) serta m unit keluaran.



Gambar 2.5 Arsitektur *backpropagation*

(Sumber : <http://fauzi.me/page/5/>)

v_{ij} merupakan bobot garis dari unit masukan x_i ke unit layer tersembunyi z_j (v_{0j} merupakan bobot garis yang menghubungkan bias di unit masukan ke unit layer tersembunyi z_j). w_{jk} merupakan bobot dari unit layer tersembunyi z_j ke unit keluaran y_k (w_{0k} merupakan bobot dari bias di layer tersembunyi z_j ke unit keluaran y_k).

b. Fungsi aktivasi

Fungsi aktivasi yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat diantaranya: kontinu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun. Salah satu

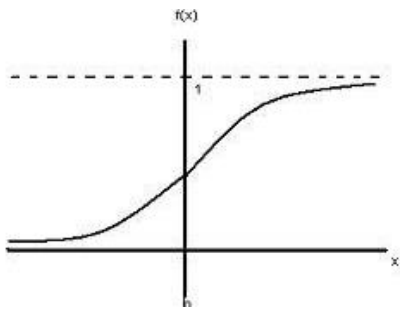
fungsi yang memenuhi ketiga syarat tersebut sehingga yang sering dipakai ialah fungsi sigmoid biner yang memiliki range (0, 1).

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

Dengan turunan

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

Berikut adalah gambar grafik fungsi sigmoid biner.



Gambar 2.6 Grafik fungsi sigmoid biner

(sumber:

<https://sammypatikawa.wordpress.com/2013/01/15/fungsi-sigmoid-biner-untuk-jaringan-saraf-tiruan-backpropagation/>)

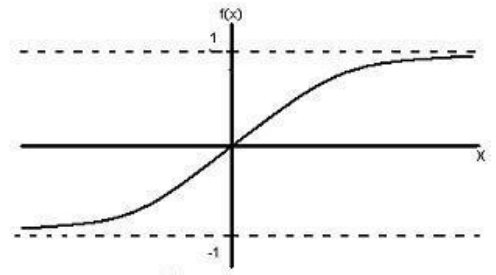
Fungsi lain yang sering dipakai adalah fungsi sigmoid bipolar yang bentuk dan fungsinya mirip dengan fungsi sigmoid biner, tapi dengan range (-1, 1).

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

Dengan turunan

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

Berikut grafik fungsi dari sigmoid bipolar.



Gambar 2.7 Grafik fungsi sigmoid bipolar

(Sumber:

<https://jalanwaktu.wordpress.com/jaringan-syaraf-tiruan/>)

Fungsi sigmoid memiliki nilai maksimum =1, maka untuk pola yang targetnya >1 pola masukan dan keluaran harus terlebih dahulu di transformasikan sehingga semua polanya memiliki range yang sama seperti fungsi sigmoid yang dipakai. Alternatif lain yang bisa dipakai adalah menggunakan fungsi aktivasi sigmoid hanya pada layar yang bukan layar keluaran. Pada layar keluaran, fungsi aktivasi yang dipakai adalah fungsi identitas $f(x) = x$.

c. Pelatihan standar *backpropagation*

Pelatihan *backpropagation* meliputi 3 fase yaitu fase pertama adalah fase maju. Pola masukan dihitung maju dimulai dari layar masukan hingga layar keluaran

menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Fase yang kedua ialah fase mundur, selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur, dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di layar keluaran. Fase yang ketiga yaitu modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi.

Algoritma pelatihan untuk jaringan dengan satu layar tersembunyi (dengan fungsi aktivasi sigmoid biner) adalah sebagai berikut:

Langkah 0 : Inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil

Langkah 1 : Jika kondisi penghentian belum terpenuhi, lakukan langkah 2-9

Langkah 2 : Untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan langkah 3-8

Fase I : Propagasi maju

Langkah 3 : Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya

Langkah 4 : Hitung semua keluaran di unit tersembunyi z_j ($j = 1, 2, \dots, p$)

$$\begin{aligned} z_{netj} &= v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji} \\ z_j &= f(z_{netj}) \\ &= \frac{1}{1 + e^{-z_{netj}}} \end{aligned}$$

Langkah 5 : Hitung keluaran jaringan di unit y_k ($k = 1, 2, \dots, m$)

$$\begin{aligned} y_{netk} &= w_{k0} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj} \\ y_k &= f(y_{netk}) \\ &= \frac{1}{1 + e^{-y_{netk}}} \end{aligned}$$

Fase II : Propagasi mundur

Langkah 6 : Hitung faktor δ unit keluaran

berdasarkan kesalahan disetiap unit keluaran y_k ($k = 1, 2, \dots, m$)

$$\delta_k = (t_k - y_k)f'(y_{net_k})$$

$$= (t_k - y_k)y_k(1 - y_k)$$

δ_k merupakan unit kesalahan yang akan dipakai dalam perubahan bobot layar dibawahnya

Hitung suku perubahan bobot w_{kj} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot w_{kj}) dengan laju percepatan α

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j ; k$$

$$= 1, 2, \dots, m; j$$

$$= 0, 1, \dots, p$$

Langkah 7 : hitung faktor δ unit

tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi z_j ($j = 1, 2, \dots, p$)

$$\delta_{net_j}$$

$$= \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj}$$

Faktor δ unit tersembunyi :

$$\delta_j = \delta_{net_j} f'(z_{net_j})$$

$$= \delta_{net_j} z_j (1 - z_j)$$

Hitung suku perubahan bobot V_{ji} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot V_{ji})

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i ; j$$

$$= 1, 2, \dots, p; i$$

$$= 0, 1, \dots, n$$

Fase III : Perubahan Bobot

Langkah 8 : hitung semua perubahan bobot

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran:

$$w_{kj}(\text{baru}) = w_{kj}(\text{lama}) + \Delta w_{kj} \quad (k = 1, 2, \dots, m; j = 0, 1, \dots, p)$$

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit tersembunyi:

$$v_{ji}(\text{baru}) = v_{ji}(\text{lama}) + \Delta v_{ji} \quad (j = 1, 2, \dots, p; i = 0, 1, \dots, n)$$

Setelah selesai dilakukan, jaringan dapat dipakai untuk pengenalan pola. Dalam hal ini, hanya propagasi maju (lagkah 4 dan 5) yang

dipakai untuk menentukan keluaran jaringan. Apabila fungsi aktivasi yang dipakai bukan sigmoid biner, maka langkah 4 dan 5 harus disesuaikan. Demikian juga turunannya pada langkah 6 dan 7.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini membahas tentang Peramalan Beban Puncak Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) di PT. PLN Kota Jambi rayon Kota Baru. Dimana penelitian ini bersifat deskriptif yang menggunakan data dan fakta yang ada dilapangan, lalu juga bersifat interpretatif dimana data yang ada akan dibahas untuk mendapatkan kesimpulannya. Tujuan meramalkan beban listrik di PT. PLN Kota Jambi rayon Kota Baru guna untuk mengetahui prakiraan pemakaian listrik dimasa mendatang dan mengatasi kelonjakan pemakaian energi listrik di kota jambi. Adapun metode yang digunakan penulis dalam mencari data adalah sebagai berikut:

1. Metode Interview

Metode pengumpulan data melalui wawancara dengan petugas yang telah ditunjuk untuk memberikan data mengenai objek yang diamati.

2. Metode Observasi

Metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan secara langsung pada objek/peralatan pada PT. PLN Kota Jambi rayon Kota Baru.

3. Metode partisipasi

Metode pengumpulan data dan informasi yang melibatkan penulis secara langsung dalam aktifitas tertentu.

4. Metode pustaka

Metode pengumpulan dasar teori yang dilakukan dengan membaca dan mempelajari referensi buku dan jurnal.

3.2 Langkah-langkah Penelitian

a. Studi pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan tahap awal dalam langkah melakukan penulisan tugas akhir. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu observasi serta mengurus perizinan pengambilan data-data pengujian di PT. PLN Kota Jambi rayon Kota Baru.

b. Identifikasi masalah dan perumusan masalah

Setelah selesai melakukan perijinan dan observasi, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi masalah dan merumuskan masalah. Pada langkah ini penulis merumuskan permasalahan-permasalahan yang berkaitan dengan obyek penulisan yaitu Analisis Peramalan Beban

Puncak Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dengan data historis pada PT. PLN (persero) Kota Jambi rayon Kota Baru. Setelah dirumuskan masalahnya maka muncul solusinya yaitu dengan melakukan perhitungan peramalan untuk 9 tahun kedepan.

c. Studi pustaka

Setelah dirumuskan masalah, maka perlu untuk mencari informasi tentang teori, metode dan konsep yang sesuai dengan topik permasalahan. Teori-teori tersebut berfungsi sebagai acuan dalam menyelesaikan masalah. Teori-teori tersebut dapat diambil dari buku, jurnal ataupun sumber-sumber lain yang valid dan mendukung.

d. Pengujian dan pengumpulan data

Pengujian dan pengumpulan data dilakukan setelah referensi terpenuhi. Langkah ini dilakukan secara langsung dilapangan melalui pengujian langsung dan wawancara.

e. Pengolahan dan analisis data pengujian

Setelah data-data terkumpul maka langkah selanjutnya adalah mengolah dan menganalisis data tersebut. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui nilai beban puncak di tahun yang akan datang.

f. Penulisan tugas akhir

Setelah data-data selesai diolah dan dianalisis maka penulisan tugas akhir menjadi langkah berikutnya, yang mana penulisan dilakukan sesuai dengan aturan penulisan yang baku.

4. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Data Penelitian

Dalam melakukan penelitian tugas akhir ini, terdapat beberapa data yang digunakan dalam melakukan peramalan dan perhitungan beban puncak di PT. PLN Kota Jambi rayon Kota Baru.

4.1.1 Data Beban Puncak

Data beban puncak yang digunakan pada tugas akhir ini adalah data beban puncak yang tertinggi pada setiap tahunnya. Dalam data ini berisikan 7 elemen data yang berupa angka beban puncak pada Gardu Induk Jambi dari tahun 2010 sampai tahun 2017. Data beban puncak ini dapat dijadikan acuan untuk meramalkan beban listrik di Kota Jambi 9 tahun mendatang.

Tabel 4.1 Data Beban Puncak GI Jambi

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Beban Puncak (MW)	266,8	275	283,5	292,3	300,5	324,7	420,8

4.1.2 Data Kependudukan

Dalam penulisan tugas akhir ini, data kependudukan diperlukan untuk meramalkan kebutuhan beban listrik yang akan datang. Semakin banyak penduduknya maka beban listrik yang

dibutuhkan oleh wilayah tersebut akan semakin banyak. Data kependudukan ini terdiri dari data pertumbuhan penduduk dan Penduduk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kota Baru Jambi. Data ini diperoleh dari Kantor Kecamatan Kota Baru Jambi.

Tabel 4.2 Data Kependudukan PDRB Kota Baru Jambi dan Nasional

Tahun	Jumlah Penduduk (ribu jiwa)	Jumlah Penduduk Nasional (juta jiwa)	Jumlah PDRB (juta rupiah)	Jumlah PDRB Nasional (miliar USD)
2010	14,2237	242,5	14,9726	755,1
2011	14,2041	245,7	17,1262	893
2012	14,2237	248,9	19,491	917,9
2013	14,2398	252	22,2955	912,5
2014	14,3933	255,1	25,95	890,8
2015	14,4293	258,2	28,5976	861,3
2016	16,8286	261,1	31,0926	932,3

Dari data kependudukan diatas dapat diasumsikan kenaikan jumlah penduduk dan PDRB Kota Baru Jambi. Yaitu dengan melakukan perhitungan sebagai berikut:

a) Prediksi Jumlah Penduduk

$$R_{(t-1,t)} = \frac{Penduduk_t - Penduduk_{t-1}}{Penduduk_{t-1}} \times 100\%$$

Persentase kenaikan jumlah penduduk dari tahun 2010 sampai 2016:

$$R_{(2010,2011)} = \frac{14.2041 - 14.2237}{14.2237} \times 100\% = -1.377\%$$

$$R_{(2011,2012)} = \frac{14.2237 - 14.2041}{14.2041} \times 100\% = 1.379\%$$

$$R_{(2012,2013)} = \frac{14.2398 - 14.2237}{14.2237} \times 100\% = 1.131\%$$

$$R_{(2013,2014)} = \frac{14.3933 - 14.2398}{14.2398} \times 100\% = 0.0107\%$$

$$R_{(2014,2015)} = \frac{14.4293 - 14.3933}{14.3933} \times 100\% = 2.501\%$$

$$R_{(2015,2016)} = \frac{16.8286 - 14.4293}{14.4293} \times 100\% = 0.166\%$$

Maka rata-rata kenaikan jumlah penduduk per tahun adalah:

$$= \frac{-1,377 + 1,379 + 1,131 + 0,0107 + 2,501 + 0.166}{6} \times 100\% \text{ Penduduk}_{2023} = (17.4432 \times 0.6\%) + 17.4432 = 17.5478$$

$$= 0,6\%$$

Hasil dari rata-rata kenaikan jumlah penduduk dari tahun 2010 sampai 2016 tersebut dapat diasumsikan untuk meramalkan pertumbuhan penduduk dari tahun 2017 sampai tahun 2025:

$$\begin{aligned} \text{Penduduk}_t &= (\text{Penduduk}_{t-1} \times R_{(t-1,t)}) \\ &+ \text{Penduduk}_{t-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penduduk}_{2017} &= (16.8286 \times 0.6\%) \\ &+ 16.8286 = 16.9295 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penduduk}_{2018} &= (16.9295 \times 0.6\%) \\ &+ 16.9295 = 17.031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penduduk}_{2019} &= (17.031 \times 0.6\%) \\ &+ 17.031 = 17.1331 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penduduk}_{2020} &= (17.1331 \times 0.6\%) \\ &+ 17.1331 = 17.2358 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penduduk}_{2021} &= (17.2358 \times 0.6\%) \\ &+ 17.2358 = 17.3392 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penduduk}_{2022} &= (17.3392 \times 0.6\%) \\ &+ 17.3392 = 17.4432 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penduduk}_{2024} &= (17.5478 \times 0.6\%) \\ &+ 17.5478 = 17.653 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penduduk}_{2025} &= (17.653 \times 0.6\%) \\ &+ 17.653 = 17.7589 \end{aligned}$$

b) Prediksi Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

$$R_{(t-1,t)} = \frac{\text{PDRB}_t - \text{PDRB}_{t-1}}{\text{PDRB}_{t-1}} \times 100\%$$

Persentase kenaikan PDRB dari tahun 2010 sampai 2016:

$$\begin{aligned} R_{(2010,2011)} &= \frac{17.1262 - 14.9726}{14.9726} \times 100\% = 14.4\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{(2011,2012)} &= \frac{19.4910 - 17.1262}{17.1262} \times 100\% = 13.8\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{(2012,2013)} &= \frac{22.2955 - 19.4910}{19.4910} \times 100\% = 14.3\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{(2013,2014)} &= \frac{25.9500 - 22.2955}{22.2955} \times 100\% = 16.4\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{(2014,2015)} &= \frac{28.5976 - 25.9500}{25.9500} \times 100\% = 10.2\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{(2015,2016)} &= \frac{31.0926 - 28.5976}{28.5976} \times 100\% \\ &= 8.7\% \end{aligned}$$

Maka rata-rata kenaikan jumlah penduduk per tahun adalah:

$$= \frac{14.4 + 13.8 + 14.3 + 16.4 + 10.2 + 8.7}{6} \times 100\% = 12.96\%$$

Hasil dari rata-rata kenaikan jumlah penduduk dari tahun 2010 sampai 2016 tersebut dapat diasumsikan untuk meramalkan pertumbuhan penduduk dari tahun 2017 sampai tahun 2025:

$$PDRB_t = (PDRB_{t-1} \times R_{(t-1,t)}) + PDRB_{t-1}$$

$$PDRB_{2017} = (31.0926 \times 12.96\%) + 31.0926 = 35.1222$$

$$PDRB_{2018} = (35.1222 \times 12.96\%) + 35.1222 = 39.6740$$

$$PDRB_{2019} = (39.6740 \times 12.96\%) + 39.6740 = 44.8157$$

$$PDRB_{2020} = (44.8157 \times 12.96\%) + 44.8157 = 50.6238$$

$$PDRB_{2021} = (50.6238 \times 12.96\%) + 50.6238 = 57.1846$$

$$PDRB_{2022} = (57.1846 \times 12.96\%) + 57.1846 = 64.5957$$

$$PDRB_{2023} = (64.5957 \times 12.96\%) + 64.5957 = 72.9673$$

$$PDRB_{2024} = (72.9673 \times 12.96\%) + 72.9673 = 82.4238$$

$$PDRB_{2025} = (82.4238 \times 12.96\%) + 82.4238 = 93.1059$$

Tabel 4.3 Prediksi pertumbuhan penduduk dan PDRB Kota Baru Jambi

Tahun	Jumlah Penduduk (ribu jiwa)	Jumlah PDRB (juta rupiah)
2017	16,9295	35,1222
2018	17,031	39,6740
2019	17,1331	44,8157
2020	17,2358	50,6238
2021	17,3392	57,1846
2022	17,4432	64,5957
2023	17,5478	72,9673
2024	17,653	82,4238
2025	17,7589	93,1059
2026	17,8654	105,1724

Dilihat dari hasil prakiraan jumlah penduduk dan PDRB di Kota Baru Jambi persentase total kenaikan penduduk tiap tahunnya adalah sekitar 15.36% dan persentase kenaikan PDRB adalah sekitar 44.73%. Dari data diatas bisa dijadikan sebagai pedoman untuk mengantisipasi meningkatnya kebutuhan energi listrik tiap tahunnya, dan menjadi acuan pada tugas akhir ini sebagai data untuk memperkirakan beban puncak dari tahun 2017 sampai tahun 2025.

4.2 Pengolahan Data

Peramalan beban listrik dinyatakan sebagai runtun waktu X_1, X_2, \dots, X_n . Sebagaimana telah diketahui data beban puncak dari tahun 2010 sampai 2016 adalah:

Tabel 4.4 Data Beban Puncak GI Jambi

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Beban Puncak (MW)	266,8	275	283,5	292,3	300,5	324,7	420,8

Metode peramalan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan perbandingan antara perhitungan manual dan metode jaringan syaraf tiruan, yang mana data yang digunakan yaitu data beban puncak GI Jambi dari tahun 2010 sampai dengan 2016, kemudian digunakan untuk meramalkan beban puncak dari tahun 2017 sampai dengan 2025.

4.2.1 Perhitungan Manual

Dalam melakukan metode perhitungan manual ini terlebih dahulu perlu diketahui bahwa perhitungan yang dilakukan terbagi menjadi 2 (dua) tahap, yaitu tahap perhitungan persentase data beban puncak pada 7 (tujuh) tahun sebelumnya dan tahap perhitungan peramalan untuk 9 tahun kedepan.

Untuk menghitung persentase kenaikan beban puncak pada tahun sebelumnya menggunakan rumus:

$$R_{t-1,t} = \frac{R_t - R_{t-1}}{R_{t-1}} \times 100\%$$

Dimana:

R = beban

t = tahun

R_t = tahun sekarang

R_{t-1} = tahun sebelumnya

Hasil perhitungan:

1. *Beban* (2010, 2011) =

$$\frac{275-266.8}{266.8} \times 100\% = 3.07\%$$

2. *Beban* (2011, 2012) =

$$\frac{283.5-275}{275} \times 100\% = 3.09\%$$

3. *Beban* (2012, 2013) =

$$\frac{292.3-283.5}{283.5} \times 100\% = 3.1\%$$

4. *Beban* (2013, 2014) =

$$\frac{300.5-292.3}{292.3} \times 100\% = 2.8\%$$

5. *Beban* (2014, 2015) =

$$\frac{324.7-300.5}{300.5} \times 100\% = 8.05\%$$

6. *Beban* (2015, 2016) =

$$\frac{420.8-324.7}{324.7} \times 100\% = 29.5\%$$

Maka rata-rata kenaikan jumlah penduduk per tahun adalah:

$$= \frac{3.07 + 3.09 + 3.1 + 2.8 + 8.05 + 29.5}{6} \times 100\% = 8.26\%$$

Hasil dari rata-rata kenaikan jumlah beban puncak dari tahun 2010 sampai 2016 tersebut dapat diasumsikan untuk meramalkan pertumbuhan beban puncak dari tahun 2017 sampai tahun 2025, menggunakan rumus:

$$\text{Beban}_t = (\text{Beban}_{t-1} \times R_{(t-1,t)}) + \text{Beban}_{t-1}$$

Hasil perhitungan:

1. *Beban* 2017 =

$$(420.8 \times 8.26\%) + 420.8 = 455.5 \text{ MW}$$

2. *Beban* 2018 =

$$(455.5 \times 8.26\%) + 455.5 = 493.1 \text{ MW}$$

3. *Beban 2019* =
 $(493.1 \times 8.26\%) + 493.1 =$
533.8 MW
4. *Beban 2020* =
 $(533.8 \times 8.26\%) + 533.8 =$
577.9 MW
5. *Beban 2021* =
 $(577.9 \times 8.26\%) + 577.9 =$
625.6 MW
6. *Beban 2022* =
 $(625.6 \times 8.26\%) + 625.6 =$
677.3 MW
7. *Beban 2023* =
 $(677.3 \times 8.26\%) + 677.3 =$
733.2 MW
8. *Beban 2024* =
 $(733.2 \times 8.26\%) + 733.2 =$
793.8 MW
9. *Beban 2025* =
 $(793.8 \times 8.26\%) + 793.8 =$
859.4 MW

Tabel 4.5 Prediksi pertumbuhan beban puncak 2017 – 2025 menggunakan perhitungan manual

Tahun	Beban Puncak (MW)
2017	455,5
2018	493,1
2019	533,8
2020	577,9
2021	625,6
2022	677,3
2023	733,2
2024	793,8
2025	859,4



Gambar 4.1 Grafik kenaikan beban puncak

Dilihat dari hasil peramalan menggunakan perhitungan manual diatas, persentase total kenaikan beban puncak tiap tahunnya adalah sekitar 4.94%. Terjadi peningkatan beban pada tahun 2016 dikarenakan kenaikan jumlah penduduk pada tahun 2016 meningkat drastis sebanyak 16.8286 ribu jiwa.

4.2.2 Perhitungan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan Syaraf Tiruan atau *Neural Network* adalah paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel syaraf biologi, sama seperti otak yang memproses suatu informasi. Elemen mendasar dari paradigma tersebut adalah struktur yang baru dari sistem pemrosesan informasi. Jaringan Syaraf Tiruan (*Neural Network*) seperti manusia, belajar dari suatu contoh. Jaringan Syaraf Tiruan (*Neural Network*) dibentuk untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran.

Dalam melakukan perhitungan dengan metode jaringan syaraf tiruan ini terlebih dahulu mengetahui data input dan target agar bisa meramalkan beban puncak ditahun berikutnya.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data beban puncak PT. PLN Jambi dan data perhitungan manual dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2025. Algoritma peramalan beban puncak untuk tahun 2017 sampai dengan 2025 dengan menggunakan *Neural Network* adalah sebagai berikut:

1. Penyeleksian Data

Data tahun yang digunakan sebagai acuan pembelajaran adalah 7 tahun selama tahun 2010 – 2016.

2. Penentuan *Range* Pembelajaran (*Learning Range*) *Neural Network*

Tahun yang digunakan sebagai *input* latih adalah tahun 2011 – 2015 dan target 2016-2020, kemudian *input* uji peramalan adalah tahun 2016 – 2020 dan target tahun 2021 – 2025.

3. Proses Pembelajaran dan Peramalan Menggunakan *Backpropagation*

Proses pembelajaran menggunakan 25 pola dengan 5 *input* dan 1 target keluaran, artinya

jika tahun 2011 sampai 2015 digunakan sebagai *input*, maka akan menghasilkan data tahun 2016. Pola tersebut kemudian terus menerus diulang dengan mengurangi 1 tahun sebelumnya dan ditambah 1 tahun baru untuk menghasilkan prediksi tahun berikutnya.

Tabel 4.6 Data beban puncak perhitungan manual

Tahun	Beban Puncak (MW)
2010	266,8
2011	275
2012	283,5
2013	292,3
2014	300,5
2015	324,7
2016	420,8
2017	455,5
2018	493,1
2019	533,8
2020	577,9
2021	625,6
2022	677,3
2023	733,2
2024	793,8
2025	859,4

Tabel 4.6 Hasil pengujian tahun 2016 – 2020

Hasil Tahun 2016 - 2020					
Pola	2016	2017	2018	2019	2020
x1	275	283.5	292.3	300.5	324.7
x2	283.5	292.3	300.5	324.7	275
x3	292.3	300.5	324.7	275	283.5
x4	300.5	324.7	275	283.5	300.5
x5	324.7	275	283.5	300.5	324.7
target	420.8	455.5	493.1	533.8	577.9
hasil	426.4329	451.9867	492.4948	530.0444	577.1824
error	-5.6329	3.5133	0.60518	3.7556	0.71755

Tabel 4.7 Hasil pengujian tahun 2021 – 2025

Hasil Tahun 2021 - 2025					
Pola	2021	2022	2023	2024	2025
x1	420.8	455.5	493.1	533.8	577.9
x2	455.5	493.1	533.8	577.9	455.5
x3	493.1	533.8	577.9	455.5	493.1
x4	533.8	577.9	455.5	493.1	533.8
x5	577.9	455.5	493.1	533.8	577.9
target	625.6	677.3	733.2	793.8	859.4
hasil	621.9277	678.9772	728.2008	794.0761	855.8628
error	3.6723	-1.6772	4.9992	-0.27611	3.5372

Berdasarkan hasil dari data yang telah didapatkan setelah melakukan pengujian beban puncak Kota Jambi tahun 2017 – 2025 dengan menggunakan *software* Matlab R2017a. Konsumsi beban puncak Kota Jambi pada tahun 2017 – 2025 secara berturut-turut di prediksi akan mencapai 451.9 MW, 492.5 MW, 530 MW, 577.2 MW, 621.9 MW, 679 MW, 728.2 MW, 794.1 MW, 855.9 MW. Secara persentase rata-rata kenaikan yang terjadi pada setiap tahunnya adalah 6.3%, terjadi peningkatan persentase dari tahun 2010 – 2016 yang hanya 3.09%. Kenaikan yang terjadi dikarenakan oleh faktor pertumbuhan penduduk pada setiap tahunnya.

Setelah dilakukan peramalan dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan yang menggunakan data pada perhitungan manual terdapat beberapa selisih data, seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.8 Data selisih perhitungan JST dengan perhitungan manual

Tahun	Perhitungan Manual (MW)	Metode JST (MW)	Selisih/ Error
2017	455,5	451,9867	3,5133
2018	493,1	492,4948	0,6052
2019	533,8	530,0444	3,7556
2020	577,9	577,1824	0,7176
2021	625,6	621,9277	3,6723
2022	677,3	678,9772	-1,6772
2023	733,2	728,2008	4,9992
2024	793,8	794,0761	-0,2761
2025	859,4	855,8628	3,5372



Gambar 4.2 Selisih nilai hasil JST

Dapat dilihat dari data hasil selisih atau *error* diatas bahwa metode JST memiliki *error* data yang cukup rendah dan mendekati data perhitungan manual, yang berarti metode JST layak digunakan sebagai metode peramalan beban listrik jangka panjang.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan mengenai peramalan beban puncak dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) pada PT. PLN Kota Jambi rayon Kota Baru, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada prosedur pembentukan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *backpropagation*

untuk peramalan beban puncak PT. PLN (persero) Kota Jambi rayon Kota Baru terdapat beberapa tahapan, yaitu (1) data masukan berupa data beban puncak pada tahun 2010 – 2016 dan data olahan perhitungan manual tahun 2017 – 2025, (2) data olahan dibagi menjadi 2 yaitu data pelatihan dan data pengujian, (3) menentukan model jaringan yang baik yaitu menentukan jumlah *hidden layer* dan menentukan jumlah *neuron* pada masing-masing *hidden layer*, (4) pelatihan jaringan dengan memperhatikan parameter-parameter latihan yang telah diatur, (5) pengujian jaringan untuk mengetahui tepat atau tidaknya model jaringan yang telah dibentuk.

2. Model jaringan yang dibentuk untuk peramalan beban puncak terdiri dari 1 *input layer*, 1 *hidden layer*, dan 1 *output layer*. *Hidden layer* menggunakan 8 *neuron* dengan fungsi aktivasi *logsig*. Fungsi aktivasi *output layer* menggunakan *purelin* (fungsi identitas).
3. Hasil peramalan beban puncak menggunakan perhitungan manual menghasilkan persentase total kenaikan tiap tahunnya adalah sekitar 4.94%. Sedangkan perhitungan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) menghasilkan MSE sebesar $8.9481e-10$, hasil ini menunjukkan model jaringan yang dibangun cukup bagus untuk diterapkan pada peramalan beban puncak. Hasil

prediksi yang dilakukan untuk kurun waktu 9 tahun kedepan dari tahun 2017 – 2025 menunjukkan adanya tren kenaikan beban puncak setiap tahunnya. Pada tahun 2025, prediksi beban puncak yang dihasilkan adalah 855.8628 MW.

5.2 Saran

Penelitian tentang peramalan beban puncak menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) masih dapat dikembangkan lebih luas lagi untuk kedepannya. Oleh karena itu, terdapat beberapa saran yang bertujuan untuk membangun penelitian selanjutnya seperti:

1. Bagi pembaca yang tertarik menerapkan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation* agar dapat menambahkan lebih banyak data masukan baik itu untuk proses pelatihan maupun proses pengujian, semakin banyak data masukan maka akan semakin baik pula hasil yang didapatkan.
2. Dalam penelitian ini variabel masukan hanya berasal dari data PDRB, kependudukan, dan data historis beban puncak. Oleh karena itu, perlu adanya penambahan intervensi yang menjadi faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan beban puncak selain 3 variabel tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Hamidie, Kafahri Arya.2009. “Metode Koefisien Energi Untuk Peramalan

- Beban Jangka Pendek Pada Jaringan Jawa Madura Bali". Jurnal
- Fitriyah, Qoriatul dan Didi Istandi. 2011. "Prediksi Beban Listrik Pulau Bali dengan menggunakan Metode Backpropagasi". Seminar Nasional Informatika 2011 (semnasIF 2011). UPN Veteran Yogyakarta, 2 Juli 2011
- Haidaroh, Ahmad. 2013. "Pengenalan Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)". Kupang: STIKOM Artha Buana
- Pratama, Ricky Ardian dan Lilik Anifah. 2016. "Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang D.I Yogyakarta Menggunakan *Neural Network Backpropagation*". *Jurnal Teknik Elektro. Volume 05 Nomor 03 Tahun 2016*, hal 37-47
- Siang, Jong Jek. 2009. "Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB". Yogyakarta : ANDI
- Muis, Saludin. 2017. "Jaringan Syaraf Tiruan ; Sistem Kecerdasan Tiruan dengan Kemampuan Belajar dan Adaptasi". Yogyakarta : Teknosain
- Hermawan, Sigit. 2013. "Peramalan Beban Listrik Harian Jawa Tengah dan DIY Menggunakan Metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*". Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada
- Subagyo, Pangestu. 1986. "*Forecasting : Konsep dan Aplikasi edisi 2*". Yogyakarta : BPFE-Yogyakarta
- Tamizharasi, G dkk. 2014."Energy Forecasting Using Artificial Neural Networks". *IJAREEIE Vol. 3, Issue 3. March 2014*, hal 7568-7576
- Syahfitra, Febrian Dhimas. 2018. "Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Sebagai Sistem Peramalan Beban Puncak Transformator GI Bumiayu". Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Syahputra, R., (2013), "A Neuro-Fuzzy Approach For the Fault Location Estimation of Unsynchronized Two-Terminal Transmission Lines", *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 5, No. 1, pp. 23-37.
- Syahputra, R., (2012), "Fuzzy Multi-Objective Approach for the Improvement of Distribution Network Efficiency by Considering DG", *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 4, No. 2, pp. 57-68.
- Syahputra, R., Soesanti, I. (2015). Power System Stabilizer model based on Fuzzy-PSO for improving power system stability. 2015 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA), Surabaya, 15-17 Oct. 2015 pp. 121 - 126.
- Jamal, A., Syahputra, R. (2016). Heat Exchanger Control Based on Artificial Intelligence Approach. *International*

Journal of Applied Engineering
Research (IJAER), 11(16), pp. 9063-
9069.

Syahputra, R., Soesanti, I. (2016). Power
System Stabilizer Model Using Artificial
Immune System for Power System
Controlling. International Journal of
Applied Engineering Research (IJAER),
11(18), pp. 9269-9278.