

# **PENERAPAN JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* SEBAGAI SISTEM PERAMALAN BEBAN PUNCAK TRANSFORMATOR GARDU INDUK BUMIAYU**

Febrian Dhimas Syahfitra

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul Yogyakarta  
E-mail : febriandhimass@gmail.com

## **ABSTRACT**

*The state electricity company (PLN) should have an estimated peak load of the substation transformer in the future. This is useful to be able to achieve transformer capability and can be used as a first step to anticipate the possibility of replacement of a new transformer. This research produces a peak load forecasting system transformer1 and transformer2 in Bumiayu substation using Backpropagation Artificial Neural Network (ANN). This study includes the procedures for establishing a network model and manufacture forecasting system based GUI (Graphic User Interface) using MATLAB 2015a. The formation of the network model refers to input variables consisting of GRDP data, population data and historical data of peak load of transformer. In this research the network model used is a multilayer network, which consists of 1 input layer, 2 hidden layers and 1 output layer. The peak load forecasting of transformer1 produces  $5.7593e-08$  for training MSE and  $5.3784e-04$  for testing MSE. Meanwhile, forecasting the peak load transformer2 generated  $3.3433e-08$  for training MSE and  $9,4710e-04$  for testing MSE.*

**Keywords:** *peak load forecasting, Artificial Neural Network (ANN), Backpropagation, MATLAB*

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Semakin meningkatnya jumlah penduduk dan bertumbuh kembangnya sisi perekonomian harus berbanding lurus dengan ketersediaan energi listrik yang ada di Indonesia. Ketersediaan energi listrik yang cukup dapat mempengaruhi kualitas hidup masyarakat, karena dari sisi fungsional energi listrik ini digunakan sebagai penunjang operasional suatu industri atau badan usaha, sarana publik bahkan rumah tangga. Dapat dipastikan apabila energi listrik yang ada tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan maka pertumbuhan ekonomi akan terhambat, serta tingkat kepuasan masyarakat dalam hal pelayanan energi listrik akan berkurang.

Dalam penyaluran energi listrik terdapat gardu induk (GI) yang mempunyai komponen utama yaitu transformator daya yang berfungsi untuk mentransformasikan

daya listrik dengan cara merubah besar tegangan kerja sistem. Kapasitas suatu transformator daya gardu induk perlu diperhatikan dan dipertimbangkan, hal ini bertujuan agar dapat menjangkau kemampuan transformator daya gardu induk dalam memenuhi kebutuhan listrik konsumen. Apabila beban yang ditanggung oleh transformator daya semakin besar, maka semakin lama beban yang ditanggung akan melebihi kapasitas transformator. Hal ini akan menyebabkan transformator *overload*, dan akan berdampak pada menurunnya kualitas pelayanan energi listrik terhadap pelanggan. Oleh karena itu, PLN harus memiliki perkiraan beban puncak transformator di masa mendatang. Hal ini berguna untuk menjangkau kemampuan transformator dalam beberapa tahun mendatang dan juga PLN dapat melakukan antisipasi dini untuk kemungkinan

penggantian transformator baru. Oleh karena itu, perlu dilakukan peramalan beban puncak transformator

Salah satu metode peramalan adalah jaringan syaraf tiruan (JST). JST merupakan suatu sistem yang didasarkan pada cara kerja jaringan syaraf manusia. 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.

### 1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pembentukan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation untuk peramalan beban puncak transformator GI Bumiayu dan membuat pemodelannya dalam bentuk GUI, serta menganalisis hasil peramalan beban puncak transformator GI Bumiayu

### 1.3. Batasan

Dalam penelitian ini, permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data historis beban puncak transformator GI Bumiayu, data jumlah penduduk area pelayanan GI Bumiayu dan data (Produk Domestik Regional Bruto) PDRB area pelayanan GI Bumiayu.
2. Peramalan beban puncak yang dilakukan dalam jangka waktu 10 tahun ke depan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation*.
3. Perangkat lunak yang digunakan untuk membantu mendapatkan hasil peramalan beban listrik dalam penelitian tugas akhir ini adalah MATLAB R2015a

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Algoritma *Backpropagation*

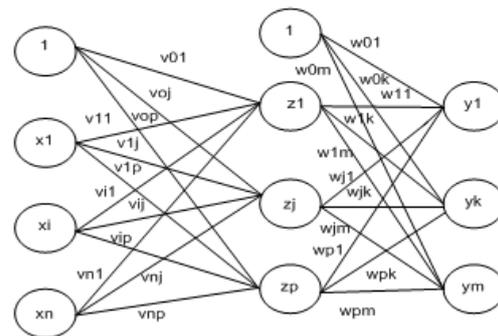
*Backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan

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

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

#### a. Arsitektur *backpropagation*

*Backpropagation* memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih layar tersembunyi (hidden layer). Gambar 2.1 adalah arsitektur *backpropagation* dengan n buah masukan (ditambah sebuah bias), sebuah layar tersembunyi yang terdiri dari p unit (ditambah sebuah bias), serta m unit



Gambar 1 Arsitektur Backpropagation

#### b. Fungsi aktivasi

Dalam *backpropagation*, fungsi aktivasi yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat yaitu: kontinu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun. Salah satu fungsi yang memenuhi ketiga syarat tersebut sehingga sering dipakai adalah fungsi sigmoid biner yang memiliki range (0, 1). Fungsi lain yang sering dipakai adalah fungsi sigmoid bipolar yang bentuk dan fungsinya mirip dengan fungsi sigmoid biner, tapi dengan range (-1, 1).

c. Pelatihan standar

Pelatihan Backpropagation meliputi 3 fase. Fase pertama adalah fase maju. Pola masukan dihitung maju mulai dari layar masukan hingga layar keluaran menggunakan fungsi aktivasi yaditentukan. Fase kedua adalah 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 ketiga adalah modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi.

**2.2 Transformator**

Transformator merupakan piranti yang digunakan untuk mentransformasikan daya listrik dengan cara menaikkan atau menurunkan tegangan listrik, namun dengan frekuensi yang tetap di sisi primer dan sisi sekunder.

Pembebanan transformator atau sering disebut faktor beban transformator didapatkan melalui hasil pembagian antara prakiraan beban puncak dengan kapasitas transformator. Nilai kapasitas transformator dapat dilihat langsung pada *datasheet* transformator yang digunakan. Idealnya faktor beban suatu transformator berkisar antara 60% - 80% yaitu dikategorikan dalam beban optimal. Berikut adalah tabel kategori faktor beban transformator

**Tabel 1** Kategori faktor beban transformator

< 60%	Beban ringan
60% - 80%	Beban optimal
80% - 100%	Beban berat
> 100%	Beban lebih ( <i>overload</i> )

**2.3 Peramalan**

Menurut Heizer dan Render (2009) bahwa peramalan merupakan proses untuk memperkirakan kejadian/hal pada masa yang akan datang. Peramalan memerlukan data historis dan memproyeksikannya ke masa depan dengan beberapa model matematis.

Peramalan beban transformator dapat dikategorikan sebagai peramalan kuantitatif. Peramalan kuantitatif ini dapat diterapkan apabila terpenuhinya 3 syarat berikut ini :

- a. Tersedia informasi tentang masa lalu
- b. Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik
- c. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut di masa mendatang

**III. METODOLOGI**

**3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Dalam mengidentifikasi masalah, perlu dilakukan observasi secara langsung terhadap objek penelitian serta melakukan wawancara dengan pihak yang berwenang di lapangan. Hal ini bertujuan agar masalah yang akan dianalisis mempunyai kedalaman materi dan informasi

**3.2 Studi Pustaka**

Studi pustaka dilakukan guna memperdalam materi pembahasan maupun sebagai dasar untuk mengkaji faktor-faktor tertentu dalam melakukan analisa penelitian. Materi-materi yang diperoleh dapat berasal dari referensi buku, internet, dan literatur terkait. Berikut adalah uraian studi pustaka yang menunjang penelitian tugas akhir ini, antara lain :

- a. Teori mengenai gardu induk
- b. Teori mengenai jaringan syaraf tiruan
- c. Teori mengenai peramalan/proyeksi beban transformator.

**3.3 Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan dari Gardu Induk Bumiayu adalah data historis beban

puncak trafo terpasang di Gardu Induk Bumiayu selama beberapa tahun ke belakang dan juga *datasheet* spesifikasi trafo terpasang. Selain itu, data juga diambil pada kantor Badan Pusat Statistika (BPS) Brebes mengenai data kependudukan Kabupaten Brebes.

### 3.4 Pengolahan Data

Data diolah dengan cara dilakukan pemilahan dan pengelompokan berdasarkan kategori sesuai kebutuhan penelitian. Setelah dilakukan pengelompokan berdasarkan masing-masing kategori, maka data-data tersebut kemudian diolah berdasarkan kebutuhan agar bisa dijadikan input jaringan. Data input terdiri dari data latih dan data target.

### 3.5 Perancangan, Pembuatan dan Penerapan Sistem

Perancangan terdiri dari beberapa bagian yaitu desain sistem, arsitektur jaringan, pelatihan, pengujian dan implementasi peramalan.

Dari hasil perancangan, kemudian dilakukan pembuatan sistem. Pembuatan sistem model peramalan beban puncak transformator ini menggunakan *software* MATLAB 2015a. Setelah sistem berhasil dibuat, maka dilakukan penerapan peramalan dengan sistem yang telah dibangun.

### 3.6 Analisis dan Penarikan Kesimpulan

Hasil pemodelan yang dianalisis adalah dengan menganalisis data pada proses pelatihan (*training*) dan proses pengujian (*testing*). Proses pelatihan ini menghasilkan bobot-bobot jaringan dan dapat dilihat kesesuaian antara target dengan output jaringan. Dari hasil pelatihan, kemudian dilakukan pengujian (*testing*) untuk diuji apakah jaringan yang telah dibangun sesuai dengan yang diharapkan. Apabila terjadi kesesuaian antara target dan output jaringan maka dapat diambil kesimpulan bahwa

jaringan yang telah dibangun dapat diterapkan untuk peramalan.

## IV. HASIL PENELITIAN

### 4.1 Pembentukan Model Jaringan

#### 1. Data Input

Variabel input jaringan terdiri dari :

- X1 = PDRB (T-2)
- X2 = PDRB (T-1)
- X3 = Penduduk (T-2)
- X4 = Penduduk (T-1)
- X5 = Beban puncak (T-1)

Maka data pada jaringan transformator1 dan jaringan transformator2 adalah :

Tabel 2 Data jaringan transformator1

Pelatihan					
No	1	2	3	4	5
X1	2,162	2,457	2,646	2,943	3,315
X2	2,457	2,646	2,943	3,315	3,695
X3	1,859	1,869	1,878	1,893	1,903
X4	1,869	1,878	1,893	1,903	1,909
X5	8,8	11,3	10,1	11,1	13,3
Target	11,3	10,1	11,1	13,3	28,9
Pengujian					
No	1	2	3		
X1		2,943	3,315	3,695	
X2		3,315	3,695	4,005	
X3		1,893	1,903	1,909	
X4		1,903	1,909	1,916	
X5		11,1	13,3	28,9	
Target		13,3	28,9	27,1	

Tabel 3 Data jaringan Transformator2

Pelatihan					
No	1	2	3	4	5
X1	3,32	3,67	3,953	4,396	4,951
X2	3,67	3,953	4,396	4,951	5,52
X3	2,782	2,792	2,806	2,833	2,848
X4	2,792	2,806	2,833	2,848	2,849
X5	23,5	33,1	17,9	19,4	23,5
Target	33,1	17,9	19,4	23,5	22,1
Pengujian					
No	1	2	3		
X1	4,396	4,951	5,52		
X2	4,951	5,52	5,983		
X3	2,833	2,848	2,849		
X4	2,848	2,849	2,86		
X5	19,4	23,5	22,1		
Target	23,5	22,1	22,4		

## 2. Model Jaringan

Jaringan yang dibentuk pada penelitian ini merupakan jaringan multilayer yang terdiri dari 1 lapisan input, 2 lapisan tersembunyi dan 1 lapisan output. Dengan jumlah *neuron* pada masing-masing lapisan tersembunyi adalah

- 30 *neuron* pada lapisan tersembunyi pertama
- 10 *neuron* pada lapisan tersembunyi kedua.

## 4.2 Pemodelan Sistem Peramalan Berbasis GUI

Sistem GUI baik untuk peramalan transformator1 maupun transformator2 terdiri dari 3 halaman (*figure*) yaitu Home, Simulasi dan Implementasi. Ketiga halaman tersebut saling terhubung dan terintegrasi satu sama lain. Akan tetapi dalam menerapkan model jaringan syaraf tiruan pada penelitian ini, *source code* untuk membangun jaringan syaraf tiruan dibuat secara terpisah dari GUI yaitu berupa fungsi (*function*). Fungsi ini berjalan pada saat

dipanggil melalui perintah `callback()` oleh GUI yang bersangkutan.

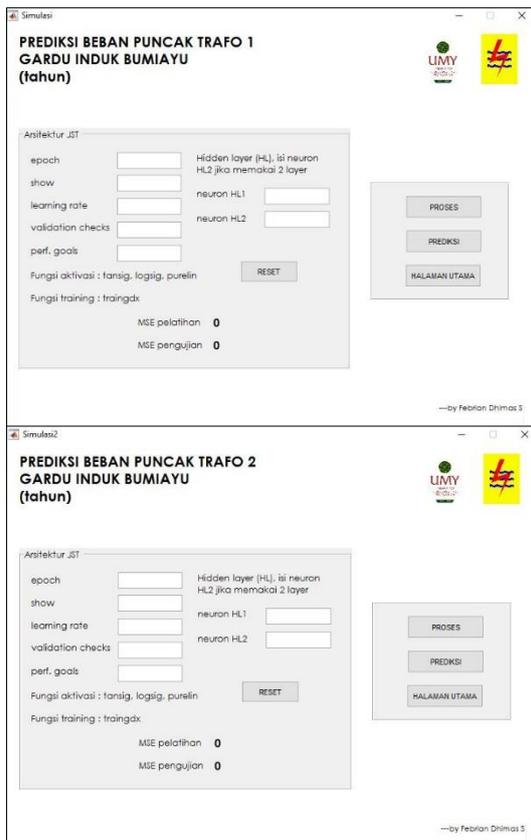
### 1. Halaman Home



Gambar 2 Halaman Home Transformator1 dan Transformator2

Halaman Home merupakan halaman pembuka dan juga halaman yang pertama kali dibuka oleh *user*. Dapat dilihat pada gambar di atas bahwa halaman Home untuk prediksi beban puncak transformator1 sama dengan halaman Home untuk prediksi beban puncak transformator2

## 2. Halaman Simulasi



Gambar 3 Halaman Simulasi Transformator1 dan Transformator2

Halaman Simulasi merupakan halaman untuk melakukan pembentukan jaringan yang terdiri dari tahap pelatihan dan juga tahap pengujian. Pada halaman Simulasi, *user* dapat mengatur atau memasukkan nilai-nilai parameter yang dapat mempengaruhi pelatihan jaringan

### a. Jaringan Transformator1

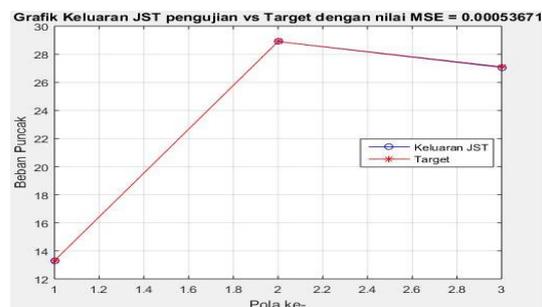
Pada halaman Simulasi ini dilakukan prosedur pelatihan dan pengujian jaringan. Hasil pelatihan jaringan Transformator1 adalah sebagai berikut



Gambar 4 Hasil pelatihan jaringan transformator1

Dari Gambar 4 didapatkan bahwa nilai target dengan output pelatihan jaringan memiliki kemiripan nilai. MSE1 (MSE pelatihan) yang dihasilkan pada jaringan transformator1 adalah 5,7446e-08. Hasil ini tercapai dengan melakukan iterasi sebanyak 113 iterasi.

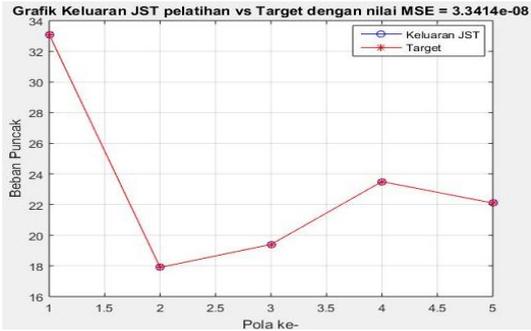
Selanjutnya, setelah dilakukan pelatihan maka jaringan perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah jaringan yang terbentuk relevan atau tidak. dengan selisih terbesar antara output pengujian jaringan dan target adalah 0,04. Hasil pengujian terlihat seperti pada Gambar 5



Gambar 5 Hasil pengujian jaringan transformator1

### b. Jaringan Transformator2

Pada halaman Simulasi ini dilakukan prosedur pelatihan dan pengujian jaringan. Hasil pelatihan jaringan Transformator2 adalah sebagai berikut :



Gambar 6 Hasil pelatihan jaringan transformator2

Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa nilai target dengan output pelatihan jaringan memiliki selisih pada masing-masing pola masukan hampir mencapai angka 0. Nilai MSE1 (MSE pelatihan) yang dihasilkan adalah  $3,3414e-08$ . Hasil tersebut dicapai dengan 67 iterasi.

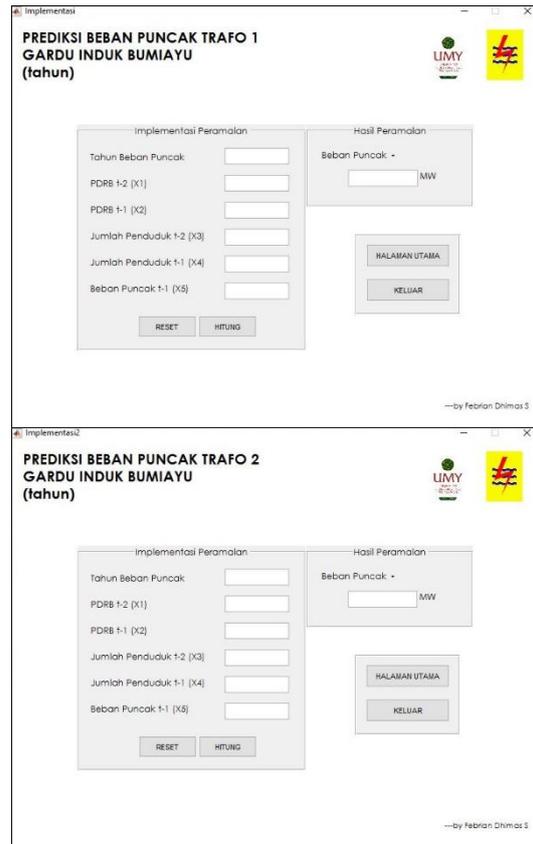
Pengujian jaringan transformator2 menghasilkan MSE pengujian sebesar  $9,3161e-04$ , dengan selisih terbesar antara output pengujian jaringan dan target adalah 0,05. Hasil pengujian terlihat seperti pada Gambar 7



Gambar 7 Hasil pengujian jaringan transformator2

### 3. Halaman Implementasi

Halaman Implementasi merupakan halaman untuk melakukan peramalan beban puncak transformator berdasarkan model jaringan yang telah terbentuk. Pada halaman Implementasi, *user* dapat memasukkan data berupa tahun prediksi beban puncak dan nilai variabel input (X1, X2, X3, X4, X5).



Gambar 8 Halaman Impelementasi Transformator1 dan Transformator2

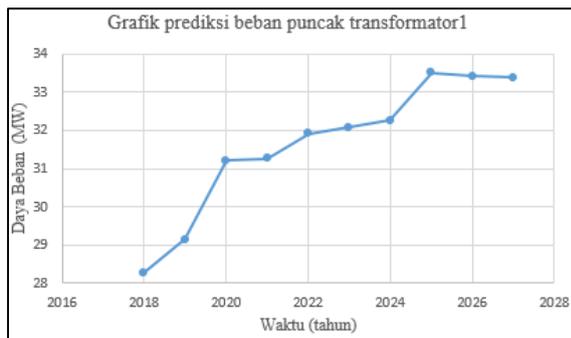
### 4.3 Penerapan Sistem Peramalan Berbasis GUI

Input penerapan peramalan yang terdiri dari X1, X2, X3, X4 dan X5 ini diisi secara manual oleh user ke dalam komponen edit textbox pada halaman (figure) Implementasi. Berbeda dengan yang lainnya, nilai X5 didapatkan secara bertahap setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan X5 merupakan data beban puncak transformator pada tahun sebelumnya.

## 1. Peramalan beban puncak transformator1

**Tabel 4** Hasil peramalan beban puncak transformator1

Tahun	X1	X2	X3	X4	X5	Prediksi
2018	4,005	4,44	1,916	1,918	27,1	28,27 MW
2019	4,44	4,921	1,918	1,921	28,27	29,14 MW
2020	4,921	5,454	1,921	1,924	29,14	31,21 MW
2021	5,454	6,046	1,924	1,926	31,21	31,27 MW
2022	6,046	6,701	1,926	1,929	31,27	31,92 MW
2023	6,701	7,427	1,929	1,932	31,92	32,09 MW
2024	7,427	8,232	1,932	1,934	32,09	32,26 MW
2025	8,232	9,125	1,934	1,937	32,26	33,52 MW
2026	9,125	10,114	1,937	1,94	33,52	33,43 MW
2027	10,114	11,21	1,94	1,943	33,43	33,39 MW



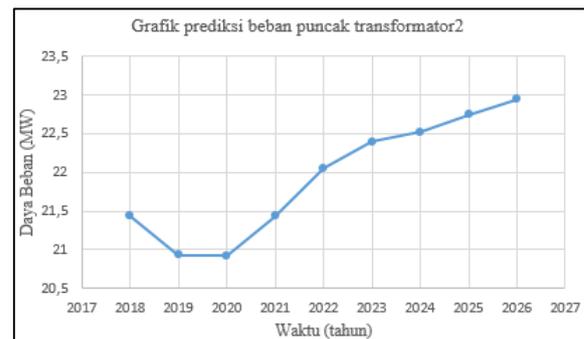
**Gambar 9** Grafik prediksi beban puncak transformator1

Dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 9 yang menunjukkan bahwa hasil prediksi beban puncak transformator1 mengalami tren kenaikan setiap tahunnya. Hal ini berbanding lurus dengan bertambahnya nilai PDRB dan jumlah penduduk yang dilayani transformator1. Pada tahun 2027, prediksi beban puncak transformator yang dihasilkan adalah 33,39 MW. Angka tersebut mencapai 55,65 % dari kapasitas transformator1, dan dapat dikategorikan sebagai standar ringan beban transformator

## 2. Peramalan beban puncak transformator2

**Tabel 5** Hasil peramalan beban puncak transformator2

Tahun	X1	X2	X3	X4	X5	Prediksi
2018	5,983	6,632	2,86	2,866	22,4	21,44 MW
2019	6,632	7,351	2,866	2,87	21,44	20,93 MW
2020	7,351	8,147	2,87	2,874	20,93	20,92 MW
2021	8,147	9,031	2,874	2,878	20,92	21,44 MW
2022	9,031	10,01	2,878	2,882	21,44	22,06 MW
2023	10,01	11,095	2,882	2,886	22,06	22,4 MW
2024	11,095	12,297	2,886	2,89	22,4	22,59 MW
2025	12,297	13,63	2,89	2,894	22,52	22,75 MW
2026	13,63	15,108	2,894	2,898	22,75	22,95 MW
2027	15,108	16,746	2,898	2,902	22,95	23,17 MW



**Gambar 10** Grafik prediksi beban puncak transformator2

Berdasarkan hasil prediksi yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 10 bahwa beban puncak transformator2 sempat mengalami penurunan pada tahun 2019 dan 2020. Namun mulai tahun 2021 dan seterusnya, beban puncak transformator2 terus mengalami tren peningkatan setiap tahunnya. Hal ini berbanding lurus dengan bertambahnya nilai PDRB dan jumlah penduduk yang dilayani transformator2. Pada tahun 2027, beban puncak transformator2 memperoleh hasil prediksi sebesar 23,17 MW. Angka tersebut merupakan 77,23% dari kapasitas transformator2, dan dapat dikategorikan sebagai standar optimal beban transformator.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan mengenai pembuatan sistem Jaringan Syaraf Tiruan (JST) algoritma *Backpropagation* yang diterapkan pada peramalan beban puncak transformator Gardu Induk Bumiayu, maka dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Peramalan beban puncak transformator1 menghasilkan MSE pelatihan sebesar  $5,7446e-08$  dan MSE pengujian sebesar  $5,3671e-04$ . Hasil ini menunjukkan model jaringan yang dibangun cukup bagus untuk diterapkan pada peramalan beban puncak transformator1. Hasil prediksi yang telah dilakukan untuk kurun waktu dari tahun 2018 sampai tahun 2027 menunjukkan adanya tren kenaikan beban puncak setiap tahunnya. Pada tahun 2027, prediksi beban puncak transformator yang dihasilkan adalah 33,39 MW. Angka tersebut merupakan 55,65 % dari kapasitas transformator1, dan dapat dikategorikan sebagai standar ringan beban transformator.
2. Peramalan beban puncak transformator2 menghasilkan MSE pelatihan sebesar  $3,3414e-08$  dan  $9,3161e-04$  untuk MSE pengujian. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa model jaringan yang telah dibangun cukup bagus untuk diterapkan pada peramalan beban puncak transformator2. Hasil prediksi yang telah dilakukan untuk kurun waktu dari tahun 2018 sampai tahun 2027 menunjukkan adanya tren kenaikan beban puncak setiap tahunnya, meskipun sempat mengalami penurunan nilai beban puncak pada tahun 2019 dan 2020. Pada tahun 2027, beban puncak transformator2 memperoleh hasil prediksi sebesar 23,17 MW. Angka tersebut merupakan 77,23 % dari kapasitas transformator2, dan dapat dikategorikan sebagai standar optimal beban transformator.

## DAFTAR REFERENSI

- 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
- Fitzgerald, A.E. dkk. 1992. "Mesin-Mesin Listrik Edisi Keempat". Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Haidaroh, Ahmad. 2013. "Pengenalan Kecerdasan Buatan (*Artificial Intellegence*)". Kupang : STIKOM Artha Buana.
- Heizer, Jay dan Barry Render. 2009. "Manajemen Operasi. Edisi 9. Terjemahan Chriswan Sungkono". Jakarta : Salemba Empat
- Kusumadewi, Felasufah. 2014. "Peramalan Harga Emas Menggunakan *Feedforward Neural Network* Dengan Algoritma *Backpropagation*". Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Laughton, M.A dan D. F. Warne. 2003. "*Electrical Engineer's Reference Book 16th Edition*". Great Britain : Newnes
- Muis, Saludin. 2017. "Jaringan Syaraf Tiruan ; Sistem Kecerdasan Tiruan dengan Kemampuan Belajar dan Adaptasi". Yogyakarta : Teknosain.
- Nurkholiq, Nahar dkk. 2014. "Analisis Perbandingan Metode Logika *Fuzzy* dengan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* Pada Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang di Indonesia Sampai Tahun 2022". *TRANSIENT Vol. 3, No. 2, ISSN : 2302-9927* (Juni 2014), hal 245 -251.

- 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.
- Purnomo, Harri. 2004. “Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek dengan Menggunakan Model Jaringan Syaraf Tiruan di PT. PLN Region III Jawa Tengah dan DIY”. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Purnomo, M.H dan Kurniawan A. 2006. “*Supervised Neural Networks* dan Aplikasinya”. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Siang, Jong Jek. 2009. “Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB”. Yogyakarta : ANDI.
- Syahputra, R. dan Indah Soesanti. 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.
- Syahputra, R. 2017. “Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik”. Yogyakarta : LP3M UMY Yogyakarta.
- Syeto, Galang Jiwo dkk. 2010. “Peramalan Beban Listrik Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Kohonen”. Surabaya : Institut Teknologi Surabaya.
- Tamizharasi, G dkk. 2014. “*Energy Forecasting using Artificial Neural Networks*”. *IJAREEIE Vol. 3, Issue 3. March 2014*, hal 7568-7576.