
PERAMALAN BEBAN LISTRIK JANGKA MENENGAH PADA SISTEM KELISTRIKAN KOTA SAMARINDA

Muslimin¹

Abstract: Demand of electric power in Samarinda continuously increasing in line with development of Samarinda city. To fill the demand of electricity in the future at a certain period, it is necessary to know precisely the demand for electricity in the certain period. This research has been carried out mid-term electric load forecasting electricity system in Samarinda using Artificial Neural Network (ANN). This method is an excellent method for finding non-linear relationship between load with economic factors are varied, and can make adjustments to the changes. The result of this study indicates that the selection of parameters such as the learning method, the number of neurons, hidden layer and influence the accuracy of forecasting the electrical load. From the results of electric power load forecasting medium term Samarinda MSE values obtained by $6,9134E + 03$, using the parameters training and network configuration [7-70-1]. Retrieved peak load in 2020 amounted to 741 MW, close to the electrical plan of PT. PLN (Persero) amounting to 718 MW. In the electricity load forecasting is well known that the annual burden will increase.

Keywords: forecasting, load power, Artificial Neural Network.

PENDAHULUAN

Kota Samarinda, ibu kota provinsi Kalimantan Timur, memiliki permintaan tenaga listrik dari waktu ke waktu terus meningkat seiring dengan peningkatan pembangunan dan perkembangan kota Samarinda tersebut. Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai perusahaan penyedia tenaga listrik harus tahu secara tetap kebutuhan tenaga listrik yang harus disiapkan pada periode waktu tertentu. Penyediaan tenaga listrik yang sesuai dengan kebutuhan beban atau energi yang digunakan menjadi persoalan yang sangat serius. Tenaga listrik yang sudah dibangkitkan pada pusat-pusat pembangkit, kalau tidak digunakan akan terbuang begitu saja karena tidak bisa disimpan. Di sisi lain, jika beban listrik lebih besar dari pembangkitan tenaga listrik akan menyebabkan pemadaman secara bergilir. Oleh karena itu, perlu dilakukan peramalan beban tenaga listrik dalam jangka waktu tertentu, sehingga kebutuhan tenaga listrik bisa terpenuhi secara tepat.

Sistem kelistrikan di kota Samarinda dipasok dari sistem Mahakam, yang merupakan sistem kelistrikan yang paling besar di wilayah Provinsi Kalimantan Timur. Selain sistem Mahakam yang ada di wilayah Provinsi Kalimantan Timur juga ada sistem Melak Kota Bangun, dan sistem Petung Tanah Grogot. Saat ini total pelanggan di area Kota Samarinda sebanyak 330.000, dengan besar daya yang digunakan sebesar 351,5 MW. Jumlah pelanggan diperkirakan terus meningkat seiring dengan perkembangan penduduk dan pembangunan di wilayah Kota Samarinda tersebut.

Peramalan merupakan suatu usaha untuk mengetahui keadaan di masa mendatang melalui pengujian keadaan di masa yang lalu. Esensi peramalan adalah

¹ Program Studi Teknik Elektro-Fakultas Teknik Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.09 Kampus Gunung Kelua Samarinda 75119
E-mail: muslimin@ft.unmul.ac.id

perkiraan peristiwa-peristiwa di waktu yang akan datang atas dasar pola-pola keadaan di waktu yang lalu. Peramalan adalah seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian di masa depan. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan pengambilan data di masa lalu dan mendapatkannya di masa yang akan datang dengan suatu bentuk model matematis (Widodo, 2005).

Menurut Nasution (2005), peramalan dalam hubungannya dengan horizon waktu, dapat diklasifikasikan kedalam 3 kelompok, yaitu: (1) peramalan beban jangka pendek, yaitu peramalan beban untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu kedepan, yang biasanya digunakan untuk menentukan batas beban maksimum dan beban minimum; (2) peramalan beban jangka menengah, yaitu peramalan beban untuk jangka waktu satu bulan sampai satu tahun, yang biasa digunakan untuk perencanaan perluasan jaringan transmisi, jaringan distribusi, dan penambahan pembangkit listrik baru; dan (3) peramalan beban jangka panjang, yaitu peramalan beban untuk jangka waktu diatas satu tahun, yang digunakan untuk perencanaan produk dan sumber daya.

Hakekat peramalan beban listrik jangka menengah adalah untuk mengestimasi aliran daya dan mencegah terjadinya pembebanan yang berlebihan (*overload*). Beban listrik merupakan penjumlahan dari keseluruhan beban yang digunakan oleh konsumen dalam satu waktu tertentu. Tujuan dari peramalan beban listrik adalah untuk memprediksi beban listrik dimasa yang akan datang. Ukuran akurasi peramalan yaitu ukuran tingkat perbedaaan antara hasil peramalan dengan permintaan yang sebenarnya terjadi. Menurut (Nasution, 2005), ada empat ukuran akurasi yang biasanya digunakan yaitu: (1) rata-rata deviasi mutlak (*Mean Absolute Deviation = MAD*), merupakan rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu tanpa memperhatikan apakah hasil peramalan lebih besar atau lebih kecil dibandingkan kenyataannya; (2) rata-rata kuadrat kesalahan (*Mean Square Error = MSE*), yang dihitung dengan menjumlahkan kuadrat semua kesalahan peramalan pada setiap periode dan membaginya dengan jumlah periode peramalan; (3) rata-rata kesalahan peramalan (*Mean Forecast Error = MFE*), yang dihitung dengan menjumlahkan semua kesalahan peramalan selama periode peramalan dan membaginya dengan jumlah periode peramalan; dan (4) rata-rata persentase kesalahan absolut (*Mean Absolute Percentage Error = MAPE*), yang menyatakan persentase kesalahan hasil peramalan terhadap permintaan aktual selama periode waktu tertentu yang akan memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah.

Pada penelitian ini dilakukan peramalan beban jangka menengah dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* (ANN). ANN merupakan metode yang dapat menyelesaikan hubungan non linier antara beban dengan faktor-faktor ekonomi yang bervariasi, serta dapat melakukan penyesuaian terhadap perubahan-perubahan yang terjadi. ANN dengan metode propagasi balik (*back propagation*) memiliki kemampuan untuk meramal dengan baik. Sejauh ini sudah banyak peneliti yang menggunakan ANN untuk peramalan beban energi listrik jangka pendek dengan hasil yang sangat baik. Hanya beberapa peneliti yang sudah menerapkan ANN untuk peramalan beban energi listrik jangka menengah dan jangka panjang. Hal ini disebabkan karena peramalan jangka pendek hanya dipengaruhi oleh faktor cuaca. Sedangkan peramalan jangka menengah dan jangka panjang sangat dipengaruhi oleh faktor ekonomi. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis akan melakukan peramalan beban energi listrik jangka menengah kota Samarinda menggunakan metode ANN.

Artificial Neural Network (ANN) dibuat pertama kali pada tahun 1943 oleh *neurophysiologist* Warren McCulloch dan *logician* Walter Pitts, namun teknologi yang tersedia pada saat itu belum memungkinkan mereka berbuat lebih jauh. ANN 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. ANN dibentuk untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran. Jaringan syaraf tiruan berkembang secara pesat pada beberapa tahun terakhir dan telah dikembangkan sebelum adanya suatu komputer konvensional yang canggih dan terus berkembang walaupun pernah mengalami masa vakum selama beberapa tahun.

Menurut Puspitaningrum (2006), jaringan syaraf adalah merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran.

Adapun cara belajar *Artificial Neural Network* (ANN) adalah pada jaringan syaraf tiruan diinputkan informasi yang sebelumnya telah diketahui hasil keluarannya. Penginputan informasi ini dilakukan lewat *node-node* atau unit-unit input. Bobot-bobot antarkoneksi dalam suatu arsitektur diberi nilai awal dan kemudian jaringan syaraf tiruan dijalankan. Bobot-bobot ini bagi jaringan digunakan untuk belajar dan mengingat suatu informasi. Pengaturan bobot dilakukan secara terus-menerus dan dengan menggunakan kriteria tertentu sampai diperoleh keluaran yang diharapkan (Puspitaningrum, 2006).

Hal yang ingin dicapai dengan melatih/mengajari jaringan syaraf tiruan adalah untuk mencapai keseimbangan antara kemampuan memorsasi dan generalisasi. Yang dimaksud dengan kemampuan memorsasi adalah kemampuan jaringan syaraf tiruan untuk memanggil kembali secara sempurna sebuah pola yang telah dipelajari. Kemampuan generalisasi adalah kemampuan ANN untuk menghasilkan respon yang bisa diterima terhadap pola-pola input serupa (namun tidak identik) dengan pola-pola yang sebelumnya telah dipelajari. Hal ini sangat bermanfaat bila pada suatu saat ke dalam jaringan syaraf tiruan itu diinputkan informasi baru yang belum pernah dipelajari, maka jaringan syaraf tiruan ini masih akan tetap dapat memberikan tanggapan yang baik, memberikan keluaran yang paling mendekati (Puspitaningrum, 2006).

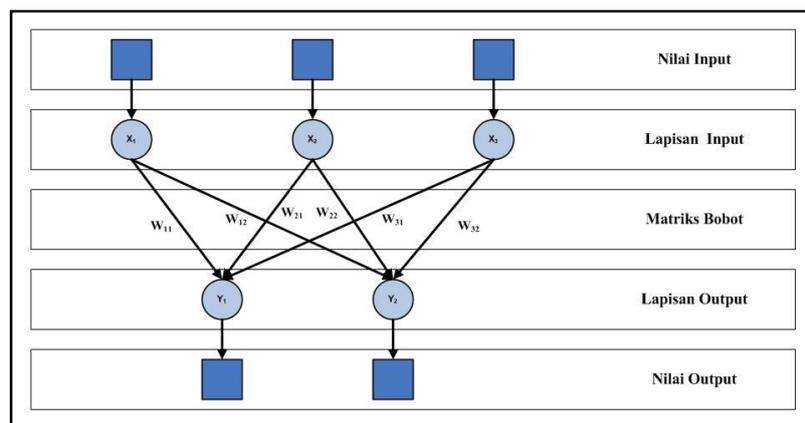
Arsitektur *Artificial Neural Network* (ANN) dilihat dari jumlah lapisan (*layer*) dan jumlah *node* pada setiap lapisan. Menurut Puspitaningrum (2006), lapisan penyusun ANN dapat dibagi menjadi 3, yaitu: (1) lapisan *input*, dimana *node* dalam lapisan *input* disebut unit *input*, yang menerima *input* dari dunia luar sebagai penggambaran dari suatu masalah; (2) lapisan tersembunyi, dimana *node* dalam lapisan tersembunyi disebut unit tersembunyi yang tidak dapat diamati secara langsung; dan (3) lapisan *output*, dimana *node* pada lapisan *output* disebut unit *output* yang merupakan *output* jaringan syaraf tiruan terhadap suatu permasalahan.

Menurut Kusumadewi (2003) ada beberapa arsitektur jaringan yang sering dipakai dalam *Artificial Neural Network* (ANN) antara lain:

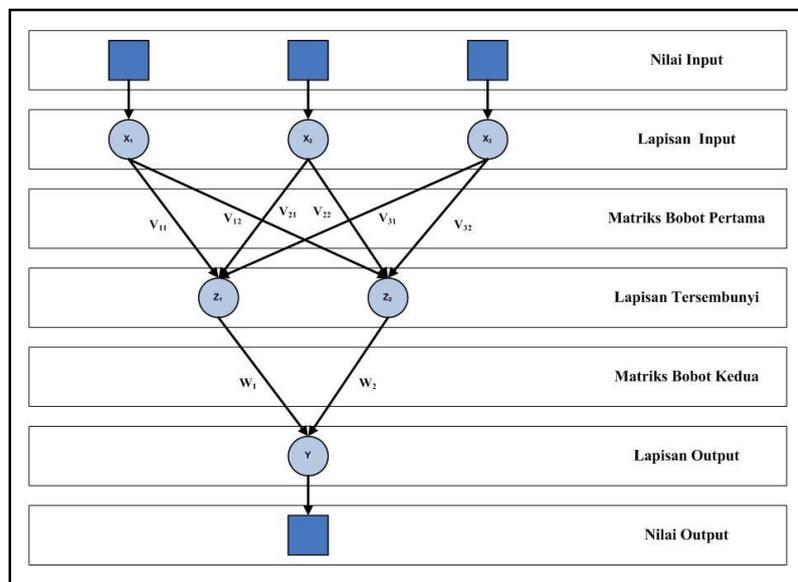
1. Jaringan Dengan Lapisan Tunggal (*Single Layer Net*). Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan tersembunyi. Jaringan syaraf dengan lapisan *input* memiliki 3 neuron, yaitu X1, X2, dan X3. Sedangkan pada lapisan *output*

memiliki 2 neuron yaitu Y1 dan Y2. Neuron-neuron pada kedua lapisan saling berhubungan, besar hubungan antara 2 neuron ditentukan oleh bobot yang bersesuaian. Semua unit *input* akan dihubungkan dengan setiap unit *output*. Struktur jaringan dengan lapisan tunggal seperti pada Gambar 1.

- Jaringan Dengan Banyak Lapisan (*Multi Layer Net*). Jaringan dengan banyak lapisan memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan *input* dan lapisan *output* sering disebut lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit dari pada lapisan dengan lapisan tunggal, tentunya dengan pembelajaran yang lebih rumit. Struktur jaringan dengan banyak lapisan seperti Gambar 2.



Gambar 1. ANN dengan lapisan tunggal



Gambar 2. ANN dengan lapisan banyak

Proses Pembelajaran *Artificial Neural Network* (ANN)

Proses pembelajaran merupakan metoda untuk proses pengenalan suatu objek yang sifatnya berkelanjutan, yang selalu direspon secara berbeda dari setiap proses pembelajaran tersebut. Tujuan dari pembelajaran ini sebenarnya untuk memperkecil tingkat suatu *error* dalam pengenalan suatu objek. Jaringan syaraf tiruan memiliki sistem pembelajaran *supervised learning* dan *unsupervised learning*.

Sistem pembelajaran pada metoda *supervised learning* adalah sistem pembelajaran yang mana, setiap pengetahuan yang akan diberikan kepada sistem, pada awalnya diberikan suatu acuan untuk memetakan suatu masukan menjadi suatu keluaran yang diinginkan. Proses pembelajaran ini akan terus dilakukan selama kondisi *error* atau kondisi yang diinginkan belum tercapai. Adapun setiap perolehan *error* akan dikalkulasikan untuk setiap pemrosesan hingga data atau nilai yang diinginkan telah tercapai.

Adapun sistem pembelajaran pada metode *unsupervised learning* memberikan sepenuhnya pada hasil komputasi dari setiap pemrosesan. Pada sistem ini tidak membutuhkan adanya acuan awal agar perolehan nilai dapat dicapai. Meskipun secara mendasar, proses ini tetap mengkalkulasikan setiap langkah pada setiap kesalahannya dengan mengkalkulasikan setiap nilai *weight* yang didapat.

Metode Back Propagation

Metode propagasi balik (*back propagation*) dirumuskan pertama kali oleh Bryson dan Ho (1969), kemudian oleh Werbos (1974), dilanjutkan oleh David E. Rumelhart, dkk. (1986), dan diteruskan lagi oleh Werbos (1996). Metode propagasi balik (*back propagation*) merupakan metode yang sangat baik dalam menangani masalah pengenalan pola kompleks. Metode ini merupakan metode jaringan syaraf tiruan yang populer. Istilah “propagasi balik” diambil dari cara kerja jaringan ini, yaitu bahwa *gradient error* unit tersembunyi diturunkan dari penyiaran kembali *error* yang dialokasikan dengan unit *output*. Hal ini karena nilai target untuk unit tersembunyi tidak diberikan. Metode ini menurunkan *gradien* untuk meminimkan penjumlahan *error output* jaringan. Nama lain dari propagasi balik adalah aturan delta yang generalisasi atau *generalized delta rule* (Puspitaningrum, 2006).

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi (*supervised learning*) dan biasanya digunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan (*multilayer*) untuk mengubah bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Algoritma *back propagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid (Kusumadewi, 2003).

METODE PENELITIAN

Metode atau kerangka konsep pada penelitian ini digambarkan seperti arsitektur *Artificial Neural Network* (ANN) yang terdiri dari lapisan *input*, lapisan tersembunyi (*hidden*), serta lapisan *output*. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab (Thomas & Prasetyo, 2003; Siang, 2009).

Pada lapisan *input* terdiri dari variabel-variabel penyusunnya seperti (1) rasio elektrifikasi, (2) jumlah pemakaian energi listrik, (3) jumlah pemakaian energi listrik sektor industri, (4) harga listrik rata-rata, (5) Produk Domestik Regional Bruto Per Kapita (PDRB/Kapita), (6) jumlah penduduk, dan (7) jumlah rumah tangga. Adapun lapisan *output* adalah prakiraan beban tenaga listrik yang merupakan hasil dari penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

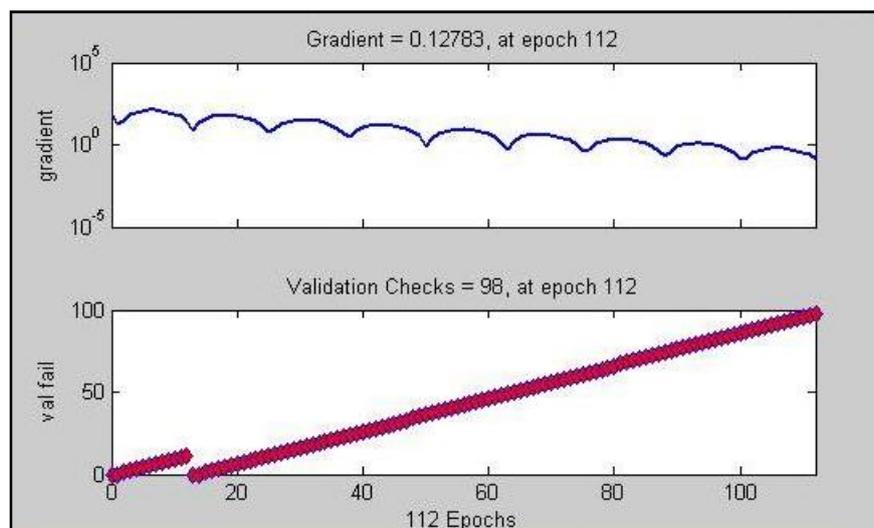
Data yang digunakan untuk peramalan beban listrik kota Samarinda dikelompokkan menjadi dua, yaitu (a) data variabel bebas (*independent*) dan (b) data

variabel terikat (*dependent*). Variabel bebas (*independent*) adalah variabel yang menjadi sebab timbulnya atau berubahnya variabel terikat (*dependent*). Data variabel bebas pada penelitian ini yaitu data (a) rasio elektrifikasi, (b) jumlah pemakaian energi listrik, (c) jumlah pemakaian energi listrik sektor industri, (d) harga listrik rata-rata, (e) PDRB/kapita, (f) jumlah penduduk, dan (g) jumlah rumah tangga.

Adapun variabel terikat (*dependent*) adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat dari variabel bebas (*independent*). Data variabel terikat (*dependent*) pada penelitian ini adalah jumlah beban puncak energi listrik pada sistem kelistrikan kota Samarinda yang digunakan sebagai data target.

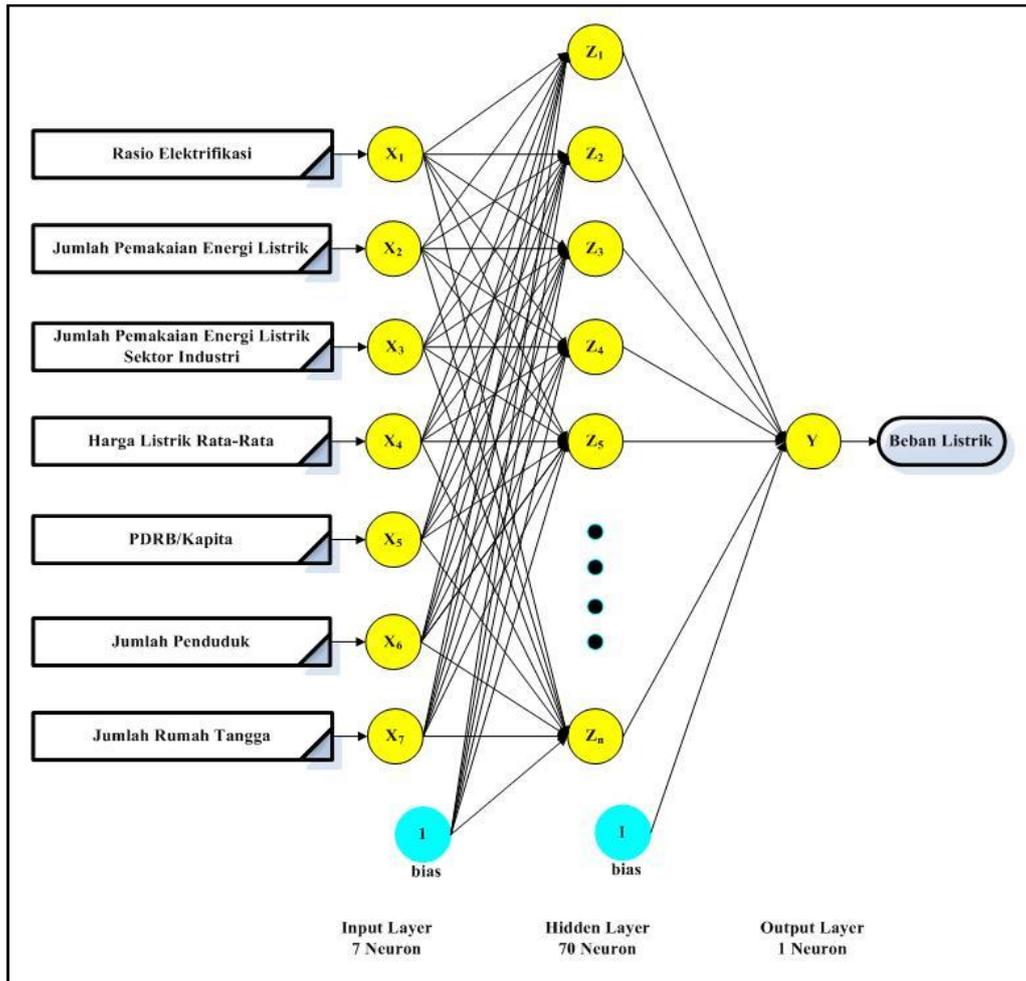
Pengolahan data pada penelitian ini berupa hasil pelatihan, hasil pengujian dan peramalan beban listrik menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) dengan metode *back propagation*. Pada tahapan pelatihan jaringan, pelatihan akan berhenti jika telah mendapatkan nilai *error* lebih kecil dari target *error*. Jika *error* tidak terpenuhi maka pelatihan akan berhenti pada maksimum *epoch* yang dimasukkan. Setiap arsitektur mempunyai bobot akhir yang akan digunakan untuk bobot awal tahap pengujian. Pada pelatihan jaringan akan memperhatikan parameter pembelajaran yang digunakan. Metode pelatihan yang digunakan ialah metode momentum penurunan gradien dengan momentum (*traingdm*). Meskipun metode paling sederhana, tapi metode penurunan gradien sangat lambat dalam kecepatan proses iterasinya. Ini terjadi karena kadang-kadang arah penurunan tercepat bukanlah arah yang tepat untuk mencapai titik minimum globalnya.

Pada pengujian jaringan, jaringan dilakukan untuk mendapatkan arsitektur yang tepat untuk peramalan beban listrik di masa mendatang. Faktor-faktor yang berpengaruh untuk mendapatkan hasil yang terbaik adalah jumlah *neuron/unit* pada *hidden layer*, galat dan iterasi. Optimasi arsitektur jaringan dilakukan dengan *trial error* terhadap nilai MSE yang ingin dicapai selama pelatihan (*performance function*). Selama pembelajaran dalam simulasi, ANN terus merubah nilai bobot (*weight*) sampai nilai *error* yang dihasilkan kurang atau sama dengan 10^{-3} . Dengan nilai persentase *error* terkecil pada data ke-14 yaitu sebesar 0,0326. Adapun nilai persentase *error* terbesar pada data ke-10 yaitu sebesar 0,1914. Dengan nilai MSE sebesar $6,9134E+03$ dan *gradient* sebesar 0,128. Pada *epoch* ke-112, ANN telah melampaui target *error*, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik penurunan *error* JST

Metode *back propagation* mempunyai kemampuan yang baik untuk peramalan beban listrik, serta menggunakan kriteria informasi MSE yang dihasilkan arsitektur jaringan yang telah dilakukan dengan *trial error* terhadap nilai MSE yang ingin dicapai selama pelatihan sehingga diperoleh arsitektur jaringan dengan jumlah neuron pada *input layer* 7, jumlah neuron pada *hidden layer* 70, dan jumlah neuron pada *output layer* 1. Penggunaan *learning rate* dan nilai momentum yang paling optimum pada penelitian ini adalah menggunakan nilai *default* dari program matlab tersebut yaitu, dengan *learning rate* sebesar 0,01 dan momentum sebesar 0,9. Jaringan syaraf tiruan yang terbentuk seperti pada Gambar 4.



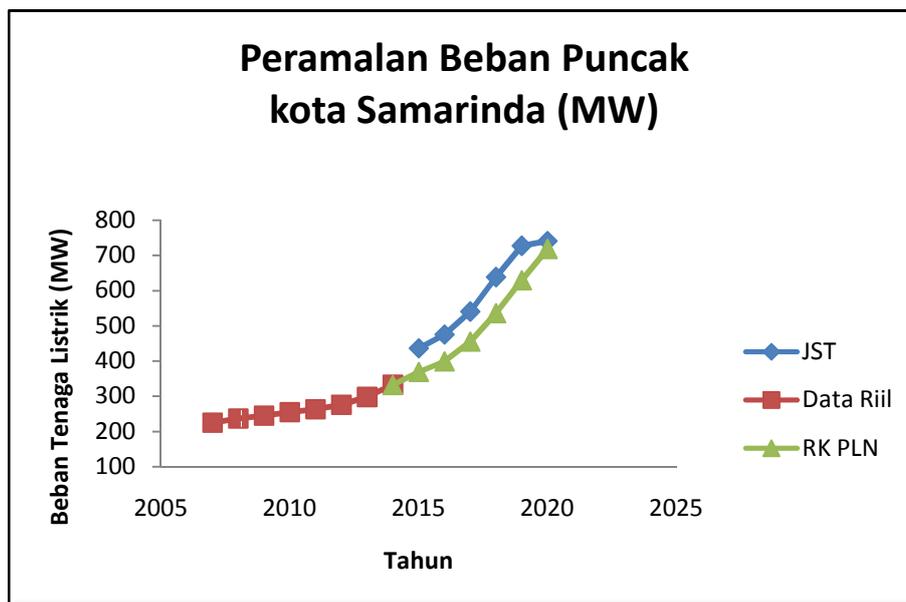
Gambar 4. Arsitektur jaringan syaraf tiruan yang digunakan

Hasil simulasi dari penelitian peramalan beban puncak jangka menengah dengan metode *backpropagation* yang dilakukan untuk tahun 2015-2020, data riil beban puncak untuk tahun 2007-2014, serta rencana kelistrikan PLN untuk tahun 2014-2020 dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan perhitungan peramalan beban puncak dengan metode JST diperoleh hasil bahwa prakiraan beban puncak di kota Samarinda pada awal tahun peramalan (2015) sampai akhir tahun peramalan (2020) akan mengalami kenaikan yang cukup besar yaitu dari 436 MW (pada tahun 2015), menjadi 741 MW (pada tahun 2020).

Tabel 1. Hasil ramalan beban puncak

Tahun	Jaringan Syaraf Tiruan (MW)	Data Riil (MW)	Rencana Kelistrikan (MW)
2007	-	225	-
2008	-	237	-
2009	-	245	-
2010	-	255	-
2011	-	263	-
2012	-	276	-
2013	-	298	-
2014	-	333	332
2015	436	-	369
2016	475	-	399
2017	540	-	456
2018	638	-	536
2019	727	-	630
2020	741	-	718

Untuk lebih jelasnya hasil peramalan beban puncak jangka menengah sistem kelistrikan Kota Samarinda dengan metode *back propagation* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Peramalan beban puncak kota Samarinda

SIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, maka dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan peramalan dengan metode *Artificial Neural Network* (ANN) diperoleh hasil bahwa peramalan beban tenaga listrik jangka menengah kota Samarinda pada tahun 2015-2020 adalah masing-masing sebesar 436 MW, 475 MW, 540 MW, 638 MW, 727 MW, dan 741 MW.

2. Hasil peramalan beban puncak pada tahun 2020 dengan metode *Artificial Neural Network* (ANN) yaitu 741 MW tidak berbeda jauh dengan peramalan dalam rencana kelistrikan PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero yaitu 718MW.
3. Hasil simulasi *Artificial Neural Network* (ANN) untuk periode peralaman 2015-2020, memperlihatkan bahwa laju kenaikan beban puncak tahunan rata-rata sebesar 11,3%.
4. Dari hasil simulasi *Artificial Neural Network* (ANN) dapat diketahui bahwa beban listrik akan meningkat, dengan laju kenaikan beban tahunan rata-rata pada tahun 2015-2020 adalah masing-masing sebesar 103 MW (30,9%), 39 MW (8,9%), 65 MW (13,7%), 98 MW (18,1%), 89 MW (13,9%), dan 14 MW (1,9%).

Daftar Pustaka

- Bryson, A.E.; Ho, Y.C. 1969. *Applied Optimal Control: Optimization, Estimation, and Control*. Blaisdell Publishing Company or Xerox College Publishing. p. 481.
- Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nasution, A.H. 2005. *Manajemen Industri*. Yogyakarta: Andi.
- Puspitaningrum, D. 2006. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: Andi.
- Rumelhart, D.E.; Hinton, G.E.; Williams, R.J. 1986. "Learning representations by back-propagating errors". *Nature* Vol. 323 (6088), pp.: 533–536.
- Siang, J.J. 2009. *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi.
- Thomas, W.D.H.; dan Prasetyo Y.W.A. 2003. *Analisis dan Desain Sistem Kontrol Dengan MATLAB*. Yogyakarta: Andi.
- Timpe, D.A. 2002. *Seri Manajemen Sumber Daya Manusia Produktivitas*, Cetakan Kelima.. Jakarta: PT. Gramedia.
- Werbos, P.J. 1974. *Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences*. PhD thesis, Harvard University.
- Werbos, P.J. 1994. *The Roots of Backpropagation. From Ordered Derivatives to Neural Networks and Political Forecasting*. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
- Widodo, T.S. 2005. *Sistem Neuro Fuzzy Untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan dan Kendali*. Yogyakarta: Graha Ilmu.