

AKURASI MODEL PREDIKSI METODE *BACKPROPAGATION* MENGGUNAKAN KOMBINASI *HIDDEN NEURON* DENGAN *ALPHA*

Aris Puji Widodo¹, Suhartono², Eko Adi Sarwoko³, dan Zulfia Firdaus⁴

^{1,2,3,4}Departemen Ilmu Komputer/Informatika, Fakultas Sains dan Matematika
Universitas Diponegoro
Email : ¹arispw@gmail.com

Abstrak

Permasalahan yang banyak terjadi pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) adalah mengenai ketersediaan produksi air bersih untuk dapat memenuhi kebutuhan pelanggan secara baik. Permasalahan ini terjadi diantaranya diakibatkan dengan adanya peningkatan jumlah pelanggan yang mengakibatkan permintaan akan air bersih juga meningkat, dan faktor kehilangan air, sehingga pendistribusian air tidak berjalan dengan baik. Oleh karena itu diperlukan sebuah kajian sebagai pertimbangan untuk memberikan solusi mengenai prediksi produksi air bersih di PDAM. Studi kasus yang digunakan pada penelitian adalah PDAM Purwa Tirta Dharma Kabupaten Grobogan. Penelitian ini menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. Data PDAM yang digunakan adalah meliputi data faktor-faktor yang mempengaruhi pada produksi air bersih, diantaranya jumlah pelanggan, jumlah air terjual, jumlah kehilangan air dan jumlah debit sumber air. Penelitian ini menggunakan data laporan bulanan 5 tahun terakhir (Januari 2011 s/d Desember 2015). Data yang digunakan dibagi menjadi 2, yaitu 70% untuk pelatihan dan 30% untuk pengujian. Jaringan terbaik diambil dari nilai *Mean Square Error* (MSE) pelatihan dan pengujian yang terkecil. Eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan scenario dengan cara melakukan kombinasi antara *hidden neuron* dengan *alpha*. Hasil eksperimen yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai MSE pelatihan rata-rata sebesar 0,009538, MSE pengujian rata-rata sebesar 0,050373, dan nilai akurasi sebesar 95,93%.

Kata kunci: Jaringan Syaraf Tiruan, *Backpropagation*, Hidden Neuron, Alpha, dan PDAM.

1. Pendahuluan

PDAM merupakan salah satu unit usaha milik daerah yang bergerak dalam distribusi air bersih bagi masyarakat umum. Masalah yang dihadapi dari pihak PDAM Purwa Tirta Dharma juga beragam, ini terkait dengan faktor-faktor yang mempengaruhi perusahaan dalam memproduksi air bersih, antara lain jumlah pelanggan yang selalu meningkat setiap bulannya, hal ini tentu membuat pihak PDAM harus berupaya untuk memaksimalkan jumlah produksi air yang dihasilkan. Faktor NRW (*Non Reservior Water*) hal ini berkaitan dengan hilangnya air yang telah diproduksi PDAM, kehilangan air PDAM Purwa Tirta Dharma terkait dengan air yang tidak sampai ke pelanggan, sampai saat ini PDAM Purwa Tirta Dharma telah menjual air sebanyak 4590276 m³. Kehilangan air sebesar 36,86% dari total produksi air yang telah dihasilkan yaitu 7270484,20 m³, nilai ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan standar yang telah ditentukan oleh pemerintah sebesar 20%. Hal-hal yang menyebabkan tingginya kehilangan air di PDAM Purwa Tirta Dharma antara lain, kebocoran pipa saluran, rusaknya *water meter* pada bendungan-bendungan sumber air baku, serta SDM yang belum memadai. Pihak PDAM telah berupaya menanggulangi masalah ini dengan memperbaiki pipa saluran dan juga memperbaharui *water meter*,

memberikan pelatihan kepada seluruh pegawainya, tetapi meskipun telah berupaya sebaik mungkin, masih ada masalah yang lain terkait dengan hilangnya air yang telah diproduksi PDAM, yaitu yang baru-baru ini terjadi adalah kasus pencurian air yang dilakukan oleh oknum-oknum tidak bertanggung jawab dengan cara memotong pipa diluar meteran kemudian disalurkan ke dalam rumah pelanggan [1]. Hal ini tentu menjadi masalah besar bagi PDAM Purwa Tirta Dharma karena harus menderita kerugian yang tak sedikit. Ketika PDAM masih mengalami masalah kehilangan air ini, maka pendistribusian air ke pelanggan akan terhambat. Sehingga tak hanya pihak PDAM saja yang merasa dirugikan, tetapi dari pihak pelanggan tentu juga akan merasa rugi. Dengan adanya beberapa masalah yang dihadapi, salah satu bahan kajian sebagai masukan untuk mengetahui produksi air PDAM pada bulan-bulan berikutnya, maka PDAM Purwa Tirta Dharma sebagai perusahaan pemerintah penyedia air bersih Kabupaten Grobogan memerlukan prediksi produksi air bersih masyarakat Grobogan. Prediksi tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan kebijakan dalam bidang produksi air.

Prediksi dapat dihitung menggunakan berbagai metode, salah satu metode prediksi yang sering digunakan dan berkembang saat ini adalah

backpropagation. Meskipun memiliki beberapa kelemahan seperti hasil pelatihan yang tidak konstan dan tidak diketahui secara detail bagaimana hasil prediksi diperoleh, karena metode ini tidak dapat memberikan informasi mengenai bobot yang paling berpengaruh diantara pola inputannya, namun metode ini juga memiliki kelebihan. Kelebihan metode ini mampu memformulasikan pengalaman dan pengetahuan peramal, serta sangat fleksibel dalam perubahan aturan perkiraan [2].

Dalam penelitian sebelumnya, terkait dengan prediksi produksi air bersih PDAM Samarinda menggunakan *backpropagation* didapatkan korelasi yang baik yaitu sebesar 0,949. Namun dataset yang digunakan terbatas hanya berupa laporan tahunan produksi air mulai tahun 2000-2008 sehingga kurang menunjukkan *trend* yang realistis dan kurang komprehensif karena hanya melibatkan satu parameter yaitu jumlah produksi air sebagai input [3]. Penelitian lainnya, yang dilakukan oleh Apriliyah, Wayan Firdaus Mahmudy, dan Agus Wahyu Widodo mengenai perkiraan penjualan beban listrik menggunakan jaringan syaraf tiruan *resilent backpropagation (RPROP)* menghasilkan presentasi rata-rata *error* antara data prediksi dengan data sebenarnya adalah 0,297% untuk unit Blimbing, 1,743% untuk unit Dinoyo, 0,597% untuk unit kota dan 0,388% untuk unit Kebon Agung [4]

Berdasarkan penelitian yang telah diberikan diatas, dapat diketahui bahwa jaringan syaraf tiruan menggunakan metode *backpropagation* menghasilkan tingkat akurasi tinggi sehingga sangatlah tepat digunakan dalam melakukan prediksi. Oleh karena itu pada penelitian ini, akan dilakukan pembuatan model prediksi untuk produksi air bersih PDAM dengan menggunakan scenario melakukan kombinasi antara *hidden neuron* dengan *alpha* guna memperoleh nilai MSE pelatihan dan pengujian terkecil, serta dilakukan pengukuran akurasinya.

2. Landasan Teori

Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation

Jaringan syaraf tiruan adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi. Jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh 3 hal yaitu arsitektur jaringan, metode untuk menentukan bobot penghubung, serta fungsi aktivasi [7].

Backpropagation merupakan salah satu model jaringan syaraf tiruan. *Backpropagation* merupakan model *neural network* dengan banyak lapisan yang sering digunakan pada perkiraan *time series*. Algoritma pembelajaran *backpropagation* mengaktifkan *neuron-neuron* pada penambatan maju menggunakan fungsi aktifasi yang dapat dideferensialkan untuk mendapatkan *error output*. Kemudian *error output* ini digunakan untuk mengubah nilai bobot-bobotnya kearah mundur. Modifikasi perubahan bobot dilakukan untuk menurunkan kesalahan yang terjadi [8]

Algoritma pelatihan *backpropagation* adalah sebagai berikut [7]:

- Langkah 0 : Inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil, $epoch = 1$, tentukan laju pembelajaran (α), tentukan jumlah unit pada layar tersembunyi (p) serta tentukan kondisi penghentian. Kondisi penghentian berupa maksimum $max\ epoch$ dan $error\ target$.
- Langkah 1 : Jika $epoch \neq max\ epoch$ dan $error\ target < MSE$, lakukan langkah 2 – 9.
- Langkah 2 : Untuk setiap pasang data pelatihan (1 sampai dengan a dimana a adalah jumlah data pelatihan), lakukan langkah 3 – 8.

d. 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 ($j = 1, 2, \dots, p$)

$$z_{net\ j} = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji}$$

$$z_j = f(z_{net\ j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{net\ j}}}$$

Langkah 5 : Hitung semua keluaran jaringan di unit

y_k ($k = 1, 2, \dots, m$)

$$y_{net\ k} = w_{k0} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj}$$

$$y_k = f(y_{net\ k}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{net\ k}}}$$

e. Fase II : Propagasi mundur

Langkah 6 : Hitung faktor δ unit keluaran berdasarkan kesalahan di setiap unit keluaran y_k ($k = 1, 2, \dots, m$)

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{net\ k}) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k)$$

Hitung suku perubahan 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 tiap unit tersembunyi z_j ($j = 1, 2, \dots, p$)

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

$$\delta_j = \delta_{net\ j} f'(z_{net\ j}) = \delta_{net\ j} z_j (1 - z_j)$$

Hitung suku perubahan bobot v_{ji} dengan laju percepatan α

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

$$j = 1, 2, \dots, p ; i = 0, 1, \dots, n$$

f. Fase III : Perubahan bobot

Langkah 8 : Hitung semua perubahan bobot
Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran

$$w_{kj}(\text{baru}) = w_{kj}(\text{sekarang}) + \Delta w_{kj} ;$$

$$k = 1, 2, \dots, m ; j = 0, 1, \dots, p$$

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit tersembunyi :

$$v_{kj}(\text{baru}) = v_{kj}(\text{sekarang}) + \Delta v_{ji} ;$$

$$j = 1, 2, \dots, p ; i = 0, 1, \dots, n$$

g. Langkah 9 Perbaharui nilai *epoch*

$$epoch = epoch + 1$$

dan hitung *mean squared error (MSE)*

$$MSE = \frac{\sum_{k=1}^a (t_k - y_k)^2}{a}$$

Momentum

Penambahan momentum dimaksudkan untuk menghindari perubahan bobot yang mencolok akibat adanya data yang sangat berbeda dengan yang lain. Apabila beberapa data terakhir yang diberikan ke jaringan memiliki pola serupa (berarti arah gradien sudah benar), maka perubahan bobot dilakukan secara cepat. Namun apabila data terakhir yang dimasukkan memiliki pola yang berbeda dengan pola sebelumnya, maka perubahan dilakukan secara lambat [7].

Rumus momentum sebagai berikut [7] :

$$w_{kj}(t + 1) = w_{kj}(t) + \alpha \delta_k z_j + \mu (w_{kj}(t) - w_{kj}(t - 1)) .$$

dan

$$v_{ji}(t + 1) = v_{ji}(t) + \alpha \delta_j x_i + \mu (v_{ji}(t) - v_{ji}(t - 1))$$

3. Metode

Arsitektur JST Backpropagation yang digunakan pada sistem ini terdiri dari 3 layer yaitu input layer, hidden layer, dan output layer.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada Perangkat Lunak Prediksi Produksi Air Bersih PDAM menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode *Backpropagation* merupakan data dari tahun 2011 hingga tahun 2015 sebanyak 60 data yang diperoleh dari laporan bulanan Kantor PDAM Purwa Tirta Dharma Kab. Grobogan.

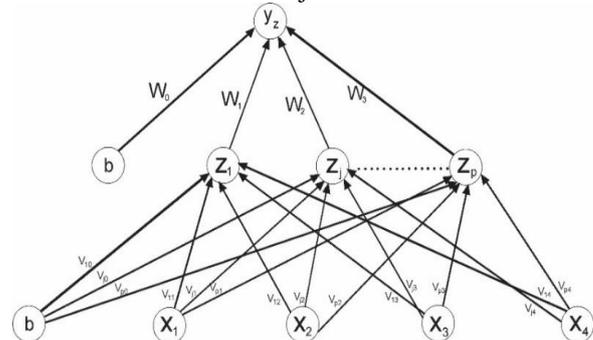
Preprocessing Data

Langkah 1 yaitu *mapping* data Pada tahap *mapping* data dilakukan rancangan pola data sesuai arsitektur pada metode *backpropagation* dengan 4 unit input (x_i) dan 1 unit target (y_i). Rancangan data diperoleh dari laporan data PDAM Purwa Tirta Dharma, dengan jumlah pelanggan sebagai x_1 , jumlah air terjual sebagai x_2 , jumlah kehilangan air sebagai x_3 , jumlah debit sumber air sebagai x_4 dan jumlah produksi air sebagai y_1 .

Langkah 2 yaitu normalisasi data yang telah dipetakan ke dalam arsitektur jaringan dengan rumus berikut:

$$y' = \frac{0,8(x - x_{\min})}{x_{\max} - x_{\min}} + 0,1$$

Langkah 3, yaitu identifikasi data latih dan data uji menggunakan perbandingan 70:30. 70% untuk data latih dan 30% untuk data uji.



Gambar 3.1 Arsitektur JST Backpropagation

Pelatihan dan Pengujian

Proses pelatihan dan proses pengujian dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan yang telah disebutkan sebelumnya. Proses pelatihan yang telah dilakukan menghasilkan bobot-bobot yang nantinya akan dipakai pada proses pengujian. Hasil dari proses pengujian berupa nilai *Mean Average Percentage Error (MAPE)* dengan rumus :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|x_t - y_t|}{x_t}}{n} \times 100\%$$

Nilai MAPE digunakan untuk menghitung akurasi.

4. Hasil dan Pembahasan

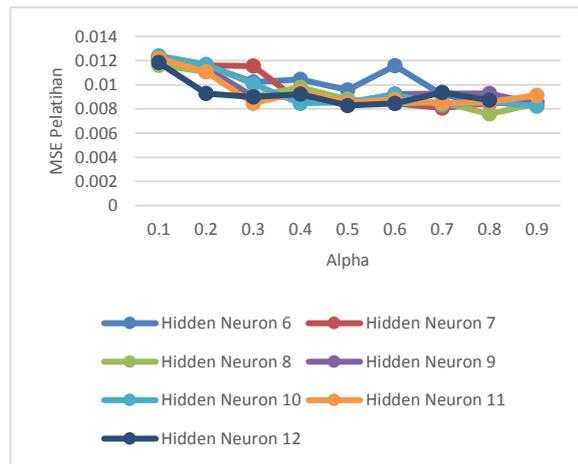
Eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan scenario dengan cara melakukan kombinasi *hidden neuron* dengan *alpha*. Nilai *hidden neuron* yang digunakan yaitu 6 – 12 sedangkan nilai laju pembelajaran yang diuji yaitu 0.1 – 0.9. *Epoch* 10000 dan toleransi *error* 0.001 Hasil eksperimen kombinasi *hidden neuron* dan *aloha* diberikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1, Hasil Kombinasi *hidden neuron* dan *alpha*.

No	Alpha	Hidden Neuron	MSE Pelatihan	MSE Pengujian
1	0,1	6	0,0121573	0,0254051
2	0,2	6	0,011594	0,0254476
3	0,3	6	0,0102341	0,0245418
4	0,4	6	0,0104539	0,0287677
5	0,5	6	0,00955558	0,0869835
6	0,6	6	0,0115895	0,0256588
7	0,7	6	0,00916484	0,0261635
8	0,8	6	0,00848155	0,100291
9	0,9	6	0,00850143	0,0907021
10	0,1	7	0,012287	0,0264643
11	0,2	7	0,0115965	0,0245032
12	0,3	7	0,0115551	0,0258648
13	0,4	7	0,00855587	0,0940883
14	0,5	7	0,00874596	0,0635272
15	0,6	7	0,00844451	0,0553241

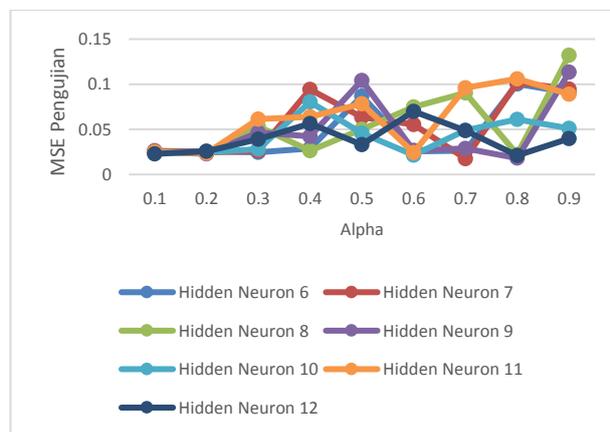
No	Alpha	Hidden Neuron	MSE Pelatihan	MSE Pengujian
16	0,7	7	0,00807272	0,0176068
17	0,8	7	0,00849227	0,102079
18	0,9	7	0,00854743	0,0945613
19	0,1	8	0,0116114	0,0252205
20	0,2	8	0,0110748	0,0237731
21	0,3	8	0,00906119	0,0533388
22	0,4	8	0,00978074	0,0262219
23	0,5	8	0,00880506	0,0498605
24	0,6	8	0,00845918	0,0747502
25	0,7	8	0,00855917	0,0902358
26	0,8	8	0,00757262	0,0222594
27	0,9	8	0,00844505	0,132097
28	0,1	9	0,0122435	0,0253653
29	0,2	9	0,0114079	0,0226917
30	0,3	9	0,00901853	0,0464806
31	0,4	9	0,00902587	0,0422868
32	0,5	9	0,00848471	0,10426
33	0,6	9	0,00923538	0,0268482
34	0,7	9	0,00926775	0,0286904
35	0,8	9	0,00927026	0,0180432
36	0,9	9	0,00841869	0,113207
37	0,1	10	0,0124044	0,0250922
38	0,2	10	0,0116798	0,0247184
39	0,3	10	0,0100633	0,0282584
40	0,4	10	0,00845508	0,0803167
41	0,5	10	0,00857634	0,0457332
42	0,6	10	0,00917245	0,0215076
43	0,7	10	0,00831052	0,0489495
44	0,8	10	0,0085638	0,0610038
45	0,9	10	0,00823281	0,0510836
46	0,1	11	0,0121814	0,0248968
47	0,2	11	0,0110744	0,0233789
48	0,3	11	0,0084702	0,0612614
49	0,4	11	0,00943661	0,0637376
50	0,5	11	0,00854749	0,0784127
51	0,6	11	0,00877678	0,0243242
52	0,7	11	0,00845077	0,0959073
53	0,8	11	0,00857771	0,106047
54	0,9	11	0,00911196	0,0888782
55	0,1	12	0,0117642	0,0228442
56	0,2	12	0,0118313	0,0255695
57	0,3	12	0,00928317	0,0389487
58	0,4	12	0,00898385	0,0563837
59	0,5	12	0,00922247	0,0331905
60	0,6	12	0,00828573	0,0699005
61	0,7	12	0,0084545	0,0487905
62	0,8	12	0,00934636	0,0210562
63	0,9	12	0,00871277	0,0397234

Berdasarkan hasil eksperimen kombinasi *alpha* dan *hidden neuron* diatas, maka diperoleh nilai MSE terkecil pada kombinasi variabel pelatihan *alpha* 0,7 dan *hidden neuron* 7, sehingga kombinasi ini digunakan sebagai kombinasi variabel untuk proses selanjutnya yaitu proses prediksi pengaruh dari *alpha* dan *hidden neuron* terhadap MSE pelatihan dan MSE pengujian digambarkan pada grafik Gambar 4.1. dan 4.2.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh *Alpha* dan *Hidden Neuron* terhadap MSE Pelatihan

Berdasarkan grafik diatas dapat diberikan kesimpulan bahwa nilai MSE pelatihan akan semakin rendah seiring dengan kenaikan nilai *alpha* dan jumlah *hidden neuron*. Nilai *alpha* berpengaruh terhadap nilai MSE pelatihan, hal ini dikarenakan fungsi dari nilai *alpha* untuk mempercepat konvergensi. Konvergensi ini berpengaruh pada nilai output yang dihasilkan, bila nilai konvergensi tercapai maka selisih nilai *output* dengan data aktual akan beda tipis atau bahkan nilainya bisa sama sehingga nilai MSE pelatihan yang dihasilkan semakin rendah. Sedangkan jumlah *hidden neuron* berpengaruh pada *error* yang dihasilkan, semakin besar jumlah *hidden neuron* maka semakin kecil *error* yang dihasilkan [9].



Gambar 4.2. Grafik Pengaruh *Alpha* dan *Hidden Neuron* terhadap MSE Pengujian

Berdasarkan Gambar 4.1. dan 4.2. mengenai pengaruh *alpha* dan *hidden neuron* terhadap nilai MSE pelatihan dan MSE pengujian dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi yang konstan antara *alpha* dan jumlah *hidden neuron* dengan nilai MSE. Kombinasi variable pelatihan, jumlah data dan inialisasi bobot awal jaringan akan mengakibatkan nilai MSE terendah dapat diperoleh pada nilai *alpha* dan jumlah *hidden neuron* yang tidak selalu sama.

Eksperimen Akurasi Sistem

Kombinasi variabel yang telah dihasilkan dari eksperimen sebelumnya maka selanjutnya akan dilakukan eksperimen akurasi sistem. Akurasi sistem didapatkan dengan cara 100% dikurangi dengan nilai MAPE. Nilai MAPE pada penelitian ini sebesar:

$$MAPE = \frac{\left(\frac{479424,82-467478,32}{479424,82} + \frac{471390,01-473962,56}{471390,01} + \dots + \frac{(X_n - Y_n)}{X_n}\right)}{18}$$

$$= 4,07 \%$$

Sehingga didapatkan akurasi sistem sebesar:

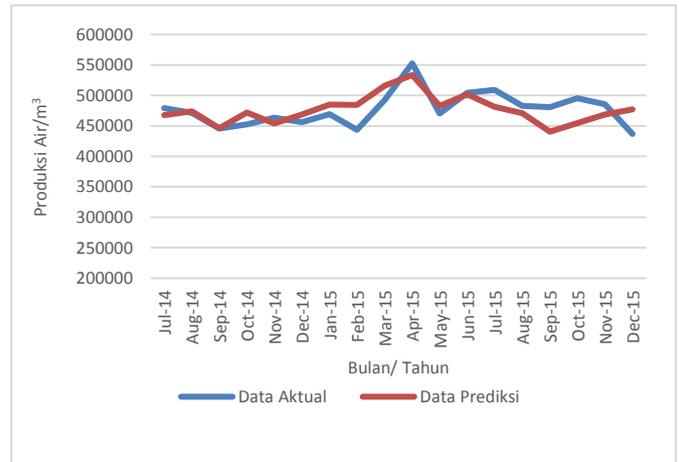
$$Accuracy = 100\% - 4,07\% = 95,93\%$$

Hasil prediksi dibandingkan dengan data aktual diberikan pada Tabel 4.2.

Tabel. 4.2. Perbandingan Hasil Prediksi dengan Data Aktual

No	Bulan	Nilai Target	Nilai Hasil
1	Juli 2014	479424,82	467478,32
2	Agustus 2014	471390,01	473962,56
3	September 2014	445823,10	445964,06
4	Oktober 2014	452642,12	471601,45
5	November 2014	463689,98	453840,29
6	Desember 2014	456130,92	468606,02
7	Januari 2015	469328,45	484834,22
8	Februari 2015	443409,13	484147,04
9	Maret 2015	492463,77	515969,12
10	April 2015	552654,37	533430,74
11	Mei 2015	470315,18	482772,66
12	Juni 2015	504110,73	501591,03
13	Juli 2015	509009,13	481063,50
14	Agustus 2015	483001,72	470720,44
15	September 2015	480834,44	440466,56
16	Oktober 2015	495247,76	454703,68
17	November 2015	485556,65	468835,08
18	Desember 2015	436695,84	476817,03

Untuk perbandingan data hasil prediksi dari model dengan data aktual dapat dilihat pada grafik Gambar 4.3



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Nilai Target Dengan Nilai Hasil Prediksi Model

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian adalah sebagai berikut: Pelatihan dengan nilai MSE terendah pada model prediksi berada pada nilai variabel pelatihan α 0,7, dengan jumlah *hidden neuron* sebanyak 7, momentum sebesar 0,7, maksimal *epoch* 10000 dengan toleransi *error* 0,001. Lamanya waktu pelatihan tersebut membutuhkan durasi 1.505 detik. MSE pelatihan yang dihasilkan sebesar 0,00807272 dan MSE pengujian sebesar 0,0176068 dengan akurasi model prediksi yang dihasilkan sebesar 95,93%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Agus dan A. Hazami, "Koran Grobogan," Kamis Mei 2015. [Online]. Available: <http://www.koranmuria.com/2015/05/28/3105/pdam-grobogan-tak-berdaya-tangani-pencurian-air.html>.
- [2] I. M. Mataram, "Peramalan Beban Hari Libur Menggunakan Artificial Neural Network," *Jurnal Teknik Elektro*, pp. 53-56, 2008.
- [3] S. Nindita dan S. Nur, "Sistem Peralaman Jumlah Produksi Air PDAM Samarinda Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *Jurnal EKSPONENSIAL Volume 3*, 2012.
- [4] A. W. Mahmudy dan A. Widodo, "Perkiraan Penjualan Beban Listrik Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Resilent Backpropagation (RProp)," *Jurnal Informatika*, pp. 41-47, 2008.
- [5] H. Kusnopranto, Kesehatan Lingkungan, Jakarta: Departemen P&K, UI, 2009.

Aris Puji Widodo, Suhartono, Eko Adi Sarwoko,Zulfia Firdaus (Akurasi Model Prediksi Metode)

- [6] J. S. Slamet, Kesehatan Lingkungan, Yogyakarta: Gajah Mada University, 2009.
- [7] J. J. Siang, Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrograman menggunakan MATLAB, Yogyakarta: ANDI, 2005.
- [8] D. Kusumadewi, Artificial Intelegence Teknik dan Aplikasi, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [9] N. U. Nikmah, C. Dewi dan I. Cholissodin, “Prediksi Kebutuhan Air PDAM Berdasarkan Jumlah Pelanggan Menggunakan Al-Alaoui Backpropagation,” pp. 1-8, 2013.