

## Prediksi Produksi Air PDAM dengan Jaringan Syaraf Tiruan

Yudha Tirto Pramonoaji<sup>1</sup>, Stefanus Santosa<sup>2</sup>, Ricardus Anggi Pramunendar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Pasca Sarjana, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang 50131  
E-mail : <sup>1</sup>[yudcha@gmail.com](mailto:yudcha@gmail.com), <sup>2</sup>[stefanus.st@gmail.com](mailto:stefanus.st@gmail.com), <sup>3</sup>[ricardus.anggi@yahoo.com](mailto:ricardus.anggi@yahoo.com)

### ABSTRAK

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan perusahaan milik daerah yang bergerak di bidang penyedia, pengolahan, dan pendistribusian air bersih. Sebuah sistem yang akurat untuk prediksi jumlah produksi air untuk masa depan dibutuhkan oleh PDAM untuk menentukan kebijakan dalam bidang produksi air. Penelitian ini menghasilkan sebuah model prediksi untuk total volume produksi air PDAM Kota Semarang. Data yang diolah adalah jumlah penduduk, jumlah pelanggan berdasarkan jenis pelanggan, total volume produksi, kontribusi daerah sumber, volume distribusi, air terjual, dan kehilangan air. Data diperoleh dari laporan bulanan perusahaan selama 5 tahun terakhir yaitu mulai tahun 2008-2012. Pendekatan yang digunakan untuk prediksi produksi air adalah dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dengan Fungsi Aktivasi Hyperbolic Tangent. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh sebuah Model Prediksi Untuk Total Volume Produksi Air PDAM Kota Semarang dengan nilai error 0.000000, MSE 0.074416, MAE 0.102487, dan rata-rata nilai akurasi sebesar 95,56%.

**Kata kunci :** Artificial Neural Network, Backpropagation, Prediksi Produksi Air

### 1. PENDAHULUAN

Air merupakan senyawa kimia yang sangat vital bagi kelangsungan hidup manusia secara berkelanjutan yang tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Tingkat pertumbuhan jumlah penduduk yang tinggi dan meningkatnya kegiatan masyarakat, akan berdampak pada penyediaan dan pelayanan air bersih mulai dari aspek kuantitas, kualitas, dan kontinuitas. Penanganan untuk pemenuhan kebutuhan air bersih dapat dilakukan dengan berbagai cara, disesuaikan dengan sarana dan prasarana yang ada. Di daerah perkotaan khususnya kota Semarang, sistem pengolahan dan penyediaan air bersih dilakukan dengan sistem perpipaan yang dikelola oleh PDAM.

Berkaitan dengan permasalahan tersebut, PDAM sebagai perusahaan pemerintah penyedia air bersih di Kota Semarang dituntut untuk semakin meningkatkan pelayanannya terutama dalam bidang pengolahan dan penyediaan air bersih. PDAM Kota Semarang telah berupaya memberikan pelayanan semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan air bersih, namun dalam perjalanannya sering mendapat keluhan dari masyarakat atau pelanggan. Keluhan masyarakat tentang semakin sulitnya memperoleh air bersih masih menjadi kendala yang sepenuhnya belum dapat diatasi oleh pemerintah daerah dalam hal ini PDAM Kota Semarang. Selain itu tingkat kehilangan air / kebocoran di PDAM Kota Semarang masih tinggi, mencapai hampir 50%. Di satu pihak permintaan masyarakat akan air bersih semakin meningkat, namun kualitas pelayanan yang diberikan belum sebanding dengan permintaan masyarakat. Di pihak lain pelayanan kepada pelanggan yang sudah terpasang belum optimal.

Dari beberapa persoalan penyediaan kebutuhan air bersih, salah satunya adalah apabila jumlah air yang di produksi dan disalurkan lebih besar daripada permintaan akan air. Hal ini menunjukkan adanya pemborosan air atau inefisiensi produksi dari sudut pandang perusahaan. Sedangkan apabila jumlah air yang diproduksi dan disalurkan lebih sedikit atau tidak memenuhi kebutuhan konsumen, maka akan terjadi kekurangan air pada sisi konsumen, atau produktivitas rendah pada sisi perusahaan. Oleh karena itu diperlukan keseimbangan antara persediaan volume produksi air dengan kebutuhan air pada konsumen.

Permasalahan tentang jumlah produksi air PDAM untuk masa depan sebenarnya merupakan hal yang penting, namun masih sedikit penelitian yang membahas masalah ini. Dalam penelitian sebelumnya [4] dengan menerapkan jaringan syaraf tiruan backpropagation pada sistem prediksi produksi air di PDAM Samarinda didapatkan koefisiensi 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 satu variabel, yakni jumlah produksi. Pada penelitian lainnya [7] metode neuro fuzzy diterapkan untuk memprediksi produksi air di PDAM Surabaya. Dari penelitian tersebut didapatkan nilai rata-rata kesalahan prediksi sebesar 2,245 %, namun tidak dijelaskan secara rinci tentang dataset yang digunakan.

Dari beberapa penelitian yang telah diuraikan sebelumnya dapat diidentifikasi kelemahannya, yakni kurang menunjukkan *trend* yang realistis karena menggunakan periode tahunan, dan kurang komprehensif karena hanya melibatkan satu variabel saja, yakni jumlah produksi. Prediksi produksi air perlu memperhatikan berbagai aspek produksi seperti jumlah penduduk,

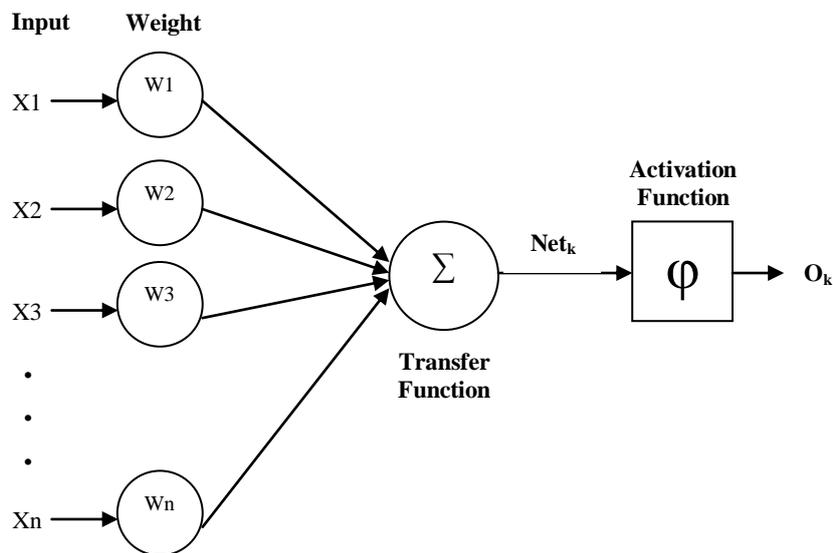
jumlah pelanggan berdasarkan jenisnya, kontribusi daerah sumber, volume distribusi, air terjual, dan kehilangan air. Selain itu *time series* pengambilan data paling tidak pada interval bulanan, bukan tahunan. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk menemukan sebuah model prediksi produksi air dengan melibatkan variabel yang lebih komprehensif dengan interval bulanan.

Metode jaringan syaraf tiruan dipilih karena merupakan suatu *learning system* yang mampu belajar seperti halnya otak manusia berdasarkan *knowledge base*. Dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan didapatkan nilai prediksi yang baik untuk produksi air masa depan. Model ini dapat membantu PDAM Kota Semarang menentukan berbagai macam kebijakan mulai dari proses pendistribusian air, penggunaan bahan kimia, ketersediaan air baku serta penghitungan untuk biaya produksi. Tujuan dari penelitian ini yaitu diperolehnya model prediksi yang sesuai untuk menentukan produksi total volume air dengan melibatkan variabel yang lebih komprehensif dengan interval bulanan menggunakan pendekatan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Sedangkan untuk manfaat penelitian ini dapat memberikan informasi kepada PDAM tentang perencanaan jumlah volume produksi air untuk masa depan serta memberikan gambaran untuk proses pendistribusian air

## 2. JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK PREDIKSI PRODUKSI TOTAL VOLUME AIR

### 2.1 Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Fungsi Aktivasi Hyperbolic Tangent

Dalam jaringan syaraf tiruan neuron diartikan sebagai bagian terkecil dari jaringan syaraf tiruan yang berfungsi sebagai elemen pemroses. Neuron juga dikenal sebagai *perceptron*. Berdasarkan jenis neuron fungsi aktivasi dibedakan menjadi fungsi aktivasi linear, sigmoid, dan *hyperbolic tangent*. Model untuk sebuah neuron dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 : Model sebuah Neuron

Persamaan dari fungsi penjumlahan yang dikenal juga sebagai fungsi transformasi neuron sebagai berikut :

$$net_k(t) = \sum_{i=0}^I w_i x_i(t) \quad (1)$$

- $net_k$  : fungsi transformasi neuron
- $x_i$  : masukkan neuron
- $w_i$  : pembobot penghubung
- $t$  : variabel waktu

Pada gambar 1 dapat dijelaskan bahwa setelah pemetaan sinyal masukan neuron akan menghasilkan keluaran melalui fungsi aktivasi mentransformasi nilai keluarannya melalui pemetaan sinyal masukannya ke dalam sebuah nilai yang sesuai dengan neuron lainnya.

Persamaan fungsi aktivasi sebuah neuron sebagai berikut :

$$O_k = f_{actv}(net_k) \quad (2)$$

- $f_{actv}$  : Fungsi aktivasi
- $O_k$  : Keluaran neuron

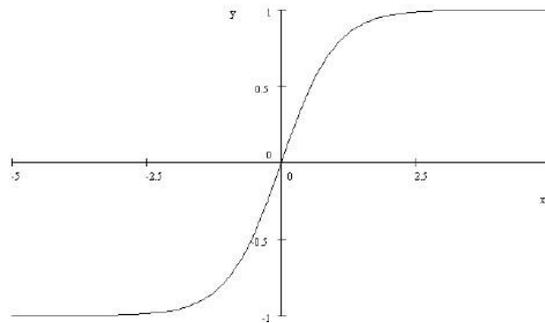
Dalam proses prediksi ini digunakan fungsi aktivasi Hyperbolic Tangent yang ditunjukkan dengan persamaan :

$$f_{actv}(n_j) = \tanh(n_j)$$
$$= \frac{1 - \exp^{-n_j}}{1 + \exp^{-n_j}} \quad (3)$$

Gradien dari Fungsi Aktivasi Hyperbolic Tangent ditunjukkan dengan persamaan :

$$\frac{\partial f_{actv}(n_j)}{\partial n_j} = 1 - (f_{actv}(n_j))^2 \quad (4)$$

Untuk grafik Fungsi Aktivasi Hyperbolic Tangent ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2 : Fungsi Aktivasi Hyperbolic Tangent

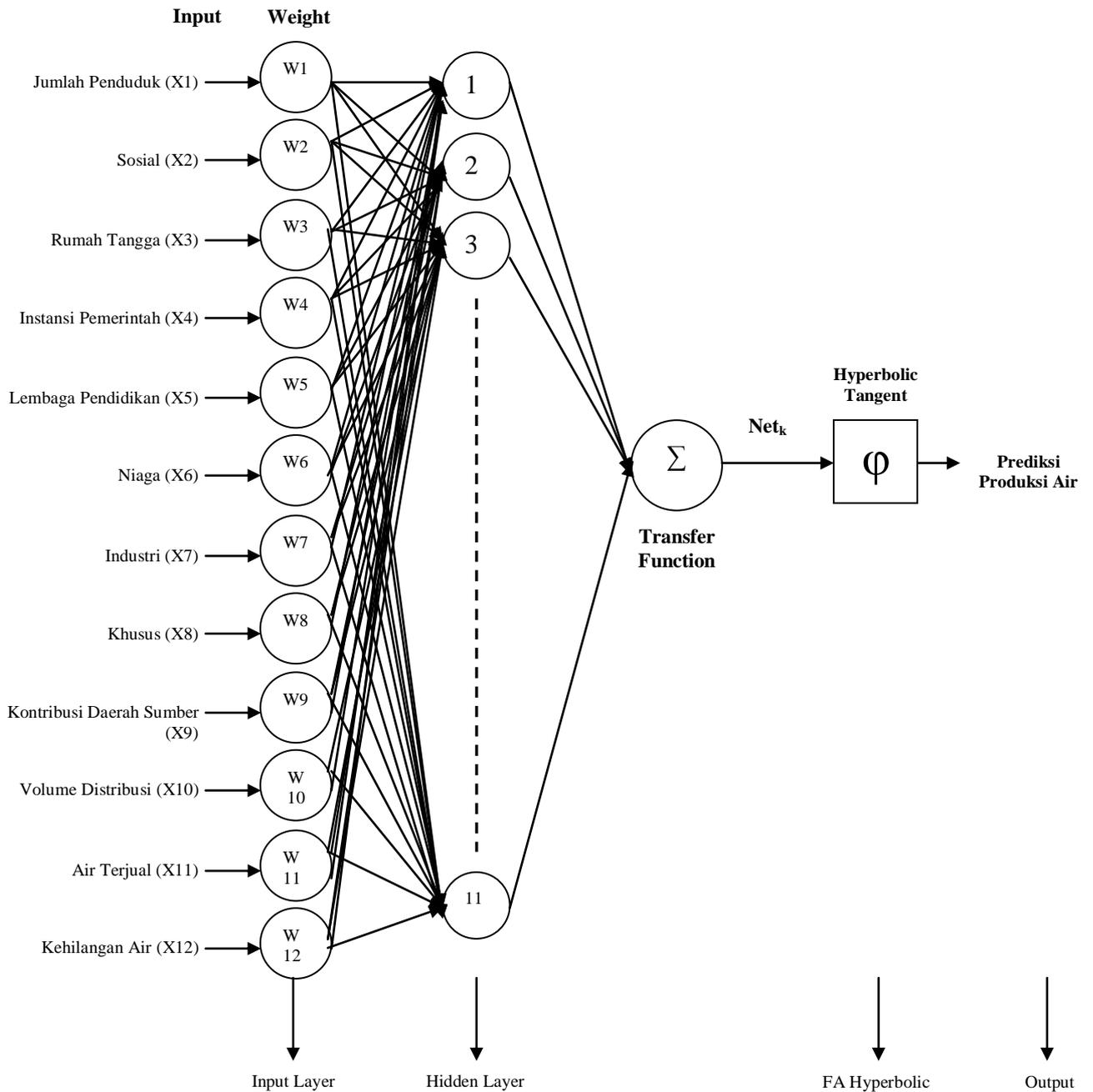
## 2.2 Produksi Air

Sumber air baku untuk proses produksi air di PDAM Kota Semarang berasal dari air permukaan, sumber mata air, dan sumur dalam. Untuk proses pendistribusian air menggunakan sistem gravitasi (air diturunkan dari ketinggian dengan mengandalkan daya tarik bumi) dan sistem pompa. Prediksi total volume produksi air dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain jumlah penduduk dan jumlah pelanggan berdasarkan jenisnya. Kedua parameter tersebut berpengaruh pada jumlah volume air yang harus didistribusikan ke pelanggan. Sedangkan untuk parameter kontribusi daerah sumber, volume distribusi, air terjual, dan kehilangan air merupakan parameter yang saling terkait yang dibutuhkan dalam proses penghitungan prediksi produksi air. Untuk penghitungan total volume produksi air di PDAM Kota Semarang digunakan penghitungan sebagai berikut.

$$\text{Total Volume Produksi Air} = \text{Volume Distribusi (Air Terjual + Kehilangan Air)} + \text{Kontribusi Daerah Sumber} \quad (5)$$

Selain itu faktor alam yaitu ketersediaan air baku, musim kemarau maupun penghujan juga mempengaruhi proses produksi air. Saat ini faktor yang paling berpengaruh pada total volume produksi PDAM Kota Semarang adalah tingkat kehilangan air yang volumenya mencapai hampir 50% dari total volume produksi PDAM Kota Semarang.

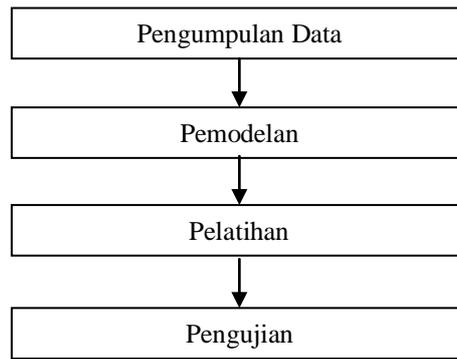
### 2.3 Model Prediksi Produksi Air



Gambar 3. Model Prediksi Produksi Air

### 3. METODE PENELITIAN

Model yg telah dirancang tersebut di atas diuji melalui tahapan- tahapan seperti tercantum di bawah ini. Perangkat bantu yang digunakan adalah MS Excel untuk tabulasi data, dan *Zaitun Time Series* untuk memudahkan eksperimen dengan berbagai parameter untuk diolah dengan pendekatan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation.



Gambar 4 : Diagram Tahapan Penelitian

**3.1. Pengumpulan Data**

Dataset yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa dataset time series yang berasal dari laporan bulanan PDAM Kota Semarang selama 5 tahun terakhir yaitu mulai tahun 2008 – 2012 yang berformat excel, dengan jumlah record sebanyak 60 yang terdiri dari 13 atribut (lihat tabel 1).

Tabel 1 : Atribut Dataset Produksi Air PDAM Kota Semarang

NO	ATRIBUT	KETERANGAN	SATUAN	TIPE DATA
1	X1	Jumlah penduduk	Jiwa	Numeric
		Jumlah Pelanggan Berdasarkan Jenis Pelanggan :		
2	X2	Sosial	Sambungan	Numeric
3	X3	Rumah Tangga	Sambungan	Numeric
4	X4	Instansi Pemerintah	Sambungan	Numeric
5	X5	Lembaga Pendidikan	Sambungan	Numeric
6	X6	Niaga	Sambungan	Numeric
7	X7	Industri	Sambungan	Numeric
8	X8	Khusus	Sambungan	Numeric
9	X9	Kontribusi Daerah Sumber	M <sup>3</sup>	Numeric
10	X10	Volume Distribusi	M <sup>3</sup>	Numeric
11	X11	Air Terjual	M <sup>3</sup>	Numeric
12	X12	Kehilangan Air	M <sup>3</sup>	Numeric
13	Y	Total Volume Produksi	M <sup>3</sup>	Numeric

**3.2. Pemodelan**

Dalam tahap ini dilakukan setting parameter yang terdapat pada JST Backpropagation yang terdapat dalam aplikasi Zaitun Time Series yaitu dengan melakukan eksperimen dengan variasi nilai input layer, hidden layer, learning rate, momentum, dan max iteration.

**3.3. Pelatihan**

Melakukan proses pelatihan prediksi terlebih dahulu pada masing-masing parameter. Pelatihan parameter total volume produksi air dari bulan Januari 2008 sampai dengan Desember 2011 menjadi input dan bulan Januari 2012 sampai dengan Desember 2012 menjadi target pelatihan prediksi. Ketika persentase kesalahan hasil pelatihan prediksi minimum kemudian dilakukan proses pengujian prediksi.

**3.4. Pengujian**

Dengan menggunakan model jaringan yang sudah terbentuk melalui proses pelatihan prediksi untuk bulan Januari 2012 sampai dengan bulan Desember 2012 kemudian dilakukan proses pengujian untuk bulan Januari 2013 sampai dengan bulan Desember 2013. Bila nilai error, MSE, dan MAE sudah mencapai nilai yang memuaskan maka proses pengujian selesai. Namun apabila belum mencapai nilai yang optimal, perlu dilakukan pengubahan variabel simulasi proses pelatihan.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari berbagai pengolahan data pada penelitian ini, dilakukan eksperimen sebanyak 20 kali dengan mengubah nilai learning rate, jumlah hidden layer, dan nilai momentum dengan fungsi aktivasi menggunakan *Hyperbolic Tangent*. Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa perancangan model jaringan prediksi yang optimal menggunakan input layer 12, hidden layer 11, learning

rate 0,1, momentum 0,5, dan max iteration 10000. Dari model tersebut didapatkan nilai error 0.000000, MSE 0.074416, dan MAE 0.102487.

Tabel 2 : Hasil Percobaan Penghitungan Error, MSE, dan MAE

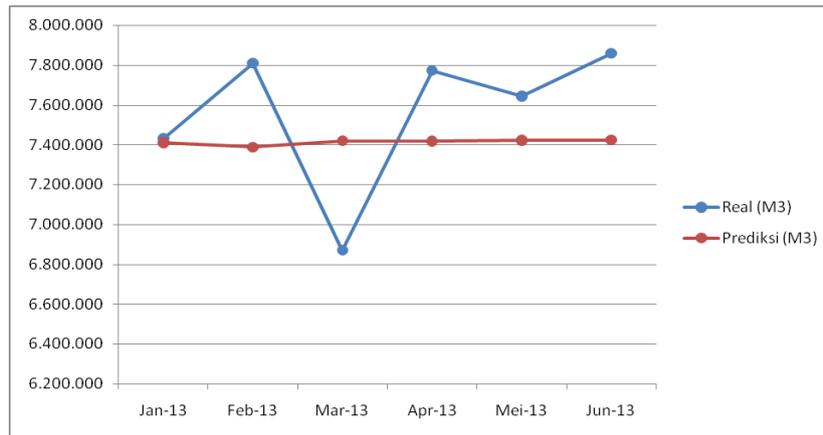
NO	Neuron Counts		Learning			Criteria		
	Input Layer	Hidden Layer	Learning Rate	Momentum	Max Iteration	Error	MSE	MAE
1	12	12	0,05	0,5	10000	0.000000	0.080123	0.109599
2	12	12	0,05	0,4	10000	0.000000	0.087100	0.133639
3	12	12	0,1	0,5	10000	0.000000	0.095401	0.113007
4	12	12	0,1	0,4	10000	0.000000	0.089722	0.140919
5	12	11	0,05	0,5	10000	0.000000	0.086402	0.137075
6	12	11	0,05	0,4	10000	0.000000	0.097786	0.128454
7	12	11	0,1	0,5	10000	0.000000	0.074416	0.102487
8	12	11	0,1	0,4	10000	0.000000	0.087038	0.137302
9	12	10	0,05	0,5	10000	0.000000	1.911.079	0.532782
10	12	10	0,05	0,4	10000	0.000000	0.085516	0.157145
11	12	10	0,1	0,5	10000	0.000000	0.178959	0.171217
12	12	10	0,1	0,4	10000	0.000000	0.294313	0.181831
13	12	9	0,05	0,5	10000	0.000000	0.084155	0.109107
14	12	9	0,05	0,4	10000	0.000000	0.090440	0.168479
15	12	9	0,1	0,5	10000	0.000000	0.099397	0.160066
16	12	9	0,1	0,4	10000	0.000000	0.097436	0.110543
17	12	8	0,05	0,5	10000	0.000000	0.093660	0.113071
18	12	8	0,05	0,4	10000	0.000000	0.088470	0.123614
19	12	8	0,1	0,5	10000	0.000000	0.079101	0.154113
20	12	8	0,1	0,4	10000	0.000000	0.975659	0.349639

Untuk memperoleh persentase kebenaran (*Accuracy*) dari hasil pelatihan dan pengujian prediksi yang ada dengan data *real* yang diperoleh dari PDAM Kota Semarang mulai bulan Januari - Juni 2013 digunakan rumus sebagai berikut :

$$Accuracy = 100\% - \left( \frac{|Nilai Real - Nilai Prediksi|}{Nilai Real} \times 100\% \right) \quad (6)$$

Tabel 3 : Perbandingan Hasil Real dan Prediksi Total Volume Produksi Air PDAM Kota Semarang Tahun 2013

Bulan	Total Vol. Produksi (m3)			Accuracy
	Real	Predicted	Residual	
Jan-13	7.430.458	7.410.439	20.019	99,73 %
Feb-13	7.808.761	7.387.679	421.082	94,61 %
Mar-13	6.870.401	7.420.399	- 549.998	91,99 %
Apr-13	7.771.754	7.417.425	354.329	95,44 %
Mei-13	7.643.443	7.422.498	220.945	97,11 %
Jun-13	7.857.077	7.423.655	433.422	94,48 %
Jul-13		7.426.026		
Agust-13		7.425.236		
Sep-13		7.425.790		
Okt-13		7.426.867		
Nop-13		7.426.848		
Des-13		7.426.982		



Gambar 5 : Grafik Perbandingan Hasil Real dan Prediksi Total Volume Produksi Air PDAM Kota Semarang Tahun 2013

## 6. PENUTUP

### 6.1. Simpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Model Prediksi Produksi Air PDAM yang melibatkan variabel yang lebih komprehensif dengan interval bulanan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation merupakan model yang dapat digunakan untuk memprediksi total volume produksi air. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian yang memiliki persentase keakuratan prediksi rata-rata sebesar 95,56%. Dengan adanya model prediksi produksi air ini kebutuhan air di masa depan dapat diketahui sehingga ke depannya PDAM dapat memenuhi kebutuhan akan air bersih dari segi kuantitas, kualitas, dan kontinuitas untuk mewujudkan pelayanan prima.

### 6.2. Rekomendasi

Guna mencapai produktivitas dan efisiensi produksi air PDAM dengan tingkat kebocoran yang selalu ada, maka model ini dapat dijadikan alternatif prediksi total volume air yang dibutuhkan. Namun demikian meskipun model ini memiliki nilai akurasi prediksi yang cukup baik, masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperbanyak jumlah record dataset karena pada dataset yang memiliki tingkat variasi data yang tinggi akan memiliki reliabilitas yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ruzica Skurla Babic, M.Sc, Ivan Grgurevic, B.Eng, Zvonimir Majic, B.Eng, *Comparison Of Air Travel Demand Forecasting Methods*, Croatia
- [2] Lipae Jamil L, Dr. P.Deligerio Eveyth, *On Forecasting Water Consumption in Davao City Using Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Models and the Multilayer Perceptron Neural Network (MLPNN) Processes*, International Journal of Humanities and Applied Sciences (IJHAS) Vol. 1, No. 4, 2012 ISSN 2277 – 4386
- [3] Msiza Ishmael S, Nelwamondo Fulufhelo V, Marwala Tshilidzi, *Water Demand Prediction using Artificial Neural Networks and Support Vector Regression*, Journal of Computers, Vol. 3, no. 11, November 2008
- [4] Septiarini Nindita dan Sya'baniah Nur, *Sistem Peramalan Jumlah Produksi Air PDAM Samarinda Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*, Program Studi Ilmu Komputer FMIPA, Universitas Mulawarman, *Jurnal EKSPONENSIAL Volume 3, Nomor 1, Mei 2012* ISSN 2085-7829
- [5] Jatra Angga Prayuda, Nohe Darnah A, Syaripuddin, *Peramalan Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Samarinda Dengan Metode Double Exponential Smoothing*, Program Studi Statistika FMIPA, Universitas Mulawarman, *Jurnal EKSPONENSIAL Volume 4, Nomor 1, Mei 2013* ISSN 2085-7829
- [6] Maru'ao Dini Oktaviani, *Implementasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Dalam Memprediksi Kurs Valuta Asing*, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Margonda 2010
- [7] Sutanto Teguh dan Kartika Sari Dyan Novita, *Implementasi Sistem Neuro Fuzzy Untuk Prediksi Produksi Air Minum di PDAM Surabaya*, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Teknik Komputer Surabaya (STIKOM), ISSN 1978-0087