

# **PREDIKSI PRODUKSI DEBIT AIR MINUM PER BULAN DENGAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* ( STUDI KASUS : PDAM TIRTA MOEDAL SEMARANG )**

**Monica Amadea<sup>1</sup>, Agus Winarno, M.Kom<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro Semarang

<sup>1,2</sup>Jl. Nakula I No. 5 – 11 Semarang (024) 3517261

E-mail : amadeamonica27@gmail.com<sup>1</sup>, sekretariat@dinus.ac.id<sup>2</sup>

---

## ***Abstrak***

*PDAM Tirta Moedal Semarang sebagai perusahaan yang bergerak di bidang penyedia air minum belum memperhatikan dengan baik keseimbangan produksi air dengan kebutuhan konsumen. Sehingga sering terjadi produksi yang sangat berlebihan bila dibandingkan dengan permintaan setiap bulannya. Dari penelitian ini diharapkan dapat membantu PDAM Tirta Moedal Semarang dalam menyeimbangkan produksi air dengan permintaan konsumen. Metode yang akan digunakan yaitu dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. Data yang digunakan dalam penelitian kali ini fokus pada data rekapitulasi penggunaan air oleh customer setiap bulan. Analisa data dilakukan dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan software Matlab 8.1.0. Arsitektur jaringan terbaik yang dihasilkan oleh pelatihan jaringan adalah percobaan 2 dengan nilai Mean Squared Error (MSE) terkecil adalah 3531665.852. dan persentase error 0.023%.*

***Kata Kunci:*** Jaringan Syaraf Tiruan, Backpropagation, Mean Squared Error, Prediksi, Matlab

## ***Abstract***

*PDAM Tirta Moedal Semarang as a company engaged in the field of water supply has not been paying attention to the balance of water production with the need of consumers. So the excessive water production happen oftenly if it is compared with the customers demand. This study is expected to help PDAM Tirta Moedal Semarang in balancing water production with consumer demand each month. The data which is used in this study focuses on water usage recapitulation data every month. Data analysis was done by using Neural Networks method using Matlab software 8.1.0. The best network architecture that generated by network training is the experiment number 2 with the smallest value of Mean Squared Error (MSE) is 3531665.852 and the error percentage is 0.023%*

***Keywords:*** Artificial Neural Network, Backpropagation, Mean Squared Error, Forecasting, Matlab

## **1. PENDAHULUAN**

Ketersediaan air di bumi sangatlah berlimpah, yaitu 71% dari permukaannya merupakan sumber air. Walaupun demikian, justru salah satu persoalan yang dihadapi oleh masyarakat perkotaan saat ini sebagai dampak dari laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan adalah kebutuhan air minum yang belum terpenuhi dengan baik. Semakin

bertambahnya penduduk di Semarang, kebutuhan air minum tentu akan semakin meningkat. Padahal ketersediaan air minum justru semakin menurun setiap tahunnya akibat eksploitasi yang ada. Selain itu, ada berbagai macam faktor lainnya yang mempengaruhi ketersediaan air minum salah satu adalah musim tidak menentu. Musim tentunya akan mempengaruhi kebutuhan air minum karena pada saat musim hujan ketersediaan air lebih

melimpah dibandingkan saat musim kemarau. Produksi air minum di PDAM sendiri biasanya didapatkan dari sumber air sumur ataupun air sungai yang diolah terlebih dahulu sebelum dialirkan kepada konsumen.

Berdasarkan pada peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 23 Tahun 2006 tentang Pedoman Teknis dan Tata Cara Pengaturan Tarif Air Minum pada Perusahaan Daerah Air Minum Bab I ketentuan umum Pasal I ayat 8 menyatakan bahwa : “Standar kebutuhan air sebesar 10 meter kubik/kepala keluarga/bulan atau 60 liter/orang/hari, atau sebesar satuan volume lainnya yang ditetapkan lebih lanjut oleh Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintah di bidang sumber daya air” [1].

PDAM Tirta Moedal Semarang merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang penyediaan air minum. Peran PDAM sangat penting mengingat air minum sudah menjadi kebutuhan pokok saat ini. Berdasarkan pendapat Freddy Rangkuti Perencanaan kapasitas produksi yang baik harus sesuai dengan besarnya kebutuhan permintaan. Perusahaan akan mengalami kerugian apabila kapasitas produksi yang direncanakan terlalu besar sehingga melebihi kebutuhan permintaan yang sebenarnya, sedangkan apabila jumlah air yang diproduksi jumlahnya lebih sedikit daripada yang dibutuhkan akibatnya kebutuhan konsumen tidak dapat dipenuhi dan konsumen mengalami kerugian [2].

Tidak adanya aspek-aspek perhitungan dan tidak adanya standar debit air yang dibutuhkan merupakan salah satu penyebab PDAM Tirta Moedal Semarang memproduksi air yang sangat berlebih setiap bulannya. Mengetahui permintaan air di masa mendatang setiap bulan dapat digunakan untuk

memastikan jumlah produksi berdasarkan permintaan konsumen.

Pada kasus ini penulis akan menggunakan teknik kecerdasan buatan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *Backpropagation* adalah sebuah metode yang dapat digunakan sebagai metode prediksi jumlah produksi air. Implementasinya pengujiannya menggunakan aplikasi Matlab.

Konsepnya adalah data dari periode lalu dimasukkan kedalam sistem kemudian dilakukan proses pelatihan menggunakan JST dengan metode *Backpropagation*. *Backpropagation* sendiri mempunyai tiga *layer* pelatihan yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Kemudian sistem akan menghasilkan bobot-bobot yang akan digunakan untuk memprediksi jumlah produksi pada periode berikutnya. Setiap periode akan dikelompokkan berdasarkan kebutuhan tiap bulan karena musim mempengaruhi jumlah produksi sehingga prediksi setiap bulannya akan berbeda-beda.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan adalah sistem pemroses informasi dengan karakteristik dan performa yang mendekati syaraf biologis. Selain memproses, jaringan syaraf tiruan juga memiliki kemampuan menyimpan informasi seperti definisi oleh Haykin bahwa jaringan syaraf tiruan merupakan pemroses sederhana yang berjumlah banyak dan bekerja secara paralel dan terdistribusi, yang memiliki kemampuan menyimpan pengetahuan dan memberikan saat dibutuhkan yang terdiri dari pengetahuan yang dimiliki sebagai hasil proses pembelajaran dan

koneksi antar *neuron* yang berfungsi menyimpan pengetahuan itu.

Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. istilah buatan artinya adalah digunakan karena jaringan syaraf diimplementasikan menggunakan program komputer yang dapat menyelesaikan proses perhitungan selama proses pembelajaran

Pada dasarnya jaringan syaraf tiruan mempunyai banyak tipe, tetapi semua tipe dari jaringan syaraf tiruan memiliki komponen-komponen yang sama. Misalnya otak manusia. Jaringan syaraf tiruan terdiri dari beberapa *neuron-neuron* yang saling berhubungan antara satu *neuron* dengan yang lainnya.

*Neuron-neuron* mentransformasikan informasi yang diterima ke sambungan keluaran kemudian ke *neuron-neuron* yang lainnya. Didalam jaringan syaraf tiruan, hubungan ini disebut sebagai nama bobot (*weight*). Informasi itu nantinya disimpan pada suatu nilai tertentu dan bobot tersebut.

Jaringan *neuron* buatan terdiri atas kumpulan grup *neuron* yang tersusun dalam lapisan :

1. Lapisan *Input (Input Layer)*  
Lapisan *input* ini mempunyai fungsi sebagai penghubung jaringan ke sumber data.
2. Lapisan Tersembunyi (*Hidden Layer*)  
Jaringan yang memiliki lebih dari satu *hidden layer* atau tidak memiliki sama sekali
3. Lapisan *Output (Output Layer)*

*Neuron-neuron* yang ada pada *output layer* ini mempunyai prinsip kerja yang sama seperti *hidden layer*. Pada lapisan ini keluaran dari *neuron* merupakan hasil dari proses yang telah terjadi.

## 2.2 Backpropagation

*Backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran yang terwarisi 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-nilai bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai *error* tersebut.

Algoritma *Backpropagation* pertama kali dirumuskan oleh Werbos dan dipopulerkan oleh Rumelhart dan Mccelland untuk dipakai pada jaringan syaraf tiruan, dan selanjutnya algoritma ini diangkat dengan nama *Backpropagation*. Algoritma ini merupakan metode *supervised* dan di desain untuk operasi pada jaringan *feed forward multi layer*. *Backpropagation* menggunakan performance index-nya adalah Mean Squared Error.

Pelatihan *Backpropagation* meliputi tiga fase, yaitu fase maju, fase mundur, dan fase perubahan bobot. Fase maju merupakan fase pertama yaitu pola masukan dihitung maju mulai dari *layer* masukan hingga ke *layer* keluaran dengan menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Fase kedua adalah fase mundur. Dimana fase ini selisih antar keluaran jaringan dengan target yang diinginkan adalah kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut kemudian dipropagasikan mundur, dan dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di *layer* keluaran. Fase terakhir atau fase ketiga adalah perubahan bobot. Pada fase ini modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi. Berikut penjelasan selengkapnya [3] :

### Fase I Propagasi Maju

Selama fase ini, sinyal masukan ( $=x_i$ ) dipropagasikan ke *layer* tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan. Keluaran dari setiap unit *layer* tersembunyi ( $=z_j$ ) selanjutnya akan dipropagasikan maju lagi ke *layer* tersembunyi di atasnya dengan menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan. Hal ini dilakukan seterusnya hingga dapat menghasilkan keluaran jaringan ( $=y_k$ ).

Selanjutnya keluaran jaringan ( $=y_k$ ) dibandingkan dengan target yang harus dicapai ( $=t_k$ ). Selisih  $t_k - y_k$  adalah kesalahan yang terjadi. Jika kesalahan lebih kecil dari batas toleransina, maka bobot di setiap garis dalam jaringan akan dimodifikasi untuk mengurangi kesalahan yang terjadi.

### Fase II Propagasi Mundur

Berdasarkan kesalahan  $t_k - y_k$  dihitung faktor  $\delta_k$  ( $k=1,2,\dots,m$ ) yang digunakan untuk mendistribusikan kesalahan di unit  $y_k$  ke semua unit tersembunyi yang terhubung langsung dengan  $y_k$ .  $\delta_k$  juga digunakan untuk mebgubah bobot garis yang berhubungan langsung dengan unit keluaran.

Selanjutnya dilakukan dengan menggunakan cara yang sama, dihitung faktor  $\delta_j$  di setiap unit di *layer* tersembunyi sebagai dasar perubahan bobot semua garis yang berasal dari unit tersembunyi di *layer* bawahnya. Cara tersebut dilakukan hingga semua faktor  $\delta$  di unit tersembunyi yang berhubungan langsung dengan unit masukan dapat dihitung.

### Fase III Perubahan Bobot

Setelah semua faktor  $\delta$  telah dihitung, bobot semua garis dimodifikasi bersamaan. Perubahan bobot suatu garis didasarkan atas faktor  $\delta$  *neuron* di *layer* atasnya. Contoh : perubahan bobot garis yang menuju ke *layer* keluaran didasarkan atas  $\delta_k$  yang ada di unit keluaran.

Semua fase tersebut dilakukan berulang-ulang hingga kondisi penghentian terpenuhi. Kondisi penghentian adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan berhenti apabila jumlah iterasi sudah terpenuhi atau melebihi batas maksimum yang telah ditetapkan, atau apabila kesalahan yang terjadi lebih kecil dari batas toleransi yang telah ditetapkan.

### 2.3 Nilai MSE

Nilai *Mean Square Error* (MSE) pada satu siklus pelatihan adalah nilai kesalahan (*error* ( $e$ ) = nilai keluaran – nilai masukan) rata-rata dari seluruh record (tuple) yang dipresentasikan ke jaringan syaraf tiruan dan dirumuskan sebagai :

$$MSE = \frac{\sum e^2}{\text{jumlah record}} \quad (1)$$

Semakin kecil MSE, jaringan syaraf tiruan semakin kecil kesalahannya dalam memprediksi kelas dari record yang baru. Maka, pelatihan jaringan syaraf tiruan ditujukan untuk memperkecil MSE dari satu siklus ke siklus berikutnya sampai selisish nilai MSE pada siklus ini dengan siklus sebelumnya lebih kecil atau sama dengan batas minimal yang diberikan (epsilon) [4].

Kondisi penghentian *training* adalah tercapainya nilai MSE di akhir *training*. *Training* dihentikan apabila nilai MSE di akhir *training* lebih kecil atau sama dengan nilai MSE yang ditetapkan pada awal *training*. Tetapi apabila nilai MSE di akhir *training* lebih besar dari nilai MSE yang ditetapkan di awal *training* maka proses *training* akan dilanjutkan ke tahap propagasi balik [5].

### 2.4 PDAM

Dalam UUD 1945 pada pasal 33 disebutkan bahwa bumi, air dan

kekayaan alam yang terkandung didalamnya dikuasai oleh negara untuk digunakan sebesar-besarnya bagi kemakmuran rakyat. Pasal tersebut merupakan landasan dasar menentukan pengelolaan dan pemakaian sumberdaya alam, termasuk air yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai bentuk perwujudannya, penyedia air minum dikelola oleh PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum). PDAM diberi wewenang untuk mengelola dan menyediakan air minum yang baik untuk dikonsumsi oleh masyarakat Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang merupakan perusahaan milik daerah (BUMD) yang bergerak di bidang pelayanan masyarakat yang menyediakan air minum untuk masyarakat Kota Semarang.

## 2.5 Matlab

Matlab (*Matrix Laboratory*) adalah sebuah lingkungan komputasi numerikal dan bahasa pemrograman komputer generasi keempat. Dikembangkan oleh The Mathworks, Matlab memungkinkan manipulasi matriks, pemplot-an fungsi dan data, implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna, dan penantarmuka-an dengan program dalam bahasa lainnya. Meskipun hanya bernuansa numerik, sebuah *Toolbox* yang menggunakan mesin simbol MuPAD, memungkinkan akses terhadap kemampuan aljabar komputer [6].

Banyak model jaringan syaraf tiruan yang menggunakan manipulasi matriks atau vektor dalam iterasinya. Matlab menyediakan fungsi-fungsi khusus untuk menyelesaikan model jaringan syaraf tiruan. Penggunaan hanya memasukkan vektor masukan, target, model, dan parameter yang diinginkan (laju pemahaman, threshold, bias, dll).

Di dalam Matlab script di simpan dalam bentuk M-File. Pemrograman M-File memberikan control lebih banyak dibandingkan *command line*. Dengan M-File dapat dilakukan percabangan, perulangan, dll. Struktur M-File pada Matlab hampir sama seperti bahasa C yang membagi program dalam blok program berupa fungsi-fungsi. Setiap fungsi dapat memanggil fungsi yang lainnya.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kuantitatif. Data kuantitatif merupakan data berupa angka. Data dalam penelitian ini digunakan adalah data pemakaian debit air pada bulan Januari 2009 sampai Desember 2014.

Data didapatkan dari bagian Pengembangan Teknik Informatika (PTI) PDAM Tirta Moedal Semarang. Variabel yang digunakan untuk memprediksi yaitu rekapitulasi pemakaian air minum setiap bulannya selama tahun 2009 sampai 2014 tanpa membedakan golongan pengguna air.

### 3.2 Metode Analisis

Perencanaan sistem prediksi produksi air minum menggunakan aplikasi jaringan syaraf tiruan, dengan metode *Backpropagation* terdiri dari langkah-langkah berikut [6] :

1. Menetapkan tujuan sistem yaitu mampu mengidentifikasi dan mempelajari pola dari *time series*
2. Menentukan jangka waktu prediksi yaitu prediksi setiap bulan
3. Memperoleh data, yaitu dari bagian Pengembangan Teknologi Informatika (PTI) dari rekapitulasi pemakaian air minum. *Time series*

dibentuk dari Januari 2009 sampai dengan Desember 2014.

4. Menentukan *transfer function*.
5. Normalisasi data *input* bertujuan untuk menyesuaikan nilai *range* data dengan *log-sigmoid threshold function* dalam sistem *Backpropagation*.
6. Merancang struktur jaringan bertujuan untuk mendapatkan komposisi jumlah *neuron*, *hidden layer*, elemen *input*, dan nilai parameter *training* yang optimal.

Modifikasi ini diharapkan membantu mempercepat tercapainya minimum global dari epoch maksimum yang dijalankan. Metode *training* yang diterapkan pada penelitian jaringan syaraf *Backpropagation* kali ini adalah *trainglm*.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dengan metode jaringan syaraf tiruan ini dilakukan untuk meramalkan produksi air minum per bulan PDAM Tirta Moedal Semarang. Metode jaringan syaraf tiruan yang digunakan yaitu *Backpropagation*, dilakukan dengan menggunakan Software Matlab 8.1.0. Model peramalan yang dibuat terdiri dari 1 variabel independen (volume penggunaan). Dalam jaringan syaraf tiruan, model ini terbaca sebagai 5 unit (neuron) input dari tahun 2009 sampai 2013 dan 1 unit neuron output sebagai perbandingan dengan data *real* tahun 2014, sehingga rancangan arsitektur jaringan yang digunakan dalam penelitian adalah 5 buah input, 10 lapis tersembunyi, 1 lapis output dan 1 neuron output, sedangkan neuron hidden layer dicari jumlah optimalnya (nilai MSE terkecil) dari tiap jaringan melalui pelatihan (training).

Selama pelatihan, kemajuan terus diperbarui di jendela pelatihan. Pembelajaran jaringan membutuhkan

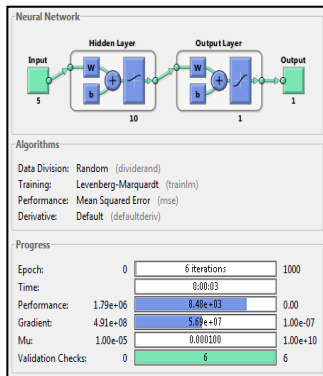
parameter-parameter yang digunakan untuk mengenali pola data. Parameter pembelajaran dalam penelitian meliputi max. epoch 1000, dan learning rate 0.00001. Maksimum epoch berfungsi sebagai kriteria pemberhentian pelatihan, yaitu pelatihan dihentikan setelah mencapai 1000 iterasi. Nilai goal (MSE) adalah 0.0001, dipakai untuk menentukan batas nilai MSE agar iterasi dihentikan, nilai ini dipilih berdasarkan dengan trial dan error sampai ketemu performance dan goal yang terkecil.

Hasil pelatihan jaringan produksi air minum PDAM Tirta Moedal Semarang dalam jaringan syaraf tiruan dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 1 : Hasil Percobaan Training**

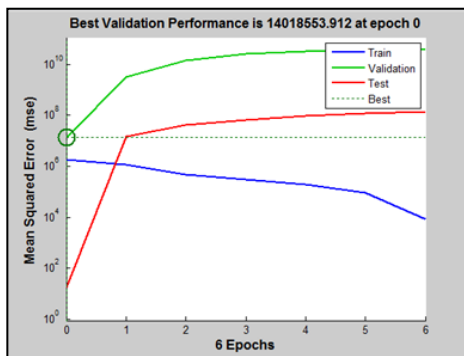
No.	Percobaan	MSE	% Error
1.	Percobaan 1	115288778.2	0.097%
2.	Percobaan 2	3531665.852	0.023%
3.	Percobaan 3	1852595939	0.782%
4.	Percobaan 4	1173396535	0.364%
5.	Percobaan 5	5740043551	1.003%
6.	Percobaan 6	1312193712	0.605%
7.	Percobaan 7	1780574599	0.673%
8.	Percobaan 8	2135162570	0.944%
9.	Percobaan 9	4876953961	0.869%
10.	Percobaan 10	999886891.8	0.357%

Data target yang ada pada tabel diambil dari data pemakaian bulan Januari sampai Desember tahun 2014 sebagai data pembandingan dengan hasil *output* yang diberikan. Dari tabel diatas tampak bahwa dari 10 percobaan yang dilakukan penulis, jaringan terbaik dihasilkan oleh pelatihan jaringan percobaan 2 dengan nilai MSE terkecil adalah 3531665.852.



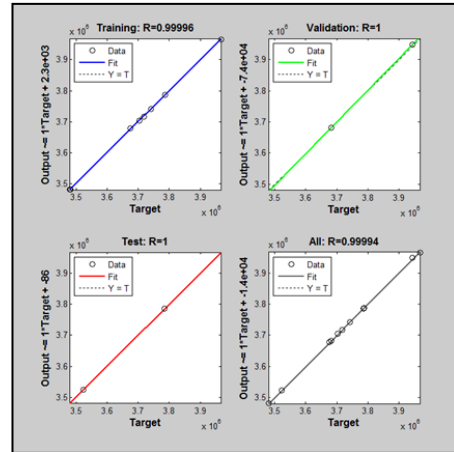
Gambar 1. Hasil Train Network Percobaan 2

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa algoritma yang dipakai merupakan *training* Levenberg-Marquardt, *performance Mean Squared Error* dan hasil percobaan 2 berhenti pada epoch 6 dengan waktu 0:00:03



Gambar 2. Plotperform Training Percobaan 2

*Plot performance* menunjukkan nilai fungsi kinerja dibandingkan jumlah iterasi. Gambar diatas merupakan hasil grafik perbandingan *train*, *validation*, dan *test* dengan nilai *best performance* sebesar 14018553.912 pada *epoch* 0.



Gambar 3. Plot Regression Percobaan 2

*Plot Regression* menunjukkan regresi antara output jaringan dengan target jaringan. Dengan *Plot Regression* ini kita dapat memvalidasi kinerja jaringan dengan melihat apakah hasil output menyimpang jauh atau tidak dari target. Gambar dengan garis berwarna biru menunjukkan hasil data *training* dengan target, garis hijau menunjukkan hasil data *validation* dengan data target, garis merah menunjukkan data test dengan data target, sedangkan garis hitam menunjukkan seluruh data *training*, *validation* dan *test* dengan target.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan jaringan syaraf tiruan untuk prediksi membutuhkan waktu yang tidak sedikit karena perlu melakukan banyak percobaan dalam menetapkan jumlah *hidden layer*, menetapkan jumlah *neuron*, dalam *hidden layer*, penentuan besarnya learning rate, serta menerapkan teknik pembelajaran pada jaringan yang direncanakan. Kombinasi struktur yang dihasilkan sekarang pun masih belum bisa dikatakan sebagai hasil terbaik dari performance maksimum dari jaringan syaraf tiruan. Berdasarkan permasalahan pada PDAM Tirta Moedal Semarang, menerapkan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* cukup membantu perhitungan prediksi produksi air minum per bulan karena sebelum

diterapkannya metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* pada PDAM Tirta Moedal Semarang produksi hanyalah menggunakan teknik perkiraan berdasarkan bulan sebelumnya saja. Hal ini mengakibatkan adanya produksi yang sangat berlebihan apabila dibandingkan dengan kebutuhan.

Hasil yang didapatkan dari 10 kali *training* data yaitu nilai *error* terkecil adalah 0.023% dengan nilai MSE 3531665.852 pada percobaan 2. Oleh karena ini perlu adanya pengolahan data dan penelitian yang lebih lanjut agar nilai *error* yang dihasilkan semakin mendekati 0%.

Dalam penerapan metode *Backpropagation* pada PDAM Tirta Moedal Semarang masih memiliki kelemahan. Oleh karena itu, saran yang diberikan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut dari metode ini sebagai berikut :

1. Adanya sistem untuk mempermudah memprediksi jumlah produksi tiap bulannya pada PDAM Tirta Moedal Semarang.
2. Terhubungnya antara sistem prediksi dengan bagian produksi.
3. Melakukan *training* di penelitian selanjutnya dengan jumlah data yang lebih banyak dengan memperhatikan analisa *weight* dan bias di tiap-tiap input yang ditetapkan.
4. Memperhatikan jumlah produksi berdasarkan hasil *output* sistem.
5. Melakukan pengecekan di lapangan untuk mengantisipasi pencurian debit air dan mengatasi masalah kebocoran yang menjadi salah satu masalah pemborosan debit air minum.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] ATB, 2013. [Online] URL : <http://www.atbbatam.com> [Diakses pada 12 Maret 2015]

[2] 2013. [Online] URL : <http://www.xerma.blogspot.com> [Diakses pada 15 Maret 2015]

[3] M.Sc.Drs Jong Jek Siang,. Yogyakarta, Indonesia: Andi, 2004.

[4] Giri Dhaneswara and Veronica S. Moertini, "Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik Untuk Klasifikasi Data," *FMIPA Unpar*, vol. 9, no. 3, November 2004.

[5] Arman Yudha, Bekalani Isahk Abraham, and Muhammad Ishak Jumarang, "Prediksi Tinggi Signifikan Gelombang Laut Di Sebagian Wilayah Perairan Indonesia Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Propagasi Balik," *PRISMA FISIKA*, vol. 1, no. 1, p. 41, 2013.

[6] Hysocc. (2014, Maret) Wikipedia. [Online]. <http://wikipedia.org>

[7] Siana Halim and Adrian Michael Wibowo, "Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Peramalan," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 2, no. 2, pp. 106-114, Desember 2000.