

**Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Volume Pemakaian Air
Dengan Metode Backpropagation
(Studi Kasus PT. PDAM Kota Padang)**

Khelvin Ovela Putra¹, Gunadi Widi Nurcahyo², Julius Santony³
¹²³ Program Pascasarjana Universitas Putra Indonesia “YPTK”, Padang
khelvinovlla@gmail.com¹, gunadiwidi@yahoo.co.id², julius_santony@upiypk.ac.id³

Abstrak

Penelitian ini menerapkan Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan algoritma *Backpropagation* untuk memprediksi kebutuhan konsumsi air. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat hasil prediksi dan diharapkan dapat memecahkan masalah kebutuhan konsumsi air. Perhitungan menggunakan aplikasi Matlab berdasarkan nilai *epoch* dan MSE (*Mean Square Error*). Data yang digunakan diperoleh dari PT. PDAM Kota Padang, data tersebut dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian dengan variabel-variabel yang telah ditentukan. Arsitektur jaringan yang digunakan dalam melakukan prediksi adalah pola arsitektur 5-2-1. Setelah proses data selesai, hasil perhitungan dengan algoritma *Backpropagation* dilakukan perbandingan dengan data aktualnya. Hasilnya adalah prediksi jumlah kebutuhan konsumsi air minum dengan proses pelatihan dan pengujian menghasilkan output aktual sebagai target yang dicapai.

Kata Kunci: Jaringan Syaraf Tiruan, algoritma *Backpropagation*, *Software* Matlab, Prediksi.

Abstract

This research applies Neural Networks Backpropagation uses algorithms to predict the needs of water consumption. The purpose of this study is to see the results predicted and expected to solve the problem of water consumption needs. Calculations using Matlab application based on the epoch and MSE (Mean Square Error). The data used were obtained from PT. PDAM Padang, the data is divided into training data and test data with variables that have been determined. Network architecture used in making predictions is an architectural pattern 5-2-1. Once the data is completed, the results of calculations with Backpropagation algorithm is compared with actual data. The result is a forecast the amount of water consumption needs with training and testing process to produce the actual output targets are achieved.

Keywords: *Neural Network*, *Backpropagation Algorithm*, *Matlab*, *Predict*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Air sebagai salah satu kebutuhan utama untuk menunjang kehidupan manusia dan merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting dan merupakan komponen lingkungan hidup yang penting bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan air bersih pun meningkat, maka jumlah air yang diproduksi secara terus menerus menunjukkan peningkatan sejalan dengan peningkatan kebutuhan air bersih di masyarakat.

Akibatnya timbul beberapa faktor persoalan dalam menghadapi kebutuhan air, salah satunya apabila jumlah air yang diproduksi dan disalurkan lebih besar daripada permintaan akan air, maka akan timbul persoalan pemborosan volume air pada perusahaan. Sedangkan apabila jumlah air yang diproduksi dan disalurkan lebih sedikit atau tidak memenuhi kebutuhan konsumen maka akan terjadi air tidak mengalir, yang akibatnya merugikan pihak konsumen. Oleh karena itu diperlukan penyesuaian antara

persediaan produksi air dengan permintaan atau kebutuhan air pada konsumen.

Pada penerapan tersebut dapat dilihat arti penting suatu peramalan terhadap kebutuhan manajemen produksi jumlah air PDAM. Hasil peramalan akan sangat berguna bagi PDAM Kota Padang untuk masa yang akan datang, karena jumlah produksi air merupakan faktor utama dalam pelayanan penyaluran air. Oleh sebab itu pentingnya suatu prediksi untuk produksi air agar dapat memenuhi kebutuhan air pada pelanggan sehingga tidak adanya kekurangan dalam produksi tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pemilihan judul dapat disimpulkan masalah yang sedang dihadapi oleh peneliti adalah :

1. Bagaimana penerapan Jaringan Syaraf Tiruan dalam melakukan proses prediksi produksi air?
2. Bagaimana penerapan algoritma *Backpropagation* pada Jaringan Syaraf Tiruan untuk menghasilkan hasil prediksi akurasi yang Optimal ?

- 3 Bagaimana menerapkan algoritma *Backpropagation* dengan menggunakan aplikasi Matlab dalam memprediksi volume pemakaian air ?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan masalah yang dihadapi tidak terlalu luas serta tidak menyimpang dari tujuan penelitian yang diinginkan, maka permasalahan yang ada perlu dibatasi yaitu :

1. Input merupakan data jumlah pelanggan dan data jumlah pemakaian air pertahun di PDAM Kota Padang.
2. Menganalisa prediksi dalam proses produksi air dengan jaringan syaraf tiruan menggunakan algoritma *backpropagation*.
3. *Backpropagation* memiliki tiga *layer* dalam proses, yaitu *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*.

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai oleh penulis yaitu :

1. Memahami teori Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*
2. Menerapkan penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan algoritma *Backpropagation* untuk memprediksi jumlah produksi air pada PDAM Kota Padang dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab.
3. Dengan mengumpulkan data – data yang dijadikan suatu variabel dalam menerapkan *Backpropagation* diharapkan dapat membantu dalam mengatasi permasalahan yang ada pada PDAM Kota Padang terutama bagaimana mengatasi jumlah produksi air.
4. Menguji model Jaringan Syaraf Tiruan yang terbentuk untuk prediksi produksi air PDAM.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat membantu proses prediksi produksi air pada PDAM.
2. Dapat memprediksi kebutuhan air di waktu yang akan datang berdasarkan jumlah pelanggan. Dengan demikian PDAM bisa menyeimbangkan antara persediaan air dengan jumlah pelanggan agar pendistribusian air merata dan mampu untuk memenuhi

akan permintaan air di waktu yang akan datang.

3. Dapat bermanfaat bagi para pembaca untuk lebih mengetahui dan memahami tentang metode jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* dalam proses prediksi.

2. Tinjauan Literatur

2.1 Kecerdasan Buatan

Kecerdasan buatan berasal dari bahasa Inggris *Artificial Intelligence* atau disingkat AI, yaitu *intelligence* adalah kata sifat yang berarti cerdas, sedangkan *artificial* artinya buatan. Kecerdasan buatan yang dimaksud di sini merujuk pada mesin yang mampu berpikir, menimbang tindakan yang akan diambil, dan mampu mengambil keputusan seperti yang dilakukan oleh manusia. Berikut beberapa definisi kecerdasan buatan yang telah didefinisikan oleh beberapa ahli [16].

2.2 Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

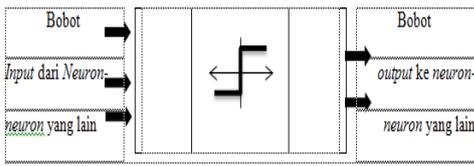
Jaringan Syaraf Tiruan dikembangkan berdasarkan struktur otak. Seperti otak, Jaringan Syaraf Tiruan dapat mengenali pola, mengelola data dan belajar. Mereka dibuat oleh *neuron* buatan yang menerapkan esensi dari *neuron* biologis [9].

2.2.1 Pengertian Jaringan Syaraf (JST)

Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) atau disingkat JST adalah sistem komputasi dengan arsitektur dan operasinya diilhami dari pengetahuan tentang sel syaraf biologi di dalam otak. JST dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi *aproksimasi nonlinear*, klasifikasi data, *cluster* dan *regresi non parametric* atau sebagai sebuah simulasi dari koleksi model syaraf biologi [10].

2.2.1.1 Komponen-komponen JST

Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa *neuron*, dan terdapat hubungan antara *neuron-neuron* tersebut. Pada Gambar 2.2 menunjukkan struktur *neuron* yang mana *Neuron-neuron* akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke *neuron-neuron* yang lain. Pada jaringan syaraf hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut [4].

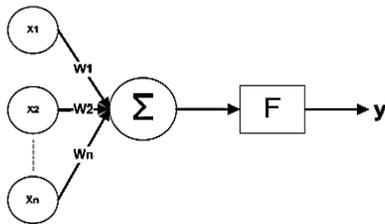


Gambar 2.2 Struktur Neuron JST

Informasi yang disebut dengan masukan dikirim ke *neuron* dengan bobot kedatangan tertentu. Masukan ini diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang akan datang. Hasil penjumlahan ini kemudian dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap *neuron*. Apabila masukan tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu maka *neuron* tersebut akan diaktifkan. Apabila *neuron* diaktifkan, maka *neuron* tersebut akan mengirimkan keluaran melalui bobot-bobot keluaran ke semua *neuron* yang berhubungan dengannya demikian selanjutnya.

Pada jaringan syaraf, *neuron-neuron* akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan yang disebut dengan lapisan *neuron*. Biasanya *neuron* pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan sebelum atau sesudahnya terkecuali lapisan masukan dan lapisan keluaran. Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan dari lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan masukan sampai lapisan keluaran melalui lapisan tersembunyi. Algoritma pembelajaran menentukan informasi akan dirambatkan kearah mana [11], Gambar 2.3 menunjukkan *neuron* jaringan syaraf sederhana dengan fungsi aktivasi F. Pada Gambar 2.3 sebuah *neuron* akan mengolah N masukan ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) yang masing-masing memiliki bobot $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$, dengan rumus:

$$y_{in} = \sum_{i=1}^n X_i w_i \quad (1)$$



Gambar 2.3 Model Neuron Sederhana

Kemudian, fungsi aktivasi F akan mengaktifasi y_{in} menjadi keluaran jaringan y . Untuk. Jaringan syaraf dengan jumlah *neuron* pada lapisan keluaran sebanyak m buah maka proses pengolahan data pada *neuron* adalah:

$$y_{inj} = \sum_{i=1}^n X_i w_{ij} ; j = 1, \dots, m \quad (2)$$

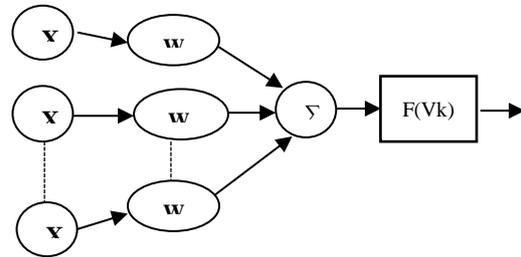
Dengan W_{ij} adalah bobot yang menghubungkan masukan ke- i menuju *neuron* ke- j . Namun, terkadang Jaringan Syaraf Tiruan tidak mampu mengakomodasi informasi yang ada melalui data masukan maupun bobot-bobotnya. Untuk itu biasanya ditambahkan bias yang senantiasa bernilai 1 ditunjukkan pada Gambar 2.4. Pengaruh bias terhadap *neuron* ditunjukkan dengan bobot bias (b). Apabila pada jaringan syaraf dilengkapi dengan bias, maka proses komputasi pada *neuron* menjadi:

$$y_{in} = \sum_{i=1}^n X_i w_{ij} + b \quad (3)$$

Jaringan syaraf dengan jumlah *neuron* pada lapisan keluaran sebanyak m buah, maka proses pengolahan data pada *neuron* ke- j adalah:

$$y_{inj} = \sum_{i=1}^n X_i w_{ij} ; b_j = 1, \dots, m \quad (4)$$

W_{ij} adalah bobot yang menghubungkan masukan ke- i menuju ke *neuron* ke- j , dan b_j adalah bobot bias yang menuju ke *neuron* ke- j .



Gambar 2.4 Model Neuron Sederhana Dengan Bias

2.2.2 Konsep Dasar Jaringan Syaraf Tiruan

Setiap pola-pola informasi *input* dan *output* yang diberikan ke dalam JST diproses dalam *neuron*. *Neuron-neuron* tersebut terkumpul di dalam lapisan-lapisan yang disebut *neuron layers* [18]. Lapisan-lapisan penyusun JST tersebut dapat dibagi menjadi 3, yaitu :

1. Lapisan *Input*, unit-unit di dalam lapisan *input* disebut unit-unit *input*. Unit-unit *input* tersebut menerima pola *input* data dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan.
2. Lapisan Tersembunyi, unit-unit di dalam lapisan tersembunyi disebut unit-unit tersembunyi. Di mana keluarannya tidak dapat secara langsung diamati.
3. Lapisan *Output*, unit-unit di dalam lapisan *output* disebut unit-unit *output*. *Output* dari lapisan ini merupakan solusi JST terhadap suatu permasalahan.

2.2.3 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Arsitektur sebuah jaringan akan menentukan keberhasilan target yang akan dicapai karena tidak semua permasalahan dapat diselesaikan dengan arsitektur yang sama [6].

Hubungan antar *neuron* pada Jaringan Syaraf Tiruan mengikuti pola tertentu, tergantung pada arsitektur jaringan syarafnya. Pada dasarnya terdapat tiga macam arsitektur yaitu [4]:

a. Jaringan Syaraf dengan Lapisan Tunggal

Jaringan tipe ini hanya memiliki satu lapisan dengan bobot-bobot terhubung, menerima masukan kemudian secara langsung mengolah menjadi keluaran tanpa harus melalui lapisan tersembunyi. Ciri-ciri arsitektur ini hanya terdiri atas satu lapisan masukan dan satu lapisan keluaran tanpa adanya lapisan tersembunyi. Gambar 2.3 dan Gambar 2. 4 merupakan salah satu contoh model *neuron* dengan satu lapisan masukan.

b. Jaringan Syaraf dengan Banyak Lapisan

Arsitektur tipe ini memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak di antara lapisan masukan dan lapisan keluaran, memiliki juga satu atau lebih lapisan tersembunyi. Umumnya, ada lapisan bobot-bobot yang terletak antara dua lapisan yang bersebelahan. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit daripada lapisan dengan lapisan tunggal, tentu saja dengan pembelajaran yang lebih rumit juga. Gambar 2.5 merupakan salah satu contoh model *neuron* dengan banyak lapisan dan hanya memiliki satu lapisan tersembunyi. V_{ij} adalah bobot-bobot yang menghubungkan antara *neuron-neuron* pada lapisan masukan dengan lapisan tersembunyi. Sedangkan W_{jk} adalah bobot-bobot yang menghubungkan antara *neuron-neuron* pada lapisan tersembunyi dengan lapisan keluaran. z_{inj} adalah hasil pengolahan data pada lapisan tersembunyi dengan fungsi aktivasi $F1$ untuk menghasilkan z_j ($j=1, \dots, k$);

$$z_{inj} = \sum_{i=1}^n X_i w_{ij} \tag{5}$$

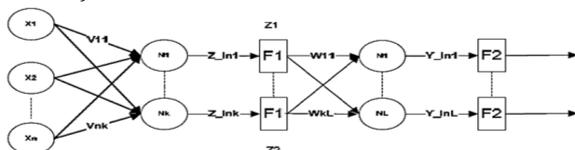
$$z_j = F1(z_{inj}) \tag{6}$$

Sedangkan y_{ink} adalah hasil pengolahan data pada lapisan keluaran dengan fungsi aktivasi $F2$ untuk menghasilkan keluaran jaringan.

$$y_k; (k = 1, \dots, L) \tag{7}$$

$$z_{ink} = \sum_{i=1}^n z_i w_{ik} \tag{8}$$

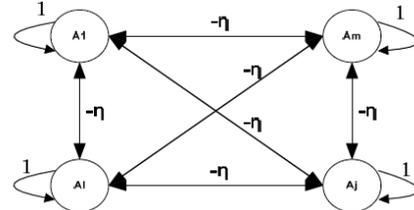
$$z_j = F2(z_{ink}) \tag{9}$$



Gambar 2.5 Model Neuron dengan Banyak Lapisan

c. Jaringan Syaraf dengan Lapisan Kompetitif

Arsitektur tipe ini tampak pada Gambar 2.6 di mana memiliki pengaturan bobot yang telah ditetapkan dan tidak memiliki proses pelatihan. Digunakan untuk mengetahui *neuron* pemenang dari sejumlah *neuron* yang ada. Nilai bobot untuk diri sendiri dari setiap *neuron* adalah 1, dan *neuron* lain adalah bobot acak negatif dengan bobot $-\eta$



Gambar 2.6 Model Neuron dengan Lapisan Kompetitif

2.2.4 Fungsi Aktivasi

Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam Jaringan Syaraf Tiruan antara lain [4]:

a. Fungsi Sigmoid Biner

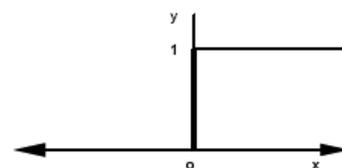
Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*. Fungsi sigmoid memiliki nilai pada range 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai *output* yang terletak pada interval 0 sampai 1. Namun, fungsi ini bisa juga digunakan oleh jaringan syaraf yang nilai keluarannya 0 atau 1 [6].

Fungsi sigmoid biner dirumuskan sebagai berikut:

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-\sigma x)} \tag{10}$$

Fungsi step di rumuskan sebagai:

Dengan: $y' = \sigma f(x)[1 - f(x)]$ (11)



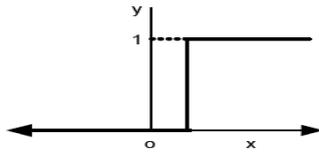
Gambar 2.7 Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner

b. Fungsi Sigmoid Bipolar

Fungsi ini hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, hanya saja keluaran dari fungsi ini antara 1 sampai -1 terlihat pada Gambar 2.8. Sedangkan fungsi sigmoid bipolar dirumuskan seperti berikut ini [4] :

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-\sigma x}} \tag{12}$$

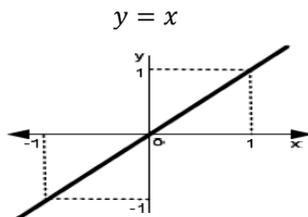
$$y'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1(x)] \quad (13)$$



Gambar 2.8 Fungsi Aktivasi Sigmoid Bipolar

c. Fungsi Linear (Identitas)

Fungsi linear memiliki nilai keluaran yang sama dengan nilai masukannya terlihat pada Gambar 2.9. Fungsi linear dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2.9 Fungsi Aktivasi Linear

2.3 Backpropagation

Backpropagation adalah metode umum yang mempelajari Jaringan Syaraf Tiruan bagaimana melakukan sebuah tugas yang diberikan. Ini adalah sebuah metode belajar yang terawasi, dan merupakan generalisasi dari aturan delta. Hal ini membutuhkan seorang guru yang tahu, atau dapat menghitung, output yang diinginkan untuk setiap masukan pada training set. Hal ini paling berguna untuk jaringan umpan-maju. Istilah adalah singkatan untuk "propagasi mundur dari kesalahan" [7].

2.3.1 Algoritma Backpropagation

Algoritma Backpropagation memiliki beberapa keunggulan pada segi kekonvergenan dan lokasi lokal minimumnya yang sangat peka terhadap pemilihan inisialisasi awal serta perbaikan pembobotnya dapat terus dilakukan hingga diperoleh nilai hasil yang hampir sama dengan target di mana error yang dihasilkan mendekati nol. Metode ini dapat digunakan untuk data stationer dan non stationer. Untuk data non stationer hal ini dapat meredam jump (perubahan mendadak) yang mungkin saja terjadi pada saat krisis moneter atau global [17].

Algoritma pelatihan jaringan syaraf perambatan galat mundur terdiri atas dua langkah, yaitu perambatan maju dan perambatan mundur. Langkah perambatan maju dan perambatan mundur ini dilakukan pada jaringan untuk setiap pola yang diberikan selama jaringan mengalami pelatihan [3].

2.3.2 Arsitektur Backpropagation

Backpropagation memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih lapis tersembunyi. arsitektur Backpropagation dengan n buah masukan (X1, X2, X3,, Xn) ditambah sebuah bias, sebuah lapis tersembunyi yang terdiri dari j unit ditambah sebuah bias, serta k buah unit keluaran [18].

2.3.3 Algoritma Pembelajaran

Backpropagation

Kunggulan yang utama dari sistem JST adalah kemampuan untuk "belajar" dari contoh yang diberikan. Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh Perceptron dengan banyak layer lapisan untuk mengubah bobot - bobot yang ada pada lapisan tersembunyinya. Backpropagation adalah pelatihan jenis terkontrol (supervised) di mana menggunakan pola penyesuaian bobot untuk mencapai nilai kesalahan yang minimum antara keluaran hasil prediksi dengan keluaran [2]

Penulisan istilah:

x : Vektor input pembelajaran.

X = (x1, x2, ..., xj, ..., xn).

t : Vektor target output.

T = (t1, t2, ..., tk, ..., tm).

δk : Bagian koreksi error penyesuaian bobot wjk berpedoman pada error output neuron yk..

δj : Bagian koreksi error penyesuaian bobot vij berpedoman pada error output neuron Zj.

a : Learning rate.

θ : Toleransi error.

Xi : Input neuron.

Voj : Bias pada Hidden neuron ke- j.

Zi : Hidden neuron ke-j.

Nilai input Zi ditunjukkan dengan

$$z_{in_i} = v_{oj} + \sum_{i=1}^n z_i w_{ij} \quad (14)$$

z_in_i :

Nilai output dengan menggunakan fungsi aktivasi yang dipilih ditunjukkan dengan zi:

$$z_i = f(z_{in_i}) \quad (15)$$

Wok : Bias pada output neuron ke-k.

Yk : Output neuron ke-k.

Nilai input Yk ditunjukkan dengan y_ink :

$$y_{in_k} = W_{ok} + \sum_{i=1}^p z_i w_{jk} \quad (16)$$

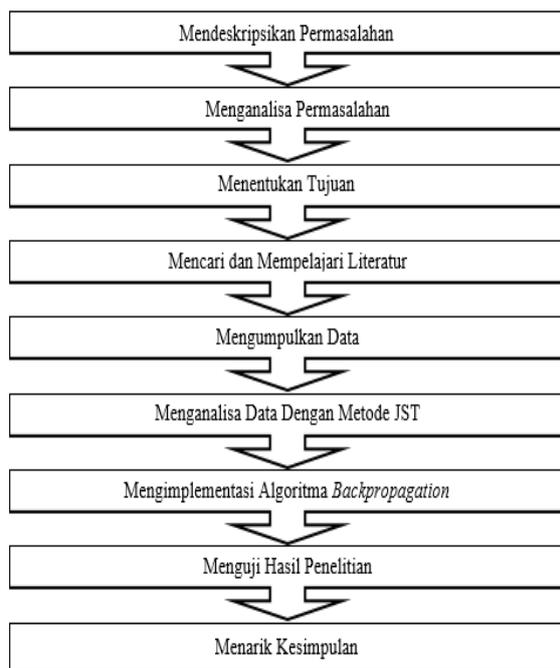
Nilai *output* dengan menggunakan fungsi aktivasi yang dipilih ditunjukkan dengan Y_k :

$$y = f(y_{in_k}) \quad (17)$$

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini dilakukan secara sistematis yang dapat digunakan sebagai pedoman untuk peneliti dalam melaksanakan ini agar hasil yang dicapai tidak menyimpang dan tujuan yang diinginkan dapat terlaksana dengan baik dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Kerangka kerja dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Kerangka Kerja Penelitian

4. ANALISA DAN PERANCANGAN

4.1 Analisa Sistem

Dalam logika eksak dikenal dua kondisi keputusan benar atau salah, baik atau buruk (*true or false*), dan tidak mengenal logika setengah benar atau setengah salah atau setengah baik atau setengah buruk, namun pada kenyataannya banyak kita lihat kondisi tersebut dalam

memberikan penilaian. Kita tidak bisa hanya memberikan penilaian butuh atau tidak butuhnya masyarakat terhadap air, karena ada beberapa faktor yang mempengaruhi penilaian terhadap tingkat kebutuhan masyarakat terhadap air. Data yang penulis peroleh dari PDAM Kota Padang diharapkan dapat membantu untuk menguji apakah Jaringan Syaraf Tiruan dapat membantu memprediksi tingkat kebutuhan air masyarakat di Kota Padang.

4.2 Analisa Kebutuhan Air

Data yang berkaitan dengan kebutuhan pemakaian air Kota Padang yang diperoleh selanjutnya akan diolah dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan yang nantinya akan memberikan suatu output perkiraan kebutuhan air, data yang diperoleh dianalisa dan dikelompokkan sehingga menjadi beberapa *rule-rule*.

Kebutuhan air bersih baik air minum serta kebutuhan air rumah tangga merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi, serta harus terjamin kesediaannya. Untuk dapat menjamin ketersediaan air bersih tersebut perlu kiranya kita dapat melakukan prediksi pemakaian air untuk masa yang akan datang sehingga jika terjadi perkiraan kenaikan tingkat pemakaian air kita dapat melakukan tindakan antisipasi awal baik itu berupa peningkatan kapasitas produksi atau harus mencari sumber air baru yang bisa dijadikan sebagai sumber air bersih.

Untuk melakukan prediksi pemakaian air bersih tersebut, penulis mencoba untuk melakukannya dengan mengkaji beberapa data yang menurut penulis data tersebut dapat membantu penulis dalam melakukan prediksi kebutuhan air bersih, data tersebut berkaitan dengan :

1. Sosial
2. Rumah Tangga
3. Instansi Pemerintah
4. Industri / Niaga
5. Pelabuhan
6. Konsumsi Air (ditetapkan sebagai target)

4.3 Variabel – variabel Data

Berdasarkan masalah yang telah dijelaskan pada sebelumnya, maka data yang akan dibutuhkan adalah data jumlah pelanggan pada PDAM Kota Padang. Di mana data yang didapat oleh penulis yaitu data yang diambil pada tahun 2014 - 2015. Berikut data yang didapatkan yang bersumber dari jumlah pelanggan PDAM Kota Padang:

Tabel 4.1 Data Penggunaan Konsumsi Air Tahun 2014/2015

No	Bulan 2014/2015	Data Penggunaan Air PDAM Kota Padang					Konsumsi / Terjual
		Sosial	Rumah Tangga	Instansi Pemerintah	Industri/ Niaga	Pelabuhan	
1	Januari	45.698	1.530.579	85.223	97.360	2.979	192.0381,8
2	Februari	47.337	1.596.457	93.468	100.187	3.380	2.018.614,68
3	Maret	44.241	1.527.516	90.880	95.029	3.533	1.917.267,62
4	April	49.515	1.643.284	98.587	107.809	4.315	2.052.286,03
5	Mei	53.019	1.741.062	94.696	115.121	3.235	2.159.404,55
6	Juni	52.302	1.712.099	92.101	127.826	3.440	2.145.848,59
7	Juli	52.580	1.619.492	77.812	120.087	2.910	2.023.320,79
8	Agustus	52.730	1.655.600	76.128	114.454	3.130	2.055.137,47
9	September	49.334	1.579.819	87.159	125.829	4.280	2.000.681,85
10	Oktober	53.536	1.704.343	90.000	122.857	3.910	2.117.914,90
11	November	51.681	1.692.499	92.820	119.640	4.190	2.118.824,50
12	Desember	48.093	1.582.007	86.934	107.573	3.970	1.996.651,60
13	Januari	52.319	1.715.589	87.407	119.323	2.680	2.128.979
14	Februari	50.853	1.621.893	88.277	108.989	4.030	2.023.856
15	Maret	46.211	1.501.807	77.737	98.641	3.100	1.885.745
16	April	51.236	1.724.842	88.193	115.565	3.960	2.139.859
17	Mei	51.338	1.732.990	88.130	118.885	3.640	2.140.179
18	Juni	51.168	1.688.250	85.265	116.746	4.770	2.093.315
19	Juli	52.755	1.612.454	72.948	103.895	4.550	2.001.494
20	Agustus	54.679	1.804.774	91.407	112.494	2.260	2.221.742
21	September	49.419	1.625.523	97.586	118.823	3.820	2.070.322
22	Oktober	51.625	1.743.285	94.004	128.721	3.470	2.180.762
23	November	51.463	1.724.035	94.804	120.538	4.490	2.154.209
24	Desember	49.967	1.696.698	99.916	118.686	4.550	2.051.688

4.4 Pembagian Data Pada Jaringan Syaraf Tiruan

Pembagian data pada Jaringan Syaraf Tiruan bertujuan untuk menentukan data yang akan digunakan sebagai data pelatihan dan data pengujian dalam proses menentukan pola terbaik.

4.4.1 Data untuk Pola Pelatihan

Dalam pelatihan ini dibagi menjadi tiga fase, yaitu propagasi maju, propagasi mundur, dan perubahan bobot. Propagasi maju dilakukan

untuk menentukan keluaran lapisan tersembunyi dan nilai keluaran akhir.

Jaringan pelatihan jaringan akan berhenti jika telah mendapatkan *error* yang lebih kecil dari target *error* dalam penelitian ini dinamakan MSE (*Mean Squared Error*). Jika *error* tidak terpenuhi maka *error* akan terhenti pada maksimum iterasi yang dimasukkan. Banyaknya masukan untuk lapisan masukan juga berpengaruh untuk keakuratan prediksi oleh Jaringan Syaraf Tiruan. Data masukan juga dipakai sebagai data peltihan untuk mencari

bobot yang optimal. Setiap arsitektur mempunyai bobot akhir yang dihasilkan berdasarkan bobot awal dan data masukan. Pada pelatihan jaringan akan memperhatikan parameter pembelajaran yang digunakan, seperti parameter *learning rate* (α). Semakin besar nilai α , semakin cepat pula proses pelatihan. Akan tetapi jika α terlalu besar, maka algoritma menjadi tidak stabil dan mencapai titik *minimum* lokal.

4.4.2 Data untuk Pola Pengujian

Setelah tahap pelatihan, yang dilakukan selanjutnya adalah tahap pengujian. Pengujian jaringan dilakukan untuk mendapatkan arsitektur yang tepat untuk peramalan produksi air PDAM. Data-data yang digunakan adalah data yang tidak ikut dilatih.

Faktor-faktor yang berpengaruh untuk mendapatkan hasil yang terbaik adalah jumlah *neuron* pada lapisan tersembunyi, *learning rate*, *momentum*, *error* dan iterasi. Berdasarkan hasil pengujian dapat diambil kesimpulan pengaruh *learning rate* dan *momentum* terhadap arsitektur jaringan sehingga mendapatkan arsitektur yang terbaik.

Penggunaan laju pembelajaran terlalu besar dan nilai momentum terlalu kecil akan menyebabkan tingkat *konvergensi* lebih lambat. Laju pembelajaran kecil dan momentum besar akan mempercepat tingkat *konvergensi* dan diharapkan mendapatkan hasil yang yang terbaik.

4.5 Proses Transformasi Data

Tahap dalam *Transformasi* merupakan awal tahapan dalam melakukan pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan dengan menggunakan metode *Backpropagation*. *Transformasi* data dilakukan digunakan dengan melakukan perubahan terhadap besar skala data input dan target sehingga nantinya proses akan berjalan dengan efisien. Proses Transformasi sangat penting dilakukan mengingat Jaringan Syaraf Tiruan tidak dapat mengolah langsung data yang didapat.

Setelah tahap pelatihan, yang dilakukan selanjutnya adalah tahap pengujian. Pengujian jaringan dilakukan untuk mendapatkan arsitektur yang tepat untuk peramalan kebutuhan air PDAM. Data-data yang digunakan adalah data yang tidak ikut dilatih.

Tujuan dari pembagian data pelatihan agar dapat membandingkan hasil pelatihan pada masing-masing bagian. Selain itu, untuk membandingkan nilai keakuratan proses pengujian berdasarkan hasil pelatihan. Untuk variabel data yang digunakan dalam proses prediksi Jaringan Syaraf Tiruan ini adalah :

X1 : Sosial

X2 : Rumah Tangga

X3 : Instansi Pemerintah

X4 : Industri / Niaga

X5 : Pelabuhan

Fungsi *aktivasi* yang digunakan untuk mengolah data di atas adalah fungsi *sigmoid* (biner), maka data harus *ditransformasikan* dulu karena *range* keluaran fungsi *aktivasi sigmoid* adalah [0,1]. Data *ditransformasikan* ke *interval* yang lebih kecil, misalnya pada *interval* [0.1, 0.8] adalah:

$$x = \frac{0,8(x - a)}{b - a} + 0,1$$

di mana:

0.8 = Ketetapan

x = Nilai data ke -n

b = Nilai data tertinggi (data tertinggi dari setiap input)

a = Nilai data terendah (data terendah dari setiap input)

4.6 Perancangan Algoritma Backpropagation

Pada tahap perancangan ini hasil analisa yang telah didapatkan akan diimplementasikan pada langkah-langkah algoritma *Backpropagation* menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid*. Ada empat langkah-langkah dalam menggunakan algoritma *Backpropagation* dengan menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid*. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:

Fase-fase Algoritma *Backpropagation*

1. Tahap Initialization

Merupakan tahapan untuk mendefinisikan atau menset awal nilai untuk variabel-variabel yang diperlukan, seperti : nilai *input*, *weight*, *output* yang diharapkan (target), *learning rate* (a) dan *bias/threshold*.

2. Tahap Activation

Pada tahap *activation* ini dilakukan 2 (dua) kegiatan yaitu : menghitung *aktual output* pada *hidden layer* dan menghitung *aktual output* pada *output layer*.

3. Tahap Weight Training

Pada tahap *weight training* dilakukan 2 (dua) kegiatan yaitu menghitung *error gradient* pada *output layer* dan menghitung *error gradient* pada *hidden layer*.

4. Tahap Iteration

Tahapan terakhir ini adalah tahapan untuk pengujian di mana jika *error* yang diharapkan belum ditemukan maka akan kembali lagi ke tahapan ke 2 (dua) yaitu tahap *activation*.

4.7 Perancangan Manual Jaringan Syaraf Tiruan

Berikut ini diberikan contoh perhitungan pelatihan atau prediksi dengan Jaringan Syaraf Tiruan untuk memprediksi pemakaian air PDAM, sebagai contoh pelatihan menggunakan 5 variabel input vector x, yaitu:

- X1 : Sosial
- X2 : Rumah Tangga
- X3 : Instansi Pemerintah
- X4 : Industri / Niaga
- X5 : Pelabuhan

Dari input data prediksi pemakaian air adalah sebagai berikut:

X1	X2	X3	X4	X5
0,6770	0,6645	0,5289	0,6501	0,2339

Arsitektur jaringan yang akan dipilih dimisalkan terdiri dari jumlah input layer terdiri 5 neuron yang variabelnya adalah sosial, rumah tangga, instansi pemerintah, industri/niaga, pelabuhan, sebagai input dan konsumsi / terjual sebagai target (output).

- a. Berikan nilai bobot (V) dari input ke lapisan tersembunyi (hidden layer).

Tabel 4.21 Bobot Awal dan Bias Input ke Hidden dari Matlab

Bobot	Z1	Z2	Z3
V1	4,4108	8,9295	-4,9737
V2	5,4763	2,7532	-5,0726
V3	-5,7291	1,9039	11,2585
V4	6,835	-7,904	6,5827
V5	5,5501	-0,2788	3,4684
Bias	-10,8482	-2,2213	-8,4205

- b. Berikan nilai bobot dari lapisan tersembunyi ke output.

Tabel 4.22 Bobot Yang Diberikan dari Hidden Layer ke Output Layer

Bobot	Y
W1	-0,7162
W2	-0,1565
W3	0,8315
Bias	0,5844

5. IMPLEMENTASI DAN HASIL

5.1 Pelatihan dan Pengujian dengan MATLAB

Dalam melakukan pelatihan dan pengujian hasil dari prediksi penggunaan beban tenaga listrik, maka pengenalan pola tersebut juga akan diujikan ke dalam sistem komputerisasi. Pelatihan yang dilakukan dalam Matlab dapat menggunakan berbagai fungsi, tujuannya adalah mempercepat pelatihan. Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa Jaringan Syaraf Tiruan

dengan algoritma *Backpropagation* yang sudah dilatih dan diuji dengan baik akan memberikan keluaran yang masuk akal jika diberi masukan yang serupa dengan pola yang dipakai untuk pelatihan dan pengujian. Sifat *generalisasi* ini membuat pelatihan dan pengujian lebih efisien karena tidak perlu dilakukan pada semua data. Adapun data perbandingan dari masing-masing pola dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Perbandingan Epoch dan MSE Dari Pola yang Diuji

No	Jumlah Data			Pola Arsitektur	Data		Akurasi (100 - MSE)
	Data	Latih	Uji		Epoch Latih	MSE Uji	
1	24	12	12	5-2-1	44247	0,0009999	99,9990001
2				5-4-1	2413	0,0009997	99,9990002
3				5-6-1	7206	0,0009996	99,9990003
4		14	10	5-2-1	75651	0,0009999	99,9990000
5				5-4-1	2981	0,0009997	99,9990002
6				5-6-1	1376	0,0009996	99,9990003
7		16	8	5-2-1	21150	0,0009999	99,9990000
8				5-4-1	6346	0,0009999	99,9990000
9				5-6-1	374	0,0009991	99,9990008

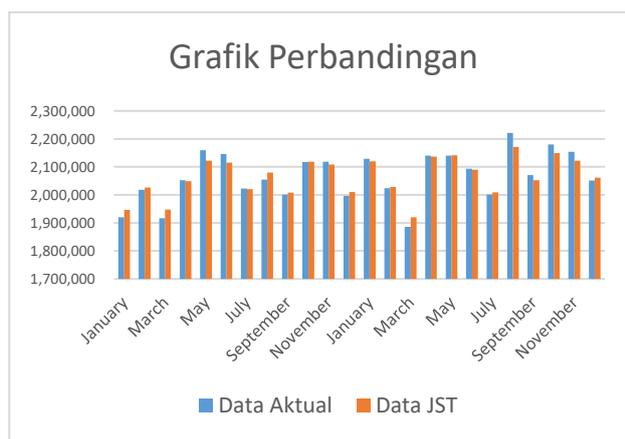
Setelah dilakukan proses pelatihan data dan pengujian data akan dilakukan perbandingan data kebutuhan konsumsi air dengan hasil prediksi menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan algoritma *backpropagation*. Berikut hasil dari perbandingan beban puncak data aktual dan data prediksi dengan Jaringan Syaraf Tiruan algoritma *backpropagation* dengan pola 5-2-1 yang dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perbandingan Hasil Prediksi Kebutuhan Konsumsi Air

No	Bulan	Data Aktual	Data JST	Selisih
1	January	1.920.381,80	1.946.090	-25.708
2	February	2.018.614,68	2.025.856	-7.241
3	March	1.917.267,62	1.947.535	-30.267
4	April	2.052.286,03	2.049.073	3.213
5	May	2.159.404,55	2.121.749	37.655
6	June	2.145.848,59	2.115.130	30.718
7	July	2.023.320,79	2.020.144	3.177
8	August	2.055.137,47	2.079.414	-24.276
9	September	2.000.681,85	2.007.578	-6.896
10	October	2.117.914,90	2.119.061	-1.146

11	November	2.118.824,50	2.108.444	10.381
12	December	1.996.651,60	2.009.929	-13.278
13	January	2.128.979,00	2.120.002	8.977
14	February	2.023.856,00	2.028.913	-5.057
15	March	1.885.745,00	1.920.319	-34.574
16	April	2.139.859,00	2.136.399	3.460
17	May	2.140.179,00	2.140.968	-789
18	June	2.093.315,00	2.090.502	2.813
19	July	2.001.494,00	2.008.922	-7.428
20	August	2.221.742,00	2.171.141	50.601
21	September	2.070.322,00	2.052.433	17.889
22	October	2.180.762,00	2.148.999	31.763
23	November	2.154.209,00	2.122.556	31.653
24	December	2.051.688,00	2.061.572	-9.884
25	Total	49.618.484	49.552.728	65.756
26	Rata-Rata	2.067.437	2.064.697	2.740

Tabel 5.2 merupakan hasil perbandingan data aktual dengan hasil prediksi pada bulan January 2015 sampai bulan Desember 2015 dengan Jaringan Syaraf Tiruan dengan algoritma *Backpropagation*.



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Hasil Prediksi

Pada tabel 5.2 dan grafik 5.1 dapat dilihat perbandingan dari data prediksi yang dilakukan dengan Jaringan Syaraf Tiruan algoritma *Backpropagation* menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dari data actual dari PDAM Kota Padang. Hasil prediksi tersebut bisa saja lebih atau kurang dari data aktual yang digunakan dalam memprediksi kebutuhan konsumsi air.

6 PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan solusi terbaik dalam menyelesaikan permasalahan serta saran-saran dalam memprediksi Jaringan Syaraf Tiruan. Sehubungan dengan adanya analisa yang telah dilakukan pada PDAM Kota Padang dengan metode-metode penelitian yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan dalam melakukan prediksi kebutuhan air pada PDAM Kota Padang dilakukan dengan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kebutuhan air, faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kebutuhan air tersebut diambil dari data penggunaan pemakaian air yaitu sosial, rumah tangga, instansi pemerintah, Industri / niaga dan pelabuhan. Perancangan ini menggunakan 5 *input*, 2 *hidden* dan 1 target (*output*).
2. Penerapan algoritma *Backpropagation* pada Jaringan Syaraf Tiruan untuk menghasilkan akurasi yang tinggi dilakukan dengan cara melakukan pembagian data yang akan digunakan untuk pola pelatihan dan pola pengujian. Tingkat akurasi pada penelitian dihitung berdasarkan nilai rata *error* yang dihasilkan dari data *output* dengan hasil MSE(*Mean Square Error*) sebesar 0.0009999 dan nilai keakuratan sebesar 99.999 %.
3. Dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan algoritma *Backpropagation* proses prediksi lebih cepat, akurat, meminimalisir kesalahan dan bisa menggunakan teknologi komputer. Serta mudah dalam pengembangannya. Semakin kecil tingkat ketelitian *error* yang digunakan maka akan semakin kecil penyimpangan hasil jaringan saraf tiruan dengan target yang diinginkan.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah penulis lakukan melalui tahap pelatihan dan pengujian serta implementasi dengan algoritma *Backpropagation*, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya data yang digunakan untuk prediksi dalam kurun waktu harian. Supaya data yang digunakan semakin banyak Karena jumlah data dapat mempengaruhi tingkat akurasi.

2. Menggunakan hidden layer yang lebih banyak sehingga dapat diperoleh hasil yang akurat.
3. Algoritma *Backpropagation* Jaringan Syaraf Tiruan selain dapat diaplikasikan untuk prediksi kebutuhan air PDAM Kota Padang, metode ini juga dapat diaplikasikan untuk keperluan prediksi di bidang lain seperti prediksi curah hujan, prediksi beban listrik, prediksi tingkat kelahiran dan banyak lagi yang lainnya.

Referensi

- [1] Allaf Omaima N. Ahmad *et al*, (2012). "Artificial Neural Networks for Iris Recognition System: Comparisons between Different Models, Architectures and Algorithms". International Journal of Onformation and Communication Technology Research, November 2012.
- [2] Andrijasa, M.F. dan Mistianingsih, (2010). "Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memperdikasi Jumlah Pengangguran di Provinsi Kalimantan Timur Dengan Menggunakan Algoritma Pembelajaran *Backpropagation*". Jurnal Informatika Mulawarman, Samarinda, 1 Februari 2010.
- [3] Anwar, Badrul. (2011). "Penerapan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* Dalam Memprediksi Tingkat Suku Bunga Bank". Jurnal SAINTIKOM, Mei 2011.
- [4] Anike Marleni *et al*, (2012). "Pengembangan Sistem Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Memprediksi Jumlah Dokter Keluarga Menggunakan *Backpropagation*". Seminar Nasional Teknologi dan Komunikasi (SENTIKA), Yogyakarta, 10 Maret 2012.
- [5] Che Zhen-Guo *et al*, (2011). "Feed-Forward Neural Networks Training: A Comparison Between Genetic Algorithm and Back-Propagation Learning Algorithm". International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Oktober 2011.
- [6] Dahriani Hakim Tanjung, (2015). "Jaringan Syaraf Tiruan dengan *Backpropagation* untuk Memprediksi Penyakit Asma". Citec Journal, November 2014 – Januari 2015.
- [7] Devi Ch.Jyosthna *et al*, (2012). "ANN Approach for Weather Prediction Using *Backpropagation*". International Journal of Engineering Trens and Technology, 2012.
- [8] Fithri D.L, (2013). "Deteksi Penyakit pada Daun Tembakau dengan Menerapkan Algoritma Artificial Neural Network". Jurnal SIMETRIS, 1 April 2013.
- [9] Gupta Arti and Shreevastava, (2011). "Medical Diagnosis using *Backpropagation Algorithm*". IJETAE, November 2011.
- [10] Indah, Meilia Nur dan Rismiyana Ismiarti, (2010). "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Aplikasi Identifikasi Huruf Vokal Berdasarkan Pola Gerak Bibir". Jurnal PETIR, 1 Januari 2010.
- [11] Kusuma Intan Widya, (2011). "Aplikasi Model *Backpropagation Neural Network* untuk Perkiraan Produksi Tebu pada PT. Perkebunan Nusantara IX". Proseding, 3 Desember 2011.
- [12] Puspitaningrum, Diah. (2006). Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan. Yogyakarta: Andi Offset.
- [13] Sarbjeet Singh and Sukhvinder Singh, 2010. "Artificial Intelligence". International Journal of Computer Applications (0975-8887), September 2010.
- [14] Salma Dilek *et al*, (2015). "Application of Artificial Intelligence Techniques to Combating Cyber Crimes: A Review". International journal of Artificial Intelligence (IJAIA), Vol. 6, No. 1, Januari 2015.
- [15] Siang Jong Jek, (2009). "Jaringan Saraf Tiruan & Pemogramannya Menggunakan Matlab". Andi Offset. Yogyakarta.
- [16] Sutojo, T. *et al.*, (2011). Kecerdasan Buatan. Yogyakarta: Andi Offset.
- [17] Romi Poire Sihotang dan Paska Marto Hasuhian, (2014). "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk Prediksi Kebutuhan Bahan Minyak Menggunakan Metode *Backpropagation*". Informasi dan Teknologi Ilmiah (INTI), 3 Oktober 2014.
- [18] Zekson Arizona Matondang, (2013). "Jaringan Syaraf Tiruan dengan Algoritma *Backpropagation* untuk Penentuan Kelulusan Sidang Skripsi". Pelita Informatika Budi Darma, 1 Agustus 2013.