

Penerapan Algoritma *Backpropagation* Untuk Prediksi Kebutuhan Air Bersih pada PDAM Intan Banjar

Bahar¹, Surya Ade Yahya²

Program Studi Teknik Informatika, STMIK Banjarbaru
Jl. Ahmad Yani KM 33,5 Loktabat Banjarbaru, Telp (0511) 4782881
¹bahararahman@gmail.com, ²adeyahya86@gmail.com

Abstrak

Air mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia dan makhluk lainnya di alam ini. Tidak ada satupun kehidupan di dunia yang tidak membutuhkan air. Pertumbuhan penduduk harus diikuti dengan ketersediaan air bersih yang sehat dan cukup, karna itu diperlukannya suatu penerapan prediksi dalam menentukan jumlah produksi air bersih yang tepat, agar mencegah terjadinya kekurangan dan kelebihan air bersih yang akan berdampak pada penambahan biaya bahan baku penjernih air. Untuk itulah diperlukan sebuah prediksi dengan *Backpropagation Neural Network* (BPNN) yang bisa digunakan untuk prediksi data time series. BPNN dipilih karena merupakan model non-linier yang dapat di training untuk dapat memetakan data historikal dan data masa depan dari data time series dengan cara demikian ekstrak struktur hidden dan hubungannya yang dapat menentukan data yang diramalkan. Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan dari hasil pengujian yang dilakukan untuk memperoleh hasil diperlukan bobot yang mempunyai akurasi yang tinggi sehingga dapat menghasilkan sebuah prediksi yang lebih tepat.

Kata Kunci: *Backpropagation*, Prediksi, Kebutuhan Air

Abstract

Water has a very important role in the lives of humans and other creatures in nature. There is no life in the world that does not need water. Population growth should be followed by the availability of clean and healthy water, because it requires a prediction application in determining the exact amount of clean water production, in order to prevent the occurrence of shortages and excess water that will affect the addition of raw water purification raw materials cost. For that we need a prediction with Backpropagation Neural Network (BPNN) that can be used to predict time series data. BPNN was chosen because it is a non-linear model that can be trained to be able to map historical data and future data from time series data by thereby extracting hidden structures and their relationships that can determine predicted data. Based on the design, testing, and analysis that has been done, it can be concluded from the results of tests conducted to obtain the results required weight that has a high accuracy so as to produce a more precise prediction.

Keywords: Backpropagation, Prediction, Water Needs

1. Pendahuluan

Air mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia dan makhluk lainnya di alam ini. Tidak ada satupun kehidupan di dunia yang tidak membutuhkan air. Pertumbuhan penduduk harus diikuti dengan ketersediaan air bersih yang sehat dan cukup. Air tersebut dapat berasal dari permukaan tanah, (misalnya air sungai, air danau dan sebagainya) yang sebelum digunakan harus diolah terlebih dahulu [1].

Keberadaan air di bumi terbatas. Oleh karena itu diperlukan manajemen pengelolaan air yang tepat. Dalam mengantisipasi kekurangan air masa depan, diperlukan sebuah prediksi yang tepat. Dengan menggunakan persamaan kebutuhan air tanaman kita dapat menganalogikan untuk mendapatkan nilai koefisien kebutuhan air kawasan. Koefisien tersebut merupakan karakteristik dari jumlah air yang digunakan oleh masyarakat. Dengan menggunakan koefisien tersebut kita dapat melakukan prediksi untuk menghitung banyaknya jumlah air yang akan digunakan pada masa depan dengan lebih tepat. Selain koefisien secara sektoral diperlukan juga nilai koefisien berdasarkan temporal. Hal ini dikarenakan kegiatan masyarakat yang beragam, dalam setiap tahunnya [2].

Backpropagation Neural Network (BPNN) adalah algoritma yang dapat digunakan untuk prediksi data time series. BPNN dipilih karena merupakan model non-linier yang dapat di training untuk dapat memetakan data historikal dan data masa depan dari data time series

dengan cara demikian ekstrak struktur hidden dan hubungannya yang dapat menentukan data yang diramalkan. Sedangkan arsitektur jaringan yang paling umum digunakan dalam jaringan syaraf untuk keperluan keuangan adalah jaringan *feed forward multilayer* yang dilatih dengan menggunakan BPNN [3].

Penelitian mengenai penggunaan *Backpropagation* untuk memprediksi telah banyak dilakukan. Nur'afifah (2011) mencoba menerapkan metode *backpropagation* untuk melakukan prediksi pada indeks harga saham pada kelompok indeks bisnis. Adapun hasil penelitian yang didapat mengetahui pola-pola pada indikator teknikal yang mempengaruhi penurunan atau kenaikan indeks saham, dengan melihat data-data saham sebelumnya. Sehingga dapat di prediksi pergerakan harga saham dimasa yang akan datang [4]. Zekson (2013) mengimplementasikan jaringan syaraf tiruan menggunakan metode algoritma *Backpropagation*. Hasil dari penelitian tersebut menentukan kriteria penentuan kelulusan sidang skripsi dan mengimplementasikan jaringan syaraf tiruan untuk penentuan kelulusan sidang skripsi bagi mahasiswa STMIK Budidharma Medan dengan menggunakan metode *Backpropagation* [5].

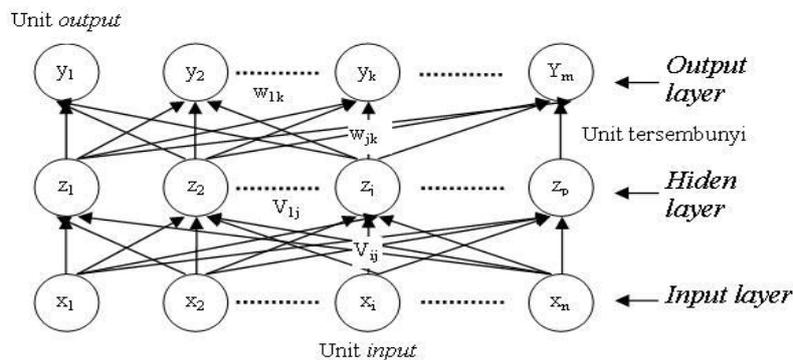
Penggunaan *Backpropagation* untuk memprediksi juga telah dilakukan oleh Adrijasa dan Mistianingsih (2016) dalam kasus prediksi Jumlah Pengangguran di Suatu Provinsi [6], proyeksi Logistik berdasarkan Prediksi Jumlah Pasien Rumah Sakit [7], serta prediksi Nilai Eksport Komuditas [8].

Penelitian ini menerapkan model BPNN untuk memprediksi kebutuhan air bersih pada PDAM Intan Banjar.

2. Metode Penelitian

2.1. Arsitektur *Backpropagation*

Backpropagation memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih lapis tersembunyi. Gambar 1. di bawah adalah arsitektur *Backpropagation* dengan n buah masukan ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) ditambah sebuah bias, sebuah lapis tersembunyi yang terdiri dari j unit ditambah sebuah bias, serta k buah unit keluaran [9].



Gambar 1. Arsitektur *Backpropagation*

2.2. Kebutuhan Sistem

Sebelum dilakukan proses perhitungan, ditentukan besaran-besaran yang akan dilakukan perhitungan:

1. *Learning rate* $\alpha = 1$
2. Maksimum epoch = 1000
3. Target error = 0,01
4. $e = 2,71828183$

Data *time series* pada tabel 1, 2, dan 3 terlebih dahulu akan di normalisasikan agar nilainya menjadi antara 0,1-0,9 dengan membagi tiap2 nilainya. Hal ini dimaksudkan agar dapat di proses dengan fungsi aktivasi BPNN *sigmoid biner*.

Tabel 1 Jumlah Pemakaian Air Ternormalisasi

NO	BULAN	2011	2012	2013	2014	2015
1	JANUARI	0,310470	0,316452	0,330801	0,325753	0,406077
2	FEBRUARI	0,276956	0,310655	0,303998	0,324221	0,329765

3	MARET	0,238982	0,291348	0,286014	0,304537	0,302210
4	APRIL	0,306367	0,325903	0,317428	0,305797	0,362079
5	MEI	0,301293	0,316757	0,329387	0,340446	0,378546
6	JUNI	0,314897	0,362851	0,322659	0,340322	0,371063
7	JULI	0,280624	0,336344	0,331334	0,332951	0,372156
8	AGUSTUS	0,333880	0,301797	0,370470	0,355551	0,420849
9	SEPTEMBER	0,381935	0,379018	0,313371	0,367645	0,452366
10	OKTOBER	0,322592	0,335652	0,373262	0,441020	0,445318
11	NOVEMBER	0,352335	0,374594	0,384893	0,467363	0,477769
12	DESEMBER	0,306848	0,343010	0,355807	0,407177	0,440176

Tabel 2 Produksi Air Ternormalisasi

NO	BULAN	2011	2012	2013	2014	2015
1	JANUARI	0,430836	0,459041	0,482874	0,667149	0,516827
2	FEBRUARI	0,457912	0,444114	0,451820	0,606080	0,521031
3	MARET	0,457503	0,485159	0,491692	0,442387	0,472983
4	APRIL	0,484806	0,458437	0,491104	0,639349	0,535985
5	MEI	0,456140	0,477583	0,518043	0,617072	0,519162
6	JUNI	0,375318	0,530247	0,508690	0,548176	0,514349
7	JULI	0,452280	0,519979	0,504796	0,540762	0,520444
8	AGUSTUS	0,472241	0,511007	0,503091	0,568985	0,557045
9	SEPTEMBER	0,456624	0,456868	0,492358	0,571993	0,560562
10	OKTOBER	0,505428	0,536427	0,469524	0,536588	0,495593
11	NOVEMBER	0,474049	0,517542	0,489520	0,578826	0,558989
12	DESEMBER	0,505581	0,513279	0,477599	0,543908	0,554258

Tabel 3 Jumlah Pelanggan Ternormalisasi

NO	BULAN	2011	2012	2013	2014	2015
1	JANUARI	0,17366	0,20082	0,22544	0,24381	0,27112
2	FEBRUARI	0,17439	0,20276	0,22615	0,24548	0,27560
3	MARET	0,17704	0,20387	0,22660	0,24761	0,27811
4	APRIL	0,17879	0,20478	0,22795	0,24952	0,27974
5	MEI	0,17998	0,20652	0,23038	0,25037	0,28254
6	JUNI	0,18062	0,20811	0,23141	0,25194	0,28484
7	JULI	0,18331	0,21082	0,23367	0,25371	0,28634
8	AGUSTUS	0,18571	0,21334	0,23493	0,25533	0,29007
9	SEPTEMBER	0,18936	0,21631	0,23654	0,25756	0,29420
10	OKTOBER	0,19166	0,21964	0,23900	0,26014	0,29731
11	NOVEMBER	0,19445	0,22257	0,24116	0,26391	0,29926
12	DESEMBER	0,19828	0,22427	0,24283	0,26785	0,30127

Setelah dilakukan training akan mendapatkan bobot baru yang akan di pakai di perhitungan data uji masing-masing data hanya 1 epoch pada perhitungan data uji.

Tabel 4 Data Uji

Input 1 (X ₁)	Input 2 (X ₂)	Bias	Target (t)
0,27112	0,516827	1	0,406077
0,27560	0,521031	1	0,329765
0,27811	0,472983	1	0,302210
0,27974	0,535985	1	0,362079
0,28254	0,519162	1	0,378546
0,28484	0,514349	1	0,371063
0,28634	0,520444	1	0,372156
0,29007	0,557045	1	0,420849

0,29420	0,560562	1	0,452366
0,29731	0,495593	1	0,445318
0,29926	0,558989	1	0,477769
0,30127	0,554258	1	0,440176

Setting atribut

- Jumlah *neuron* pada *input layer* = 2
- Jumlah *neuron* pada *hidden layer* = 4
- Jumlah *neuron* pada *output layer* = 1
- Learning rate* (a) a=1
- e = 2,71828183

Bobot awal input ke hidden

$$V_{11}= 0,4051 \quad V_{12}= 1,8682 \quad V_{13}= -0,3271 \quad V_{14}= -0,1647$$

$$V_{21}= -0,3441 \quad V_{22}= 1,2291 \quad V_{23}= -0,4286 \quad V_{24}= 0,5107$$

Bobot awal bias ke hidden

$$VO_1= -0,4333 \quad VO_2= 1,9080 \quad VO_3= -0,7747 \quad VO_4= -0,2970$$

Bobot awal hidden ke output

$$W_1= -2,6986 \quad W_2= -0,8751 \quad W_3= -2,7885 \quad W_4= -3,0461$$

Bobot awal bias ke output

$$WO= -1,0890$$

Data 1

$$Z_In_1 = VO_1 + (V_{11} * X_{11}) + (V_{21} * X_{12})$$

$$Z_In_1 = -0,4333 + (0,4051 * 0,2711) + (-0,3441 * 0,5168)$$

$$Z_In_1 = -0,5013$$

$$Z_In_2 = VO_2 + (V_{12} * X_{11}) + (V_{22} * X_{12})$$

$$Z_In_2 = 1,9080 + (1,8682 * 0,2711) + (1,2291 * 0,5168)$$

$$Z_In_2 = 3,0496$$

$$Z_In_3 = VO_3 + (V_{13} * X_{11}) + (V_{23} * X_{12})$$

$$Z_In_3 = -0,7747 + (-0,3271 * 0,2711) + (-0,4286 * 0,5168)$$

$$Z_In_3 = -1,0848$$

$$Z_In_4 = VO_4 + (V_{14} * X_{11}) + (V_{24} * X_{12})$$

$$Z_In_4 = -0,2970 + (-0,1647 * 0,2711) + (0,5107 * 0,5168)$$

$$Z_In_4 = -0,0777$$

Operasi pada hidden layer

Pengaktifan Z_1 sampai Z_4

$$z_1 = \frac{1}{1 + e^{-Z_In_1}}$$

$$z_1 = 0,3772$$

$$z_2 = \frac{1}{1 + e^{-Z_In_2}}$$

$$z_2 = 0,9547$$

$$z_3 = \frac{1}{1 + e^{-Z_In_3}}$$

$$z_3 = 0,2525$$

$$z_4 = \frac{1}{1 + e^{-Z_In_4}}$$

$$z_4 = 0,4805$$

Operasi pada output layer

Perkalian

$$y_{in} = W_0 + (W_1 * Z_1) + (W_2 * Z_2) + (W_3 * Z_3) + (W_4 * Z_4)$$

$$y_{in} = -5,1107$$

Pengaktifan

$$y = \frac{1}{1 + e^{-y_{in}}} =$$

$$y = 0.0059$$

Menghitung kuadrat error

$$\text{Error} = 0,4060 - 0.0059 = 0,4000$$

$$\text{Jumlah kuadrat error} = (-0,4000^2) = 0,1600$$

Perhitungan berlanjut ke data uji 2 dan seterusnya dengan hasil berikut.

Tabel 5 Tabel Hasil

Bulan	Tahun	Hasil
JANUARI	2015	0,1600
FEBRUARI	2015	0,1048
MARET	2015	0,0877
APRIL	2015	0,1267
MEI	2015	0,1388
JUNI	2015	0,1332
JULI	2015	0,1340
AGUSTUS	2015	0,1992
SEPTEMBER	2015	0,1992
OKTOBER	2015	0,1930
NOVEMBER	2015	0,2225
DESEMBER	2015	0,1884

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil



HOME
MASTER DATA
BPNN
LAPORAN
LOGOUT

Input Data Training

Bulan:

Tahun:

X1:

X2:

Target:

submit
reset

© Developed by Yahyaoms

Gambar 2 Form Input Data Training

Form master data (gambar 2) prediksi merupakan form untuk menginput data masukan x_1 , x_2 , bulan, tahun dan target yang diambil dari data PDAM yang sudah di normalisasi dengan x_1 sebagai jumlah pelanggan, x_2 sebagai produksi air, target sebagai jumlah pemakaian air.

The screenshot shows the 'Input Data Uji' form within the PDAMIntan Banjar BPNN application. The form is titled 'Input Data Uji' and contains five input fields: 'Bulan', 'Tahun', 'X1', 'X2', and 'Target'. Below the input fields are two buttons: 'submit' and 'reset'. The page header includes navigation links: HOME, MASTER DATA, BPNN, LAPORAN, and LOGOUT. The footer of the page reads '© Developed by Yahyaoms'.

Gambar 3 Form Input Data Uji

Form master data uji (gambar 3) merupakan form untuk menginput data masukan x_1 , x_2 , bulan, tahun dan target untuk perhitungan beberapa bulan dari data uji yang telah ditetapkan.

The screenshot shows the 'Form BPNN Data Prediksi' page within the PDAMIntan Banjar BPNN application. The page displays the results of a BPNN prediction. The page header includes navigation links: HOME, MASTER DATA, BPNN, LAPORAN, and LOGOUT. The main content area shows the following data:

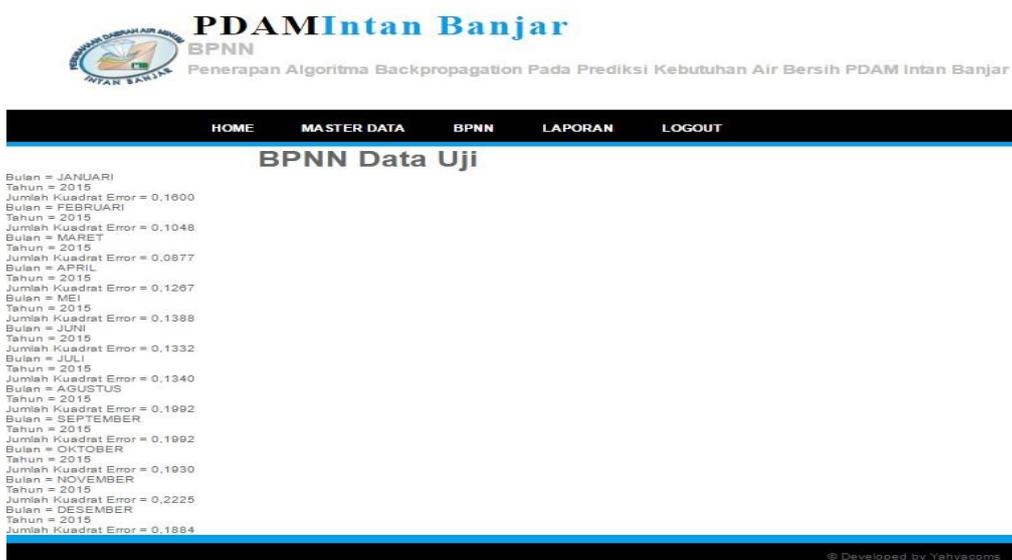
```

Epoch = 1
Data = 1
Jumlah Kuadrat Error = 0.3556073815708
0.95578212032554
0.77433034228944
0.16097270972275
0.2884915825239
0.19511337232859
0.60866031941058
0.027806233042403
0.97083065478856
0.74707765164482
0.36883008219726
0.71795430139834
0.16217547536807
0.19112952222511
0.92393494405603
0.64545901687536
0.022078960381751
0.90006724926996
Data = 2
Jumlah Kuadrat Error = 0.38032204557008
0.9553372206381
0.77222716475954
0.15950094478974
0.28844087174579
0.19398763593129
0.60313510436879
0.0239397074967
0.97066773353041
0.74481983029235
0.35676365930625
0.70951045783547
0.16188453573462
0.14822978544692
0.88369901231637
0.60552434362219
-0.16536882147957
0.8414330040882
Data = 3
Jumlah Kuadrat Error = 0.40574264115607
0.95493523984794
0.76981235883916

```

Gambar 4 Form BPNN Data Prediksi

Form Prediksi (gambar 4) merupakan form proses yang akan menjalankan prediksi time series dengan parameter inputan x_1 , x_2 dan target dengan bobot yang sudah di tanam di aplikasi.



Gambar 5 Form BPNN Data Uji

Pada form (gambar 5) ini sudah ditanamkan bobot baru yang di dapat pada perhitungan BPNN di atas. Pada form ini menampilkan jumlah kuadrat error yang nantinya akan di hitung selisihnya dengan data kenyataan.

No.	Bulan	Tahun	Jumlah Pemakaian Air	Kuadrat Error	Prediksi
1.	JANUARI	2015	0.4060	0.1600	0.4001
2.	FEBRUARI	2015	0.3297	0.1048	0.3237
3.	MARET	2015	0.3022	0.0877	0.2962
4.	APRIL	2015	0.3620	0.1267	0.3560
5.	MEI	2015	0.3785	0.1388	0.3725
6.	JUNI	2015	0.3710	0.1332	0.3650
7.	JULI	2015	0.3721	0.1340	0.3661
8.	AGUSTUS	2015	0.4208	0.1721	0.4148
9.	SEPTEMBER	2015	0.4523	0.1992	0.4463
10.	OKTOBER	2015	0.4453	0.1930	0.4393
11.	NOVEMBER	2015	0.4777	0.2225	0.4717
12.	DESEMBER	2015	0.4401	0.1884	0.4341

Gambar 6 Laporan Data Prediksi

Laporan prediksi (gambar 6) menampilkan hasil prediksi dari BPNN, dimana ditampilkan perbandingan data aplikasi dengan data kenyataan. Data yang di hitung pada penelitian ini adalah data pemakaian air, produksi air dan jumlah pelanggan pada PDAM Intan Banjar.



PDAM INTAN BANJAR
DATA PDAM INTAN BANJAR

Waktu, 01:16

LAPORAN DATA PDAM INTAN BANJAR

No.	Bulan	Tahun	Jumlah Pelanggan	Produksi Air	Jumlah Pemakaian Air
1.	JANUARI	2011	1736	4308	3104
2.	FEBRUARI	2011	1743	4570	2769
3.	MARET	2011	1770	4575	2369
4.	APRIL	2011	1767	4848	3063
5.	MEI	2011	1799	4561	3012
6.	JUNI	2011	1806	3753	3148
7.	JULI	2011	1833	4522	2806
8.	AGUSTUS	2011	1857	4722	3338
9.	SEPTEMBER	2011	1893	4566	3819
10.	OKTOBER	2011	1916	5054	3225
11.	NOVEMBER	2011	1944	4740	3523
12.	DESEMBER	2011	1982	5055	3068
13.	JANUARI	2012	2006	4590	3164
14.	FEBRUARI	2012	2027	4441	3106
15.	MARET	2012	2036	4851	2913
16.	APRIL	2012	2047	4584	3259
17.	MEI	2012	2065	4775	3167
18.	JUNI	2012	2081	5302	3628
19.	JULI	2012	2108	5199	3363
20.	AGUSTUS	2012	2133	5110	3617
21.	SEPTEMBER	2012	2163	4568	3790
22.	OKTOBER	2012	2196	5364	3356
23.	NOVEMBER	2012	2225	5175	3745
24.	DESEMBER	2012	2242	5132	3430
25.	JANUARI	2013	2254	4828	3308
26.	FEBRUARI	2013	2261	4518	3099
27.	MARET	2013	2266	4916	2860
28.	APRIL	2013	2279	4911	3174
29.	MEI	2013	2303	5180	3293
30.	JUNI	2013	2314	5066	3226
31.	JULI	2013	2336	5047	3313
32.	AGUSTUS	2013	2349	5030	3704
33.	SEPTEMBER	2013	2365	4923	3133
34.	OKTOBER	2013	2390	4955	3732
35.	NOVEMBER	2013	2411	4895	3648
36.	DESEMBER	2013	2426	4775	3556
37.	JANUARI	2014	2438	4971	3257
38.	FEBRUARI	2014	2454	5060	3242
39.	MARET	2014	2476	4423	3045
40.	APRIL	2014	2495	6393	3657
41.	MEI	2014	2503	6170	3404
42.	JUNI	2014	2519	5481	3403
43.	JULI	2014	2537	5407	3329
44.	AGUSTUS	2014	2553	5689	3555
45.	SEPTEMBER	2014	2575	5719	3676
46.	OKTOBER	2014	2601	5365	4410
47.	NOVEMBER	2014	2639	5788	4673
48.	DESEMBER	2014	2676	5439	4071

Banjarbaru, 30 / 05 / 2017

Gambar 7 Laporan Data PDAM Intan Banjar

Laporan Data PDAM Intan Banjar (gambar 7) menyajikan data pemakaian air, produksi air dan jumlah pelanggan yang sudah di normalisasi perbulan sesuai yang ingin di tampilkan pada form laporan.

3.2 Pengujian Sistem

Pengujian akurasi ini dilakukan perbandingan akurasi pada hasil prediksi manual dengan hasil prediksi metode.

Tabel 6 Tabel Pengujian Akurasi

Bulan	Tahun	Prediksi Manual	Realisasi	Metode	Jumlah Kuadrat Error	Selisih Manual	Selisih Metode
Januari	2015	406,077	516,827	400,005	0,1600	110,750	116,822
Februari	2015	329,765	521,031	323,705	0,1048	191,266	197,326
Maret	2015	302,210	472,983	296,208	0,0877	170,773	176,775
April	2015	362,079	535,985	356,005	0,1267	173,906	179,980
Mei	2015	378,546	519,162	372,506	0,1388	140,616	146,656
Juni	2015	371,063	514,349	365,007	0,1332	143,286	149,342
Juli	2015	372,156	520,444	366,107	0,1340	148,288	154,337
Agustus	2015	420,849	557,045	414,806	0,1721	136,196	142,239
September	2015	452,366	560,562	446,306	0,1992	108,196	114,256
Oktober	2015	445,318	495,593	439,311	0,1930	50,275	56,282
November	2015	477,769	558,989	471,707	0,2225	81,220	87,282
Desember	2015	440,176	554,258	434,107	0,1884	114,082	120,151

Proses *Backpropagation Neural Network* memerlukan normalisasi untuk aktivasi sigmoid biner sehingga tidak bisa memprediksi dengan langsung, dengan angka-angka yang besar pada prediksi pemakaian air. Hasil prediksi *time series Backpropagation Neural Network* menghasilkan selisih masih cukup besar dibanding perkiraan manual bahkan yang terkecil masih mencapai 56.282 pada bulan Oktober 2015, Selisih terbesar bisa mencapai 197.326 pada bulan Februari 2015.

4. Kesimpulan

Pemakaian air pada umumnya berubah-ubah pada setiap bulannya. Prediksi pemakaian air dapat membantu pihak PDAM dalam menyediakan air bersih agar tidak berlebihan dan tidak kekurangan. Prediksi *time series* mampu menghasilkan prediksi dengan tingkat RMSE yang beragam tergantung pada jumlah data dan struktur BPNN, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Pada bulan Januari 2015 mampu menghasilkan RMSE 0.1600
2. Pada bulan Februari mampu menghasilkan RMSE 0.1048
3. Sedangkan yang paling kecil pada bulan Maret mampu menghasilkan RMSE 0.0877.

Daftar Pustaka

- [1] Ariyanto, A., Fahmi, K. Prediksi Jumlah Kebutuhan Air Bersih BPAB Unit Dalu - Dalu 5 Tahun Mendatang. Skripsi. Pengaraian: Fakultas Teknik Universitas Pasir, 2013,
- [2] Hadibowo, A. Prediksi Kebutuhan Air Bersih di Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Skripsi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, 2006.
- [3] Lawrence, R. Using Neural Network To Forecast Stock Market Prices. Manitoba: University of Manitoba, 1997.
- [4] Nur'afifah. Analisis Metode Backpropagation Untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Pada Kelompok Indeks Bisnis. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2011.
- [5] Matondang, Zekson, A. Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Algoritma, 2013. *Backpropagation Untuk Penentuan Kelulusan Sidang Skripsi*. STMIK Budi Darma Medan.
- [6] Andrijasa, M. F., & Mistianingsih, M. Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Jumlah Pengangguran di Provinsi Kalimantan Timur Dengan Menggunakan Algoritma Pembelajaran Backpropagation. *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*. 2016; 5(1): 50-54.
- [7] Risnawati, R., & Handayani, M. Penerapan Jaringan Saraf Tiruan Untuk Proyeksi Logistik Berdasarkan Prediksi Pasien Menggunakan Algoritma Backpropagation. *JURTEKSI*. 2017; 4(1): 21-28.
- [8] Saragih, J. R., Saragih, M. B. S., & Wanto, A. (2018). Analisis Algoritma Backpropagation Dalam Prediksi Nilai Ekspor (Juta USD). *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 2018; 15(2): 254-264
- [9] Siang, J. Jaringan Syaraf Tiruan. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2009.