



Prediksi Pendistribusian Air di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dengan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) (Studi Kasus : PDAM Tirta Kepri Tanjungpinang)

Nurfalinda¹, Ebet Oktafiansyah^{2,*}, Alena Uperiati³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji
^{1,2,3}Jl. Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100
Corresponding Author : oktafiansyah07@gmail.com

Abstract—Water is a very important requirement for the life of living things. Clean water is a major component of human activities, both for drinking water, household needs and other supporting activities. To help make the distribution of water in the Tirta Kepri Tanjungpinang PDAM even better, the author wants to predict the distribution of water per month, so that the PDAM Tirta Kepri Tanjungpinang can estimate water use requirements based on water distribution inhibiting factors. Prediction is done using the Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) method with the k-means cluster. In this study the data used for prediction of water distribution began from January 2014 - October 2018. The results of the tests carried out with 17 data using the learning rate 0.6 resulted in the RMSE value of 0.07991.

Keywords— Prediction, Water Distribution, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, K-Means.

Intisari—Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Air bersih merupakan komponen utama aktivitas manusia, baik untuk air minum, kebutuhan rumah tangga serta aktivitas pendukung lainnya. Untuk membantu agar pendistribusian air di PDAM Tirta KEPRI Tanjungpinang lebih baik lagi, penulis ingin memprediksi pendistribusian air perbulan, supaya PDAM Tirta Kepri Tanjungpinang dapat memperkirakan kebutuhan pemakaian air berdasarkan faktor-faktor penghambat pendistribusian air. Prediksi di lakukan menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) dengan cluster k-means. Dalam penelitian ini data yang digunakan untuk prediksi distribusi air dimulai dari Januari 2014 – Oktober 2018. Hasil pengujian yang dilakukan dengan data sebanyak 17 dengan menggunakan learning rate 0.6 menghasilkan nilai RMSE sebesar 0.07991.

Kata kunci— Prediksi, Distribusi Air, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, K-Means.

I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Keberlangsungan makhluk hidup di bumi tergantung pada ketersediaan air. Kebutuhan air bersih terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan

pembangunan, dan meningkatnya standar kehidupan. Oleh karena itu, diperlukan konsistensi kualitas layanan perusahaan penyedia dan pengelola air bersih oleh masyarakat. Namun demikian perkiraan pendistribusian air saat ini kurang optimal, dimana kadang jumlah air yang diproduksi lebih besar atau lebih kecil dari permintaan. Hal ini

tentunya akan menyebabkan terjadinya pemborosan air oleh PDAM ataupun kekurangan air yang dialami oleh konsumen. Kedua permasalahan ini tidak lepas dari kondisi yang ada yaitu karena faktor cuaca dan faktor kehilangan air.

Untuk membantu agar pendistribusian air di PDAM Tirta Kepri Tanjungpinang lebih baik lagi, penulis ingin memprediksi pendistribusian air perbulan, supaya PDAM Tirta Kepri Tanjungpinang dapat memperkirakan kebutuhan pemakaian air berdasarkan faktor-faktor penghambat pendistribusian air. Prediksi disini menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). ANFIS adalah gabungan dari dua sistem yaitu sistem logika fuzzy dan jaringan syaraf tiruan. Sistem neuro-fuzzy berdasar pada sistem inferensi fuzzy yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari sistem jaringan syaraf tiruan. Dengan demikian, sistem neuro-fuzzy memiliki semua kelebihan yang dimiliki oleh sistem inferensi fuzzy dan sistem jaringan syaraf tiruan [1].

II. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Normalisasi data berfungsi untuk membuat data yang akan diproses berada pada range tertentu sehingga dalam pemrosesan nantinya angka yang diolah tidak terlalu besar sehingga mempercepat proses perhitungan [2]. Rumus Normalisasi yaitu:

$$X_n = \frac{X_0 - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

Denormalisasi adalah mengembalikan ukuran data yang telah dinormalisasi sebelumnya untuk mendapatkan data yang asli. Rumus Denormalisasi yaitu:

$$X_n = f_l * (X_{max} - X_{min}) + X_{min} \quad (2)$$

Keterangan :

- f_l = Nilai data prediksi
- X_{min} = Nilai minimum
- X_{max} = Nilai maksimum

B. K-Means

K-Means merupakan metode yang termasuk dalam algoritma *clustering* berbasis jarak yang membagi data ke dalam sejumlah *cluster* dan algoritma ini hanya bekerja pada atribut numerik [3]. Algoritma dari *K-Means* sebagai berikut :

1. Tentukan k sebagai jumlah *cluster* yang ingin dibentuk dan tetapkan pusat *cluster* secara acak.
2. Hitung jarak setiap data ke pusat *cluster* menggunakan *Euclidian (d)* persamaan berikut:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + \dots + (x_n - x_n)^2} \quad (3)$$

3. Kelompokkan data ke dalam cluster dengan jarak yang paling pendek (terkecil).
4. Perbaharui nilai titik centroid menggunakan persamaan berikut:

$$\mu_k = \frac{1}{N_k} \sum_{c=1}^{N_k} x_c \quad (4)$$

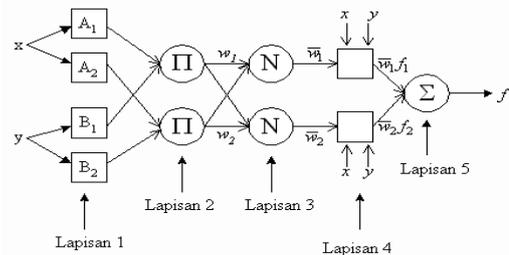
Ulangi langkah 2 sampai 4 sampai tidak ada lagi data yang berpindah ke *cluster* yang lain.

C. Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Perhitungan pada ANFIS dilakukan perhitungan sebanyak 5 lapisan dengan tahap pembelajaran langkah maju dan langkah mundur.

1. ANFIS Langkah Maju

Pembelajaran langkah maju menggunakan metode Least Square Estimator untuk memperoleh nilai parameter konksuen.



Gambar 1. ANFIS langkah maju

Berikut ini adalah penjelasan untuk setiap lapisannya.

Lapisan 1 : Semua simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif (parameter dapat berubah) dengan fungsi simpul menggunakan fungsi Generalized Bell.

$$\mu_z = \frac{1}{1 + \left| \frac{z - c}{a} \right|^{2b}} \quad (5)$$

Lapisan 2 : Tiap-tiap neuron pada lapisan kedua berupa neuron tetap yang outputnya adalah hasil dari lapisan pertama, dengan persamaan sebagai berikut.

$$O_{2,1} = w_i = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x); w_i = \mu_A(y) \cdot \mu_B(y); \quad (6)$$

Lapisan 3 : Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul nonadaptif yang menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi yaitu rasio keluaran simpul ke-i pada lapisan sebelumnya terhadap seluruh keluaran layer (7) sebelumnya, dengan bentuk fungsi simpul :

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}$$

Lapisan 4: Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul

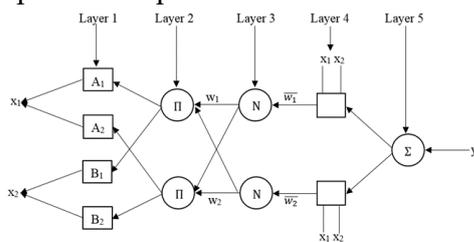
$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x_1 + q_i x_2 \dots n) + r \quad (8)$$

Lapisan 5 : Lapisan ini merupakan lapisan yang berfungsi untuk menjumlahkan seluruh output yang didapatkan dari lapisan 4. persamaan sebagai berikut:

$$O_{5,1} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (9)$$

2. ANFIS Langkah Mundur

Struktur langkah mundur pada ANFIS dengan menggunakan algoritma Error Backpropagation (EBP), dimana setiap layer dilakukan perhitungan error untuk melakukan update parameter-parameter ANFIS.



Gambar 2. ANFIS langkah mundur

Berikut ini adalah penjelasan untuk setiap lapisannya:

Error pada lapisan 5 :Persamaan yang digunakan untuk menghitung *error* pada lapisan 5 seperti persamaan berikut:

$$\varepsilon_{51} = \frac{\partial E_{xt}}{\partial f} = -2(f_i - \bar{f}_i) \quad (10)$$

Error pada lapisan 4 : Lapisan ini tidak dilakukan perhitungan *error*, hal ini dikarenakan pada alur mundur tidak terjadi *update* nilai parameter konsekuen. Sehingga nilai *error* pada lapisan 4 sama dengan nilai *error* pada lapisan 5.

Error pada lapisan 3 : Untuk menghitung error pada lapisan 3 menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{3(i)} = \varepsilon_5 * O_4 \quad (11)$$

Error pada lapisan 2 : Pada lapisan 2 dilakukan perhitungan *error* dengan melibatkan *error* 3. Persamaan yang digunakan:

$$\varepsilon_{2(i)} = \varepsilon_{3(i)} * \frac{w_n}{(w_1 * w_2)^2} \quad (12)$$

Error pada lapisan 1 : Pada lapisan 1 dilakukan perhitungan *error* dengan melibatkan *error* 5, 3 dan 2. Persamaan untuk menghitung *error* pada lapisan ini adalah:

$$\varepsilon_1(i, j) = \varepsilon_{2(i)} * \mu(n, k) \quad (13)$$

D. Perhitungan Error

Perhitungan error menggunakan nilai Root Mean Square (RMSE). Semakin kecil nilai nya maka semakin besar tingkat keberhasilan proses pelatihan. Perhitungan RMSE yang digunakan seperti persamaan berikut ini:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f}_i)^2}{N}} \quad (14)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Persiapan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data distribusi air rata-rata perbulan dimulai dari Januari 2014 sampai dengan Oktober 2018 yang berjumlah 58 data. Total data dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk data pelatihan dan data pengujian dengan rincian 70%

untuk data latih sebanyak 41 data dan 30% untuk data uji sebanyak 17 data. Data pelatihan digunakan untuk melakukan proses pelatihan yang digunakan untuk mendapatkan nilai parameter premis baru. Parameter premis baru yang diperoleh dari pelatihan akan digunakan untuk melakukan proses pengujian dengan menggunakan data yang berbeda. Atribut data yang digunakan berupa data distribusi air pada bulan sebelumnya, sedangkan data targetnya berupa distribusi air pada bulan berikutnya.

B. Hasil Pelatihan Data

Untuk mendapatkan hasil prediksi pendistribusian air yang akurat dilakukan pelatihan berkali – kali dengan cara mengubah learning rate. Data yang digunakan pada percobaan ini menggunakan data sebanyak 41 sebagai data pelatihan dan 17 sebagai data pengujian. Pada proses pengujian menggunakan jumlah inputan sebanyak 4 inputan, maksimum iterasi yang digunakan sebanyak 1000, error terkecil yang diharapkan sebesar 0.001, sedangkan learning rate yang digunakan untuk proses pengujian yaitu learning rate 0.1 sampai 0.9. Adapun hasil dari percobaan dengan mencari learning rate yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Pelatihan Data

NO	Learning Rate	RMSE
1	0.1	0.05712
2	0.2	0.05878
3	0.3	0.05935

4	0.4	0.0666
5	0.5	0.0677
6	0.6	0.05613
7	0.7	0.06914
8	0.8	0.06166
9	0.9	0.06792

Berdasarkan hasil pelatihan pada Tabel (1) dapat dilihat bahwa pelatihan terbaik berupa nilai RMSE terkecil yang terletak pada data sampel yang dilatih dengan learning rate 0.6 dengan nilai RMSE sebesar 0.05613. Nilai learning rate yang memiliki RMSE terkecil akan digunakan pada proses pengujian dengan menggunakan parameter premis yang diperoleh pada proses pelatihan.

C. Hasil Pengujian Data

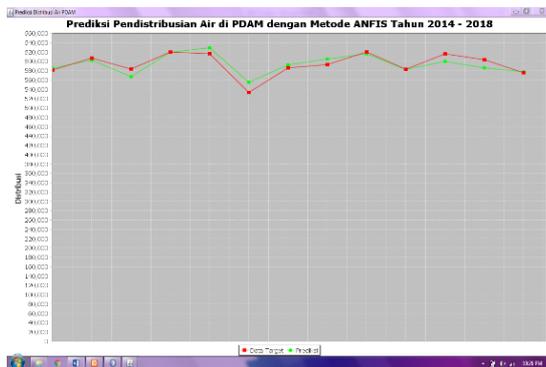
Hasil pelatihan yang ditunjukkan pada Tabel 1 sebelumnya dengan menggunakan data latih menghasilkan nilai RMSE terkecil sebesar 0.05613 pada learning rate 0.6. Learning rate yang memiliki error terkecil inilah yang akan digunakan pada proses pengujian dengan menggunakan jumlah inputan, maksimum iterasi dan error terkecil yang sama saat melakukan proses pelatihan, hanya saja data yang digunakan berbeda yaitu menggunakan data uji. Hasil pengujian menggunakan learning rate 0.6 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Data

NO	Tahun Output	Bulan Output	Input					Output Prediksi
			H-4	H-3	H-2	H-1	Target	
1	2017	Oktober	581923	599542	620446	597297	581244	585349.637
2	2017	November	599542	620446	597297	581244	606819	602424.883
3	2017	Desember	620446	597297	581244	606819	583428	567031.660
4	2018	Januari	597297	581244	606819	583428	619766	619459.692
5	2018	Februari	581244	606819	583428	619766	616286	628892.878
6	2018	Maret	606819	583428	619766	616286	533110	555030.735
7	2018	April	583428	619766	616286	533110	585900	592293.284
8	2018	Mei	619766	616286	533110	585900	592860	604813.266
9	2018	Juni	616286	533110	585900	592860	619900	616002.482

10	2018	Juli	533110	585900	592860	619900	582887	582421.328
11	2018	Agustus	585900	592860	619900	582887	615845	599673.377
12	2018	September	592860	619900	582887	615845	603395	585901.989
13	2018	Oktober	619900	582887	615845	603395	575353	577497.788

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2 diatas memiliki nilai RMSE sebesar 0.07991. Untuk melihat grafik hasil pengujian untuk data target dan data prediksi distribusi air menggunakan metode ANFIS cluster k-means dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Grafik Hasil Prediksi Data Target dan Data Prediksi ANFIS

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 dan grafik perbandingan hasil prediksi data target dan data prediksi pada Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa prediksi distribusi air menggunakan ANFIS dapat diterapkan dengan memiliki nilai error sebesar 0.07991.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Artificial Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dapat digunakan untuk melakukan prediksi distribusi air.
2. Berdasarkan hasil pengujian data yang dilakukan dengan menggunakan data uji pada *learning rate* 0.6, momentum 0.6 maksimum

iterasi 1000, dan minimum error 0.001 yang diperoleh dari hasil pelatihan menghasilkan nilai RMSE sebesar 0.07991. Hasil prediksi pendistribusian air dengan metode ANFIS menunjukkan bahwa error yang dihasilkan relatif kecil.

REFERENSI

- [1] Fatkhurrozi, B, Muslim, MA& Didik RS. 2012. Penggunaan *Artificial Neuro Fuzzy Inference Sistem* (ANFIS) dalam Penentuan Status Aktivitas Gunung Merapi. *Jurnal EECCIS Vol. 6, No. 2*, 113-118.
- [2] Hidayat, R., dan Suprpto., 2012, Meminimalisasi Nilai *Error* Peramalan dengan Algoritma *Extreme Learning Machine*, *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 11,1,187-192.
- [3] Dhuhita, P. M. W., 2016, *Clustering* Menggunakan Metode *K-Means* Untuk Menentukan Status Gizi Balita, *Jurnal Informatika*, 15, 2, 2015.
- [4] Afriliana, I., 2016, Prediksi Indeks Kualitas Air Sungai Pemali Comal dengan Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, *Jurnal Politeknik Harapan Bersama Tegal*, 58-62.
- [5] Falopi, T. 2012. Aplikasi Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto untuk menganalisa tingkat resiko penyakit dalam, Skripsi Institut Teknologi Sepuluh November.