

IMPLEMENTASI SISTEM NEURO-FUZZY UNTUK PREDIKSI PRODUKSI AIR MINUM DI PDAM SURABAYA

Teguh Sutanto¹⁾, Dyan Novita Kartika Sari²⁾

^{1,2)} Sekolah Tinggi Manajemen Informatika & Teknik Komputer Surabaya (STIKOM)
Email: teguh@stikom.edu

Abstract, In this research built the application of software informing the prediction of water drinking production in PDAM Surabaya. It is using the neuro fuzzy system with the structure of Modified Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Mod_ANFIS). The learning process of Mod_ANFIS uses the hibrid theory algorithm running in two steps. the first step is the thrive step of running the mechanism of fuzzy inference based on network architecture and the method of Least Squares Estimation (LSE) and the retrieve step using error backpropagation algorithm modified. From the research shows that the System of neuro-fuzzy structure Mod_ANFIS able to recognize the learning error is about 1,98 % and the average error of the prediction result is about 2,245 %.

Keywords: Mod_ANFIS, LSE, Neuro-Fuzzy.

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan dasar (*basic need*) dalam kehidupan manusia, sehingga pemenuhannya perlu diupayakan dengan memanfaatkan berbagai kemungkinan yang ada guna meningkatkan jangkauan pelayanan air bersih pada masyarakat.

Sebagai salah satu upaya yang perlu dilaksanakan guna memenuhi tuntutan kebutuhan air bersih masyarakat yang cenderung mengalami peningkatan, adalah melalui peningkatan pengelolaan PDAM secara menyeluruh baik dari segi teknik maupun non teknik.

Permasalahan produksi air minum berkaitan dengan aspek teknik, yaitu kapasitas produksi terpasang dan kapasitas produksi terpakai. Dimana produksi air minum tidak akan melebihi dari kapasitas produksi terpasang. Sedangkan kapasitas produksi terpakai menunjukkan besarnya pemakaian dari produksi air minum. Dalam penelitian ini tidak dibahas kaitan produksi air minum dengan aspek-aspek lain. Penelitian ini hanya melakukan prediksi dari produksi air minum berdasarkan data-data produksi air minum yang dikeluarkan oleh PDAM.

Dari penelitian-penelitian sebelumnya [1],[2],[3],[4] dan [7] telah disebutkan bahwa Algoritma Neuro-Fuzzy struktur Mod_ANFIS

(Modified Adaptive neuro-Fuzzy Inference System) merupakan pengembangan dari Sistem Neuro-Fuzzy Struktur ANFIS (Adaptive neuro-Fuzzy Inference System) standar. Penelitian penerapan ANFIS standar telah banyak dilakukan, diantaranya seperti yang ditunjukkan pada penelitian [5] dan [6].

Dalam penelitian ini dengan menggunakan struktur Mod_ANFIS yang dikembangkan telah berhasil didapatkan Fungsi Keanggotaan Akhir hasil belajar pada proses pelatihan. Sebelumnya hanya sampai didapatkan Fungsi pemetaan (*Mapping Function*) dan digunakannya teknik interpolasi maupun pembobotan. Lebih lanjut mengenai teori Mod_ANFIS dapat dibaca pada hasil penelitian sebelumnya. Pada paper kali ini hanya akan dijelaskan bagaimana sistem Mod_ANFIS dalam memperbaharui parameter Fungsi Keanggotaan Akhir hasil dari proses pelatihan.

Seperti telah disampaikan pada penelitian sebelumnya, bahwa Sistem Neuro-Fuzzy struktur ANFIS standar maupun Mod_ANFIS dalam proses pelatihannya menggunakan dua tahap. Yaitu tahap maju menggunakan mekanisme inferensi fuzzy dan digunakan penerapan metode *Least-Square Estimator* (LSE). Sedangkan tahap mundur dengan diterapkannya algoritma propagasi dari

kesalahan atau *Error Back Propagation* (EBP). Pada Mod_ANFIS memodifikasi algoritma EBP ini dengan menggunakan algoritma Aturan Koreksi Kesalahan (*Rule of Error Correction*).

Pada saat koreksi kesalahan pada tahap mundur sudah sampai pada lapisan 1 (*layer 1*) parameter Fungsi Keanggotaan Fuzzy diperbaharui. Dalam penelitian ini digunakan Fungsi Keanggotaan Bell. Cara memperbaharui parameter Fungsi Keanggotaan Bell ini digunakan rumus penurunan seperti dijabarkan di bawah ini.

$$\frac{\partial z}{\partial a} = \frac{2b}{a} z(1-z) \quad (1)$$

$$\frac{\partial z}{\partial b} = \begin{cases} -2 \ln \left| \frac{x-c}{a} \right| z(1-z) & , \text{jika } x \neq c \\ 0 & , \text{jika } x = c \end{cases} \quad (2)$$

$$\frac{\partial z}{\partial c} = \begin{cases} \frac{2b}{x-c} z(1-z) & , \text{jika } x \neq c \\ 0 & , \text{jika } x = c \end{cases} \quad (3)$$

dengan, z adalah nilai di simpul lapisan 1 yang telah diperbaharui ($n1b$ dan $n2b$). Sehingga parameter Fungsi Keanggotaan Fuzzy yang baru adalah parameter fungsi keanggotaan fuzzy yang lama ditambah dengan turunannya, yaitu:

$$a_{baru} = a_{lama} + \frac{\partial z}{\partial a} \quad (4)$$

$$b_{baru} = b_{lama} + \frac{\partial z}{\partial b} \quad (5)$$

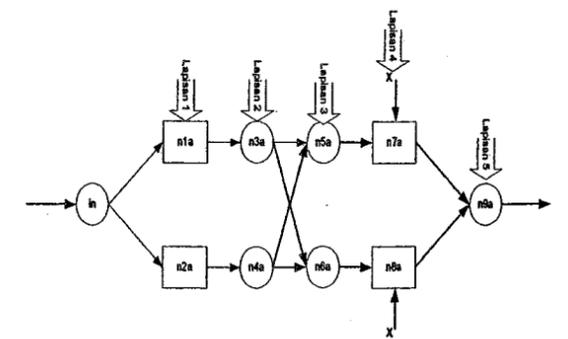
$$c_{baru} = c_{lama} + \frac{\partial z}{\partial c} \quad (6)$$

Jika parameter fungsi keanggotaan yang baru sudah diperoleh, maka iterasi dilanjutkan dengan proses maju. Jika sudah diperoleh keluaran jaringan, diperiksa lagi sinyal kesalahannya. Selanjutnya sinyal kesalahan ini dipropagasi balik sampai di lapisan ke-1 untuk diperoleh lagi parameter keanggotaan yang baru. Demikian seterusnya, proses ini diulang-ulang sampai sinyal kesalahan bisa diterima atau sampai dengan iterasi maksimum tercapai.

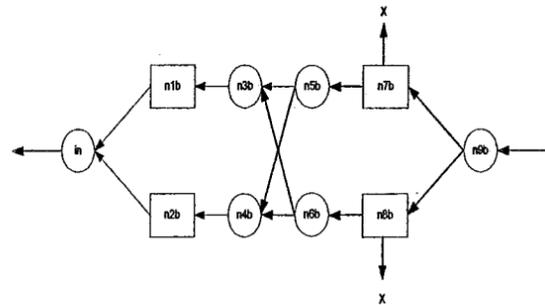
METODE

Dalam penelitian ini digunakan Struktur Sistem Mod_ANFIS dengan 1 masukan dan 1 keluaran. Struktur Mod_ANFIS diperlihatkan pada Gambar 1, sedangkan gambaran dari aturan koreksi kesalahan diperlihatkan pada Gambar 2.

Sistem 1 masukan dan 1 keluaran ini dipilih disesuaikan dengan perencanaan sistem prediksi yang dibuat. Dimana dimaksudkan disini bahwa masukan berupa data Produksi Air Minum PDAM pada tahun ke- n untuk memprediksi Produksi Air Minum PDAM pada tahun ke- $n+1$. Dalam penelitian ini digunakan data produksi air minum PDAM Surabaya dalam 5 tahun. Yaitu dari tahun 1997 s.d 2002. Dimana data produksi air minum yang digunakan proses belajar adalah pasangan data produksi tahun 1997 dan 1998. Selanjutnya untuk ujicoba ke-1 sistem diberi masukan data produksi tahun 1998 untuk memprediksi produksi air minum tahun 1999. Ujicoba ke-2 sistem diberikan masukan data produksi tahun 1999 untuk memprediksi produksi air minum tahun 2000. Ujicoba ke-3 sistem diberikan masukan data produksi tahun 2000 untuk memprediksi produksi air minum tahun 2001. Ujicoba ke-4 sistem diberikan masukan data produksi tahun 2001 untuk memprediksi produksi air minum tahun 2002. Untuk menghitung keakuratan prediksi hasil prediksi Sistem Mod_ANFIS dibandingkan dengan Target berupa data produksi air minum yang telah tersedia. Untuk menghitung kesalahan prediksi dinyatakan dalam *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

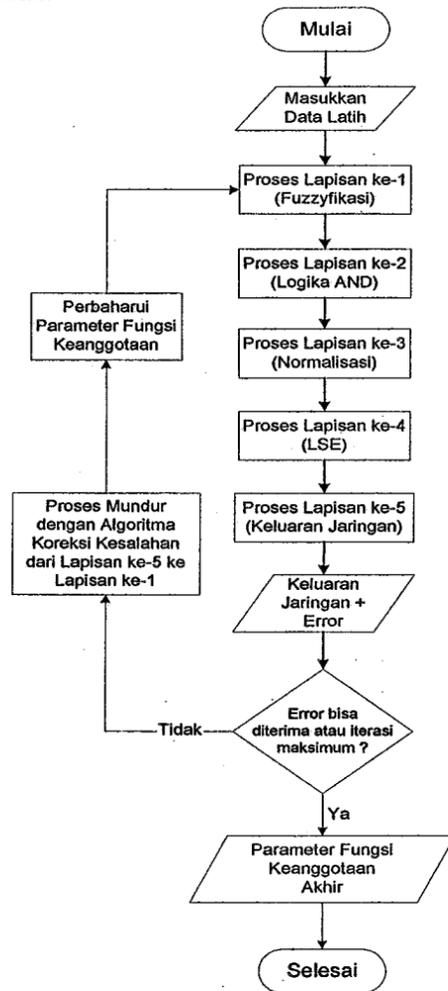


Gambar 1. Struktur Mod_ANFIS

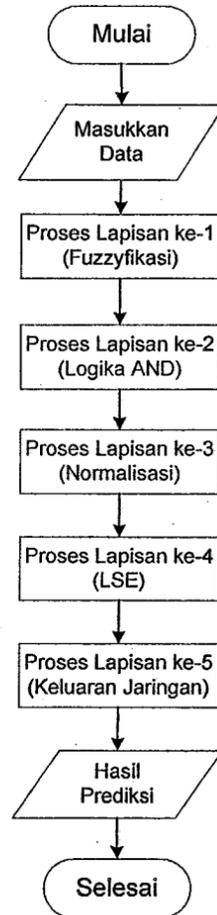


Gambar 2. Koreksi Kesalahan

Diagram Alir (Flow Chart) dari proses pelatihan Sistem Mod ANFIS diperlihatkan pada Gambar 3. Sedangkan diagram alir dari proses ujicoba diperlihatkan pada Gambar 4 berikut.



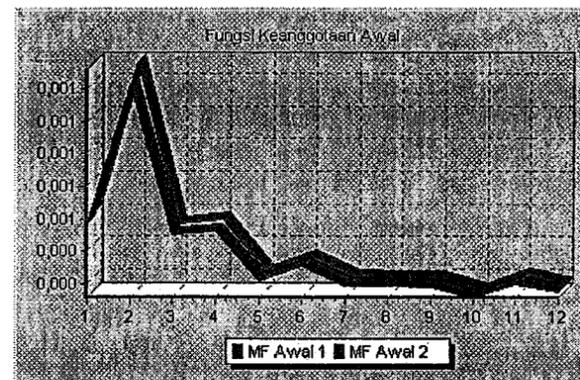
Gambar 3. Flowchart Proses Pelatihan



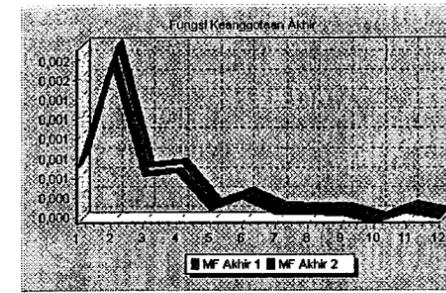
Gambar 4. Flowchart Proses Ujicoba

HASIL DAN PEMBAHASAN

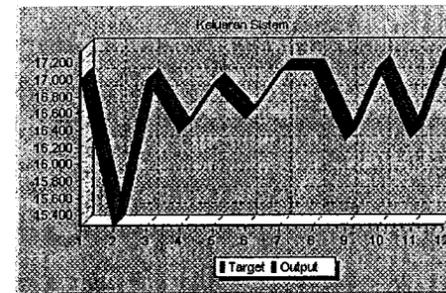
Hasil dari proses pelatihan diperlihatkan pada Gambar 5 s.d 8 berikut ini.



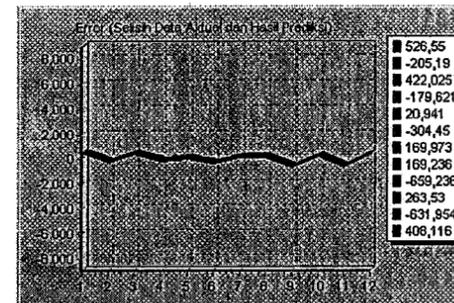
Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Awal



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Akhir

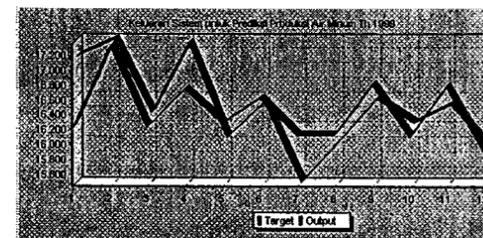


Gambar 7. Keluaran Sistem Hasil Proses Pelatihan

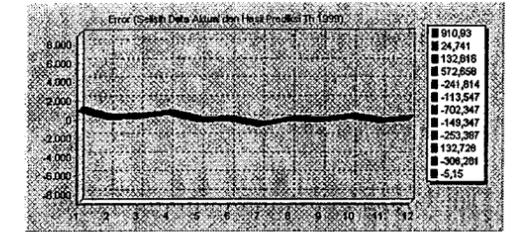


Gambar 8. Kesalahan Hasil Proses Pelatihan

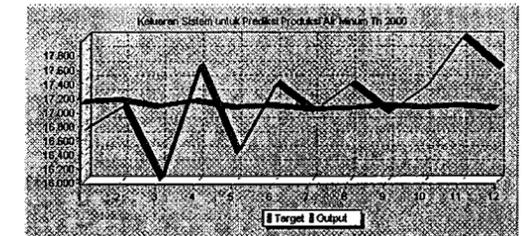
Hasil ujicoba Sistem Prediksi ke-1 s.d ke-4 diperlihatkan pada Gambar 9 s.d 14 berikut ini.



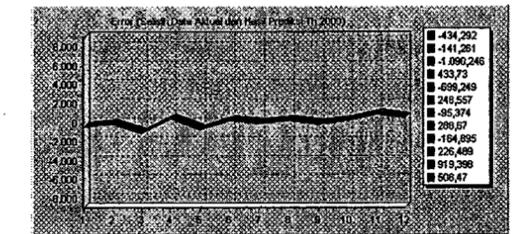
Gambar 9. Keluaran Sistem Hasil Prediksi Th 1999



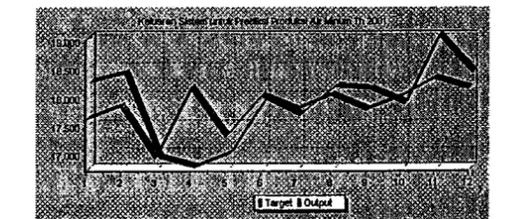
Gambar 10. Kesalahan Hasil Prediksi Th 1999



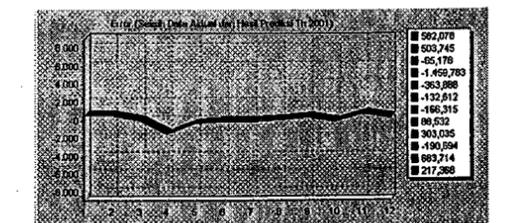
Gambar 11. Keluaran Sistem Hasil Prediksi Th 2000



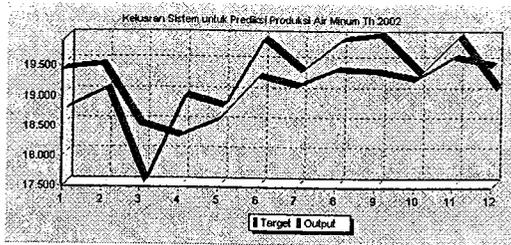
Gambar 12. Kesalahan Hasil Prediksi Th 2000



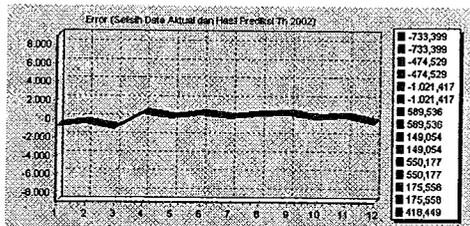
Gambar 13. Keluaran Sistem Hasil Prediksi Th 2001



Gambar 14. Kesalahan Hasil Prediksi Th 2001



Gambar 15. Keluaran Sistem Hasil Prediksi Th 2002



Gambar 16. Kesalahan Hasil Prediksi Th 2002

Secara ringkas hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Penelitian

No	Proses	RMSE	MAPE (%)
1	Pelatihan	381,92	1,98
2	Uji Coba 1	402,06	1,79
3	Uji Coba 2	533,14	2,58
4	Uji Coba 3	544,38	2,24
5	Uji Coba 4	519,99	2,37
	Rata-rata kesalahan Prediksi		2,245

SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Sistem neuro-fuzzy struktur Mod_ANFIS dapat menghasilkan kesalahan belajar sebesar 1,98 persen. Kesalahan rata-rata hasil prediksi sebesar 2,245 persen.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Basuki Rahmat, *Perancangan Pengontrol Neuro-Fuzzy untuk Aplikasi Sistem Bioproses*, Gematek, Volume 2, September 2000, Penerbit STIKOM, ISSN : 1411-2086.
- [2] Basuki Rahmat, *Peningkatan Efisiensi Proses Belajar Sistem Kontrol Neuro-Fuzzy dengan Struktur Mod_ANFIS*, Gematek, Volume 3, Nomor 1, Maret 2001, Penerbit STIKOM, ISSN : 1411-2086.
- [3] Basuki Rahmat, Endra Joelianto dan Kusmayanto Kadiman, *Mapping Function for Efficient Training of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*, Seminar Internasional, Numerical Analysis Engineering (NAE 2001), Nongsa, Batam, Indonesia, Maret 2001, ISBN : 979-96139-1-4.
- [4] Basuki Rahmat, Endra Joelianto dan Kusmayanto Kadiman, *Modified Adaptive Neuro Fuzzy Inference System-Based Controller for Fed Batch Fermentation Process*, Seminar Ilmiah Nasional, SITIA 2001, ITS Surabaya, Mei 2001.
- [5] Endra Joelianto, Basuki Rahmat, Kusmayanto Kadiman dan Tjandra Setiadi, *Application of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) for a Class of Fed-batch Fermentation Processes*, Seminar Internasional, IFAC-CIGR, Bali, Indonesia, Agustus 2001.
- [6] Susyanto Tri Rasmana dan Basuki Rahmat, *Sistem Kendali Suhu Ruang Penetas Telur Berbasis Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*, Gematek, Volume 5, Nomor 1, Maret 2003, Penerbit STIKOM, ISSN : 1411-2086.
- [7] Basuki Rahmat, *Penerapan Sistem Neuro-Fuzzy Dengan Struktur ANFIS Untuk Prediksi Curah Hujan Daerah Banyuwangi*, Gematek, Volume 6, Nomor 2, September 2004, Penerbit STIKOM, ISSN : 1411-2086.