



Penggunaan ANFIS pada Pengaturan Debit Air Berdasarkan Volume Air Dalam Tangki

Machrus Ali,* Ruslan Hidayat, Iwan Cahyono

Universitas Darul ulum, Jalan Gus Dur 29A, Jombang 61411, Indonesia

*machrus7@gmail.com

Kata Kunci :

ABSTRAK

*ANFIS
Debit Air
FLC
Simulink
Water Tank*

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah penggabungan mekanisme Fuzzy Inference System (FIS) dan Neural Network (NN) yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Sistem inference fuzzy yang digunakan adalah sistem inference fuzzy model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. Pada penelitian ini sebagai pembanding didesain tanpa control, desain dengan PID standart, desain dengan Fuzzy Logic Controller (FLC), dan ANFIS controller. Dalam desain penelitian ini yang dikontrol adalah ball valve electric pada tangki agar debit air yang keluar dari tangki sesuai dengan yang dibutuhkan dalam proses produksi dengan menggunakan empat control. Dari simulasi didapatkan bahwa Desain Water Level yang paling baik pada percobaan ini adalah menggunakan metode ANFIS dengan nilai overshoot dan undershoot terkecil pada water level dan output flow. Sehingga desain ini bias dipakai acuan untuk menghasilkan control aliran air sesuai dengan harapan yang diinginkan. Hasil simulasi ini akan dibandingkan lagi dengan metode kecerdasan buatan yang lain, sehingga akan didapatkan hasil yang paling sesuai.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat mendorong manusia untuk senantiasa menciptakan berbagai jenis inovasi terbaru, yang berguna untuk mempermudah pekerjaan. Salah satunya adalah dalam bidang industri sangat dibutuhkan sistem kendali pengukuran aliran fluida di dalam proses industri seperti kilang minyak (refinery), pembangkit listrik (power plant) dan industri kimia (petrochemical)(muhajir 2013)(Eltaieb and Min 2015). Pada proses industri seperti ini, memerlukan penentuan kuantitas dari suatu fluida yang mengalir melalui suatu titik pengukuran. Untuk mendapatkan kuantitas air yang dibutuhkan pada suatu proses produksi adalah dengan menstabilkan debit keluaran air. Ditentukan dari menstabilkan volume air pada suatu tangki air secara manual untuk memperoleh debit air keluaran yang dibutuhkan pada suatu proses industri(Achmad and Ejah 2011). Proses industri yang dilakukan secara manual

dengan cara memperkirakan volume air pada tangki menyebabkan tingkat akurasi untuk mendapatkan debit air yang dibutuhkan dalam suatu proses industri adalah tidak tepat. Maka dari itu salah satu upaya untuk menyesuaikan kuantitas air yang dibutuhkan dalam proses industri adalah dengan cara mengontrol debit air secara otomatis tanpa harus memperdulikan volume air pada suatu tangki dengan menggunakan kontrol (Propotional Integral Derivative). PID Berdasarkan uraian diatas, maka dibuat inovasi dengan merancang suatu sistem untuk mengendalikan debit air yang keluar pada suatu tangki secara otomatis(Li, Li, and Shi 2008). Dalam hal ini yang dikontrol adalah ball valve electric pada tangki agar debit air yang keluar dari tangki sesuai dengan yang dibutuhkan dalam proses produksi dengan menggunakan control. Telah banyak dipakai dalam penelitian menggunakan PID (Propotional Integral Derivative) controller, FLC (Fuzzy Logic Controller), dan ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) dalam menyelesaikan permasalahan. Diantaranya PID, FLC, dan ANFIS digunakan sebagai kotrol setir mobil (MacHrus Ali et al. 2015)(Kusuma, Ali, and Sutantra 2017) (Machrus Ali, Hunaini, and Hartlambang 2015), control kecepatan motor (Machrus; Ali and Muhlasin 2017) (Djalal et al. 2017) (Machrus; Ali and Muhlasin 2017) (Machrus Ali 2012), sebagai control wind-diesel (Arrohman et al. 2017), sebagai control frekuensi wind turbine (Rachman, Muttaqin, and Ali 2017), sebagai control frekuensi mikrohidro (Muhlasin et al. 2017) .(Kadaryono et al. 2016)

2. Pengaturan Debit Air

2.1 Debit Aliran (Q)

Debit aliran yaitu jumlah volume fluida yang mengalir persatuan waktu (Oca and Masalo 2013):

$$Q = v.A \quad (1)$$

Dari rumus dapat dijelaskan sebagai berikut :

Q = debit aliran (m³/s)

A = luas penampang (m²)

V = laju aliran fluida (m/s)

Aliran fluida sering dinyatakan dalam debit aliran, dengan rumus:

$$Q = v/t \quad (2)$$

Dari rumus b dapat dijelaskan sebagai berikut :

Q = debit aliran (m³/s)

V = volume (m³)

t = selang waktu (s)

2.2 Persamaan Kontinuitas

Air yang mengalir di dalam pipa air dianggap mempunyai debit yang sama di sembarang titik. Atau jika ditinjau 2 tempat, maka debit aliran 1 sama dengan debit aliran 2. Debit aliran 2 tersebut memiliki rumus sebagai berikut:

$$A1.V1 = A2.V2 \quad (3)$$

2.3 Hukum Bernauli

Hukum Bernoulli adalah hukum yang berlandaskan pada hukum kekekalan energi yang dialami oleh aliran fluida (Osorio, Skurtys, and Enrione 2010). Hukum ini menyatakan bahwa jumlah tekanan (P):

$$P_1 + p \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V^2 + p \cdot g \cdot h_2 \quad (4)$$

$$g(h_1 - h_2) = \frac{1}{2} V^2 \quad (5)$$

$$V = \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (6)$$

$$V = \sqrt{2gh} \quad (7)$$

3. Metode Penelitian

3.1 PID Controller

Tujuan dari sistem kontrol PID adalah untuk mendapatkan sinyal aktual yang diinginkan sesuai dengan sinyal setting. Semakin cepat reaksi sistem mengikuti sinyal aktual dan semakin kecil kesalahan yang terjadi, sehingga semakin baik kinerja sistem kontrol yang diterapkan. Apabila perbedaan antara nilai setting dengan nilai keluaran besar, maka kontroler yang benar seharusnya mampu mengamati perbedaan ini untuk segera menghasilkan sinyal keluaran untuk mempengaruhi plant. Dengan demikian sistem secara cepat mengubah keluaran plant sampai diperoleh selisih antara setting dengan besaran yang diatur sekecil mungkin (Nurohmah, Ali, and Djalal 2015) (Machrus Ali 2012).

Dalam kontroler PID terdapat parameter-parameter yang harus ditentukan. Parameter-parameter tersebut adalah K_p , τ_i , τ_d . Dimana K_p merupakan komponen dari kontroler Proporsional, τ_i merupakan komponen dari kontroler integrator dan τ_d merupakan komponen dari kontroler diferensial.

$$K_p = \frac{\tau}{\tau * k} \quad (8)$$

$$\tau_i = \tau \quad (9)$$

$$\text{Gain} = \frac{1}{\tau_i} \quad (10)$$

Pada sistem terdapat beberapa orde yaitu sistem orde 1, orde 2 dan orde lebih dari 2. Pada sistem tersebut terdapat parameter-parameter di setiap ordenya. Untuk orde 1 terdapat parameter seperti persamaan 3. Untuk parameter orde 2 atau lebih terdapat parameter seperti persamaan 4.

$$\text{Parameter: } K, \tau = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (11)$$

$$\text{Parameter: } K, \zeta, \omega_n = \frac{K}{\frac{1}{\omega_n^2} s^2 + \frac{2\zeta}{\omega_n} s + 1} \quad (12)$$

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler proposional plus integral plus diferensial (kontroler PID)(MacHrus Ali et al. 2015)(Machrus Ali, Hunaini, and Hartlambang 2015). Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan offset dan menghasilkan perubahan awal yang besar(Machrus Ali 2012)(Johnson et al. 2005).

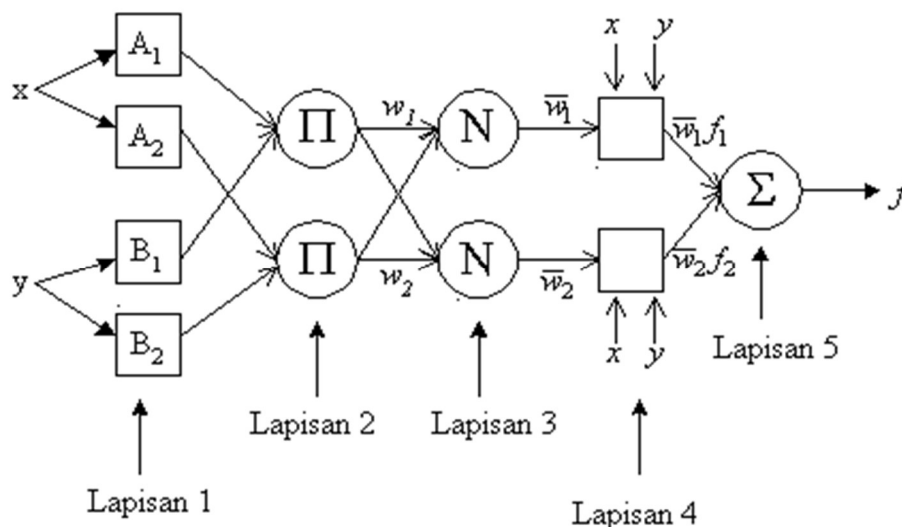
Kontroler PID merupakan salah satu kontrolleer yang banyak digunakan dalam pengontrolan sebuah 'plant' atau sistem, disamping penguat dan kompensator. Kontroler ini dapat digambarkan dalam bentuk :

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + K_D \frac{d \cdot e(t)}{dt} + KI \int e(dt).dt \quad (6)$$

3.2 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah penggabungan mekanisme fuzzy inference system yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Sistem inference fuzzy yang digunakan adalah sistem inference fuzzy model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. (Machrus Ali and Nurohmah 2017)(Jang 1993)(Machrus Ali, Hunaini, and Hartlambang 2015)

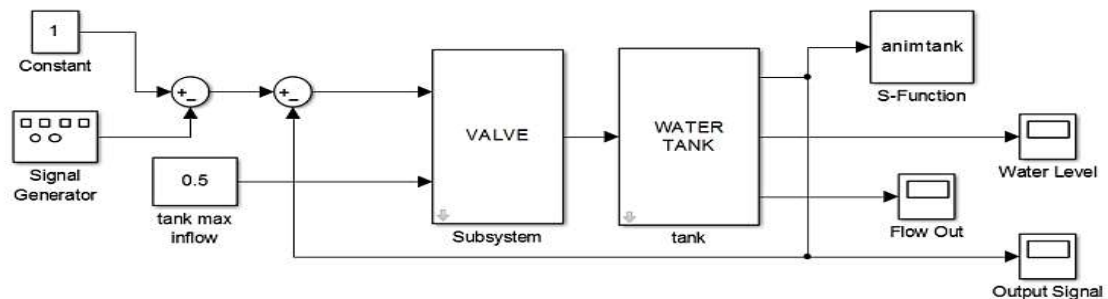
Untuk menjelaskan arsitektur ANFIS, disini diasumsikan fuzzy inference sistem (FIS) hanya mempunyai dua input, x dan y, serta satu output yang dilambangkan z. Pada model sugeno orde satu, himpunan aturan menggunakan kombinasi linier dari input-input yang ada, dapat diekspresikan sebagai berikut: Jika x adalah A1 dan y adalah B1 kemudian $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$, Jika x adalah A2 dan y adalah B2 kemudian $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$. Struktur yang digambarkan dalam lingkaran blok atau disebut arsitektur jaringan syaraf sebagaimana dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1 Struktur ANFIS

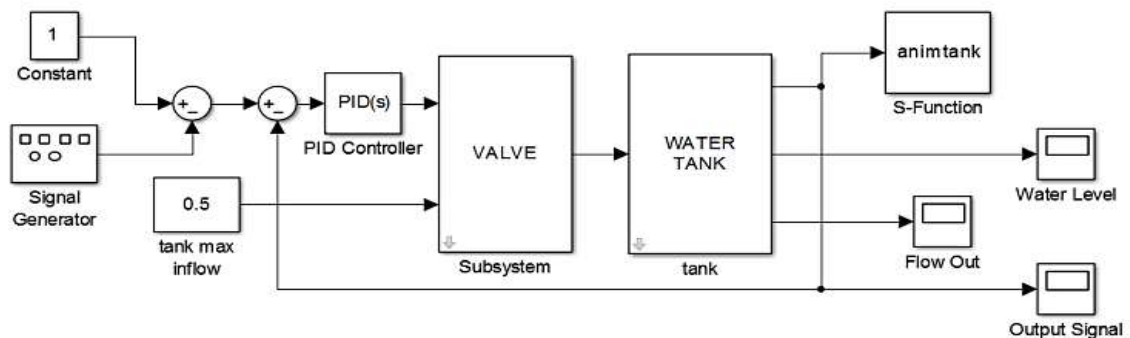
4. Desain Kontrol

Sistem tangki air terdiri dari dua subsistem blok, yaitu sistem katup dan tangki air. Kedua sistem memiliki fungsi sendiri sebagai interaksi gabungan selama aliran fluida yang ada berjalan seperti pada proses untuk menyelesaikan semua interaksi bagian urutan. Secara teknis, sistem input dikondisikan oleh nilai konstan debit air, generator sinyal, dan aliran maksimum tangki. Secara umum, aliran air disuplai menggunakan pompa dari tangki penyimpanan dan laju aliran air disesuaikan menggunakan aktuator seperti yang diberikan pada gambar 1 dan gambar blok diagram tanpa kontroler pada gambar 2. Gambar ini menunjukkan skema sistem tangki lonjakan dengan dua sistem masuk ke dalam terowongan aliran.



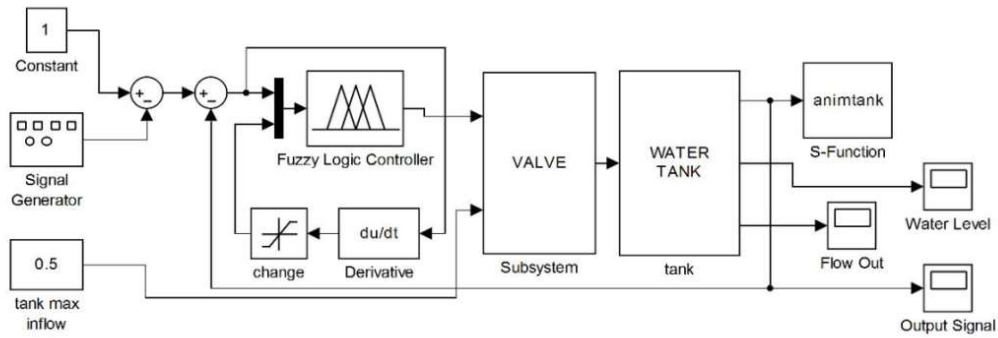
Gambar 2. Block diagram tanpa kontroler

Gambar desain control dengan menggunakan PID controller dapat dilihat pada gambar 3.



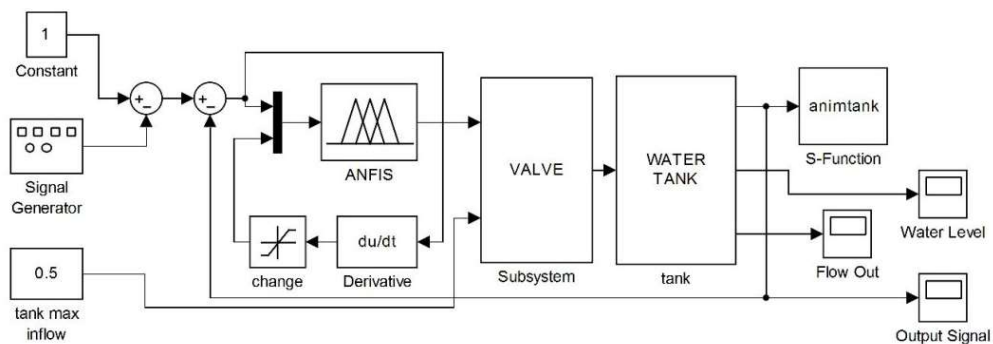
Gambar 3. Block diagram PID Controller

Gambar desain control dengan menggunakan FLC dapat dilihat pada gambar 4.



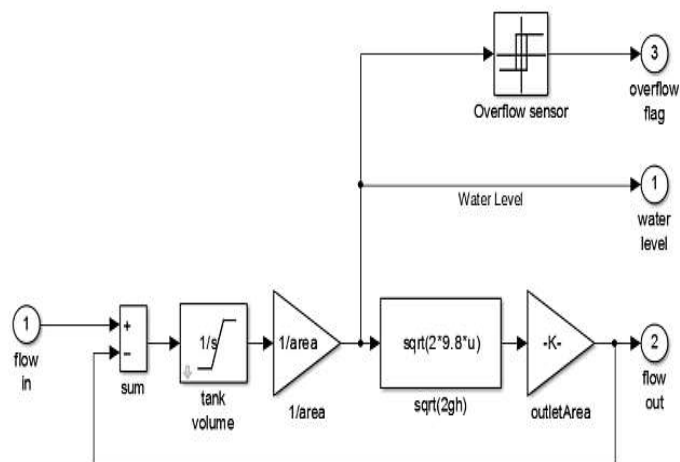
Gambar 4. Block diagram Fuzzy Logic Controller

Gambar desain control dengan menggunakan ANFIS dapat dilihat pada gambar 5.

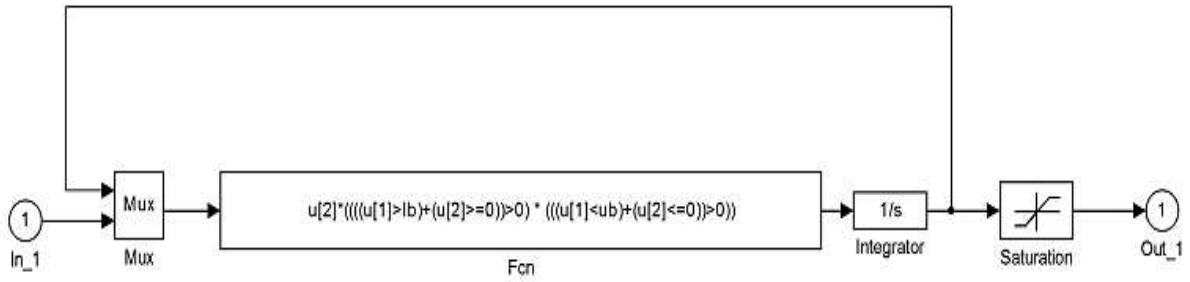


Gambar. 5 - Block diagram ANFIS Controller

Gambar Blok diagram sub system pada water tank bias dilihat pada gambar 6. Sedangkan gambar transfer function Simulink pada gambar 7.

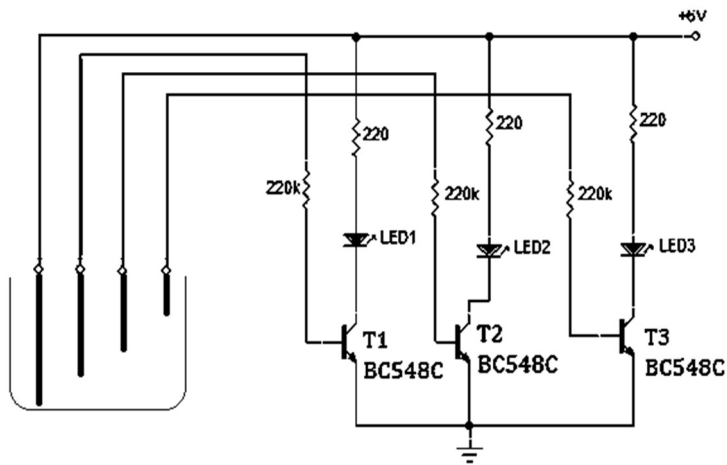


Gambar. 6 Blok diagram Sub Sistem Water tank



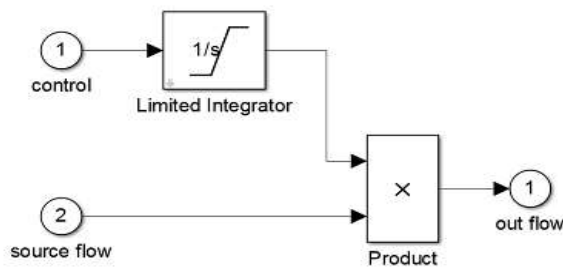
Gambar 7. Transfer Function Sub Sistem Water Tank

Rangkaian elektronik Lampu indikator water level dapat dilihat pada gambar 8.

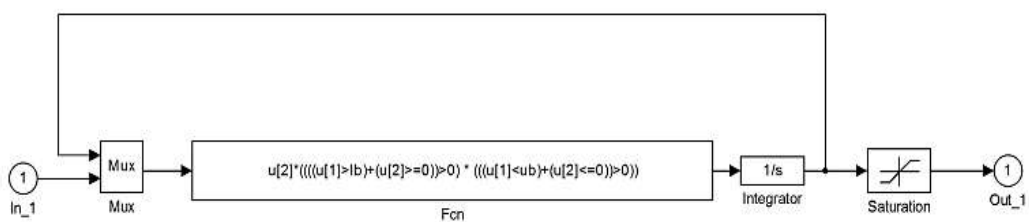


Gambar 8. Lampu Indikator untuk Water Level

Gambar Blok diagram sub system pada falve sistem bisa dilihat pada gambar 9. Sedangkan gambar transfer function Simulink pada gambar 10.



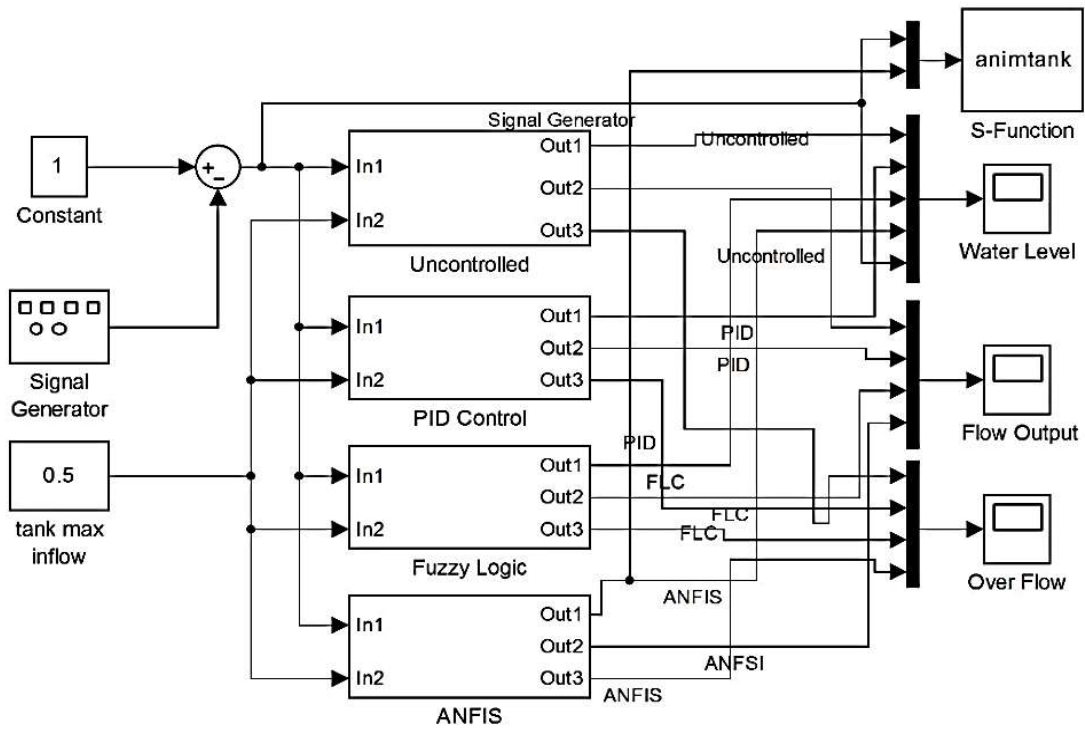
Gambar 9. Blok Diagram Valve subsystem



Gambar 10. Transfer Function Valve subsystem

5. Simulasi dan Pembahasan

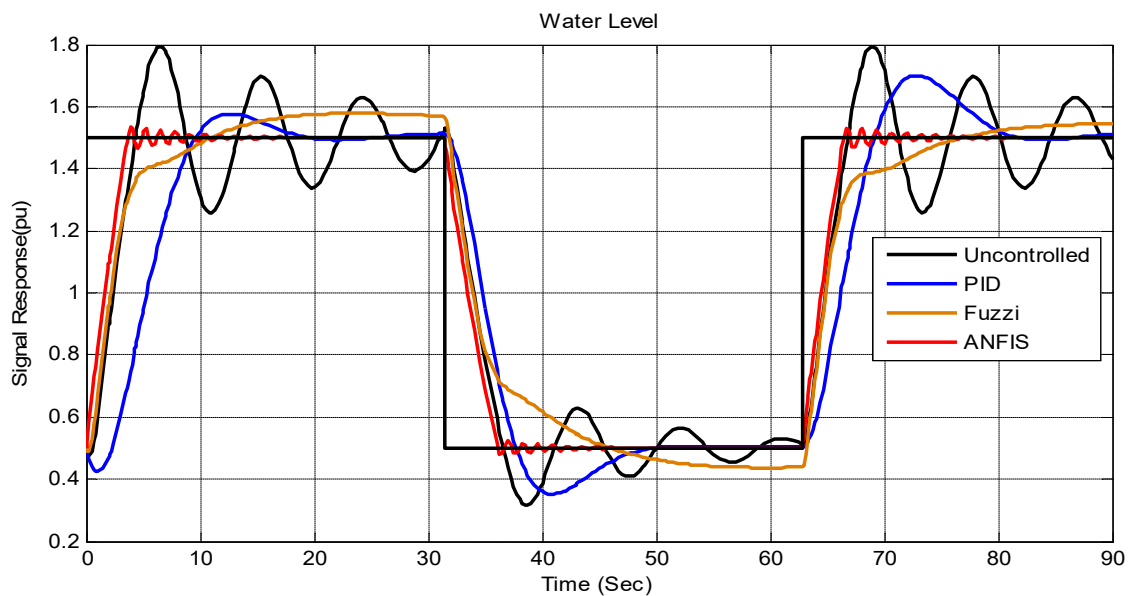
Desain simulasi berbagai macam kontroler water tank dapat dilihat pada gambar 11



Gambar 11 Desain Simulasi Berbagai Kontroler Water Tank

Dari gambar 11, semua sistem terintegrasi dijalankan dalam aliran tunggal untuk menentukan kinerja sistem berdasarkan parameter teknis.

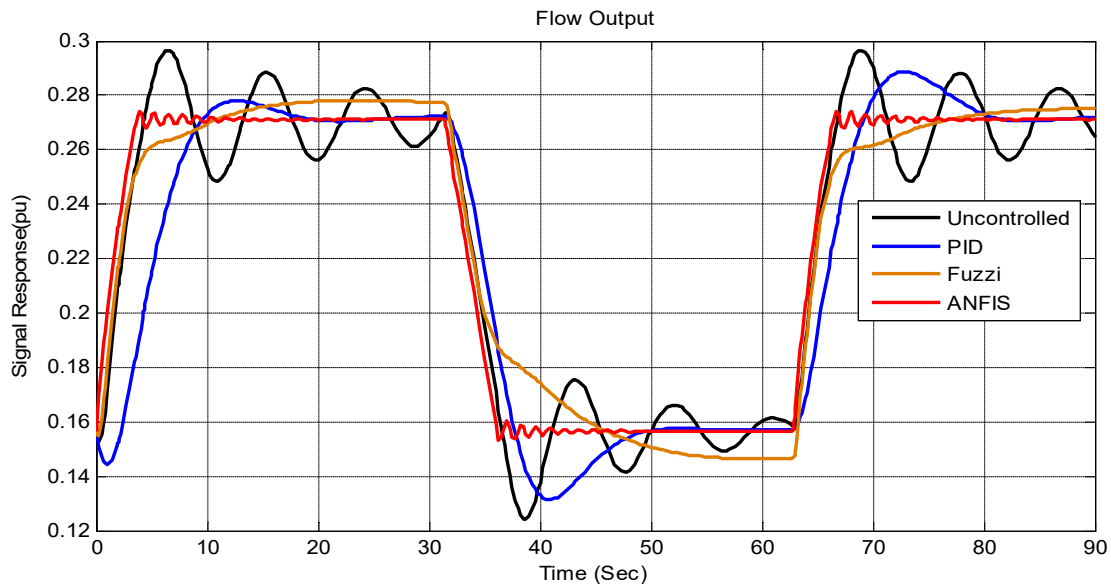
Hasil simulasi pada Water Level Output dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Water level

Dari Gambar 12 menunjukkan bahwa besar overshoot output water level pada; tanpa kontrol sebesar 0.3046 pu, PID kontrol sebesar 0.2751 pu, Fuzzy Logic Controller sebesar 0.2493 pu, dan ANFIS controller sebesar 0.398 pu. Sedangkan undershoot output water level pada; tanpa kontrol sebesar 0.1853 pu, PID kontrol sebesar 0.1423 pu, Fuzzy Logic Controller sebesar 0.1034 pu, dan ANFIS controller sebesar 0.0695 pu.

Hasil simulasi pada Flow Output dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Output Flow

Dari Gambar 13. menunjukkan bahwa besar overshoot output flow pada; tanpa kontrol sebesar 0.2952 pu, PID kontrol sebesar 0.2881 pu, Fuzzy Logic Controller sebesar 0.2307 pu, dan ANFIS controller sebesar 0.0754 pu. Sedangkan undershoot output flow pada; tanpa kontrol sebesar 0.0250 pu, PID kontrol sebesar 0.0231 pu, Fuzzy Logic Controller sebesar 0.0186 pu, dan ANFIS controller sebesar 0.0034 pu.

Dari gambar 12 dan gambar 13 dapat diperoleh perbedaan overshoot dan undershoot pada masing-masing desain kontrol dapat dilihat pada tabel 2.

Table 2. Overshoot and Undershoot Hasil simulasi pada Output Flow

	Uncontrolled	PID	FLC	ANFIS
Overshoot Water level	0.3046	0.2751	0.2493	0.398
Undershoot Water level	0.1853	0.1423	0.1034	0.0695
Overshoot Flow	0.2952	0.2881	0.2307	0.0754
Undershoot Flow	0.0250	0.0231	0.0186	0.0034

6. Kesimpulan

Dari simulasi didapatkan bahwa Desain Water Level yang paling baik pada percobaan ini adalah menggunakan metode ANFIS dengan nilai overshoot dan undershoot terkecil pada water level dan output flow. Sehingga desain ini bias dipakai acuan untuk menghasilkan control aliran air sesuai dengan harapan yang diinginkan. Hasil simulasi ini akan dibandingkan lagi dengan metode kecerdasan buatan yang lain, sehingga akan didapatkan hasil yang paling sesuai.

Daftar Pustaka

- Achmad, Andani, and A Ejah. 2011. "Penentuan Level Air Tangki Dengan Sistem Kendali." *Elektrikal Enjiniring* 9(2): 78–82.
- Ali, Machrus. 2012. "Kontrol Kecepatan Motor DC Menggunakan PID Kontroler Yang Dituning Dengan Firefly Algorithm." *Jurnal Intake* 3(2): 1–10.
- Ali, Machrus;, and Muhlasin; Muhlasin. 2017. "Auto-Tuning Method for Designing Matlab DC Motor Speed Control With PID (Proportional Integral Derivative)." *ADRI International Journal of Sciences, Engineering and Technology* 1(2): 5–8.
- Ali, Machrus, Fachrudin Hunaini, and Gala Yanuangga Hartlambang. 2015. "Optimisasi Kontrol Kemudi Mobil Listrik Menggunakan Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)." *Jurnal Intake* 6(2): 16–34.
- Ali, MacHrus, Fachrudin Hunaini, Imam Robandi, and Nyoman Sutantra. 2015. "Optimization of Active Steering Control on Vehicle with Steer by Wire System Using Imperialist Competitive Algorithm (ICA)." In *2015 3rd IEEE -International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2015*, , 500–503.
- Ali, Machrus, and Hidayatul Nurohmah. 2017. "The ACO-ANFIS Hybrid Method Used for LFC Optimization in Wind – Diesel Hybrid Power System." In *Seminar Nasional Teknik Elektro (FORTEI 2017)*, , 215–18. http://fortei.org/v2/wp-content/uploads/2017/12/41-Fullpaper_Machrus_Ali_Paper_Machrus_fortei_wind-diesel_ACO_ANFIS.pdf.
- Arrohman, Muhammad, Risky Fajardika, Muhlasin, and Machrus Ali. 2017. "Optimasi Frekuensi Kontrol Pada Sistem Hybrid Wind-Diesel Menggunakan PID Kontroler Berbasis ACO Dan MFA." In *SAINTEK II-2017, UB, Malang*, , 124–27.
- Djalal, Muhammad Ruswandi, Andi Imran, Machrus Ali, and Herlambang Setiadi. 2017. "Modifikasi Desain PID Controller Pada Permanent Magnet Synchronous Motor Dengan Flower Pollination Algorithm." *Jurnal Teknik Elektro-ITP* 6(2): 163–69. <https://ejournal.itp.ac.id/index.php/telektro/article/view/652>.
- Eltaieb, Ahmed Asaad Mohammedahmed, and Zhang Jian Min. 2015. "Automatic Water Level Control System." *International Journal of Science and Research (IJSR)* 4(12): 1505–9.
- Jang, Jyh Shing Roger. 1993. "ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System." *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 23(3): 665–85.
- Johnson, Michael A. et al. 2005. PID Control: New Identification and Design Methods *PID*

Control: New Identification and Design Methods.

Kadaryono, Machrus Ali, Muhlasin, and Budiman. 2016. "Desain Pengaturan Governor Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Berbasis Particle Swarm Optimization (PSO)." *Jurnal Intake* 7(1): 40–54. <http://ejournal.undar.ac.id/index.php/intake/article/view/385>.

Kusuma, Hendra;, Machrus; Ali, and Nyoman; Sutantra. 2017. "The Comparison of Optimization for Active Steering Control on Vehicle Using PID Controller Based on Artificial Intelligence Techniques." In *Proceedings - 2016 IEEE- International Seminar on Application of Technology for Information and Communication, ISEMANTIC 2016*,

Li, Xiaoli, Ji Li, and Longhui Shi. 2008. "Modeling and Simulation of Water Level System." In *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, ICAL 2008*, , 2856–59.

muhajir. 2013. "Aliran Fluida." *Journal Teknik* 1(1): 10.

Muhlasin, Muhlasin;, Rukslin: Rukslin, Agus; Raikhani, and Machrus; Ali. 2017. "The FA-ANFIS Hybrid Method Is Used for LFC Optimization in Micro Hydro Power Generation." In *Seminar Nasional Teknik Elektro (FORTEI 2017)*, , 225–29. [http://fortei.org/v2/wp-content/uploads/2017/12/43-](http://fortei.org/v2/wp-content/uploads/2017/12/43-Fullpaper_Muhlasin_Fullpaper_Muhlasin_Paper_Fortei_Muhlasin_Microhydro_FA_Anfis.pdf)

Fullpaper_Muhlasin_Fullpaper_Muhlasin_Paper_Fortei_Muhlasin_Microhydro_FA_Anfis.pdf.

Nurohmah, Hidayatul, Machrus Ali, and Muhammad Ruswandi Budiman Djalal. 2015. "Desain Frekuensi Kontrol Pada Hibrid Wind-Diesel Dengan PID–Imperialist Competitive Algorithm (ICA)." *Jurnal Intake* 6(2): 35–42. <http://ejournal.undar.ac.id/index.php/intake/article/view/405>.

Oca, Joan, and Ingrid Masalo. 2013. "Flow Pattern in Aquaculture Circular Tanks: Influence of Flow Rate, Water Depth, and Water Inlet & Outlet Features." *Aquacultural Engineering* 52: 65–72.

Osorio, Fernando A., Oliver Skurtys, and Javier I. Enrione. 2010. "Bernoulli Equation." *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering, Second Edition* (May): 106–13. <http://www.crcnetbase.com/doi/10.1081/E-EAFE2-120045819>.

Rachman, Muhammad Fatkhur, Sabbilul Muttaqin, and Machrus Ali. 2017. "Penggunaan Metode Imperialist Competitive Algorithm (ICA) Untuk Kontrol Frekuensi Pada Wind-Turbine Dan Hybrid Wind-Diesel." In *SAINTEK II-2017, UB, Malang, Malang*: Universitas Brawijaya, Malang, 99–102.