

Desain Sistem Kontrol Level Deaerator Menggunakan Kontrol Cascade dan Logika Fuzzy di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Muara Karang

Muhamad Husen Ramadhan*, Julpri Andika

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta
husenramadhan47@gmail.com

Abstrak— Deaerator storage tank merupakan salah satu komponen yang terdapat pada Pusat Listrik Tenaga Uap atau bisa disingkat PLTU. Deaerator merupakan bagian dari sistem air pengisi boiler. Deaerator memiliki fungsi utama untuk menghilangkan gas (terutama oksigen) sebelum memasuki boiler agar peralatan pembangkit terutama tube – tube pada boiler terhindar dari korosi. Sistem kerja deaerator bekerja secara kontinyu, sehingga level air deaerator harus tetap dijaga untuk dapat memenuhi kebutuhan boiler. Perlu diterapkan pengendalian level air deaerator dan kestabilan sistem deaerator menggunakan metode fuzzy control. Hasil penelitian dengan menggunakan fuzzy logic control menunjukkan respon dapat mencapai nilai set point dan dapat menjaga kestabilan. Dengan nilai parameter sebagai berikut settling time (ts) sebesar 302.337 detik, rise time (tr) sebesar 145.907 detik, error steady state (ess) sebesar 0.4 % dan maximum overshoot sebesar 1.329%.

Kata Kunci—Air, Cascade, Control, Deaerator, Fuzzy,

DOI: 10.22441/jte.2024.v15i1.012

I. PENDAHULUAN

Pada PLTU (Pusat Listrik Tenaga Uap), sistem air pengisi sangatlah penting untuk memasok kebutuhan air ke boiler. Pada umumnya sistem air pengisi dibagi menjadi dua bagian yaitu sistem air pengisi tekanan rendah dan sistem air pengisi tekanan tinggi. Aliran sistem air pengisi tekanan rendah mencakup rangkaian dari hotwell hingga deaerator, sedangkan aliran sistem air pengisi tekanan tinggi mencakup dari deaerator hingga boiler drum [1].

Deaerator merupakan salah satu komponen pada sistem air pengisi PLTU yang berfungsi memisahkan molekul – molekul oksigen dan gas – gas tak terkondensasi lainnya dari air pengisi (feed water) boiler. Oksigen perlu dipisahkan dari air pengisi karena dapat menimbulkan korosi jika bereaksi dengan logam pada pipa boiler. Oksigen dan gas –gas tak terkondensasi lainnya dipisahkan dari air dengan bantuan uap tekanan rendah secara mekanik (kontak langsung antara uap dan air). Gas – gas yang telah terpisah kemudian bergerak ke bagian atas deaerator menuju venting dan terbuang ke lingkungan, sedangkan air pengisi boiler yang terkondensasi di tampung pada deaerator [2].

Level air yang ada pada deaerator merupakan variabel yang sangat penting untuk dijaga kestabilannya. Jika level air terlalu tinggi maka proses penghilangan gas – gas yang terlarut tidak akan maksimal sehingga masih banyak yang tertinggal dalam

air. Jika level air terlalu rendah maka akan mengganggu kerja bahkan dapat merusak komponen lain seperti pompa dan menghambat laju aliran air ke boiler. Sehingga kinerja sistem kontrol level pada deaerator sangat penting untuk dijaga agar fluktuasi level air dapat diminimalkan.

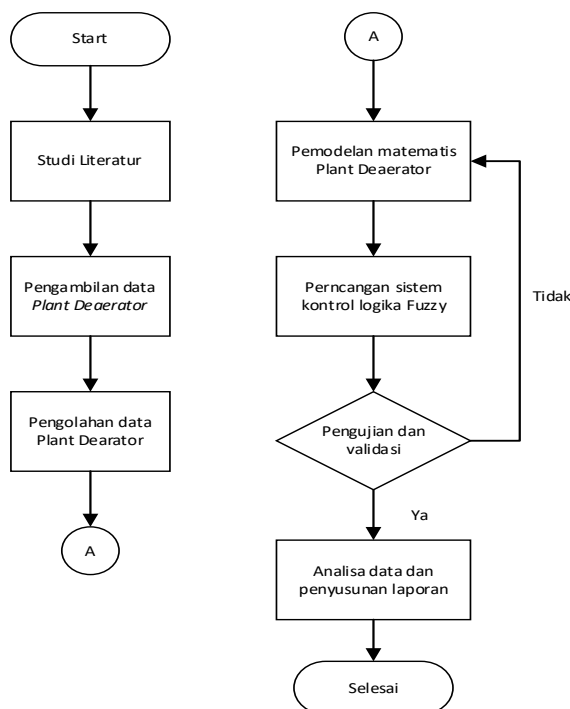
Pada PLTU Muara Karang sistem kontrol level air deaerator menggunakan desain PI control. Permasalahan yang terjadi saat ini ialah ketika proses naik turun beban daya listrik, pengontrolan level air deaerator terkadang tidak stabil atau respon dari sistem kontrol tidak responsive mengikuti proses naik turun beban atasehingga mengakibatkan level air deaerator berkurang begitu juga dengan suplai air menuju boiler. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Perancangan Sistem Pengendalian Level Deaerator Berbasis Fuzzy Logic Dan Cascade Control Pada PLTU Muara Karang.

II. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian terkait sebelumnya yaitu [3] tentang pengendalian pada *plant* level air yang terdistribusi pada 2 tangki dengan menggunakan 2 metode pengontrolan PI-D dan kontrol fuzzy. Kontrol PI-D ditempatkan pada unit pengendali lokal (LCU) sedangkan kontrol fuzzy sebagai unit pengendali utama (MCU). Pada peneliti lain [4] tentang pembuatan sistem untuk mengendalikan level ketinggian air menggunakan pengontrol fuzzy. Pengontrolan fuzzy didapat dari tahapan *fuzzifikasi*, *defuzzifikasi* dan rule. Dari semua tahapan yang dilakukan, performa terbaik terjadi pada pengujian respon bukaan valve 2x pengurangan dengan jangkaun *fuzzifikasi* 8000-24000. Berikutnya [5] Hasil respon dinamik dari perancangan pengendalian menggunakan metode fuzzy logic dengan nilai *error steady state* = 4,66%, *delay time* = 25,66 s, *rise time* = 109,02 s dan *settling time* = 111,08 s. Berikutnya [6] Hasil dari simulasi sistem kontrol untuk level dan tekanan pada deaerator yang menggunakan metode ANFIS dengan *setpoint* normal menunjukkan hasil *overshoot maksimum* yang sangat kecil yaitu sebesar 0%, nilai IAE sebesar 7,898 untuk tekanan dan 157,7 untuk level dibandingkan dengan pengontrolan PI. Berikutnya [7] sistem mendapatkan karakteristik sistem sebagai berikut untuk kontrol yang menggunakan FOPID mendapatkan nilai *settling time* 2.5 jam dan *maximum overshoot* sebesar 4.6% sedangkan untuk kontrol logika fuzzy nilai *maximum overshoot* sebesar 0%.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) unit 4-5 PT. Pembangkitan Jawa Bali Muara Karang. Dalam penelitian ini nantinya data – data primer maupun sekunder yang peneliti peroleh akan diolah dan dianalisis kebenarannya supaya keakuratan data yang digunakan dapat terjamin. Berikut ini merupakan tahapan metode penelitian yang menggambarkan tahapan awal sampai akhir pelaksanaan penelitian :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengambilan data dilakukan melalui parameter yang terdapat pada *Distributed Control System* (DCS) dan dari *Piping Instrument Diagram* (P&ID) PT Pembangkitan Jawa Bali Muara Karang selama bulan September – Oktober 2022. Data diolah untuk mendapatkan proses perancangan fuzzifikasi dari hasil pembacaan level transmitter serta pembuatan rule base berdasarkan metode trial and error. Komponen yang dibuat model matematis yaitu *deaerator*, *actuator* dan *transmitter*. Perancangan sistem kontrol logika fuzzy dilakukan dengan membuat fungsi keanggotaan dan pembuatan rule base. [8][9][10] Tahapan pengujian dan validasi dikatakan berhasil apabila hasil simulasi menggunakan logika fuzzy memiliki parameter kestabilan sistem seperti *error steady state* ($< 5\%$), *maximum overshoot* (M_p) kecil dan *settling time* (t_s) yang berikisar pada $\pm 2\%$ dibandingkan dengan kontrol PI. Data dianalisis menggunakan kontrol logika fuzzy dengan melihat parameter *error steady state* (Ess), *maximum overshoot* (M_p) dan *setling time* (t_s).

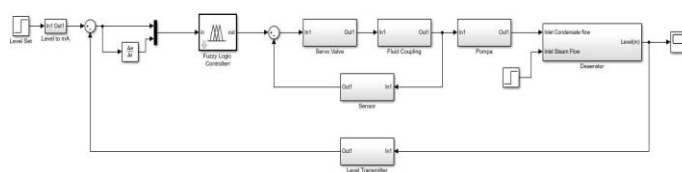
Perancangan Logika Fuzzy [11] melalui beberapa tahap diantaranya :

1. Fuzzifikasi, adalah memetakan nilai *input* ke dalam *variable linguistic fuzzy* yang merupakan derajat keanggotaan logika

fuzzy. Perancangan fuzzifikasi untuk *input error* dan *delta error* didapatkan dari hasil pembacaan *level transmitter*.

2. Basic pengetahuan berisi data-data dalam himpunan masukan dan keluaran dari *plant* serta aturan yang digunakan dalam logika fuzzy untuk pengendalian proses.
3. *Rule Base*, merupakan tahap dalam pengambil keputusan sesuai dengan nilai dari fuzzifikasi dalam bentuk sebuah aturan yang digunakan untuk mengontrol sebuah *plant*.
4. *Defuzzifikasi* merupakan kebalikan dari fuzzifikasi yang mentransformasikan himpunan fuzzy menjadi himpunan yang tegas berdasarkan aturan dan keputusan yang telah ditentukan. Perancangan defuzzifikasi didapatkan dari batasan hasil keluaran arus kontroler (4-20mA).

Berikut blok diagram pengendalian logika fuzzy ada *software* MatLab :

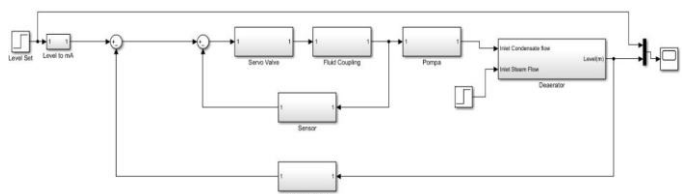


Gambar 2. Blok diagram fuzzy logic pengendalian level deaerator

IV. HASIL DAN ANALISA

Pada proses simulasi dilakukan rangkaian pengujian dengan metode *open loop* dan *close loop* terhadap *plant deaerator*. [12] Pengujian *open loop* bertujuan untuk mengetahui kondisi *real* respon sistem dari *plant* tanpa menggunakan kontrol. Sedangkan pengujian *close loop* bertujuan untuk mengetahui respon sistem dengan menggunakan *fuzzy logic control*, uji *tracking setpoint* dan perbandingan dengan PI kontrol. Setelah dilakukan beberapa pengujian kemudian dianalisa berdasarkan parameter kestabilan respon sistem sehingga dapat mengetahui sifat-sifat performansi kontrol yang digunakan antara *fuzzy logic* dan PI kontrol. Rangkaian pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

A. Simulasi Pengujian Open Loop



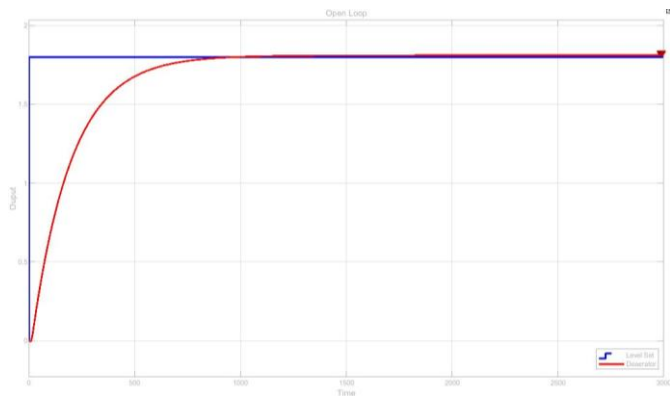
Gambar 3. Rangkaian Pengujian Open Loop

Signal step yang diberikan bernilai 1.8 dalam satuan meter (m), dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Parameter Respon Sistem Open Loop

Parameter	Nilai
<i>Time Constant</i>	200.097 S
<i>Rise Time</i>	401.936 S
<i>Settling Time</i>	1096.884 S
<i>Ma Overshoot</i>	0.501%
<i>Error Steady State</i>	0

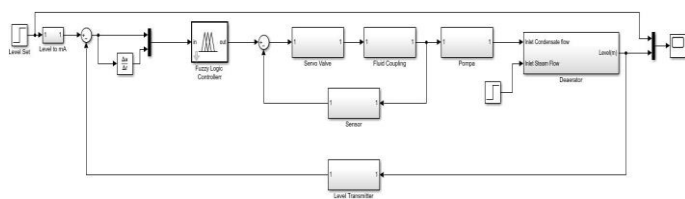
Berikut respon sistem yang terbentuk dari hasil parameter Tabel 1 :



Gambar 4. Respon Sisteximumm *Open Loop* Deaerator

Dari hasil pengujian *open loop* tanpa menggunakan sistem kontrol dapat disimpulkan bahwa respon sistem sangat lambat untuk mencapai nilai *steady state* dengan parameter *settling time* sebesar 1096.884 detik, meskipun *error steady state* bernilai nol. Dikarenakan proses pengendalian *level deaerator* ini membutuhkan respon yang lebih cepat maka diperlukan penerapan *fuzzy logic* untuk meningkatkan kecepatan respon dari sistem.

B. Simulasi Pengujian Fuzzy Logic Control



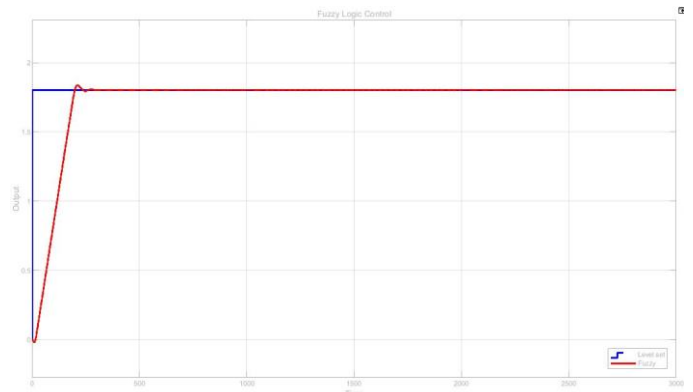
Gambar 5. Rangkaian Fuzzy Logic Control

Pengujian menggunakan metode *fuzzy logic control* dirancang untuk melakukan pengendalian *level* pada *deaerator*. Rangkaian pengujian menggunakan persamaan fungsi alih sistem yang dirangkai menjadi sistem kendali *closed loop* dengan menggunakan *software* MatLab. Pengujian ini untuk mengetahui parameter respon sistem dari *fuzzy logic control* yang sudah dibuat. Dalam pengujian *plant deaerator* diberi masukan berupa *signal step* sebagai nilai *set point* sebesar 1.8 m, kemudian dilakukan simulasi dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Parameter Respon Sistem Fuzzy Logic Control

Parameter	Nilai
<i>Time Constant</i>	129.990 S
<i>SteadyRise Time</i>	145.734 S
<i>Settling Time</i>	302.337 S
<i>Maximum Overshoot</i>	1.329 %
<i>Error Steday State</i>	0.4 %

Berikut respon sistem yang terbentuk dari hasil parameter Tabel 2 :



Gambar 6. Respon Sistem Fuzzy Logic Control

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada *plant deaerator* dengan menggunakan *fuzzy logic control*, respon sistem yang dihasilkan dapat dilihat dari parameter respon sistem seperti *settling time* (t_s) sebesar 302.337 detik, *rise time* (t_r) sebesar 145.907 detik dan *error steady state* (ess) sebesar 0.4 %. Berdasarkan parameter respon yang dihasilkan bahwa respon sistem dapat menuju nilai *set point* yang ditetapkan dan menjaga agar tetap stabil.

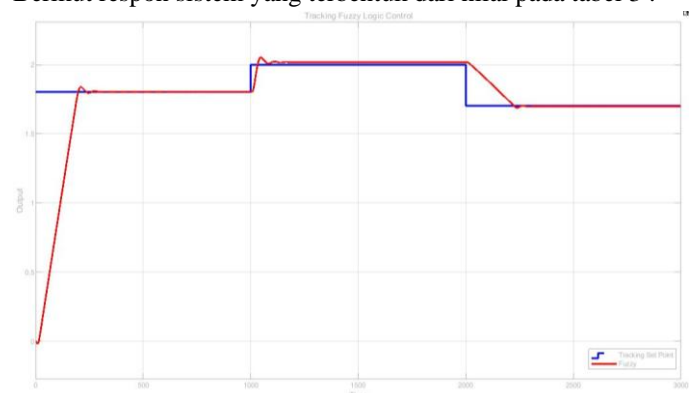
C. Uji Tracking Set Point Fuzzy Logic Control

Pada pengujian *tracking* ini nilai *set point level* yang diberikan pada *plant deaerator* dibuat berbeda-beda. Nilai *set point* yang diberikan sebesar 1.8 meter, 2 meter dan 1.7 meter. Pemberian nilai *set point* yang berbeda-beda bertujuan untuk mengetahui respon sistem dan kestabilan ketika terjadi perubahan nilai *set point*, kemudian dilakukan simulasi pengujian *tracking set point* dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Parameter Uji Tracking Fuzzy Logic Control

Parameter	Nilai
Output Level Set	[1.8 2 1.7] meter
Sample time	1000 detik

Berikut respon sistem yang terbentuk dari nilai pada tabel 3 :

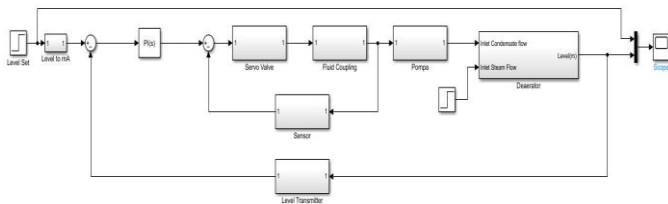


Gambar 7. Respon Uji Tracking Fuzzy Logic Control

Berdasarkan hasil dari pengujian *tracking set point* dapat dilihat pada Gambar 7. menunjukkan bahwa respon sistem dapat mengikuti perubahan *set point* yang terjadi dengan tetap dapat mencapai nilai *set point* dan tetap dapat menjaga kestabilan. Parameter respon ketika terjadi kenaikan nilai *set point* memiliki nilai *settling time* (t_s) sebesar 312.179 detik, *rise time* (t_r) sebesar 166.181 detik dan *error steady state* (ess) sebesar 0.4 %.

Sedangkan ketika terjadi penurunan nilai *set point*, parameter respon memiliki nilai *settling time* (t_s) sebesar 332.02 detik, *rise time* (t_r) sebesar 145.943 detik dan *error steady state* (*ess*) sebesar 0.2 %.

D. Simulasi Pengujian PI Control



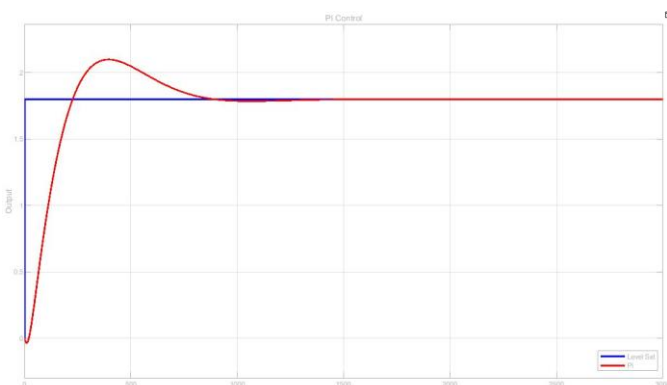
Gambar 8. Rangkaian Pi Control

Pengujian menggunakan metode *PI control* dilakukan untuk mengetahui parameter respon sistem yang dihasilkan yang diamana nantinya sebagai perbandingan dengan *fuzzy logic control*. Rangkaian pengujian menggunakan persamaan fungsi alih sistem yang sama dengan *fuzzy logic control*, hanya saja untuk metode pengendaliannya yang dirubah menggunakan *PI control*. Dalam pengujian ini diberi masukan berupa *signal step* sebagai nilai *set point* sebesar 1.8 m, kemudian dilakukan simulasi dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Parameter Respon Sistem PI Control

Parameter	Nilai
Time Constant	208.841 S
Rise Time	187.385 S
Settling Time	900.434 S
Maximum Overshoot	17.05 %
Error Steady State	2.1 %

Berikut respon sistem yang terbentuk dari hasil parameter Tabel 4 :



Gambar 9. Respon Sistem PI Control

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada *plant deaerator* dengan menggunakan *PI control*, respon sistem yang dihasilkan dapat dilihat dari parameter respon sistem seperti *settling time* (t_s) sebesar 900.434 detik, *rise time* (t_r) sebesar 187.385 detik *maximum overshoot* (M_p) 17.05 % dan *error steady state* (*ess*) sebesar 2,1 %. Berdasarkan parameter respon yang dihasilkan bahwa respon sistem dapat menuju nilai *set point* yang ditetapkan dan menjaga agar tetap stabil. Tetapi untuk kecepatan respon sistem yang dihasilkan tidak lebih baik daripada menggunakan *fuzzy logic control*.

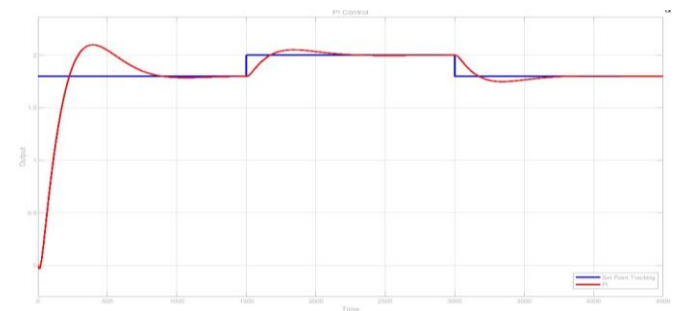
E. Uji Tracking Set Point PI Control

Pada pengujian *tracking* ini nilai *set point level* yang diberikan pada *plant deaerator* dibuat berbeda-beda. Nilai *set point* yang diberikan sebesar 1.8 meter, 2 meter dan 1.7 meter. Pemberian nilai *set point* yang berbeda-beda bertujuan untuk mengetahui respon sistem dan kestabilan ketika terjadi perubahan nilai *set point*, kemudian dilakukan simulasi pengujian *tracking set point* dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Parameter Uji PI Control

Parameter	Nilai
Output Level Set	[1.8 2 1.7] meter
Sample time	1500 detik

Berikut respon sistem yang terbentuk dari nilai pada Tabel 5:

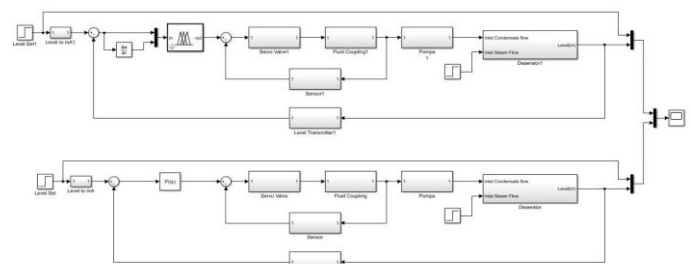


Gambar 10. Respon Uji Tracking PI Control

Berdasarkan hasil dari pengujian *tracking set point* dapat dilihat pada Gambar 10. menunjukkan bahwa respon sistem dapat mengikuti perubahan *set point* yang terjadi dengan tetap dapat mencapai nilai *set point* dan tetap dapat menjaga kestabilan. Parameter respon ketika terjadi kenaikan nilai *set point* memiliki nilai *settling time* (t_s) sebesar 866.076 detik, *rise time* (t_r) sebesar 203.384 detik dan *error steady state* (*ess*) sebesar 1.5 %. Sedangkan ketika terjadi penurunan nilai *set point*, parameter respon memiliki nilai *settling time* (t_s) sebesar 950.341 detik, *rise time* (t_r) sebesar 211.61 detik dan *error steady state* (*ess*) sebesar 1.1 %.

F. Uji Perbandingan Fuzzy Logic dan PI Control

Pengujian perbandingan metode pengontrolan antara *fuzzy logic control* dan *PI control* dilakukan untuk mengetahui parameter respon sistem yang dihasilkan yang diamana parameter respon yang dihasilkan dapat menjadi acuan perbandingan. Rangkaian pengujian menggunakan persamaan fungsi alih sistem yang dirangkai menjadi sistem kendali *closed loop* dengan menggunakan *software MatLab*.



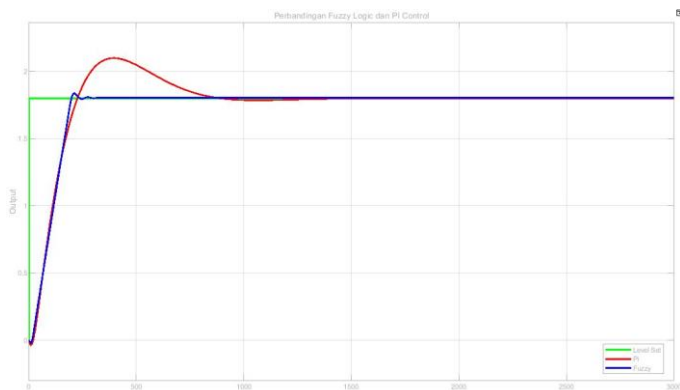
Gambar 11. Rangkaian Perbandingan

Dalam pengujian ini diberi masukan berupa *signal step* sebagai nilai *set point* sebesar 1.8 m, kemudian dilakukan simulasi dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 5. Perbandingan Parameter Respon Sistem Fuzzy Logic dan PI Control

Parameter	Fuzzy	PI
Time Constant	129.990 S	208.841 S
Rise Time	145.734 S	187.385 S
Settling Time	302.337 S	900.434 S
Maximum Overshoot	1.329 %	17.05 %
Error Steady State	0.4 %	2.1 %

Berikut respon sistem yang terbentuk dari hasil parameter Tabel 6 :



Gambar 12. Respon sistem perbandingan Fuzzy logic dan PI Control

Berdasarkan dari hasil parameter pengujian perbandingan yang terukur terlihat dari semua parameter respon kestabilan sistem yang dilakukan terhadap *plant deaerator*, pengendalian menggunakan metode *fuzzy logic control* lebih baik secara kualitatif dan kuantitatif dari pada sistem pengendalian menggunakan metode *PI control*.

V. KESIMPULAN

Sistem kontrol baru berdasarkan hasil rancangan pemodelan sistem menggunakan *fuzzy logic* dan *cascade control* dengan menggunakan 2 input berupa *error* dan *delta error*, 1 output dan 9 rule base. pengendali dengan menggunakan metode *fuzzy logic control* lebih responsif daripada *PI control*, dengan melihat parameter performansi kestabilan respon sistem yang diperoleh yaitu *rise time* (tr) 145.734 detik, *settling time* (ts) 129.990 detik, *maximum overshoot* (Mp) 1.329 % dan *error steady state* (ess) 0.4% untuk *fuzzy logic control*, sedangkan untuk *PI control* *rise time* (tr) 187.385 detik, *settling time* (ts) 900.434 detik, *maximum overshoot* (Mp) 17.05 % dan *error steady state* (ess) 2.1%. pengujian tracking set point pengendali *fuzzy logic control* lebih baik dalam mengatasi perubahan set point yang terjadi dibandingkan dengan *PI control*. Dengan nilai parameter performansi *rise time* (tr) 166.181 detik ketika kenaikan nilai set point dan *rise time* (tr) 145.943 detik ketika penurunan nilai set point. Sedangkan *PI control parameter*

performansi *rise time* (tr) 203.384 detik ketika kenaikan nilai set point dan *rise time* (tr) 211.61 detik ketika penurunan nilai set point.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada LPPM Universitas Mercu Buana yang telah memberikan support dalam penelitian internal, tim riset yang telah memberikan waktu dan tenaganya hingga riset ini selesai. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kusumadewi and H. Purnomo. "Aplikasi Logika Fuzzy untuk mendukung keputusan," *Graha Ilmu*, Yogyakarta, 2010.
- [2] Black and Veatch Internasional Consulting Engineers, "Operating Instructions Volume 1 ,Muara Karang Steam Power Plant Unit 4 and 5," Missouri, U.S.A, 1979.
- [3] R. Parlindungan, S. Suyanto, F. Isdaryani, and R. V. Santoso, "Kendali PI-D dan Kontrol Fuzzy pada Plant Level Air Terdistribusi," *Elkomika*, vol. 10, no. 2, pp. 350–350, Apr. 2022, doi: <https://doi.org/10.26760/elkomika.v10i2.350>.
- [4] F. Kurniawan, Y. Z. Maulana, and R. F. Christianti, "Sistem Kendali Level Ketinggian Air Berbasis Fuzzy Control Menggunakan Simulink," *Techne*, vol. 21, no. 1, pp. 17–30, Apr. 2022, doi: <https://doi.org/10.31358/techne.v21i1.287>.
- [5] D. A. Insantama and B. Suprianto, "Rancang Bangun Kendali Level Air Otomatis Pada Tangki Dengan Servo Valve Berbasis Fuzzy Logic Controller Menggunakan Arduino," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, 2019, doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v8n1.p%pp>.
- [6] S. Sumardi, M. A. Riyadi, and L. N. Aprivirly, "Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) for Controlling Level and Pressure on Deaerator," *Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Kerekeyasaan*, vol. 40, no. 2, pp. 77–77, Nov. 2019, doi: <https://doi.org/10.14710/teknik.v39i3.22087>.
- [7] Z. Zuhri, M. Mardijah, and D. K. Arif, "Comparison between Fuzzy Logic Controller (FLC) and Fractional Order Proportional Integral Derivative (FOPID) Controller on Water Level and Steam Temperature of Steam Drum Boiler," *IJCSAM (International Journal of Computing Science and Applied Mathematics)*, vol. 4, no. 2, pp. 56–56, Aug. 2018, doi: <https://doi.org/10.12962/j24775401.v4i2.3492>.
- [8] B. I. Kurniawan, M. Haddin, and A. Marwanto, "Tuning PID on Cascade Control Level Deaerator Steam Power Plant," *Journal of Telematics and Informatics*, vol. 6, no. 2, pp. 134–143, 2024, doi: <https://doi.org/10.12928/jti.v6i1>.
- [9] R. Chairy, F. Hidayanti, and I. Kusuma, "Perancangan Sistem Kendali Cascade pada Deaerator Berbasis Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)," *Jurnal Ilmiah Giga*, vol. 20, no. 1, pp. 22–22, Mar. 2019, doi: <https://doi.org/10.47313/jig.v20i1.548>.
- [10] Z. Abidin and E. Ihsanto, "Perancangan Kontroler PID Level Deaerator dan Kondensor pada Steam Power Plant Berbasis Algoritma Genetika," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 3, pp. 153–153, Oct. 2021, doi: <https://doi.org/10.22441/jte.2021.v12i3.009>.
- [11] R. W. Raharjo, A. Asni B, and M. W. Kasrani, "Pemodelan Sistem Pengendalian Level Deaerator Berbasis Self-Tuning Fuzzy PID Controller di PLTU Teluk Balikpapan," *JIT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 11, no. 2, pp. 191–205, Oct. 2023, doi: <https://doi.org/10.32487/jtt.v11i2.1672>.
- [12] S. A. Wananda, P. S. Maria, A. Ullah, and J. Jufrizel, "Desain Model Kendali MRAC-PD Untuk Pengaturan Level Deaerator Pada PT Pertamina RU II Dumai," *Deleted Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 67–67, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.36722/sst.v8i1.1761>.