

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Mengutip hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DESAIN MODEL KENDALI MRAC-PD UNTUK PENGATURAN LEVEL DEAERATOR PADA PT PERTAMINA RU II DUMAI

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh :

SURYA ANDY WANANDA
11850512457

UIN SUSKA RIAU

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2023

LEMBAR PERSETUJUAN

DESAIN MODEL KENDALI MRAC-PD UNTUK PENGATURAN *LEVEL DEAERATOR* PADA PT PERTAMINA RU II DUMAI

TUGAS AKHIR

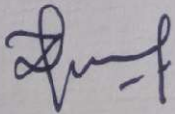
Oleh

Surya Andy Wananda

11850512457

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Prodi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Januari 2023

Ketua Prodi Teknik Elektro



Dr. Zulfatri Aini S.T., M.T.
NIP. 19721021 200601 2 001

Pembimbing



Putut Son Maria S.ST., M.T.
NIK. 130508079

Hak Cipta Ulinnaungi Unang-Unaang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN MODEL KENDALI MRAC-PD
UNTUK PENGATURAN *LEVEL DEAERATOR* PADA
PT PERTAMINA RU II DUMAI

TUGAS AKHIR

Oleh

Surya Andy Wananda

11850512457

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Januari 2023

Pekanbaru, 13 Januari 2023

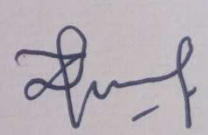
Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi



Dr. Hartono M.Pd.
NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Prodi Teknik Elektro



Dr. Zulfatri Aini S.T., M.T.
NIP. 19721021 200601 2 001

Dewan Penguji :

Ketua : Ahmad Faizal S.T., M.T.

Sekretaris : Putut Son Maria S.ST., M.T.

Anggota : Aulia Ullah S.T., M.Eng.

Anggota : Jufrizel S.T., M.T.



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulisan Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya. Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

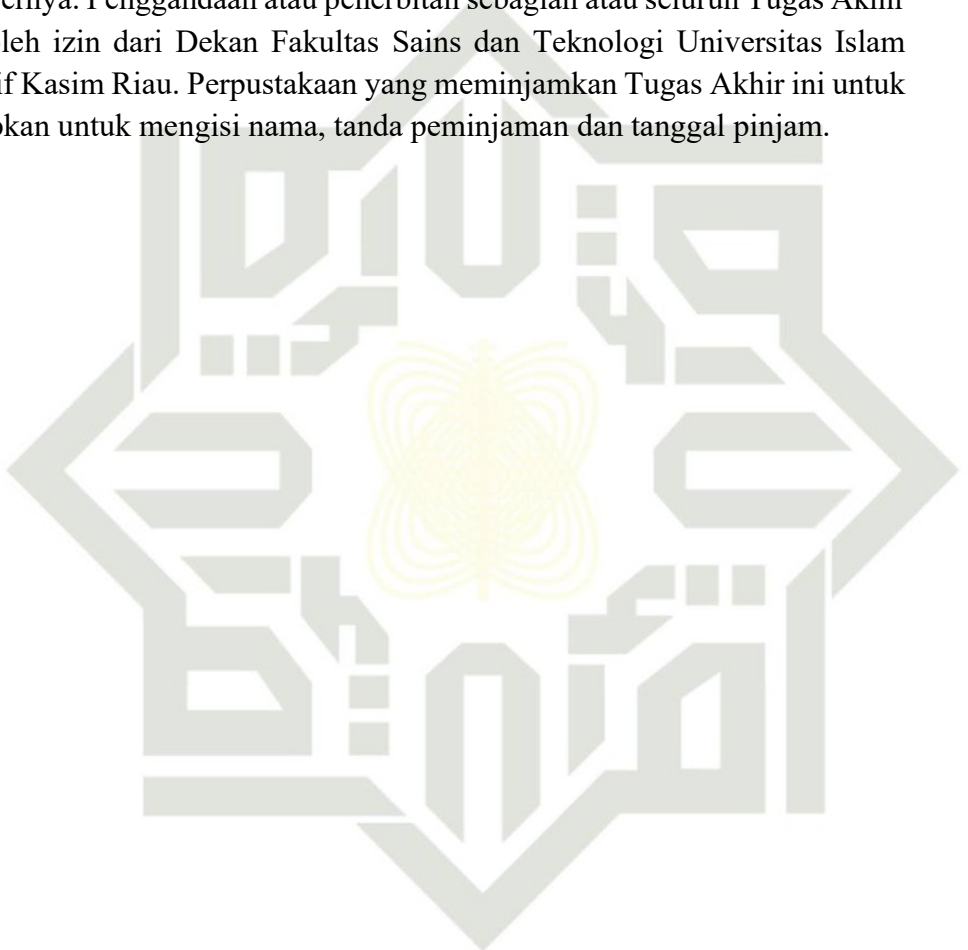
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Surya Andy Wanada
NIM : 11850512457
Tempat, Tgl. Lahir : Pekanbaru, 03 Maret 2000
Fakultas/Pascasarjana : Sains dan Teknologi
Prodi : Teknik Elektro
Judul Jurnal :

DESAIN MODEL KENDALI MRAC-PD UNTUK PENGATURAN LEVEL DEAERATOR PADA PT PERTAMINA RU II DUMAI

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan jurnal dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu jurnal saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan jurnal saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 13 Januari 2023
Yang membuat pernyataan



Surya Andy Wananda
NIM 11850512457



DESAIN MODEL KENDALI MRAC-PD UNTUK PENGATURAN LEVEL *DEAERATOR* PADA PT PERTAMINA RU II DUMAI

Surya Andy Wananda¹, Putut Son Maria², Aulia Ullah³, Jufrizel⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: 11850512457@students.uin-suska.ac.id

Abstrak – Pengendalian *Level* pada sistem *deaerator* penting untuk dijaga guna meminimalkan penyebab korosi pada sistem boiler. Pada PLTU Pertamina RU II Dumai, *deaerator* menggunakan kendali PI dengan nilai tetap K_p 300, dan K_i 1,5, kendali PI masih memiliki *error steady state* dan kendali PI masih mengalami *error* yang menyebabkan turunnya *level deaerator* dibawah 50% disebabkan gangguan internal dan eksternal serta *rise time* yang lama hingga 4 jam untuk mencapai keadaan *steady*, dalam wawancara pada PT Pertamina RU II Dumai normalnya hanya sebesar 30-60 menit. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan kendali MRAC-PD dengan metode *MIT Rule* untuk mengendalikan karakteristik *non linear* pada *level deaerator*, dan memperbaiki performansi *rise time*, *error steady state*, serta *settling time*. dengan data yang diperoleh melalui PT. Pertamina RU II Dumai. Pemodelan *deaerator* menggunakan persamaan pendekatan kesetimbangan massa. Dengan koefisien γ -50, K_p 0,04, dan K_d 50 yang didapatkan melalui metode *heuristic* mendapatkan hasil kendali MRAC-PD tanpa gangguan dengan *rise time* 24 detik, *settling time kriteria error* 2% selama 53,1145893 detik, serta rentang *error* dari *setpoint* sebesar 0,000029428 meter, hal ini menunjukkan penurunan *risetime* sebesar 44,18605%, *settling time* sebesar 86,0125% dan *error steady state* sebesar 99,9765% setelah menggunakan kendali MRAC-PD.

Abstract - *Level Control in the deaerator system is important to maintain to minimize the cause of corrosion in the boiler system. At the Pertamina RU II Dumai power plant, the deaerator uses PI control with a fixed value of K_p 300, and K_i 1.5, the PI control still has a steady state error and the PI control still experiences an error which causes a decrease in the deaerator level below 50% three times in one month, which is caused by internal and external disturbances and a long rise time of up to 4 hours to reach a steady state, in an interview at PT Pertamina RU II Dumai, normally only 30-60 minutes. In this study, the design of MRAC-PD control was carried out using the MIT Rule method to control non-linear characteristics at the deaerator level, and improve rise time performance, steady state errors, and settling time. with data obtained through PT Pertamina RU II Dumai. Deaerator modeling using the mass equilibrium approach equation, with gamma coefficients of -50, K_p 0.04, and K_d 50 obtained through the heuristic method obtained uninterrupted MRAC-PD control results with a rise time of 33.39672 seconds, settling time of 2% error criteria for 53.1145893 seconds, and an error range of setpoint of 0.000029428 meters. this shows a decrease in risetime of 44.18605%, settling time of 86.0125% and steady statate error of 99.9765% after using MRAC-PD control*

Keywords - Control, Deaerator, Level,, MRAC, PD

PENDAHULUAN

Deaerator digunakan di perindustrian kimia dan pembangkit sebagai umpan air kepada boiler. *Deaerator* berperan sebagai penghilang gas O_2 dan CO_2 dalam air yang digunakan dalam boiler. Kegagalan *deaerator* mengakibatkan korosi pada bilik pipa boiler [1]. *Deaerator* bekerja sesuai hukum Dalton dengan metode memasukkan uap panas ke dalam fluida hingga temperatur $\pm 121^\circ C$. Penurunan tekanan dilakukan dengan memasukkan uap panas ke dalam *deaerator*, uap panas tersebut akan menaikkan suhu air meningkat sehingga tekanan gas dalam air akan menurun menyebabkan kebubarannya menurun dan terbawa keluar oleh

Deaerator dengan nilai *setpoint* sebesar 60% berfungsi untuk menjaga proses deaerasi secara maksimal, jika *level* dibawah *setpoint*, maka dapat menyebabkan kerusakan pada pompa dan mengganggu suplai ke boiler [3]. Ketinggian air pada *deaerator* dapat dikendalikan dengan mengendalikan laju aliran pada *control valve* yang menerima *input* kerja dari sensor *level* yang berada pada *deaerator*. *Deaerator* memiliki dua bagian utama yaitu tangki pemanas yang berfungsi sebagai tempat deaerasi air umpan dan tangki penampung berfungsi sebagai tempat penampungan air dan pemanasan lanjutan [4].

Kinerja sistem kontrol *level* pada *deaerator* penting untuk dijaga agar fluktuasi *level* air dapat diminimalkan. Pada PT Pertamina RU II Dumai *deaerator* memiliki suhu *steam* sebesar $140^\circ C$ dengan pemanasan fluida $121^\circ C$ [5]. Sistem *deaerator* menggunakan kendali PI dengan nilai tetap, maka operator harus menyesuaikan *control valve* jika terjadi beban yang berlebih dari nilai *control* yang diberikan [6][7], pada pengamatan langsung pada data riil *deaerator*, kendali PI masih memiliki *error steadystate* yang mengurangi keoptimalan kinerja *deaerator* dan juga kendali PI masih mengalami *error* sistem kerja yang menyebabkan turunnya *level deaerator* sebanyak tiga kali dalam satu bulan, yang disebabkan gangguan *internal* dan *eksternal*, serta *rise time* yang lama hingga 45 jam untuk mencapai keadaan *steady*, dalam wawancara pada PT Pertamina RU II Dumai normalnya hanya sebesar 30-60 menit, maka hal ini perlu ditanggulangi dikarenakan generator memerlukan uap untuk memutar turbin.

Pada penelitian [8] pengendalian *level deaerator*, menggunakan kendali PID berbasis *ziegler nichols*, kendali PID dirancang untuk mengatur *rise time*, *Overshoot*, *Settling Time*, *Error Steady State*. Pada hasil uji, pengendalian *level deaerator* mendapatkan respons *maximum overshoot* 18,1 %, *rise time* sebesar 1150 detik, *error steady state* (ess) sebesar 0,3, dengan *settling time* 4730 detik [8], kelemahan dari kendali PID ialah karakteristik parameter *Proposional*, *Integral*, *Diferensial*, saling berkaitan.

Peneliti [9] membahas permasalahan *deaerator* yang terletak pada sistemnya yang *nonlinear* sering terjadi gangguan. Peneliti menggunakan kendali MRAC dikarenakan mempunyai mekanisme sistem yang dapat memperbarui sinyal kendali berdasarkan *error* yang dihasilkan antara keluaran *plant* dengan model referensi. ketika di uji pada *setpoint* naik 2,28 m, mendapatkan hasil *settling time* 228,5 s, dengan *overshoot* sebesar 1,06%, *error steady state* (ess) sebesar 0,032%, pada *setpoint* kedua 2,48 m, mendapatkan hasil *settling time* sebesar 224,2s, dengan *overshoot* sebesar 0,64%, ess sebesar 0,004%, pada pada *setpoint* ketiga 2,68 m, menghasilkan *overshoot* 0,6% dan ess 0,0023%, dilihat dari hasil yang didapat, kendali MRAC dapat mengikuti perubahan *setpoint*.

Riset yang dilakukan [10], memanfaatkan kendali MRAC dengan metode kestabilan *lyapunov* untuk mengendalikan kestabilan *level* pada separator, dengan metode uji coba *tracking* serta pemberian, kendala hasil yang didapatkan dari uji coba tersebut yakni MRAC dapat mengikut model referensi yang berganti naik turun dari perubahan *setpoint* dengan menghasilkan RMSE (*Root Mean Square Error*) yang kecil ialah sebesar 0,0059 begitu pula dengan uji *tracking* turun, menciptakan RMSE yang sama dengan uji coba *tracking* naik, pada uji coba kendala dengan metode merubah besaran laju aliran *input* ke separator sebesar 20% ataupun 0,001668 m³/s, menampilkan kendali MRAC bisa menanggulangi kendala tersebut dengan baik

Berdasarkan permasalahan pada *deaerator* di PT. Pertamina RU II Dumai, *Deaerator* membutuhkan kendali yang memiliki *rise time* cepat untuk mengembalikan *level deaerator* jika mengalami gangguan, serta kendali yang dapat meminimalisir *error* agar *deaerator* dapat bekerja secara optimal



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

untuk mendeaeraskan senyawa yang dapat menyebabkan kerusakan pada pipa-pipa boiler. Berdasarkan penelitian[6-10], pengendalian PID dan MRAC memiliki kelebihan masing-masing, juga masih terdapat kelemahan yaitu PID tidak dapat mencapai *setpoint* ketika terjadi gangguan *input* ataupun perubahan *setpoint*, dan MRAC memiliki *rise time* yang cepat dan dapat mudah mengikuti perubahan yang terjadi. Namun pada penelitian ini, MRAC mengalami osilasi jika kendali hanya menggunakan kendali MRAC saja.

Model *Reference Adapative Control* memiliki kelebihan keluaran sistem mengikuti performansi dengan mode referensi yang dapat ditetapkan, dengan dua metode perancangan yaitu *MIT Rule* dan juga kestabilan *Lyapunov*[11][12]. Sifat utama dari kendali PD adalah mendahului sinyal masukan pada hal waktu *derivative* ialah waktu yang diperlukan sehingga keluaran kendali *proportional* besarnya sama dengan keluaran kendali *derivative*, yang dapat diartikan kontrol *derivative* memperbaiki stabilitas dan mempercepat respon keluaran Grise [13]. Pada penelitian [14] menghasilkan hasil penelitian bahwasannya kendali hibrida MRAC PID dapat lebih baik mengatasi permasalahan output *non linier* yang terjadi pada *plant* dibandingkan dengan kendali PID konvensional.

Maka dari itu peneliti memilih menggunakan kendali *hybrid* MRAC-PD, dan menyelesaikan masalah yang terjadi pada kendali *deaerator* saat ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain kendali MRAC-PD untuk mengurangi *rise time* yang lama, mengurangi terjadinya *error stady state* yang besar, dan juga mampu mempertahankan *level* ketika terjadi gangguan pada *deaerator* PT. Pertamina RU II Dumai.

METODE

Desain, Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di PT. Pertamina RU II Dumai, dengan pengambilan data operasi dan juga *properties plant deaerator* tipe tray pada bagian *Utilities Production Dumai*, pada waktu 06 Juni 2022 hingga Juli 2022.

Cara Pengambilan Subjek

Pengambilan data primer penelitian dilakukan dengan metode observasi langsung terhadap riil *plant deaerator*. Dalam pengambilan data propertis

dilakukan wawancara terstruktur pada narasumber di PT. Pertamina RU II Dumai. Dalam pengambilan data sekunder dilakukan literatur review pada jurnal terkait dalam penelitian ini.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu, Pengumpulan data plant deaerator tipe tray dari PT. Pertamina RU II Dumai, perancangan model plant deaerator menggunakan aplikasi MATLAB, validasi model plant deaerator dengan plant deaerator yang sesungguhnya (riil) perancangan pengendali level deaerator. analisis hasil uji.

Tahapan berikut dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada untuk mendesain kendali MRAC-PD pada sistem *deaerator*.

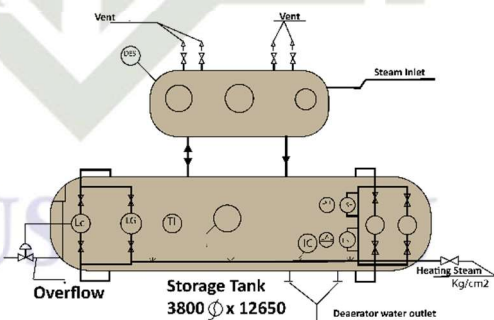
Pengolahan dan Analisis data

Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan proses aritmatika dan logis untuk data, yang berfungsi untuk menyelesaikan masalah yang terjadi pada *plant deaerator*.

Pemodelan Matematis Deaerator

Pemodelan matematis *deaerator* dilakukan dengan pendekatan kesetimbangan massa, dengan mengakumulasi selisih laju aliran yang masuk dengan laju aliran yang keluar. Mekanisme massa per satuan waktu dapat dirumuskan jika diketahui laju aliran massa yang terakumulasi[8]:

$$[\text{laju perubahan massa pada deaerator}] = [\text{laju massa input}] - [\text{laju massa output}]$$



Gambar 1. Desain Deaerator Tipe Tray

Dapat ditulis sebagai berikut:

$$\rho \frac{dV}{dt} = F_i \rho_i + m_s - F_o \rho_o \tag{1}$$

$$\frac{dV}{dt} = F_i + \frac{m_s}{\rho} - F_o \tag{2}$$

Dimana :



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ρ = Massa jenis fluida diasumsikan *constant* (kg/m³)

F_i = laju aliran massa yang masuk ke tangki (kg/s)

m_s = laju aliran *steam* (kg/s)

V_0 = Volume (m³)

F_o atau laju aliran massa yang keluar (kg/s)

Gambar 1 [15] menunjukkan *deaerator* tipe *tray* menjadi model dalam penelitian ini. Perubahan volume terhadap ketinggian cairan dapat dituliskan pada persamaan 3.

(3)

Luas permukaan *fluida* dalam tabung (m²)

Ketinggian cairan (m)

Panjang tabung (m)

Diasumsikan massa jenis *deaerator* tetap, maka persamaan 3 dapat mensubstitusi Persamaan 2, maka menghasilkan Persamaan:

$$F_i + \frac{m_s}{\rho} - F_o \quad (4)$$

Hubungan antara aliran keluaran *deaerator* F_o

dengan ketinggian air(h) [16]

(5)

Dengan :

R = Resistansi

Dari persamaan 5 maka Persamaan 4 menjadi :

$$A \frac{h}{R} = F_i + \frac{m_s}{\rho} \quad (7)$$

$$R \frac{dh}{dt} + h = R F_i + \frac{R m_s}{\rho} \quad (8)$$

Tabel 1. Data Teknis *Deaerator* 940 ME-01

Data	Nilai	Satuan
Panjang tangki penyimpanan <i>deaerator</i> 940 ME-01	12,650	meter
Diameter penyimpanan Tangki <i>Deaerator</i> 940 ME-01 (h)	3,8	Meter
Laju aliran masuk total ke <i>deaerator</i> (F_i)	622,26	m ³ /h
Laju aliran keluar total <i>deaerator</i> (F_o)	748,944	m ³ /h
<i>Steam in to deaerator</i> (m_s)	147,93	m ³ /h

Massa jenis fluida (air)	1000	kg /m ³
--------------------------	------	--------------------

Dengan transformasi Laplace maka didapatkan persamaan

$$(RAs + 1)H(s) = R F_i(s) + \frac{R}{\rho} m_s(s) \quad (9)$$

Persamaan 9 jika disederhanakan menjadi

$$H(s) = \frac{R}{RAs+1} F_i(s) + \frac{R}{(RAs+1)\rho} m_s(s) \quad (10)$$

luas permukaan *fluida* (A) dari persamaan 10 dapat menggunakan pendekatan model tangki berbentuk tabung, dengan data pada Tabel 1 [15]

$$A = 2(\pi r^2) + 2\pi r t \quad (11)$$

$$A = 2(3,14 \times (1,9m)^2) + 2 \times 3,14 \times 1,9m \times 3,8m = 68,0124 m^2 \quad (12)$$

Laju aliran keluar *fluida deaerator* pada Tabel 1 adalah 748,944 m³/h, dengan Persamaan 5 dapat diketahui nilai R. Dengan aliran masuk air *deaerator* sama dengan aliran keluaran *deaerator* diasumsikan konstan untuk menjaga *level deaerator*, maka *resistansi* didapatkan sebagai berikut:

$$R = \frac{3,8m}{0,20804 m^3/s} = 18,353 S/m^2 \quad (13)$$

setelah diketahui *resistansi* dan juga luasan permukaan *fluida* (A) maka dengan Persamaan 10 didapatkan model *transfer function* sebagai berikut:

$$H(s) = \frac{18,353}{1248,231s+1} F_i(s) + \frac{0,018353}{1248,231s+1} m_s(s) \quad (14)$$

Pemodelan *Transfer Function Control Valve*

Control valve yang berfungsi menjaga laju aliran *fluida* dari *Demineralizer* ke *deaerator* agar sesuai *setpoint*, dimodelkan dengan asumsi *control valve* beroperasi dengan laju aliran sesuai kemampuan dari manufaktur, dan *output* dari level *control valve* adalah *flow rate* air *demineralizer* sama dengan *input deaerator* [17], maka model matematis dari *control valve* adalah sebagai berikut.

$$\frac{MV_{CV}(s)}{U(s)} = \frac{K_{CV}}{\tau_{CV}s+1} \quad (15)$$

$$K_{CV} = \frac{(3-15)psi}{(4-20)mA} \times \frac{(3-15)m^3/s}{(3-15)psi} = 0,00876 \quad (16)$$



Nilai *time constant* ditetapkan merujuk pada penelitian [18] dengan dasar kesamaan model aktuasi tipe piston diaphragm.

Keterangan:
 ω_n = Frekuensi natural
 ζ = rasio redaman

Gain total control valve
Time constant control valve = 1,785 s
 Laju aliran *feed water* yang termanipulasi
 Sinyal masukan (mA)

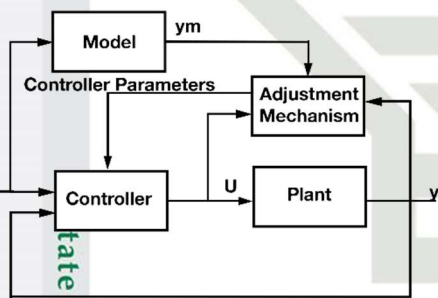
Model *transfer function* dari control valve kesamaan 17

$$G(s) = \frac{0,008763}{1,785s} \quad (17)$$

Perancangan Kendali MRAC

Perancangan Model Referensi

Model referensi yang terlihat pada Gambar 2 [11] sebagai keluaran y_m pada penelitian ini dirancang berdasarkan rumus umum orde 2 seperti pada persamaan 18 [11]



Gambar 2. Blok diagram MRAC

$$y_m(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (18)$$

Nilai frekuensi natural dapat diketahui dengan menggunakan persamaan kriteria 5% yang ditujukan pada persamaan 19.

$$5\% Ts = \frac{3}{\zeta\omega_n} \quad (19)$$

Koefisien *settling time* 5% dapat diketahui dengan menggunakan metode interpolasi pada respon sistem *openloop* dengan nilai 24,69345839 ketika sinyal respon telah mencapai *setpoint*, dengan nilai rasio redaman 1, maka persamaan 19 menjadi.

$$\omega_n = \frac{3}{1 \times 24,69345839} = 0,121489 \quad (20)$$

Keterangan:

ω_n = Frekuensi natural
 ζ = rasio redaman

Metode Heuristic

Metode *heuristic* digunakan untuk melakukan pencarian dan penentuan nilai terbaik [19], pada penelitian ini metode algoritma semut digunakan sebagai pencarian nilai K_p , K_d , dan *Gain* adaptasi [20].

Tabel 2. Pengujian nilai *Heuristic* tanpa gangguan

gamma	Koefisien			Respon waktu	
	K_p	K_d	$Tr(s)$	$Ts(s)$	$Ess(m)$
-1	1	1			Osilasi
-1	1	10			Osilasi
-1	1	40			Osilasi berkurang
-5	0,1	40	106,85	761	0,0014
-10	0,1	40	61,805	445,9	0,00076
-30	0,1	40	30,9	59	0,00026
-50	0,1	40	25,49	51,3	0,00016
-70	0,1	40	23,637	49,65	0,000114
-70	0,02	40	24,3	52,81	-0,0113
-50	0,04	50	24	53	0,000029
-50	0,04	60	24,5	52,3	-0,0355

Pada Tabel 2 terlihat pada baris ke 8 memiliki nilai terbaik saat tidak terjadi gangguan, namun, metode *heuristic* juga dilakukan pada saat plant diberi gangguan, untuk mendapatkan nilai terbaik disetiap kondisi, pengujian nilai *heuristic* dengan gangguan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian nilai *Heuristic* dengan gangguan 48%

gamma	Koefisien			Respon waktu	
	K_p	K_d	$Tr(s)$	$Ts(s)$	$Ess(m)$
-1	1	1			Osilasi
-1	1	10			Osilasi
-1	1	40			Osilasi berkurang
-5	0,1	40	106,85	761	0,0014
-10	0,1	40	61,805	445,9	0,00076
-30	0,1	40	31,5	27	0,0117
-50	0,1	40	25,7	14	0,016
-70	0,1	40	23,637	15	0,00114
-70	0,02	40	24,3	9,66	-0,00413
-50	0,04	50	9,0742	15,75	0,000063
-50	0,04	60	23	14	0,00655

Dari Tabel 3 dan Tabel 2, dapat dilihat bahwa nilai respon waktu yang dihasilkan saat diberikan gangguan atau tidak, menghasilkan respon yang

berbeda. Dari permasalahan yang ada, kendali harus memiliki *rise time* yang cepat dan *error steady state* yang kecil. Nilai gamma -50, Kp 0,04, dan Kd 50 yang memenuhi kriteria tersebut untuk mencapai keadaan yang efektif.

Perancangan metode MIT Rule pada sistem loop tertutup Orde 2 dimana θ adalah parameter *control* yang dapat diatur. Respon dari loop tertutup dibandingkan dengan model yang dikeluarkannya, *output* proses dinotasikan dengan y_m , *output* proses dinotasikan dengan y , dan *error* dinotasikan dengan e . Parameter dilakukan dengan meminimalkan fungsi kerugian (*The loss function*,

$$J = \int_0^{\infty} \frac{1}{2} e^2 dt \quad (19)$$

yang kecil dilakukan perubahan parameter pada *gradient negative* dari J :

$$\frac{\partial J}{\partial \theta} = -\gamma e \frac{de}{d\theta} \quad (20)$$

Perubahan 20 merupakan aturan MIT Rule, $\frac{de}{d\theta}$ disebut sebagai turunan kepekaan, dimana sistem dapat dipengaruhi oleh parameter yang dapat diatur [21].

Dalam pengaturan satu *gain* nilai *error* didefinisikan sebagai berikut :

$$e = y_m - kGU - k_oGU_c = KG\theta U_c - \quad (21)$$

dengan menurunkan *error* terhadap θ , maka didapatkan.

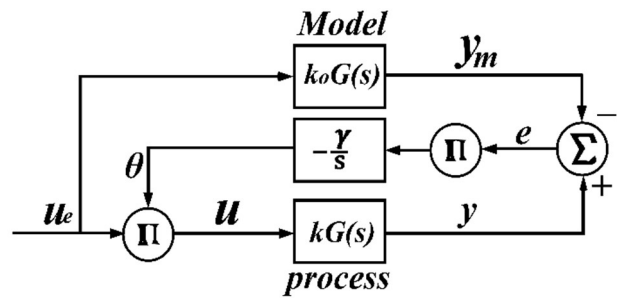
$$\frac{\partial e}{\partial \theta} = kGU_c = \frac{y_m}{k_o} = \frac{k}{k_o} y_m \quad (22)$$

Terakhir MIT Rule diterapkan untuk update parameter θ sebagai berikut.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\gamma e \frac{\partial e}{\partial \theta} = -\gamma e \frac{k}{k_o} y_m = -\gamma' y_m e \quad (23)$$

$$\theta = \int (-\gamma' y_m e) dt \quad (24)$$

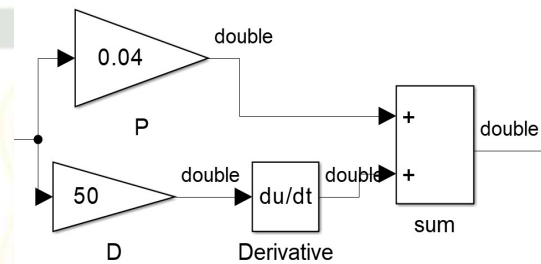
Dengan $-\gamma'$ adalah $-\gamma \frac{k}{k_o}$, sehingga perancangan sistem akhirnya menjadi seperti pada Gambar 3 [11].



Gambar 3. Skema MRAC Dengan Metode MIT Rule Satu Gain

Perancangan kendali *Proportional-Derivatif* (PD)

Kendali PD pada sistem deaerator diposisikan pada output dari kendali MRAC menggunakan program simulink pada aplikasi MATLAB untuk memperbaiki osilasi yang terjadi pada kendali MRAC.



Gambar 4. Rangkaian Blok Kendali PD

Untuk menentukan nilai yang optimal bagi kendali PD pada metode *heuristic* berdasarkan respon sistem yang mampu menghilangkan osilasi pada kendali MRAC dan mengoptimalkan parameter *rise time*, *settling time*, dan *error* yang lebih baik dibandingkan kendali PI. Hasilnya diperoleh nilai Kp 0,04 dan Kd 50, yang kemudian diinputkan kedalam desain kendali PD pada MATLAB, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

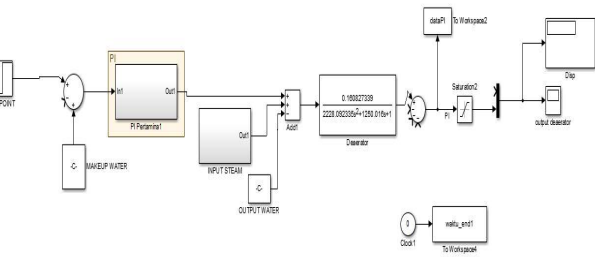
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada penelitian ini mencakup pengujian *open loop* pada rangkaian, proses verifikasi dan validasi rangkaian simulasi pada data riil *plant*, pengujian kendali MRAC-PD tanpa gangguan, pengujian kendali MRAC-PD dengan gangguan variatif, dan juga uji *tracking setpoint*.

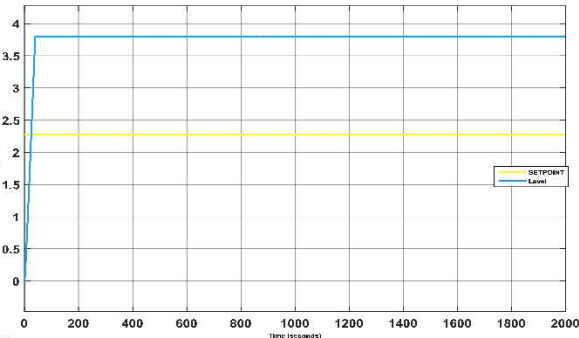
Uji *Open Loop*

Pemodelan *plant deaerator* pada objek penelitian ditunjukkan pada Gambar 5.

2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



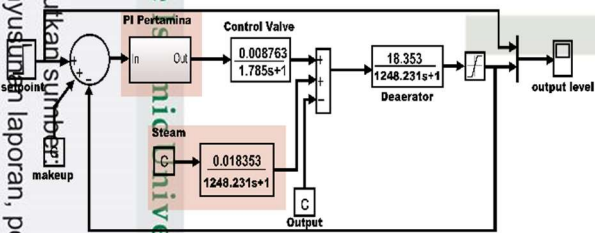
Gambar 5. Rangkaian *Open Loop* Sistem *Deaerator* Sebelum Modifikasi Kendali MRAC-PD



Gambar 6. Respon Sistem Rangkaian *Open Loop*

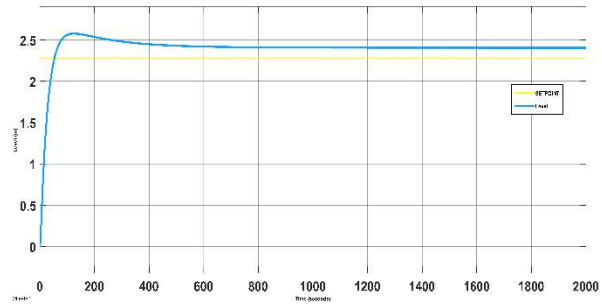
Gambar 6 menunjukkan grafik respon model *plant* yang diberikan masukan sinyal *step* sebesar 2,28 m atau 60% dari diameter *deaerator* dengan sistem *open loop*. Pada grafik terlihat bahwa setelah diberikan sinyal *step*, nilai terus bertambah hingga mencapai 100%. Hal ini disebabkan tidak adanya umpan balik terhadap sistem, sehingga *level* terus bertambah. desain *plant* sudah sesuai dengan alur logika dari *plant deaerator* tersebut

Proses Validasi Rangkaian



Gambar 7. Rangkaian Sistem *Deaerator* Sebelum menggunakan kendali MRAC-PD

Proses validasi rangkaian bertujuan untuk menguji apakah pemodelan matematis *deaerator* sudah sesuai pada model *plant* sesungguhnya, sebelum dilakukan pemodifikasian kendali pada rangkaian *plant deaerator* seperti Gambar 7.



Gambar 8. Respon Sistem *Deaerator* Sebelum Menggunakan Kendali MRAC-PD

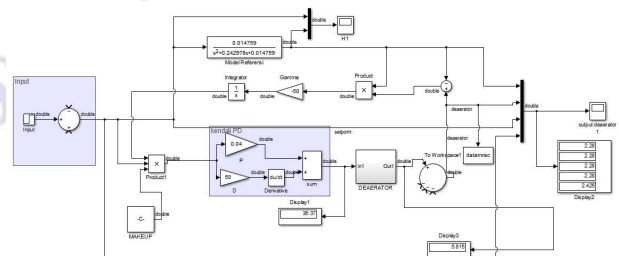
Gambar 8 adalah hasil respon sistem simulasi dengan pemberian nilai *input* sebesar 60% dari diameter tabung *storage* atau 2,28 m. Didapatkan dalam pengukuran, sistem memiliki *overshoot* sebesar 13%, dengan *rise time* 43 detik, *settling time* kriteria *error* 2% 379,72972 detik, serta *error steadystate* sebesar 0,12596 meter atau sebesar 5,524%.

Tabel 4. Data Hasil Uji Validasi *Output Level* Riil *Plant* Dan Simulasi *Plant*

No	Nilai riil (meter)	Level <i>plant</i> simulasi (meter)	<i>Error</i> (%)
1	2,35714	2,4065	2,094063%
2	2,35182	2,406644	2,331131%
3	2,356	2,404953	2,077801%
4	2,356	2,40686424	2,158924%
5	2,3541	2,407034864	2,248624%
6	2,35524	2,403794713	2,061561%
7	2,36778	2,405418495	1,451091%
AVG	2,35686857	2,405418495	2,059933%

plant yang dimodelkan dianggap telah dapat mempresentasikan riil *plant deaerator* dikarenakan *error* pada data Tabel 4 kurang dari 10%.

Pengujian Kendali MRAC-PD Tanpa Gangguan

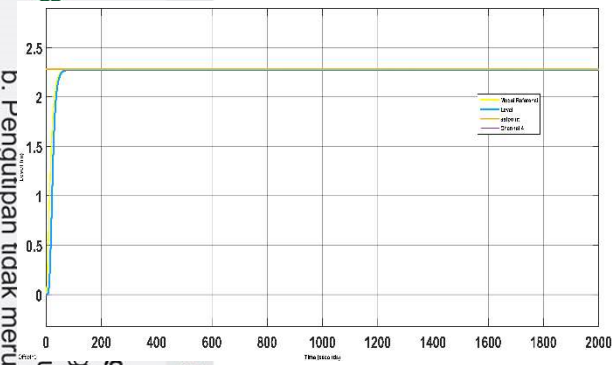


Gambar 9. Rangkaian Sistem Kendali *Level Deaerator* Menggunakan MRAC-PD

Pada Gambar 9 merupakan blok diagram kendali MRAC-PD, dengan nilai *gain* = -50, dan nilai *Kp* = 0,04, *Kd* = 50, dengan *setpoint* 2,28 m.



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

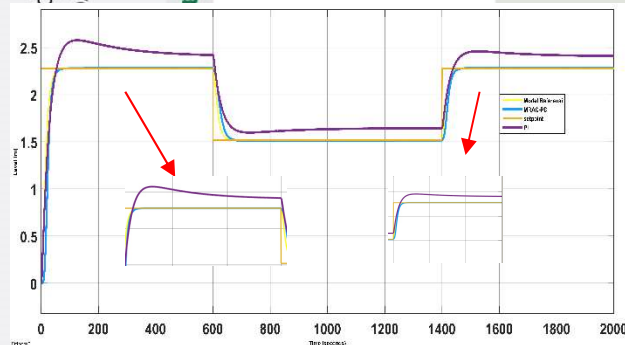


Gambar 10. Respon Sistem Deaerator Dengan Kendali MRAC-PD

Gambar 10 yang merupakan sinyal respon keluaran Deaerator dengan kendali MRAC-PD, sinyal dapat mencapai dan bertahan pada *setpoint* yang ditentukan, respon sistem menunjukkan *rise time* 24 detik, *settling time* kurang dari 2% dengan waktu 53,1145893 detik, overshoot sistem memiliki undershoot sebesar 0,0011938%, serta rentang *error* dari *setpoint* sebesar 0,000029428 meter.

Pengujian Sistem dengan Tracking Setpoint

Uji *tracking setpoint* bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem kendali jika diberikan *setpoint* yang berubah-ubah. Pada pengujian *tracking setpoint* seperti Gambar 11, didapatkan hasil dari 2 keadaan memperlihatkan MRAC-PD dan PI dapat mengikuti perubahan *setpoint* yang diberikan dengan pengurangan sebesar 20% atau 0,76 meter pada detik ke 600, dan dinaikkan kembali pada detik ke 1400.



Gambar 11. Respon Sistem Tracking Setpoint Kendali PI dan MRAC-PD

Tabel 5. Karakteristik Sinyal Respon Kendali Level Deaerator

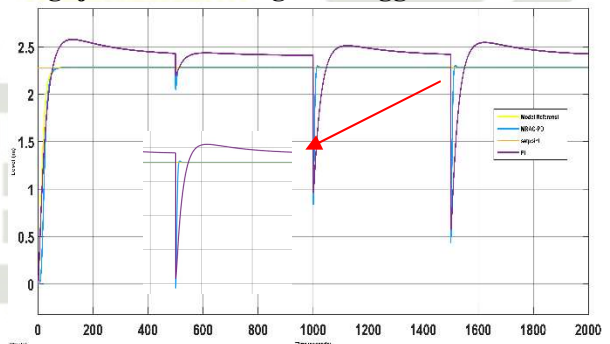
Parameter	MRAC-PD	PI
Level Setpoint turun		
Rise time (detik)	45,5283	52,83723
Error steady state(m)	0,00343496	0,124956

Level Setpoint naik

Rise time (detik)	37,130426	31,9068
Error steady state(m)	0,000357277	0,13016
Settling time	42,258851	142,913

Tabel 5 menunjukkan hasil perbandingan kendali MRAC-PD dan PI pada *setpoint* turun dan naik. Ketika *setpoint* turun, MRAC-PD lebih baik dari PI dengan perbedaan 7 detik *rise time* dan 0,121522 meter *error steady state*. Ketika *setpoint* naik, MRAC-PD lebih lama dari PI dengan selisih *rise time* 5,23 detik. Namun, MRAC-PD lebih cepat dari PI dalam mencapai keadaan stabil dengan perbedaan 100,663 detik. Dalam sistem *deaerator* waktu *rise time* dan juga *settling time* sangat penting untuk diperhatikan, karena sistem *deaerator* membutuhkan waktu untuk mencapai keadaan stabil yang cepat, maka dari itu kendali MRAC-PD yang dirancang sudah dapat bekerja secara optimal ketika turun dan naiknya *setpoint*.

Pengujian Sistem dengan Gangguan



Gambar 12. Respon Sistem Dengan Variasi Gangguan Pada Kendali PI dan MRAC-PD

Gambar 12 menunjukkan pemodelan gangguan yang terjadi seperti pada gangguan riil *plant*, dengan level turun pada gangguan pertama sebesar 6,1% pada gangguan ke-2 level turun pada sebesar 38,13% dari keadaan tunak, dan gangguan ke-3 level turun 48,8% dari keadaan tunak.

Tabel 6. Karakteristik Sinyal Respon Kendali Level Deaerator dengan gangguan

Parameter	MRAC-PD	PI
Rise time (detik)	9,0742	40
Settling time (detik)	15,75	279,529
Overshoot%	1	11,648



Error steady state 0,0000635 0,145144

2. Dari hasil uji coba dengan gangguan terlihat hasil level 6 menunjukkan kendali MRAC-PD mampu mencapai setpoint kembali lebih baik dibandingkan kendali PI dengan selisi *rise time* 30,9 detik untuk MRAC-PD menghasilkan settling time yang lebih kecil dibandingkan kendali PI dengan selisi sebesar 263,779 detik, dengan error MRAC-PD sebesar 0,0000635 meter dengan perbedaan 0,145 meter dari kendali PI. Maka dari itu kendali MRAC-PD menghasilkan respon sistem lebih baik dibandingkan kendali PI ketika sistem deaerator mengalami gangguan.

KESIMPULAN

Desain kendali MRAC-PD telah berhasil dibuat dan bekerja dengan baik dalam mempertahankan level deaerator. Kinerja dari kendali MRAC-PD sangatantung pada penentuan koefisien gain adaptasi, dan Kd yang digunakan untuk mempertahankan level ketika mengalami gangguan ataupun tidak. Untuk mendapatkan *rise time* yang optimal, dapat menggunakan gain adaptasi yang kecil, namun semakin kecil nilai adaptasi maka *error steady state* dan osilasi semakin besar, maka dari itu penggunaan kendali PD berfungsi sebagai penghilang osilasi dan juga mempercepat *settling time* pada sistem deaerator.

Dengan metode *heuristic* didapatkan gain adaptasi -50, Kp 0,04, dan Kd 50. Tanpa gangguan MRAC-PD mampu bekerja secara optimal untuk level mencapai *setpoint* dibandingkan kendali PI dengan hasil *rise time* 24 detik pada MRAC-PD dan 43,7600 detik pada PI, dan kendali MRAC-PD menghasilkan *settling time* sebesar 53,1145893 detik pada kendali PI menghasilkan 379,729 detik, untuk *error steady state* MRAC-PD menghasilkan error yang lebih kecil dibandingkan PI. Dalam kondisi terjadi gangguan turunnya level sebesar 48% kendali MRAC-PD mampu mengembalikan nilai level kedalam nilai *setpoint* dengan waktu 9,0742 detik, sedangkan kendali PI 40 detik. Sedangkan untuk waktu *settling time* MRAC-PD mendapatkan waktu sebesar 5,75 detik sedangkan PI sebesar 279,52 detik.

Penelitian ini masih dapat dikembangkan dengan mengganti metode pencarian koefisien pada kendali PI dengan menggunakan *fuzzy* atau ANFIS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibimbing oleh Putut Son Maria, selaku dosen Teknik Elektro UIN Sultan Syarif Kasim Riau, dan terimakasih kepada PT. Pertamina RU II Dumai, yang telah bersedia mendukung terwujudnya penelitian ini.

REFERENSI

- [1] M. D. Pasha And D. K. Puspaningrum, "Simulasi Otomasi Process Shut Down Deaerator Pada Unit Boiler Dengan Parameter Suhu Dan Level Berbasis Plc Allen - Bradley," *Majalah Ilmiah Swara Patra*, Vol. 11, No. 2, Pp. 51–61, Sep. 2021, Doi: 10.37525/Sp/2021-2/295.
- [2] Sumardi, P. Sarah, E. Wista Sinuraya, Y. Christyono, And Aa. Sofwan, "Model Reference Adaptive Control For Deaerator Pressure And Level System," *International Journal Of Recent Engineering Research And Development (Ijrer)*, Vol. 03, No. 03, Pp. 156–165, Mar. 2018.
- [3] R. B. Permana, "Design Of Control Water Level System On Deaerator With Pi Nested Cascade At Pt. Petrokimia Gresik." Skripsi, Universitas Gadjah Mada; 2007
- [4] J. N. Hilga *Et Al.*, "Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Sistem Uap Ekstraksi Pada Deaerator Pltu Tanjung Jati B Unit 2," *Eksergi Jurnal Teknik Energi*, Vol. 10, No. 3, Pp. 94–98, 2014, Doi: 10.32497/Eksergi.
- [5] Aswarman, R. Nasution, And A. Nurprihata, *Utilities Production Ru Ii Dumai*. Dumai: Pt Pertamina, 2010.
- [6] R. Arindya, "Penalaan Kendali Pid Untuk Pengendali Proses," *Seminar Nasional Cendekiawan*, 2015.
- [7] C. N. Hamdani, A. Azizy, R. H. Triyanto, And H. K. Wardana, "Rancang Bangun Prototype Sistem Kontrol Bertingkat Menggunakan Fuzzy-Pid Berbasis Arduino," *Transmisi*, Vol. 24, No. 3, Pp. 98–105, Aug. 2022, Doi: 10.14710/Transmisi.24.3.98-105.
- [8] 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, P. 153, Oct. 2021, Doi: 10.22441/Jte.2021.V12i3.009.
- [9] N. Pricilya, "Perancangan Sistem Pengendalian Levelberbasis Mrac Pada Deaerator Unit 101-Udi PT. Petrokimia



Gresik,” Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.

Nur Wdiyanti, “Perancangan Sistem Pengendalian Level berbasis Model Reference Adaptive Control (Mrac) Pada Separator Petrokemia Gresik,” Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.

K. Astom And B. Wittenmark, *Adaptive Control*, 2nd Ed. New York: Dover Publication, 2008.

S. Manna And A. K. Akella, “Designing Of An Updated Mrac With Pd Feedback For Marginally Stable Second-Order Process With Dead Time,” In *2020 Ieee 5th International Conference On Computing Communication And Automation, Iccca 2020*, Oct. 2020, Pp. 33–66. Doi: 10.1109/Iccca49541.2020.9250754.

Setiawan, *Kontrol Pid Untuk Proses Industri*. Surabaya: Pt Elex Media Komputindo, 2008. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/27993298>

D. Zhang And B. Wei, “Convergence Performance Comparisons Of Pid, Mrac, And Pid + Mrac Hybrid Controller,” *Frontiers Of Mechanical Engineering*, Vol. 11, No. 2, Pp. 113–217, Jun. 2016, Doi: 10.1007/S11465-016-0386-X.

[15] Pertamina, *Deaerator Boiler Hdc*. 2018.

[16] Katsuhiko. Ogata, *Modern Control Engineering*, 4th Ed., Vol. Fourth Edition. New Jersey: Printice Hall , 2002.

[17] R. Permanahadi, “Perancangan Switching Control Pada Pompa Di Simulator Sistem Pengendalian Level Dan Temperatur,” Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2010.

[18] R. Armando Haryanto Jurusan Teknologi Industri Dan Proses, “Perancangan Sistem Kendali Level Air Pada Deaerator Menggunakan Kendali Pid Studi Kasus Pltu 2x110 Mw Teluk Balikpapan,” *Simetris*, Apr. 2020.

[19] Alamsyah, “Pemanfaatan Metode Heuristik Dalam Pencarian Minimum Spanning Tree Dengan Algoritma Semut,” *Mektek*, Palu, Sep. 2010.

[20] M. Dorigo, V. Maniezzo, And A. Coloni, “Ant System: Optimization By A Colony Of Cooperating Agents,” *Ieee*, Vol. 26, No. 1, Feb. 1996, Doi: 10.1109/3477.484436.

[21] Y. D. Mfoumboulou, “Design Of A Model Reference Adaptive Pid Control Algorithm For A Tank System,” *International Journal Of Electrical And Computer Engineering*, Vol. 11, No. 1, Pp. 300–318, Feb. 2021, Doi: 10.11591/Ijece.V11i1.Pp300-318.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Pentingnya hal-hal tersebut di atas adalah untuk meningkatkan kualitas penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.