

# Analisis *Model Reference Adaptive Control* (MRAC) dengan MIT *Rule* pada Suhu Mesin *Sealer*

Sri Aji Eka Mahendra<sup>1</sup>, Basitha Febrinda Hidayatulail<sup>2</sup>, Subairi<sup>3</sup>

e-mail: [ajiekamahendra@gmail.com](mailto:ajiekamahendra@gmail.com)<sup>1</sup>, [Basitha@unmer.ac.id](mailto:Basitha@unmer.ac.id)<sup>2</sup>, [subairi@unmer.ac.id](mailto:subairi@unmer.ac.id)<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Merdeka Malang, Jalan Taman Agung, Kec. Sukun, Malang, Indonesia

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 6 Juni 2024

Direvisi 22 Juli 2024

Diterbitkan 31 Juli 2024

### Kata kunci:

MRAC

MIT Rule

Identifikasi Sistem

Suhu

### Keywords:

MRAC

MIT Rule

System Identification

Temperature

## ABSTRAK

Mesin sealer merupakan alat yang penting dalam industri untuk penyegelan plastik dan pengemasan bahan, dengan aplikasi di industri makanan, minuman, farmasi, dan manufaktur. Proses penyegelan ini penting untuk menjaga kesegaran produk, meningkatkan keamanan, dan estetika kemasan. Tantangan yang dihadapi dalam penggunaan mesin sealer meliputi pengaturan suhu, tekanan, dan kecepatan, yang mempengaruhi kualitas penyegelan. Penelitian ini mengusulkan penggunaan Model Reference Adaptive Control (MRAC) dengan aturan MIT untuk pengaturan suhu pada mesin sealer, yang adaptif terhadap perubahan parameter sistem dan gangguan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa gain sebesar 0.3 memberikan performa terbaik dengan overshoot 4,73%, rise time 19,37 detik, dan settling time 61,73 detik, menunjukkan keseimbangan antara kecepatan dan stabilitas. Gain 0.1 dan 0.5 juga memberikan performa baik namun tidak seoptimal gain 0.3. Sebaliknya, gain sebesar 0.01 menunjukkan performa terburuk dengan overshoot tertinggi 9,3%, settling time 61,73 detik, dan rise time 25,3 detik yang paling lambat, menyebabkan sistem menjadi tidak responsif dan kurang stabil. Kesimpulannya, nilai gain optimal sangat penting untuk mencapai respon sistem terbaik, sementara gain yang terlalu kecil atau terlalu besar dapat mengurangi performa sistem.

## ABSTRACT

*Sealer machines are an important tool in industry for sealing plastic and packaging materials, with applications in the food, beverage, pharmaceutical and manufacturing industries. This sealing process is important for maintaining product freshness, increasing safety and packaging aesthetics. Challenges faced in using a sealer machine include temperature, pressure and speed settings, which affect the sealing quality. This research proposes the use of Model Reference Adaptive Control (MRAC) with MIT rules for temperature regulation in sealer machines, which is adaptive to changes in system parameters and disturbances. Simulation results show that a gain of 0.3 provides the best performance with overshoot of 4.73%, rise time of 19.37 seconds, and settling time of 61.73 seconds, showing a balance between speed and stability. Gain 0.1 and 0.5 also provide good performance but not as optimal as gain 0.3. On the other hand, a gain of 0.01 shows the worst performance with the highest overshoot of 9.3%, settling time of 61.73 seconds, and the slowest rise time of 25.3 seconds, causing the system to become unresponsive and less stable. In conclusion, the optimal gain value is very important to*



*achieve the best system response, while a gain that is too small or too large can reduce system performance.*

**Penulis Korespondensi:**

Sri Aji Eka Mahendra,  
Program Studi Teknik Elektro,  
Universitas Merdeka Malang  
Jl. Taman Agung, Kec. Sukun, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65146.  
Email: [ajiekamahendra@gmail.com](mailto:ajiekamahendra@gmail.com)  
Nomor HP/WA aktif: +62 821-4304-5815

**1. PENDAHULUAN**

Mesin sealer merupakan alat yang umum digunakan dalam industri untuk penyegelan plastik dan pengemasan bahan-bahan dengan cara melelehkan kemudian menyatukan bagian tepinya[1]. Industri yang menggunakan mesin ini seperti industri makanan dan minuman sebagai kemasan makanan ringan, minuman botol, farmasi sebagai kemasan obat-obatan, dan manufaktur untuk kemasan suku cadang. Fungsi dari pengemasan atau penyegelan kemasan untuk menjaga kesegaran produk, mencegah kerusakan dan kontaminasi, meningkatkan keamanan produk, dan estetika kemasan[2]. Berdasarkan data tahun 2021 dari Indonesia Packaging Federation (IPF), industri kemasan di Indonesia mengalami pertumbuhan sedang, yaitu 3-4%. Nilai produksi kemasan yang dihasilkan pada tahun tersebut berkisar antara Rp 102 triliun hingga Rp 105 triliun. Pada tahun 2022, industri kemasan menunjukkan tren positif dengan pertumbuhan yang lebih tinggi, yaitu 5%. Hal ini menghasilkan nilai produksi kemasan sebesar Rp 107,1 triliun hingga Rp 110,2 triliun[3]. Pertumbuhan ini menunjukkan bahwa industri kemasan di Indonesia terus berkembang dan memiliki peran penting dalam berbagai sektor, seperti industri makanan dan minuman, farmasi, dan manufaktur.

Namun, dalam proses pengemasan produk tidak selalu berjalan baik karena adanya tantangan dalam penggunaan mesin sealer. Tantangan dalam penggunaan mesin sealer tidak hanya terdapat pada bahan dan jenis plastik tetapi dapat dari mesin sealer itu sendiri. Suhu mesin sealer merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas hasil penyegelan. Variasi suhu selama proses penyegelan dapat menyebabkan penyegelan yang tidak sempurna[4]. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan bahan terbakar atau lengket, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan bahan tidak terikat dengan sempurna. Selain itu, tekanan dan kecepatan penyegelan juga dapat mempengaruhi kualitas penyegelan. Tekanan yang terlalu rendah dapat menyebabkan bahan tidak terikat dengan sempurna, sedangkan tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan bahan robek. Ketebalan dan jenis plastik yang digunakan juga dapat mempengaruhi kualitas penyegelan. Plastik yang terlalu tipis atau terlalu tebal dapat menyebabkan penyegelan yang tidak sempurna. Faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan penyegelan yang tidak sempurna dan berakibat pada kerusakan produk, seperti kebocoran, kontaminasi, dan kerusakan produk[5].

Untuk mengatasi tantangan dalam pengaturan suhu, *Model Reference Adaptive Control* (MRAC) merupakan salah satu yang yang dapat digunakan pada mesin sealer. MRAC memiliki beberapa keuntungan dibandingkan metode kendali konvensional *PID controller*, *lag-lead controller*, atau *state-feedback controller*[6]. Sistem kendali adaptif tergolong sistem kendali yang cocok dalam lingkungan sistem yang mengandung ketidaklinieran. Penerapan



metode kontrol MRAC dengan MIT Rule adalah salah satu metode penyetelan parameter yang umum digunakan dalam MRAC. MIT memiliki beberapa keuntungan dibandingkan metode penyetelan parameter lainnya, seperti kesederhanaannya dan kemampuannya untuk memberikan stabilitas yang baik [7]. MIT Rule (*Massachusetts Institute of Technology Rule*) dirancang untuk meminimalkan perbedaan antara keluaran sistem aktual dan keluaran model referensi. Prinsip utama MIT Rule adalah mengatur parameter pengendali adaptif sehingga kesalahan antara keluaran sistem dan model referensi dikurangi[8].

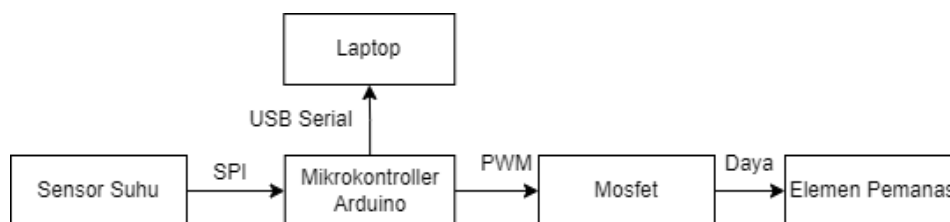
MRAC adalah teknik dalam kontrol adaptif di mana sistem pengendalian dirancang untuk mengikuti perilaku model referensi yang diinginkan[9]. MRAC mengatur parameter pengendali secara dinamis untuk memastikan bahwa keluaran sistem mengikuti keluaran dari model referensi meskipun terdapat ketidakpastian atau perubahan dalam dinamika sistem. Komponen utama pada MRAC meliputi model referensi, yaitu keluaran ideal yang diinginkan dari sistem yang mengatur sistem plant yang memiliki parameter tidak diketahui atau berubah-ubah. Mekanisme untuk menyesuaikan parameter dalam sistem adaptif MRAC dapat diperoleh dengan menerapkan teori hukum kendali kontrol[10]. Model referensi dirancang berdasarkan kriteria kinerja yang diinginkan, dan hukum kontrol dalam MRAC bersifat adaptif, yang berarti ia menyesuaikan secara real-time berdasarkan kesalahan antara keluaran dan keluaran model referensi untuk mengurangi kesalahan menjadi sekecil mungkin atau bahkan nol.

Penelitian ini diharapkan dapat mengatasi tantangan dalam penggunaan mesin sealer dan meningkatkan kualitas serta konsistensi hasil penyegelan melalui pendekatan menggunakan metode MRAC sebagai sistem kendali suhu, sehingga dapat memenuhi kebutuhan industri dalam menjaga kualitas dan keamanan produk yang dikemas.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Desain Sistem

Perancangan sistem ini terdiri dari beberapa komponen penting, di antaranya termasuk perangkat keras seperti arduino, sensor, aktuator, dan antarmuka komunikasi dengan laptop atau komputer. Perancangan sistem perangkat yang digunakan pada penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram blok sistem gambar 1.



Gambar 1: Diagram Blok Sistem

Gambar 1 adalah diagram blok sistem yang menunjukkan bagaimana semua komponen dihubungkan secara fisik. Arduino sebagai mikrokontroler akan mengatur nilai PWM yang akan dikeluarkan untuk mengatur daya pada MOSFET. Selanjutnya, berdasarkan sinyal PWM dari Arduino MOSFET mengatur aliran daya ke elemen pemanas. Elemen pemanas akan menghasilkan panas sesuai dengan daya yang diterima. Panas yang dihasilkan dideteksi oleh sensor suhu dilakukan terus-menerus dan memberikan nilai sensor yang terukur ke Arduino. Arduino kemudian memproses data suhu untuk dikirimkan ke laptop melalui antarmuka USB Serial untuk pemantauan dan analisis lebih lanjut.

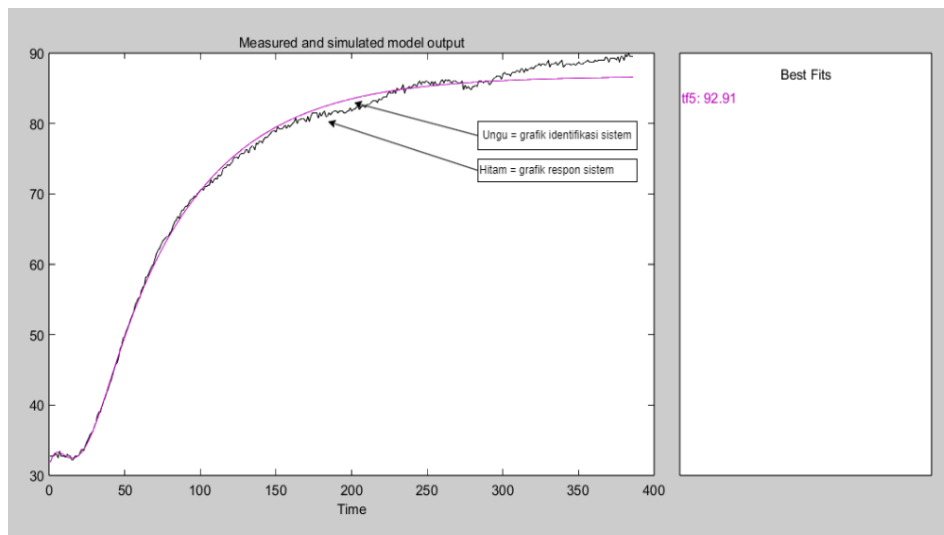
### 2.2 Pemodelan Sistem

Salah satu aspek terpenting dalam desain pengontrol adalah mendapatkan *transfer function*[11]. Dalam penelitian ini model sistem dikembangkan berdasarkan identifikasi sistem. Data eksperimen input dan output yang digunakan untuk mengembangkan model sistem diperoleh dari nilai pwm dan data suhu keluaran dari mesin sealer. Fungsi transfer orde ketiga dipilih sebagai urutan model untuk memodelkan sistem. Berdasarkan data eksperimen input dan output dan dengan menggunakan *MATLAB versi 2021a System Identification Toolbox*, *transfer function*



untuk proses pemanasan sistem mesin sealer yang diperoleh adalah seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1). Sementara itu, Gambar 2 menunjukkan hasil validasi berdasarkan nilai pemodelan yang paling cocok dengan nilai best fits 92,91. Hasil ini menunjukkan bahwa model yang diidentifikasi memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi dalam merepresentasikan perilaku sistem nyata, sehingga dapat digunakan sebagai dasar yang andal untuk desain pengontrol yang efektif.

$$G(s) = \frac{5.64s^2+0,5331s+0,05172}{s^3+0,1333s^2+0,04687s+0,00247} \quad (1)$$



Gambar 2: Output Model Simulasi

Proses identifikasi sistem dan validasi model yang dilakukan menunjukkan bahwa model fungsi transfer orde ketiga yang dihasilkan adalah representasi yang akurat dari sistem mesin sealer. Sistem identifikasi pada Matlab memungkinkan untuk menyesuaikan model, respon dan tampilan jendela, termasuk memasukkan dan menentukan jenis model (fungsi alih atau *state space*).

### 2.3 Referensi Model

Referensi model merupakan model matematika yang mewakili perilaku ideal dari sistem yang ingin dikendalikan. Model referensi yang digunakan dalam penelitian ini dirancang sesuai dengan data eksperimen keluaran yang digunakan untuk pemodelan. Untuk menentukan model referensi menggunakan parameter  $\omega$  (omega) yang menggambarkan seberapa cepat sistem akan berayun kembali ke posisi awal setelah gangguan. Semakin besar nilai  $\omega$ , semakin cepat sistem merespon terhadap perubahan [12]. Parameter lainnya menggunakan  $\zeta$  (zeta) untuk mengukur seberapa cepat osilasi dalam respons sistem akan meredam atau berkurang. Model referensi yang diterapkan untuk penelitian ini adalah seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2).

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

Keterangan :

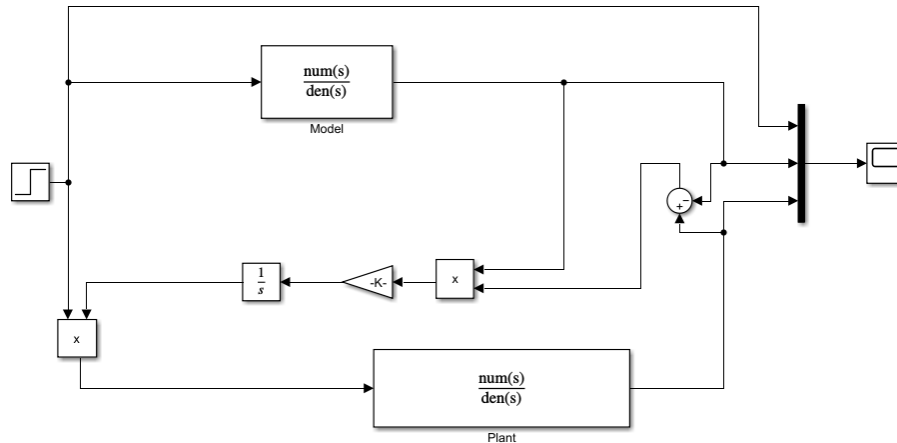
$\omega$  = Frekuensi alami

$\zeta$  = Rasio redaman



## 2.4 Diagram MRAC MIT Rule

Diagram MRAC terdiri dari 3 komponen utama yaitu plant, model referensi, dan mekanisme adaptasi. Secara keseluruhan, diagram ini menunjukkan bagaimana MRAC dengan MIT Rule bekerja untuk mengatur plant agar mengikuti keluaran model referensi secara adaptif, dengan menyesuaikan parameter pengendali berdasarkan kesalahan yang teramati secara real-time. Tujuannya adalah untuk memastikan keluaran plant sesuai dengan keluaran model referensi meskipun terdapat perubahan parameter atau gangguan dalam plant. Mekanisme penyesuaian dapat dibuat dengan menggunakan teknik matematika seperti aturan MIT, teori Lyapunov, dan teori kesalahan tambahan. Berikut pada gambar 2 merupakan diagram MRAC MIT Rule.



Gambar 2: Blok diagram MRAC MIT Rule

Dalam diagram tersebut, terdapat keluaran sistem plant mengikuti keluaran model referensi. Model referensi dan plant masing-masing diwakili oleh fungsi transfer yang terdiri dari pembilang (numerator) dan penyebut (denominator). Mekanisme adaptasi bertanggung jawab untuk menyesuaikan parameter pengendali secara dinamis agar keluaran plant sesuai dengan keluaran model referensi. Ini melibatkan penggunaan variabel adaptif yang mengatur penguatan (gain) dari sinyal masukan, integrator ( $1/s$ ) untuk mengintegrasikan sinyal kesalahan, dan penguat negatif ( $-K$ ) untuk menentukan kecepatan adaptasi. Sinyal kesalahan dihitung dengan membandingkan keluaran plant dan model referensi, dan kesalahan ini digunakan untuk memperbarui variabel adaptif. Dengan menggunakan MIT Rule, mekanisme adaptasi memastikan bahwa kesalahan antara keluaran sistem aktual dan model referensi diminimalkan, sehingga keluaran plant dapat mengikuti keluaran model referensi dengan baik. Sinyal masukan diberikan ke kedua blok ini dan juga dikalikan dengan variabel adaptif yang mengatur penguatan (gain) dari sinyal masukan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian menggunakan simulasi software simulink matlab yang dianalisis meliputi nilai masukan mekanisme adaptasi nilai gain berbeda, *settling time*, *rise time*, dan *overshoot*.

### 3.1 Pengujian MRAC MIT Rule

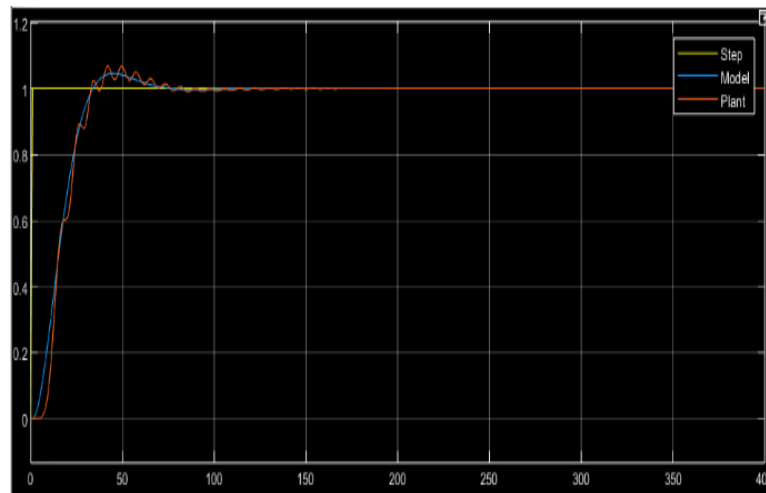
Pengaturan nilai gain pada mekanisme adaptasi dilakukan menggunakan metode *trial and error* dengan mengganti nilai gain parameter satu persatu untuk melihat respon sistem dalam menentukan nilai parameter yang akan digunakan. Berdasarkan pengaturan nilai parameter Gain didapatkan respon sistem yang dihasilkan dapat mengikuti model referensi. Berikut beberapa simulasi kemudian didapatkan hasil pada tabel 1:



TABEL I : HASIL RESPON SISTEM

No	Adaptation	Settling Time(s)	Rise Time (s)	Overshoot
1	0.1	67.5	20.29	7.05 %
2	0.3	61.73	19.37	4.73 %
3	0.5	61.84	19.64	5.01%
4	0.01	61.73	25.3	9.3

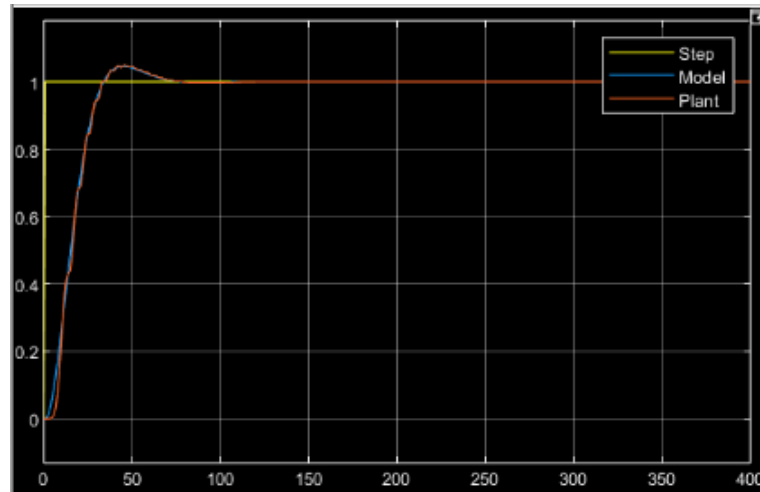
Percobaan respon system dilakukan sebanyak 4 kali dengan data yang dianalisa menggunakan Simulink pada *software* MATLAB. Peningkatan gain ini memiliki karakteristik berbeda-beda dalam hal kecepatan waktu respon, *overshoot*, waktu stabil. Gain yang lebih tinggi mempercepat respon sistem, mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai setpoint. Gain yang lebih tinggi cenderung meningkatkan overshoot, di mana sistem melampaui setpoint sebelum menstabilkan diri. Dengan gain yang lebih tinggi, sistem mungkin membutuhkan waktu lebih lama untuk benar-benar stabil, meskipun awalnya merespons lebih cepat. Pengaturan nilai gain harus mempertimbangkan keseimbangan antara kecepatan respon dan stabilitas sistem untuk mencapai performa yang optimal.



Gambar 3: Hasil simulasi gain 0.1

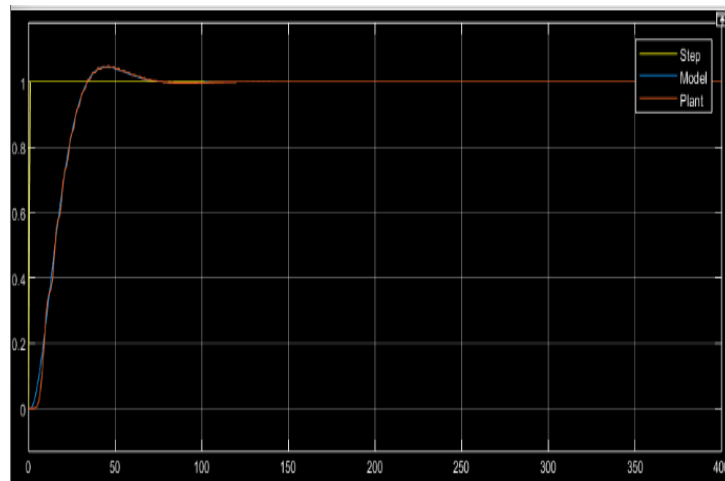
Berdasarkan percobaan respon sistem gambar 3 dengan nilai gain sebesar 0.1 dengan setpoint yang diberikan sebesar 1 memiliki sistem mengalami *overshoot* pada nilai setpoint yang ditargetkan sebesar 7,05%. *Rise time* yang dibutuhkan sistem untuk mencapai nilai 90% dari setpoint untuk pertama kalinya adalah sebesar 20,29 detik. Ini mengindikasikan kecepatan awal respon sistem dalam mencapai nilai setpoint yang diinginkan. Waktu yang dibutuhkan sistem untuk tetap berada dalam batas toleransi tertentu (biasanya  $\pm 2\%$  dari nilai setpoint) adalah 67,5 detik. *Settling time* menggambarkan seberapa cepat sistem bisa stabil dan berada di dekat nilai setpoint tanpa fluktuasi yang signifikan.





Gambar 3: Hasil simulasi gain 0.3

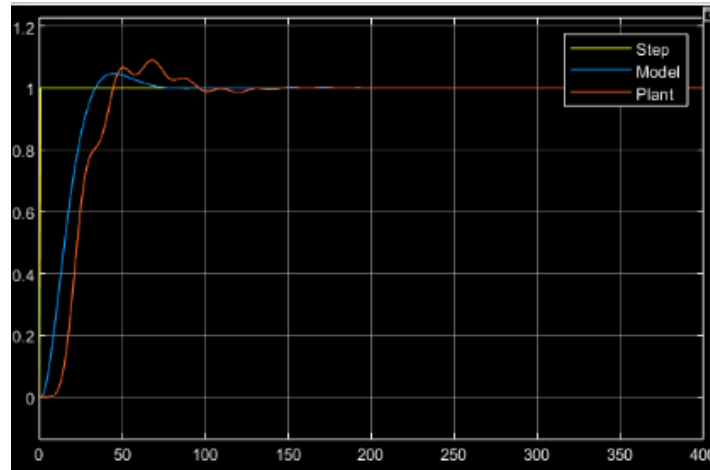
Berdasarkan percobaan kedua respon sistem dengan nilai gain sebesar 0.3 dengan setpoint yang diberikan sebesar 1 memiliki hasil *overshoot* sebesar 4,73% dan *rise time* sebesar 19,37 detik dengan *settling time* sebesar 61,73 detik. Hasil ini memiliki nilai parameter respon sistem terkecil dalam percobaan yang dilakukan sebanyak 4 kali. Dengan nilai *overshoot*, *rise time*, dan *settling time* yang lebih kecil, sistem ini menunjukkan kinerja yang lebih baik dan lebih cepat dalam mencapai dan mempertahankan kondisi yang diinginkan dibandingkan dengan percobaan lainnya.



Gambar 3: Hasil simulasi gain 0.5

Berdasarkan percobaan ketiga respon sistem dengan nilai gain sebesar 0.5 dengan setpoint yang diberikan sebesar 1 memiliki hasil *overshoot* sebesar 5,01% dan *rise time* sebesar 19,64 detik dengan *settling time* sebesar 61,84 detik. Percobaan ketiga ini menunjukkan bahwa dengan peningkatan gain ke 0.5, sistem memiliki respon yang cepat namun sedikit kurang stabil dibandingkan dengan gain yang lebih rendah, terlihat dari *overshoot* yang sedikit lebih tinggi dan *settling time* yang sedikit lebih lama dibandingkan dengan percobaan kedua.





Gambar 3: Hasil simulasi gain 0.01

Berdasarkan percobaan keempat respon sistem dengan nilai gain sebesar 0.01 dengan setpoint yang diberikan sebesar 1 memiliki hasil *overshoot* sebesar 9,3% dan *rise time* sebesar 25,3 detik dengan *settling time* sebesar 61,73 detik. Percobaan keempat ini menunjukkan bahwa dengan gain yang sangat kecil (0.01), sistem menjadi lebih lambat dalam merespons perubahan setpoint dan memiliki overshoot yang lebih tinggi, meskipun settling time-nya tidak jauh berbeda dari percobaan sebelumnya dengan gain yang lebih tinggi. Ini menunjukkan bahwa gain yang terlalu kecil dapat menyebabkan sistem menjadi tidak responsif dan memiliki stabilitas awal yang buruk.

#### 4. KESIMPULAN

Dari percobaan simulasi kesimpulan dari penelitian didapatkan hasil dengan gain sebesar 0.01, sistem memiliki overshoot tertinggi dan rise time paling lambat, menunjukkan respon yang sangat lambat dan kurang stabil. Meskipun settling time tidak jauh berbeda dari beberapa percobaan lainnya, gain yang sangat kecil ini membuat sistem kurang responsif dan memiliki stabilitas awal yang buruk. Secara umum, gain 0.3 memberikan hasil terbaik dengan overshoot, rise time, dan settling time paling optimal, menunjukkan keseimbangan yang baik antara kecepatan dan stabilitas. Gain 0.1 dan 0.5 juga memberikan performa yang baik namun tidak seoptimal gain 0.3, dengan masing-masing memiliki sedikit kekurangan dalam satu atau dua parameter respon. Gain 0.01 memberikan performa yang paling buruk dengan overshoot tertinggi dan rise time paling lambat, menunjukkan bahwa gain yang terlalu kecil dapat menyebabkan sistem menjadi tidak responsif dan kurang stabil. Dari percobaan-percobaan ini, dapat disimpulkan bahwa ada nilai gain optimal yang menghasilkan respon sistem terbaik, dan nilai gain yang terlalu kecil atau terlalu besar dapat mengurangi performa sistem dalam hal kecepatan dan stabilitas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Sunaryo, Y. Dewanto, P. Studi, T. Elektro, and T. Industri, "RANCANG ULANG MESIN SEALER CUP SEMI OTOMATIS," *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 12, no. 1, 2023.
- [2] S. Jurusan Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, "STUDI MUTU DADU IKAN MALONG KERING (*Muraenesox cinerus*) DENGAN KEMASAN VAKUM DAN NONVAKUM SELAMA PENYIMPANAN."
- [3] Eva Fitriani, "Laju Industri Kemasan Salip Pertumbuhan Ekonomi Nasional." Accessed: Mar. 28, 2024. [Online]. Available: <https://investor.id/business/334397/laju-industri-kemasan-salip-pertumbuhan-ekonomi-nasional/2>
- [4] H. Puspitasari, J. Susetyo, R. Khasanah, and J. T. Industri, "Usulan Pengendalian Kualitas untuk Mengurangi Produk Cacat Kemasan Minyak Telon," *Jurnal REKAVASI*, vol. 10, no. 1, pp. 35–44, 2022.





- [5] M. Nyoto, E. Widiastuti, and Suharianto, "Penambahan Alat Indikator Suhu Digital pada Hand Sealer Manual Guna Optimalisasi Kemasan Produk di Laboratorium Manajemen Agroindustri Politeknik Negeri Jember," *Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium*, vol. 1, no. 1, pp. 27–33, Feb. 2022, doi: 10.25047/plp.v1i1.3022.
- [6] P. dan Simulasi Analog Faizal Arya Samman, *Sistem Kendali Adaptif Lembaga Sains, Teknologi dan Seni*. 2016.
- [7] Y. Norhaliza Adhe, P. Son Maria, H. Zarory, and Jufrizel, "Analisa Pengendalian Level Berbasis MRAC-PID pada Tangki Hotwell Kondensor," *CYCLOTRON*, vol. 5, no. 2, pp. 30–34, 2022.
- [8] K.J. Astrom and B. Wittenmark, *Adaptive Control*, vol. 2nd. New York: Dover Publications, 2001.
- [9] Dwi Novita Asri and Saragih Yuliarman, "Sistem Kontrol Level Transmitter Pada Tangki FA-410 di PT. SINTAS KURAMA PERDANA," *AJIEE*, vol. 6, no. 1, pp. 35–44, 2024, [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [10] J. Inovtek and S. Elektro, "Model Reference Adaptive Control-Proportional Derivative (MRAC-PD) Untuk Kendali Kelembapan Dan Temperatur Pada Sistem Pendingin Jamur Merang," *JURNAL INOVTEK SERI ELEKTRO*, vol. 2, no. 1, pp. 29–37, 2020.
- [11] A. S. Amron, M. Hafiz, A. Jalil, R. Hamdan, N. S. Salehin, and R. Ngadengon, "Comparative Study of Model Reference Adaptive Control (MRAC) and PID Controller for Regulation Temperature of Steam Distillation System," *Evolution in Electrical and Electronic Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 621–628, 2021, doi: 10.30880/eeee.2021.02.02.074.
- [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," *JURNAL AI-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, vol. 8, no. 1, p. 67, Jan. 2023, doi: 10.36722/sst.v8i1.1761.

