

Prototype Coding Expired Date Printing Machine Pada Kemasan Plastik Produk dengan Metode PID

Mochamad Dhani Inwanul Farikh¹, Didik Sukoco², Mohammad Abu Jamiiⁱⁿ³,
Agus Khumaidi⁴, Afif Zuhri Arfianto⁵, Adianto⁶
e-mail: mochamaddhani@student.ppns.ac.id¹, didikskc@ppns.ac.id², jammy@ppns.ac.id³,
aguskhumaidi@ppns.ac.id⁴, afifzuhriarfianto@ppns.ac.id⁵, adianto@ppns.ac.id⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Program Studi Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS, Surabaya, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 28 Juli 2024

Direvisi 30 Juli 2024

Diterbitkan 31 Juli 2024

Kata kunci:

Printing Machine

Expired Date

Tuning Cohen-coon

ABSTRAK

Peningkatan industri makanan dan minuman juga berpengaruh pada penggunaan plastik menjadi semakin banyak. Penggunaan kemasan produk plastik yang berfungsi sebagai bahan pelindung atau melindungi produk dari pengaruh luar yang dapat mempercepat proses pembusukan makanan yang ada didalamnya. Pentingnya cetak label produksi dan tanggal kedaluwarsa produk yang menyatakan umur produk yang masih layak untuk dikonsumsi juga tak kalah penting nya. Kebutuhan mesin tersebut sangat diperlukan mengingat banyaknya kemasan produk yang harus diberikan penandaan. Sering terjadinya ketidakjelasan kode kedaluwarsa karena suhu pemanas yang tidak stabil pada saat mencetak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Cohen-Coon PID auto-tuning dengan parameter Pb sebesar 1,7239%, Ti sebesar 4,1930, dan Td sebesar 0,6779 memberikan kontrol pemanas yang efisien dan stabil, untuk memberikan kestabilan panas saat mencetak kode kedaluwarsa.

ABSTRACT

The increase in the food and beverage industry also affects the use of plastic to be more and more. The use of plastic product packaging that functions as a protective material or protects the product from external influences that can accelerate the process of food spoilage inside. The importance of printing production labels and product expiration dates that state the age of the product that is still suitable for consumption is no less important. The need for the machine is very necessary considering the amount of product packaging that must be given a marking. Often the expiration code is unclear due to unstable heating temperatures when printing. The results show that the application of Cohen-Coon PID auto-tuning with parameters Pb of 1.7239%, Ti of 4.1930s, and Td of 0.6779s provides efficient and stable control of the heater, to provide heat stability when printing expiration codes.

Keywords:

Printing Machine

Expired Date

Tuning Cohen-coon

Penulis Korespondensi:

Mochamad Dhani Inwanul Farikh

Jurusan Teknik Otomasi

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya



Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, Kode Pos 60111
Email: mochamaddhani@student.ppns.ac.id
+6287740606597

1. PENDAHULUAN

Pada era modern ini perusahaan industri menggunakan kemasan plastik untuk mengemas produknya agar dapat dengan mudah dikonsumsi secara langsung. Bukan hanya makanan instan tetapi juga barang yang bukan makanan seperti bubuk pembersih, sabun cair, sabun cuci piring, pembersih lantai dan lain lain. Hampir seluruh produk menggunakan plastik untuk pengemasannya, perkembangan industri makanan juga berdampak pada meningkatnya penggunaan plastik. Peningkatan data ini berasal dari Kementerian Perindustrian, sehingga laju pertumbuhan industri plastik sejak tahun 2016 mengalami peningkatan sebesar 9% dibandingkan tahun sebelumnya. Struktur plastik yang fleksibel, transparan, terjangkau dan sifat mekanik yang baik, alasan plastik sering digunakan untuk kemasan produk [1].

Pengemasan merupakan unsur penting dalam perusahaan pengolahan pangan. Secara umum fungsi kemasan yaitu sebagai pelindung produk dari udara luar yang dapat mempercepat pembusukan pangan yang terkandung di dalamnya. Namun kemasan juga mempunyai kegunaan lain yang tidak kalah pentingnya seperti untuk memperlancar pendistribusian atau pengendalian produk, yang saat ini masih mempunyai fungsi yang sangat penting yaitu kemasan sebagai penunjang peranan atau sarana informasi dan komunikasi, mengiklankan produk yang disediakan dalam kemasan[2]. Pada kemasan terdapat label yang merupakan suatu tanda berbentuk kode tulisan atau bentuk representasi lainnya di suatu kemasan yang memuat petunjuk tentang produk di dalam kemasan berupa uraian terhadap makanan yang dikemas. Informasi kedaluwarsa merupakan informasi yang menunjukkan umur suatu produk yang masih layak digunakan[3].

Sistem yang dapat diterapkan dalam teknologi dan kehidupan salah satunya yaitu sistem kendali PID. sistem kendali PID memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Untuk mengendalikan mesin dan mencapai hasil yang diinginkan membutuhkan manusia dalam pengendaliannya[4]. Akan tetapi manusia tidak selalu ada untuk mengendalikan mesin, oleh karena itu dikembangkanlah sistem kendali otomatis, salah satu sistem kendali yang banyak digunakan di industri adalah kendali PID (*Proporsional Integral Derivatif*). Kontrol PID adalah gabungan dari tiga jenis kontrol, yaitu pengendali proporsional, pengendali integral dan pengendali turunan. PID merupakan mekanisme kendali umpan balik yang memerlukan kendali yang beroperasi secara kontinu. Fleksibilitas pengontrol PID memungkinkannya digunakan di banyak aplikasi sistem kendali. Banyak permasalahan pada sistem kendali yang dapat diselesaikan dengan baik oleh sistem kendali PID[5].

Dalam mesin industri untuk mencetak label kedaluwarsa rata rata sudah menggunakan mesin *inkjet printer* dan untuk mendapatkan mesin itu membutuhkan biaya yang sangat mahal serta perawatan dan komponen seperti tinta nya. Pada industri rumahan pemasangan tanggal kedaluwarsa tersebut ada yang menggunakan stiker sebagai penanda tanggal kedaluwarsa dan ada yang menggunakan mesin. Kebutuhan akan mesin ini sangat penting mengingat banyaknya produk yang perlu ditandai. Dengan ini dibuat alat pencetak tanggal kedaluwarsa otomatis dan harga yang terjangkau untuk industri rumahan. Permasalahan yang sering ditemukan adalah Sering terjadinya ketidakjelasan tulisan pada label kedaluwarsa karena suhu pemanas yang tidak stabil pada saat mencetak.

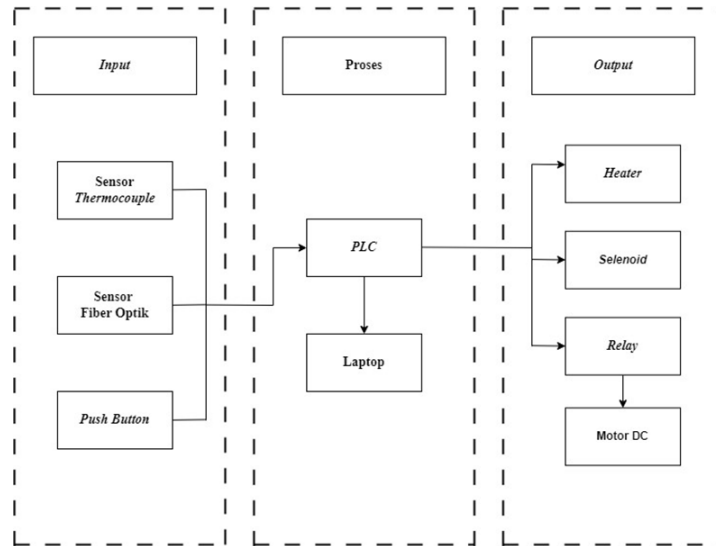
2. METODE PENELITIAN

2.1 Blok Diagram Sistem

Pada Blok Diagram Sistem bahwa didalam sistem terdapat sensor *thermocouple* yang terpasang nempel dengan *heater*, lalu nilai suhu dari sensor *thermocouple* dikirim dan diolah oleh sebuah *controller* menggunakan metode PID, yang mana *controller* menggunakan PLC. Setelah itu hasil dari olahan tersebut akan diperoleh keluaran yang akan mengendalikan aktuator secara otomatis hingga mencapai set *point* yang diinginkan dan menampilkan nilai suhu pada tampilan HMI. Pada *input* sensor fiber optik digunakan untuk mendeteksi adanya *eye mark* pada kemasan yang nantinya akan menghentikan motor. Lalu pada input yang terakhir terdapat sensor tegangan, yang



digunakan untuk mengukur data tegangan dari *output driver heater* sebagai olah data untuk metode PID. Pada *controller* menggunakan *PLC Mitsubishi FX3U 48MT*. Dan pada *output* menggunakan aktuator yaitu *solenoid* untuk menggerakkan piston yang tersambung dengan kepala cetak angka kedaluwarsa. Pada Gambar 1 dibawah ini menunjukkan bagaimana sistem penelitian bekerja. Ini bertujuan untuk melihat cara kerja sistem agar mudah dipahami.



Gambar 1 Blok Diagram

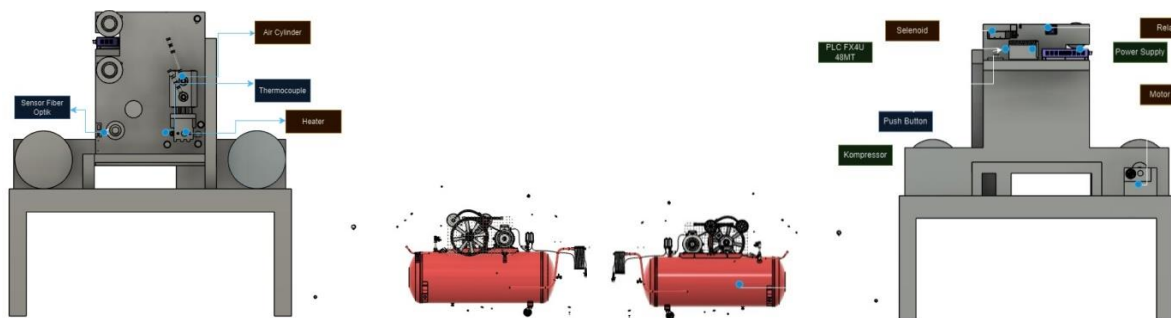
Pengerjaan dimulai dengan melakukan riset dan studi literatur untuk mengetahui kebutuhan dari sistem. Sedangkan untuk kebutuhan alatnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1 Jumlah Alat yang dibutuhkan

No	Pembuatan	Analisa Kebutuhan	Jumlah
1	Kebutuhan Input	Sensor fiber Optik	1 Buah
		Sensor <i>Thermocouple</i>	1 Buah
		<i>Push Button</i>	3 Buah
2	Kebutuhan Output	<i>Motor DC RS-555</i>	1 Buah
		<i>Solenoid valve</i>	1 Buah
		<i>Heater</i>	1 Buah
		<i>Air Cylinder</i>	1 Buah
		<i>Relay</i>	2 Buah
3	Kebutuhan Primer	PLC <i>Mitsubishi FX3U 48MT</i>	1 Buah
		Laptop	1 Buah
		HMI Weintek 506 TV	1 Buah
		<i>Compressor</i>	1 Buah
		<i>Transmitter temperature PT100</i>	1 Buah
		<i>MCB</i>	1 Buah

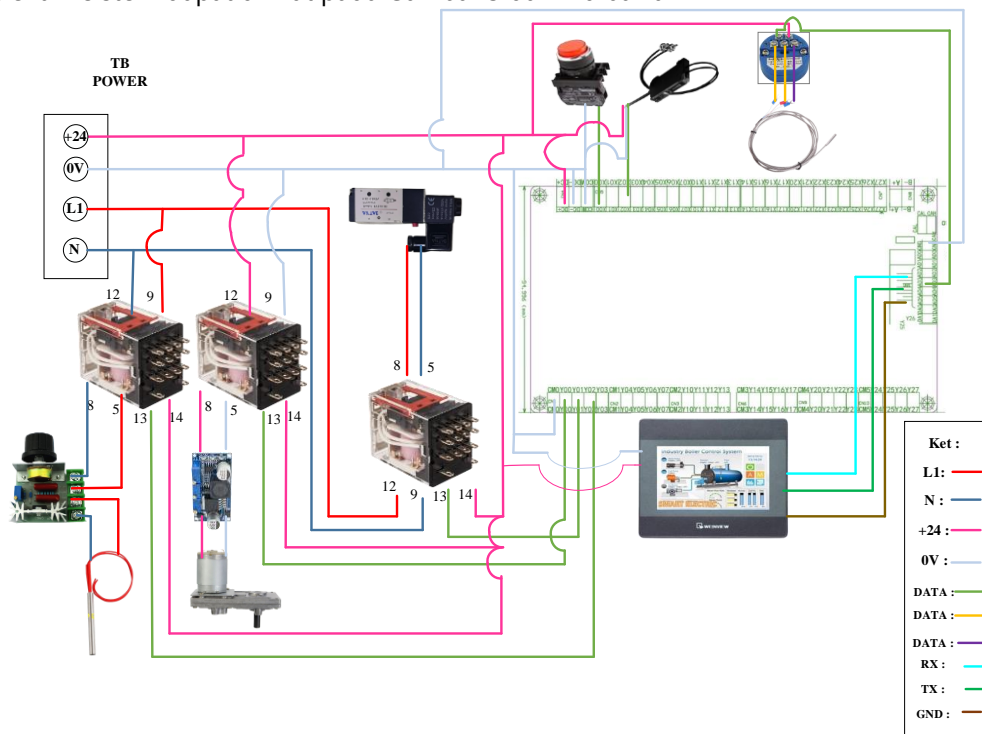
Kemudian hal yang dilakukan selanjutnya ialah menyiapkan hardware serta mekanik yang diperlukan sesuai rencana diantaranya pemasangan sensor, pemasangan valve yang berfungsi sebagai beban. Mengenai desainnya seperti berikut:





Gambar 2 Perancangan Alat Cetak Kedaluwarsa

Untuk desain elektrik sistem dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 dibawah ini



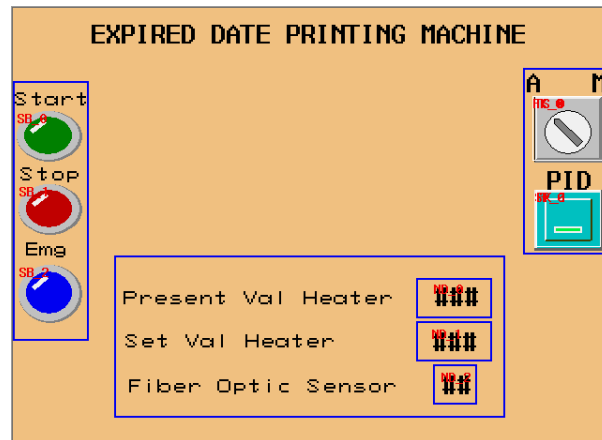
Gambar 3 Desain Wiring Keseluruhan Alat Cetak Kedaluwarsa



Gambar 4 Wiring Panel Keseluruhan



Proses selanjutnya yang dilakukan ialah pengujian atau kalibrasi untuk tiap sensor yang digunakan. Bila sudah selesai, barulah masuk ke perancangan sistem maupun penampilan bagian interfacenya. Untuk tampilan interface, pada bagian HMI seperti gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5 Tampilan HMI

Dalam metode penelitian yang digunakan dalam pengerjaan dilakukan dengan metode eksperimental yang akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Sensor Suhu PT100

Dalam Penelitian ini digunakan sensor suhu PT100 yang terletak menempel disamping heater, sensor ini memiliki nilai akurasi yang tinggi, nilai suhu yang terbaca akan mempengaruhi metode yang berjalan yang mengontrol elemen pemanas/heater.

2. Sensor Fiber Optik

Dalam penelitian ini digunakan satu buah sensor fiber optik yang terletak dibagian atas dibelakang *body* alat. Sensor ini bertipe NPN yang memiliki 3 kabel dengan kabel warna coklat 12-24V, warna biru 0V dan kabel warna hitam sebagai data. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi objek *eyemark* pada kemasan plastik yang nantinya akan mentrigger motor untuk berhenti.

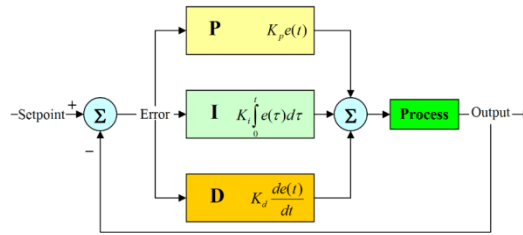
3. Heater

Dalam penelitian ini digunakan elemen pemanas atau heater, memiliki daya sebesar 40watt dan memiliki tegangan sebesar 24VDC yang diukur menggunakan multimeter untuk validasi data, keluaran panas pada elmen pemanas ini tergantung pada daya yang diberikan, apabila daya yang diberikan yakni nilai maksimum maka panas yang dikeluarkan juga pada nilai maksimum.

2.2 Proportional Integral Derivative

Proportional Integral Derivative Controller. Ini sebagai pengontrol umpan balik yang biasa digunakan dalam sistem kontrol industri[6]. Kontroler ini secara terus menerus menangani *error* atau nilai kesalahan yang menyimpang dari *set point* yang telah ditentukan. Kontroler selalu berusaha meminimalkan nilai *error* hingga mencapai nilai yang mendekati nilai optimal dan stabil[7]. Sistem kontrol PID memiliki 3 jenis sistem kontrol yang saling dikombinasikan yaitu :





Gambar 6 Blok Diagram PID

1. P (Proportional) Controller

Kontrol P akan menghasilkan nilai keluaran yang sesuai dengan nilai kesalahan, sehingga respon dapat dikontrol dengan cara mengalikan nilai kesalahan dengan konstanta gain *proportional*, yang dihitung sebagai berikut:

$$P = K_p e(t)$$

Dengan :

P : Proporsional

Kp : Konstanta *gain* Proporsional

e(t) : nilai eror yang selalu berubah

Kontrol P ini memiliki sifat kontrol yang tidak dinamik, tetapi pada kontrol P ini dapat memperbaiki *respon transien* khususnya *rise time* dan *settling time*[8].

2. I (Integral) Controller

Pengendali ini tidak dapat berdiri sendiri, artinya penggunaannya harus dipadukan dengan pengendalian proporsional. Pada kontrol I, jika nilai errornya mendekati 0 maka efisiensi penggunaannya akan semakin kecil. Sistem kendali I juga dapat meningkatkan atau meminimalkan respons kondisi tunak, mengurangi waktu naik, steady-state, menambah overshoot, dan settling time[9].

Kontrol I dibangun sebagai berikut:

$$I = K_I \int_0^t e(t) dt$$

Dengan :

I : Integral

Ki : Nilai konstanta integral

E(t) : nilai eror

dt : nilai perubahan waktu (detik)

3. D (Derivative) Controller,

Sama halnya dengan kontrol I, Pada kontrol D tidak berdiri sendiri tetapi harus digabungkan dengan Kontrol P atau Kontrol I. *Output* dari kontrol D mempunyai karakteristik operasi turunan. Keluaran tidak akan dihasilkan pengontrol jika tidak terdapat perubahan pada *input*[10].



Kontrol derivatif dapat menghasilkan koreksi yang cukup besar sehingga menghasilkan kesalahan yang besar. Oleh karena itu, kendali derivatif dapat mengatasi penyebab kesalahan dan memberikan tindakan perbaikan untuk meningkatkan stabilitas sistem[11].

Turunannya dibuat sebagai berikut:

$$D = K_D \frac{de(t)}{dt} \tag{2.3}$$

Dengan :

- D : Derivatif
- Kd : Nilai Konstanta derivatif 16
- de(t) : Nilai perubahan eror
- dt : Nilai perubahan waktu (detik)

2.3 Perancangan PID Cohen Coon

Penelitian ini berfokus pada penggunaan kontroler PID Cohen Coon, untuk mengoptimalkan kinerja sistem cetak tanggal kedaluwarsa otomatis[12]. Pendekatan ini memungkinkan penyesuaian parameter PID sesuai dengan respons sistem terhadap perubahan input, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan kinerja secara keseluruhan.

Tabel 2 Persamaan tuning dengan Metode Cohen-Coon

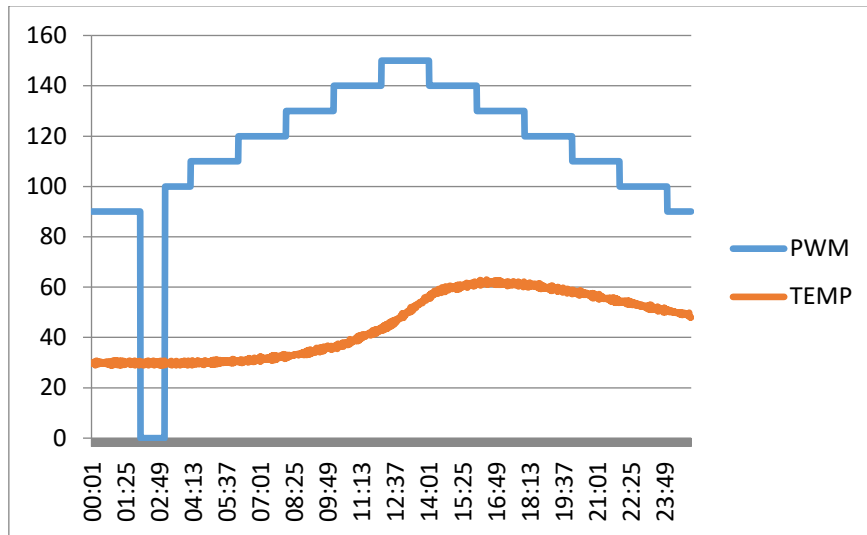
K_C (proportional band)	$K_C = \frac{1}{K} \frac{\tau_p}{\tau_d} \left(\frac{4}{3} + \frac{\tau_d}{4\tau_p} \right)$
τ_i (integral time)	$\tau_i = \tau_d \frac{32 + 6 \cdot \tau_d / \tau_p}{13 + 8 \cdot \tau_d / \tau_p}$
τ_D (derivative time)	$\tau_D = \tau_d \frac{4}{11 + 2 \cdot \tau_d / \tau_p}$

Persamaan diatas yang menggunakan Model proses orde satu atau FOPDT (First Order Plus Delay Time) yaitu dasar dari metode ini . Pengendali PID dengan persamaan tuning , dimana K_C (proportional gain), τ_i (integral time) dan τ_D (derivative time). Pada Metode ini diterapkan di pengaturan PID sebagai pengoptimalan respon sistem terhadap perubahan input. Dengan pendekatan ini, penelitian ini bertujuan meningkatkan efisiensi dan kinerja mesin dalam proses cetak tanggal kedaluwarsa produk secara otomatis[13].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan Transfer Function didapatkan dari data log sistem open loop, dimana sistem diberi input kemudian dilihat outputnya. Pengambilan data log dari respon output suhu dari input pwm dilakukan dengan sampling 1s. Untuk input pwm yang diambil adalah 150. Data log pwm 150 ditampilkan dalam grafik pada gambar di bawah ini





Gambar 7 Grafik respon suhu terhadap PWM 150

Kemudian dari data log PWM 150 tersebut digunakan untuk mencari fungsi kontinu atau fungsi transfer kontinu. Untuk menghitung dari persamaan fungsi transfer kontinu dengan rumus di bawah ini.

$$y(k) + a_1y(k - 1) \dots a_nay(k - na) = b_0u(k - d) \dots b_nbu(k - d - nb)$$

Setelah menemukan persamaan selisih, dilakukan teknik optimasi untuk mencari parameter estimasi model. Teknik optimasi dilakukan dengan meminimumkan jumlah kuadrat nilai error antara model dengan hasil pengukuran input dan output sistem [14]. Teknik optimasi dimulai dengan persamaan sebagai berikut

$$\phi = (\varphi^T \varphi)^{-1} \cdot \varphi^T \cdot y$$

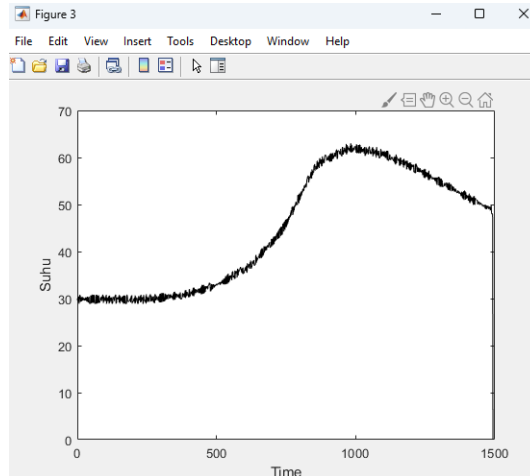
Setelah optimasi, lanjutkan dengan mengubah sinyal digital atau data dalam format DSP (Digital Signal Processing) menjadi fungsi transfer diskrit [15]. Setelah data berubah menjadi fungsi transfer diskrit, data tersebut dibuat menjadi fungsi transfer kontinu.

Untuk persamaan fungsi transfer kontinu dengan PWM 150Hz sebagai berikut:

$$\frac{u(s)}{y(s)} = \frac{3.637 s^2 + 37.37 s + 103.2}{s^3 + 6.289 s^2 + 21.01 s + 43.04}$$

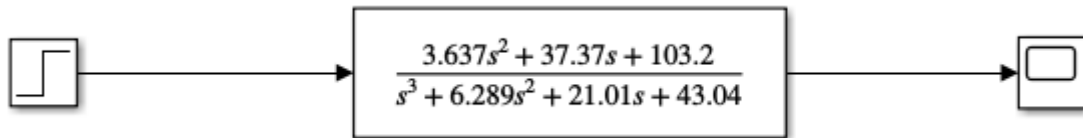
Dari program ini, grafik data input dan grafik yang telah dimodelkan dengan fungsi transfer kontinu juga diperoleh.



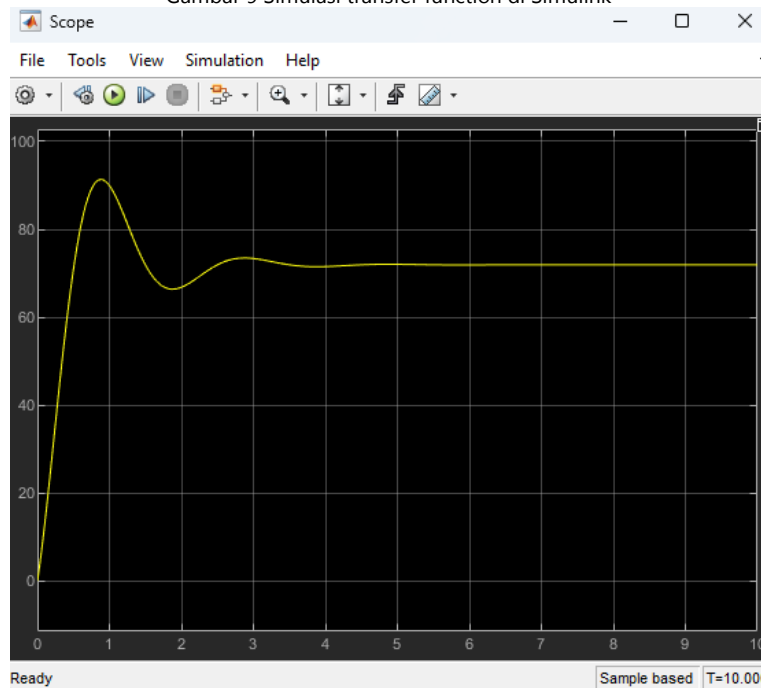


Gambar 8 Grafik hasil pemodelan dengan Transfer Function Kontinu

Setelah mendapatkan fungsi transfer kontinu, lakukan pengujian fungsi transfer tersebut dengan open loop pada simulink Matlab dan lihat hasil respon dari fungsi transfer kontinu tersebut.



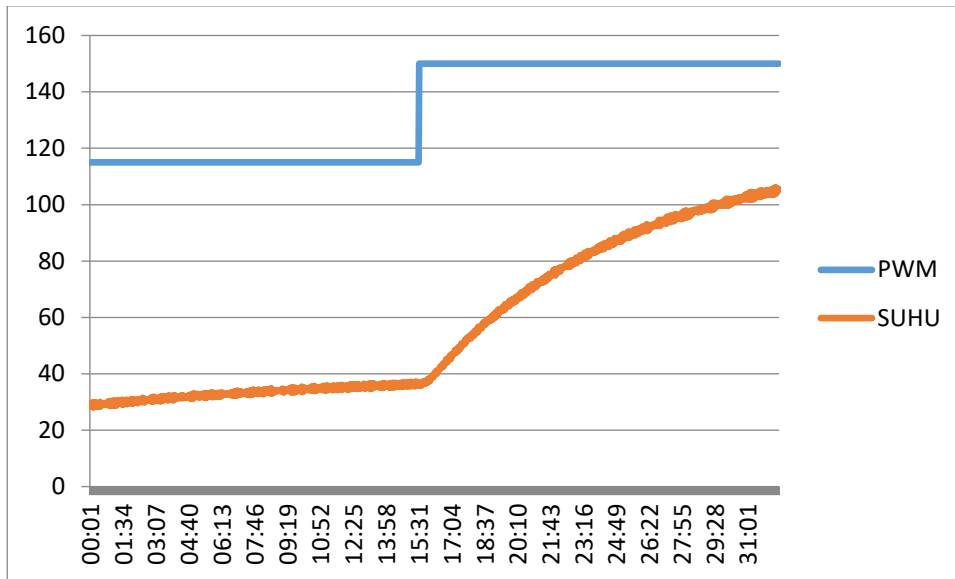
Gambar 9 Simulasi transfer function di Simulink



Gambar 10 Hasil Respon Transfer Function Kontinu

Setelah itu, penentuan parameter PID dilakukan dengan melihat grafik perubahan input dan output. Setelah input diberikan, respon dari output dilihat. Setelah output stabil, diberikan input yang lebih tinggi lagi. Lihat output sampai stabil. Kemudian hitung parameter PID. Untuk perubahan input yang diberikan dari PWM 115 hingga PWM 150. Untuk data log dari PWM 105 hingga PWM 150 dapat digambarkan dengan grafik pada gambar di bawah ini.





Gambar 11 Data Log PWM 115 ke PWM 150

- a. Selisih kenaikan *output*
 $\Delta = \text{Output tertinggi} - \text{Output Terendah}$
 $\Delta = 105.5 - 28.5$
 $\Delta = 77^{\circ}\text{C}$
- b. Selisih kenaikan *Input*
 $\partial = \text{Input tertinggi} - \text{Input Terendah}$
 $\partial = 150 - 135$
 $\partial = 15$
- c. Gain K
 $K = \Delta / \partial$
 $K = 77 / 15$
 $K = 5.13$
- d. Nilai 28% dan 63% dari *output*
 - $28\% \Delta = \text{Output terendah} + 0.28 * \Delta$
 $28\% \Delta = 28.5 + 0.28 * 77$
 $28\% \Delta = 50.06$
 - $63\% \Delta = \text{Output terendah} + 0.63 * \Delta$
 $63\% \Delta = 28.5 + 0.63 * 77$
 $63\% \Delta = 77.01$



e. Waktu Nilai 28% dan 63% dari *output*

➤ $t_{28\%} = \text{Waktu saat } 28\% - \text{Waktu } Start$

$$t_{28\%} = 17.35s - 15.32s$$

$$t_{28\%} = 2.03s$$

➤ $t_{63\%} = \text{Waktu saat } 63\% - \text{Waktu } Start$

$$t_{63\%} = 21.50s - 15.32s$$

$$t_{63\%} = 6.18s$$

f. Konstanta waktu efektif

$$T_p = 1.5 * (t_{63\%} - t_{28\%})$$

$$T_p = 1.5 * (6.18s - 2.03s)$$

$$T_p = 4.15s$$

g. Menghitung *deadtime*

$$t_d = 6.18 - 4.15$$

$$t_d = 2.035s$$

h. Fungsi *Laplace FOPDT (First Order Plus Delay Time)*

$$G_p = \frac{K}{T_p s + 1} e^{-t_d s}$$

$$G_p = \frac{5.13}{4.5 s + 1} e^{-2.035 s}$$

i. Konstanta PID

➤ K_c, P_b, T_i , dan T_d

$$\checkmark K_c = \frac{1}{K} \frac{\tau_p}{\tau_d} \left(\frac{4}{3} + \frac{\tau_d}{4\tau_p} \right)$$

$$K_c = \frac{1}{5.13} \frac{4.15}{2.03} \left(\frac{4}{3} + \frac{2.03}{4(4.15)} \right)$$

$$K_c = 0.580074$$

$$\checkmark P_b = \frac{1}{K_c} (100\%)$$

$$P_b = \frac{1}{0.580074} (100\%)$$

$$P_b = 1.72392$$

$$\checkmark T_i = \tau_d \frac{32 + 6 \cdot \tau_d / \tau_p}{13 + 8 \cdot \tau_d / \tau_p}$$

$$T_i = 2.03 \frac{32 + 6 \cdot 2.03 / 4.15}{13 + 8 \cdot 2.03 / 4.15}$$



$$T_i = 4.19304s$$

$$\checkmark TD = \tau_d \frac{4}{11+2 \cdot \tau_d / \tau_p}$$

$$TD = 2.03 \frac{4}{11+2 \cdot 2.03 / 4.15}$$

$$TD = 0.677892s$$

➤ K_p, K_i, dan K_d

$$\checkmark K_p = K_c$$

$$K_p = 0.580074$$

$$\checkmark K_i = \frac{K_c}{T_i}$$

$$K_i = \frac{0.580074}{4.19304}$$

$$K_i = 0.138342$$

$$\checkmark K_d = K_c \times TD$$

$$K_d = 0.580074 \times 0.677892$$

$$K_d = 0.3932$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan beberapa parameter PID yaitu, Proportional Band, Time Integral, Time Derivative, Proportional Constant, Integral Constant, dan Derivative Constant. Hasil dari perhitungan di atas didapatkan P_b sebesar 1.72392%, T_i sebesar 4.19304s, T_d sebesar 0.677892s, K_p sebesar 0.5801, K_i sebesar 0.1383, dan K_d sebesar 0.3932.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penerapan auto-tuning PID Cohen-Coon dengan parameter P_b sebesar 1.7239%, T_i sebesar 4.19304s, dan T_d sebesar 0.6779s. Evaluasi performa auto-tuning PID Cohen-Coon saat setpoint diberikan PWM sebesar 150, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai set point sebesar 3,04 menit kemudian memiliki overshoot sebesar 14% dan settling time sebesar 8,38 menit. Hal ini menunjukkan bahwa respon sistem terhadap perubahan set point cukup cepat dan stabil pada nilai yang diinginkan dalam rentang waktu yang relatif singkat, sehingga menunjukkan keefektifan kontrol PID dalam mengendalikan pemanas sesuai kebutuhan. Dengan demikian, penerapan metode auto-tuning PID Cohen-Coon dapat diandalkan untuk mengoptimalkan kinerja sistem dengan mengatur parameter yang telah ditentukan sesuai dengan karakteristik sistem yang diinginkan.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih sebanyak banyaknya kepada kedua orang tua saya serta pak Didik sebagai dosen pembimbing 1 atas bimbingan dan dorongan beliau dalam melakukan pengujian ini. Tanpa bantuan dan dorongan beliau, pencapaian ini tidak akan terwujud. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada Pak Abu Jami'in atas bimbingannya yang tanpa henti dari awal pengambilan data, rumus dalam metode dan saran untuk jurnal ini. Kontribusinya sangat berarti dalam menjaga kualitas dan kesinambungan proyek ini. Semoga kebaikan dan jasa mereka selalu dibalas dengan kesuksesan dan kebahagiaan. Terima kasih.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syamsuddin, E., Makclin, M., & Calvinus, Y. (2020). Tool for Printing Expiry Date on Plastic Pack with Hot Stamping Method. *TESLA: Journal of Electrical Engineering*, 21(2), 156.
- [2] Ariyanto, N. A., Qurohman, M. T., & Hendrawan, A. B. (2023). Learning Pneumatic System Control as a Support for Hydraulic and Pneumatic System Competencies at Smk Negeri 1 Adiwerna. *Journal of Engineering Community Service*, 5(1), 9.
- [3] Watiningsih, T., Sudaryanto, E., Herijanto, S., Elektro, T., Teknik, F., Purwokerto, W., Raya, J., Purwokerto, B. K., & Kunci, K. (2023). Packaging Technology Design and Labeling of Food Product Packaging in Kalisalak Village, Kedungbanteng District, Banyumas Regency.
- [4] Sitorus, H. F., Harahap, R., Armansyah, & Yusniati. (2023). Design of PLC Based Smarhome Control System.
- [5] Kurniawan, S. Y., Setiawan, A. B., & Dirgantara, W. (2022). Automatic Wheelchair Based on IoT (Internet Of Things) Using PID (Proportional Integral Derivative Controller) Method.
- [6] Fredo Zakaria, B., Ary Murti, M., Surya Wibowo, A., & Elektro, T. (2020). Air Compressor Monitoring System Based on Internet of Things.
- [7] Syakuro, F. A., & Adhitya, R. Y. (2022). Development of Electric Motor Propulsion Module with Pid-based Automatic Flow Rate Control (Cohen-Coon).
- [8] Agiska, I. N., Budi, E. S., & Safitri, H. K. (2021). PI Control System Using PLC CP1H in Water Heater Miniplant Application.
- [9] Faradisa, S., & Wanarti Rusimamto, P. (2020). Design of PID Controller with Cohen-Coon Tuning Method for Temperature Control in Labview 2014 Based Baby Incubator.
- [10] Khalid, M., Fathoni, F., & Murtono, A. (2022). Implementation of PID Control for DC Motor Speed Regulation in Shallot Peeling Process.
- [11] Gunawan, E. I., Ali, M., Nurohmah, H., Elektro, T., Ulum, D., Gus, J., & 29a, D. (2022). Optimization of Thermal Oil Heater Using PSO as Tuning PID Controller.
- [12] Suharti, P. H., & Sa'diyah, K. (2019). Application of Cohen-Coon Method Tuning on pH Controller in Neutralization Tank, Sewage Treatment Unit. *Exergy*, 16(2), 35.
- [13] Law Jyy Jinn, M., & Kok Hwa, Y. (2019). Implementation of Proportional, Integral and Derivative (Pid) Terms for Thermal Management Through Simulink and Arduino Platform.
- [14] Adhimanata, Y., & A, S. D. (2024). Capacitor Bank Panel Design to Improve Industrial Power System Efficiency and Safety.
- [15] Jami'in, M. A., Anam, K., Rulaningtyas, R., Mudjiono, U., Adianto, A., & Wee, H. M. (2020). Hierarchical linear and nonlinear adaptive learning model for system identification and prediction.

