

# Sistem Pengendalian Proses Penyangraian Biji Kakao

Erwani Merry Sartika, Kevyn Vicy Zefanya

Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha

Jl. Suria Sumantri No. 65, Bandung 40164, INDONESIA

erwani.ms@eng.maranatha.edu, [erwanimerry@gmail.com](mailto:erwanimerry@gmail.com)

**Intisari**— Penyangraian merupakan salah satu tahap terpenting dalam pembuatan bubuk cokelat, selain mengurangi kadar asam dan kadar air. Sistem kendali suhu pada proses penyangraian dikendalikan oleh pengendali PID yang akan mengatur bukaan *motorized valve* yang mempengaruhi suhu sirkulasi tabung. Kendali PID dituning menggunakan kombinasi metode *Ziegler-Nichols* dan metode *trial and error* untuk mendapatkan respon sistem yang lebih baik. Suhu penyangraian berhasil dikendalikan menggunakan pengendali PID dengan nilai parameter  $K_p = 2.7$ ,  $T_i = 0.035$ , dan  $T_d = 0$ . Respon menghasilkan kinerja dengan *overshoot* 5% dan *settling time* 12 menit untuk mencapai suhu penyangraian 300°C.

**Keywords**— Penyangraian, Biji Kakao, PID, Trial and Error.

## I. PENDAHULUAN

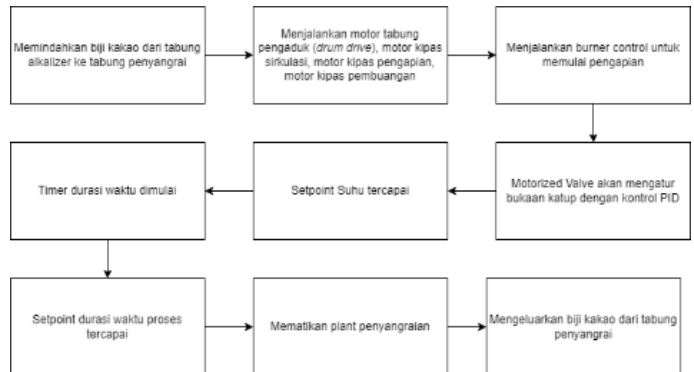
Dalam pembuatan bahan cokelat, banyak faktor yang menentukan mutu cokelat yang dihasilkan, yaitu jenis dan mutu bahan dasar yang digunakan dan tahapan pengolahan biji kakao [1]. Salah satu produk dalam pengolahan biji kakao adalah *chocolate liquor* (cokelat cair) dalam proses produksinya ada beberapa tahapan dimulai dari proses alkalisasi (pengadukan biji kakao dengan bahan *solution*) dan proses penyangraian (*roaster*). Alkalisasi dan penyangraian (*roaster*) merupakan perlakuan terhadap biji kakao yang diperlukan untuk memperoleh cita rasa yang kuat dan memodifikasi warna cokelat agar sesuai dengan selera pengguna [2].

Pada Industri pengolahan biji kakao kering menjadi bahan dasar cokelat walaupun berkapasitas besar, masih banyak yang menggunakan peralatan dan mesin secara manual[3]. Namun untuk menghasilkan bubuk cokelat yang mengandung rasa, warna, kadar asam dan, kadar air yang tepat diperlukan sistem kendali yang bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan [4]. Apabila mesin penyangraian biji kakao dilakukan secara manual akan sulit menghasilkan produk yang konsisten, sehingga diperlukan pengendalian dan *monitoring* pada mesin penyangraian. Pada sistem pengendalian ini dirancang untuk membantu menjalankan mesin penyangraian (*roaster*).

## II. PERANCANGAN PENGENDALIAN PENYANGRAIAN

Proses penyangraian biji kakao pada dasarnya yaitu menjaga suhu biji kakao pada *setpoint* suhu yang diinginkan dan menjaga suhu biji kakao pada durasi waktu yang diperlukan. Proses penyangraian dimulai dari mengatur biji kakao pada tabung penyangrai dengan mengendalikan katup 2 arah, kemudian mengendalikan motor lengan pengaduk dan motor kipas

sirkulasi, motor kipas pembakaran, dan motor, seperti ditunjukkan pada Gbr1.



Gbr.1. Diagram Blok Proses Penyangraian

Kipas pembuangan. motor-motor ini sangat penting dalam proses penyangraian untuk mengaduk biji kakao dalam tabung dan membuat sirkulasi angin panas dari pengapian menyebar secara merata dalam tabung sehingga suhu biji kakao dapat lebih merata. Pengapian dikendalikan menggunakan *burner control*. Pada sistem proses penyangraian ini dibantu dengan pengendali PID untuk mengendalikan *Motorized valve* yang akan membuat angin bersirkulasi pada sistem pengapian dapat dikendalikan sehingga besar api pada sistem pengapian dapat mencapai *setpoint* secara optimal.

Dalam perancangan sistem proses penyangraian ini dilakukan perancangan *hardware* dan *software*. Sistem proses penyangraian biji kakao ini akan dikendalikan dan *dimonitoring* menggunakan *software* SCADA Simatic WinCC[5]. Sistem kendali ini akan dirancang secara manual dan otomatis.

Perancangan sistem kendali otomatis bertujuan untuk mengendalikan sistem penyangraian biji kakao mulai dari tahap biji kakao kemudian tahap mengendalikan motor-motor pendukung sistem pembakaran, dilanjutkan dengan mengendalikan sistem pengapian dan penyangraian[6]. Pada Gbr 2 dapat dilihat *flowchart* proses pengendali otomatis yang diinginkan.



sehingga diperoleh nilai koefisien pembilang dan penyebutnya berdasarkan respon sistem tersebut. Dari Gbr 6 dapat diketahui :  $C(s) = 2.7$

$T_s = 75s$

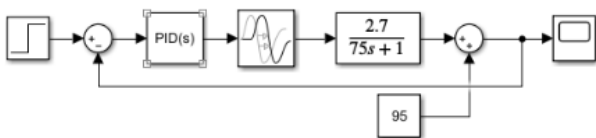
Sehingga dengan rumus sistem order pertama didapatkan *transfer function* pada Persamaan (1):

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{2.7}{Ts + 1}$$

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{2.7}{75s + 1} \dots \dots \dots (1)$$

IV. SIMULASI TUNING PID

*Tuning* PID dilakukan untuk mendapatkan respon sistem kendali PID dengan *respon* waktu yang singkat dan *overshoot* yang minimal. Untuk melihat bentuk grafik respon kendali PID pada simulink diperlukan penjabaran diagram blok seperti tampak pada Gbr 7.

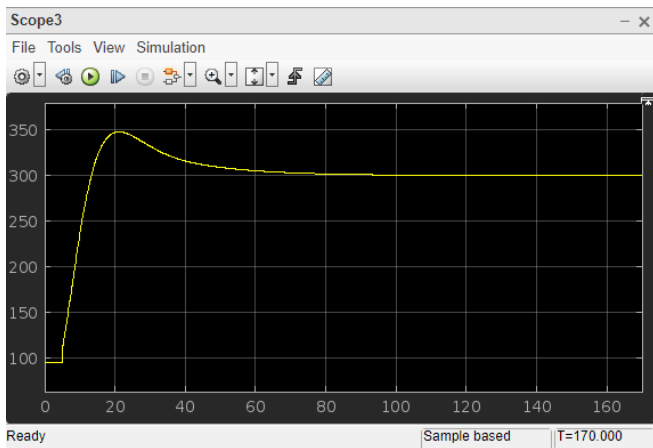


Gbr 7. Diagram Blok Kendali PID

Setelah dilakukan pengujian dengan metode Ziegler-Nichols[12] dengan rumus tabel didapatkan parameter PID dengan nilai:

- P= 3.28
- I= 1/8
- D= 2

hasil respon sistem yang disimulasikan dapat dilihat pada Gbr 8. yang memiliki *overshoot* hingga 50°C atau sebesar ± 16.66%



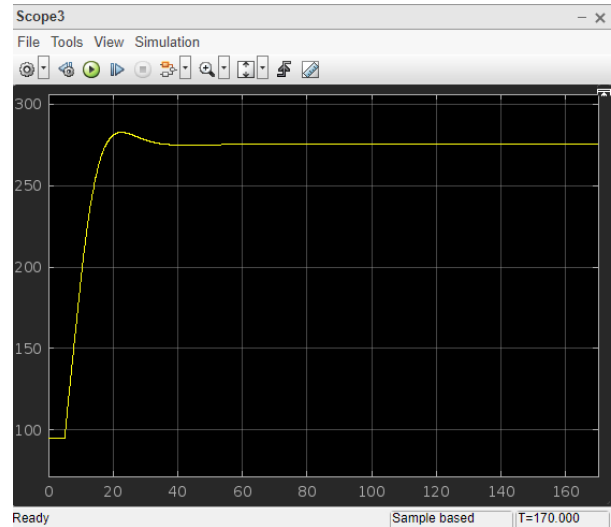
Gbr 8. Grafik Sinyal Respon Sistem Kendali PID; P=3,28 ,I=1/8 D=2

Setelah dilakukan pengujian dengan metode Ziegler-Nichols grafik *respon* belum mendapatkan *respon* sistem yang diinginkan sehingga dilanjutkan dengan metode *trail and error* dengan mengubah nilai PID menjadi

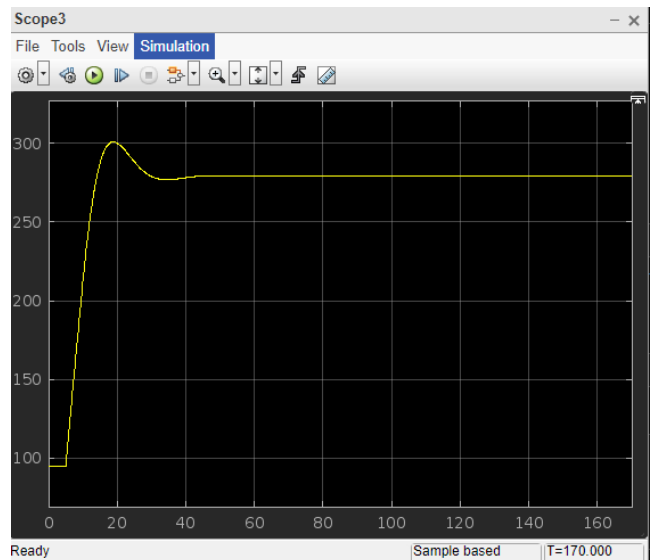
- P = 3.28
- I = 0
- D = 0

Hasil respon sistem yang disimulasikan dapat dilihat pada Gbr 9. dengan nilai P = 3.28, I = 0, dan D = 0 yang memiliki grafik sinyal *respon* yang beresilasi dan error *steady state* pada 275°C.

Gbr 9. Grafik Sinyal Respon Sistem Kendali PID P=3.28 ,I=0 D=0



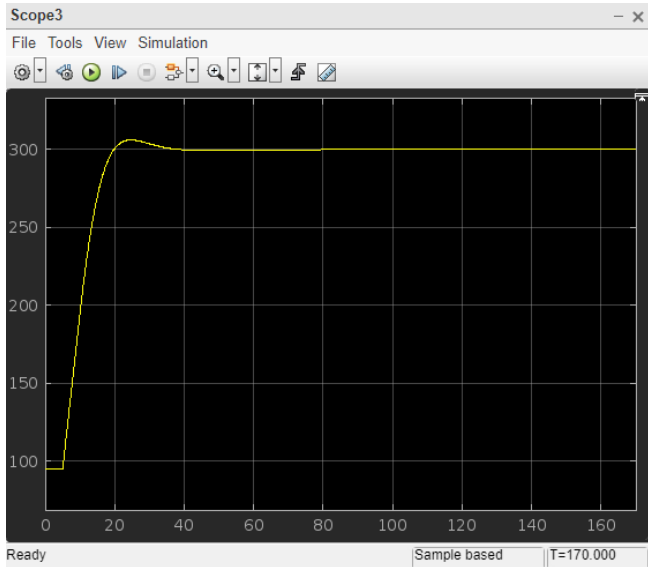
Untuk memperbaiki *respon* yang *overshoot* dengan metode *trail and error* maka di carilah nilai P untuk memperbaiki *overshoot* dengan nilai P = 2.7. Hasil respon sistem yang disimulasikan dapat dilihat pada Gbr 10. dengan nilai P = 2.7, I=0, dan D =0 memiliki grafik sinyal *respon* yang tidak beresilasi dan memiliki *overshoot* yang lebih rendah dan error *steady state respon* pada 275°C.



Gbr 10 Grafik Sinyal Respon Sistem Kendali PID P=2,7 ,I=0 D=0

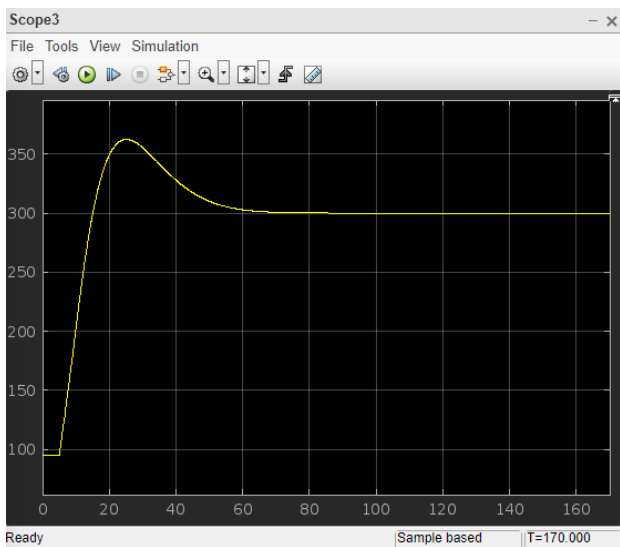
Untuk memperbaiki nilai error *steady state respon* dengan metode *trail and error* maka dimasukkan nilai I untuk memperbaiki error *steady state* dengan memberikan nilai I = 1/8. Hasil respon sistem yang disimulasikan dapat dilihat pada Gbr 11. Pada Gbr 11 dengan nilai P = 2.7, I=1/8, dan D =0 memiliki grafik sinyal *respon* yang tidak beresilasi, memiliki

overshoot yang tinggi hingga 360°C dan nilai *steady state* pada 300°C yang sesuai dengan nilai *steady state* yang diinginkan.



Gbr 11. Grafik Sinyal Respon Sistem Kendali PID  $P=2,7, I=1/8, D=0$

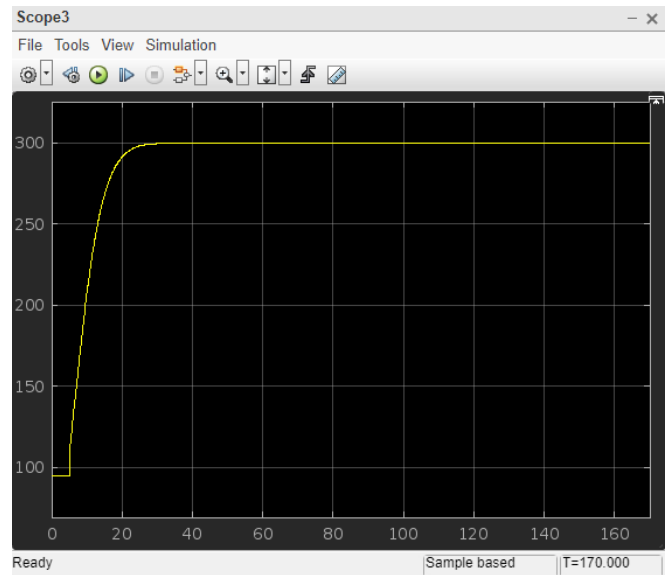
Untuk memperbaiki nilai *overshoot respon* dengan metode *trail and error* maka cari nilai I yang tepat untuk memperbaiki *overshoot* dengan memberikan nilai  $I = 0.035$ . Hasil respon sistem yang disimulasikan dapat dilihat pada Gbr 12. Pada Gbr 12 dengan nilai  $P = 2.7, I = 0.035, dan D = 0$  memiliki grafik sinyal *respon* yang tidak beresilasi, memiliki *overshoot* yang cukup rendah hingga 310°C dan nilai *steady state* pada 300°C yang sesuai dengan nilai *steady state* yang diinginkan.



Gbr 12. Grafik Sinyal Respon Sistem Kendali PID  $P=3,28, I=0,035, D=0$

Untuk memperbaiki nilai *overshoot* dan *respon time* dengan metode *trail and error* maka beri nilai D yang tepat untuk memperbaiki *overshoot* dan *respon time* dengan memberikan nilai  $D = 2$ . Hasil respon sistem yang disimulasikan dapat dilihat pada Gbr 13. Pada Gbr 13 dengan nilai  $P = 2.7, I = 0.035, dan D = 2$  memiliki grafik sinyal *respon* yang tidak

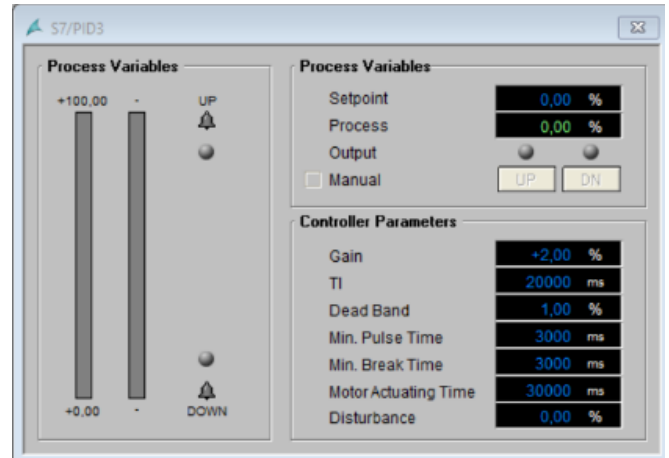
beresilasi, tidak memiliki *overshoot*, nilai *steady state* pada 300°C yang sesuai dengan nilai *steady state* yang diinginkan, dan *respon time* yang cukup singkat dibandingkan dengan dengan metode *tuning PID Ziegler-Nichols*.



Gbr 13. Grafik Sinyal Respon Sistem Kendali PID  $P=3,28, I=0,035, D=2$

## V. HASIL UJICoba

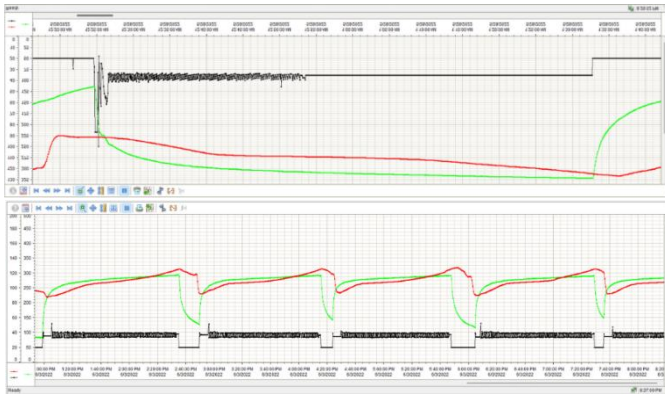
Setelah mengatur *setpoint* yang dibutuhkan maka langkah selanjutnya adalah menguji kinerja kendali PID dengan parameter *Standart* Simatic Step 7 dengan nilai Gain, TI, Deadband yang tidak diubah saat mengatur function PID pada program PLC seperti Gbr 14 di bawah ini.



Gbr 14. Parameter PID *Standart*

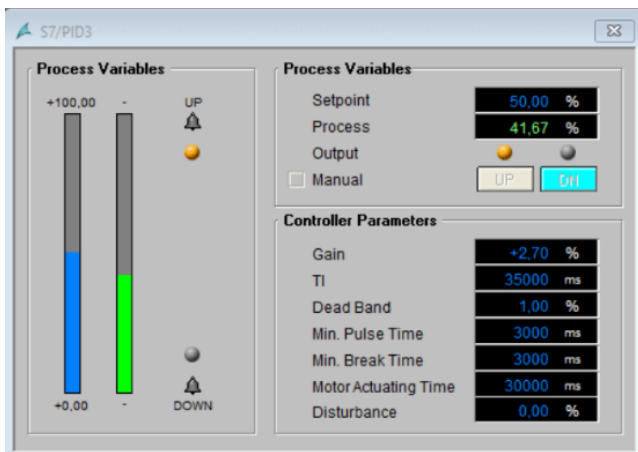
Pada pengendali PID ini diamati bahwa sinyal kontrol beresilasi. Pada pengendali ini nilai puncak atau *peak* suhu telah mencapai nilai 315°C dengan *peak time* atau waktu untuk mencapai suhu 900 *second* ( $\pm 15$  menit) dan selanjutnya terjadi *overshoot* mencapai 315°C seperti pada Gbr 14. Pengendali PID dengan parameter *Standart* sudah berhasil menjaga kestabilan suhu seperti yang diharapkan yakni pada suhu 300°C. Pengujian PID dengan parameter *Standart* ini dilakukan

sebanyak 5x untuk mengetahui kestabilan sistem, yang ditampilkan pada Gbr 15.



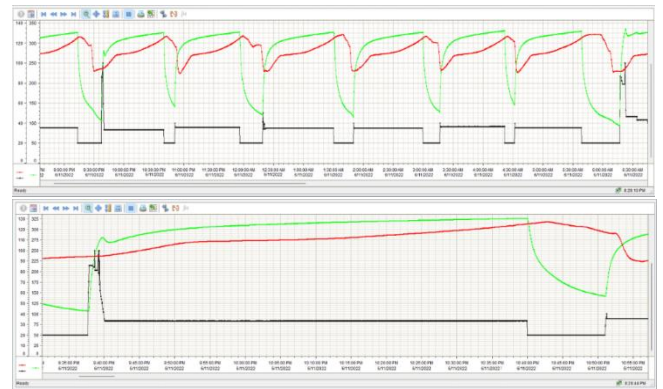
Grafik Suhu Biji Kakao (Merah), Grafik Suhu Sirkulasi Angin (Hijau), Feedback Posisi Motorized valve (Hitam), sumbu X = waktu, sumbu Y = suhu dan persentase posisi katup  
Gbr 15. Grafik Respon PID *Standart*

Setelah berhasil dengan pengujian PID dengan parameter standar dilakukan lah pengujian PID dengan parameter *tuning* yang sudah dirancang dengan dengan nilai Gain, TI, Deadband yang sudah didapatkan dalam perancangan PID. Dengan mengatur nilai Gain, TI, Deadband pada function PID pada program PLC seperti Gbr 16.



Gbr 16. Parameter PID *Tuning*

Pengendali PID yang sudah di *tuning* ini tidak terjadi osilasi yang sangat terlihat. Pada pengendali ini nilai puncak atau peak telah mencapai nilai 315°C dengan *peak time* atau waktu untuk mencapai suhu 720 *second* ( $\pm 12$  menit) dan selanjutnya terjadi *overshoot* mencapai 320°C seperti pada Gbr 16. Pengendali PID dengan parameter *tuning* sudah berhasil menjaga kestabilan suhu seperti yang diharapkan yakni pada suhu 300°C, sinyal kontrol yang tidak beresilasi.



Grafik Suhu Biji Kakao (Merah), Grafik Suhu Sirkulasi Angin (Hijau), Feedback Posisi Motorized valve (Hitam), sumbu X = waktu, sumbu Y = suhu dan persentase posisi katup

Gbr 16. Grafik Respon PID *Tuning*

## VI. SIMPULAN

Pengujian sistem secara otomatis dan *tuning* PID menggunakan *metode trial and error* dengan aplikasi simulink *matlab* pada sistem pengapian telah dilakukan dengan nilai  $P = 2.7$ ,  $I = 0.035$ , dan  $D = 0$ . memiliki grafik sinyal *respon* yang tidak beresilasi, dan dapat disimpulkan bahwa pengendali PID dapat mengendalikan suhu pipa sirkulasi, dan *tuning* PID pada sistem pengapian membuat *respon* suhu memiliki *rise time* yang cepat dan tidak terjadi osilasi pada keluaran *motorized valve*. dan juga perancangan *tuning* PID menggunakan simulasi dapat menghemat biaya dan waktu.

Data pengamatan pengujian PID masih memiliki kekurangan dalam pengujian kendali PID dengan nilai  $P = 2.7$ ,  $I = 0.035$ , dan  $D = 2$ . Dikarenakan pengujian sistem penyangraian membutuhkan lebih banyak waktu dan biaya dalam proses pengujian

## REFERENSI

- [1] Y. G. Lada, Supriyanto, and P. Darmadji, "Effect of Dry Bean Soaking and Roasting Instrument Material on Physical Properties, Volatile Compound Profile," *J. Agritech*, vol. 34, no. 4, pp. 439–447, 2014.
- [2] S. Wijanarti, A. M. Rahmatika, and R. Hardiyanti, "Pengaruh Lama Penyangraian Manual Terhadap Karakteristik Kakao Bubuk," *J. Nas. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 2, p. 212, 2019, doi: 10.22146/jnt.42758.
- [3] Ditjenbun, "Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2019-2021," *Direktorat Jendral Perkeb. Kementerian. Pertan. Republik Indones.*, pp. 1–88, 2021, [Online]. Available: <https://ditjenbun.pertanian.go.id/template/uploads/2021/04/BUKU-STATISTIK-PERKEBUNAN-2019-2021-OK.pdf>.
- [4] S. S. Mukrimaa *et al.*, "Dampak Industri Pengolahan Kakao (Theobroma cacao L.) Terhadap Pendapatan Petani Di Gapoktan 'Kumpul Makaryo' Nglanggeran, Patuk, Kab. Gunungkidul, Yogyakarta," *J. Penelit. Pendidik. Guru Sekol. Dasar*, vol. 6, no. August, p. 128, 2016.
- [5] D. Yuhendri, "Penggunaan PLC Sebagai Pengontrol Peralatan Building Automatis," *JET (Journal Electr. Technol.)*, vol. 3, no. 3, pp. 121–127, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/952>.
- [6] V. L. T. M. Drive and D. Isi, *Panduan Cepat VLT® Micro Drive.*
- [7] S. AG, *SIMATIC S7-1500 CPU 1511-1 PN Manual Book*, vol. 6, no. August. 2016.
- [8] S. Sumarkantini, "Evaluasi Kalibrasi Transduser Rtd Pt100 Dan

- Termokopel Type K,” *Epic J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2018, doi: 10.32493/epic.v1i2.1328.
- [9] Imam Abdul Rozaq and Mohammad Noor Rohman, “Analisa Penggunaan Sensor Proximity LJC 18 A3-B-Z/Bx Sebagai Salah Satu Sensor Prototype Cucimobil Otomatis,” *Indones. J. Technol. Informatics Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–16, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.umk.ac.id/index.php/ijtis/article/view/4597/2015>.
- [10] J. A. Prakosa, “Pengaruh Tekanan Piston Pada Pengaturan Katup Solenoid Proporsional Dua Arah Terhadap Laju Aliran Air Pada Sistem Kalibrasi Piston Prover Ot-400,” *J. Teknosains*, vol. 1, no. 2, pp. 99–107, 2012, doi: 10.22146/teknosains.5989.
- [11] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, vol. 39, no. 12, 2002.
- [12] E. M. Sartika and U. K. Maranatha, “Penerapan Tuning PID pada Sistem Pengendalian Suhu di Industri dengan Bantuan Simulasi MATLAB / Simulink,” in *Seminar Nasional Teknik Elektro*, 2018, pp. 1–4.
- [13] E. M. Sartika, T. R. Sarjono, and D. D. Saputra, “Prediction of PID Control Model on PLC,” *Telkommika*, vol. 17, no. 1, pp. 529–535, 2019, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v17i1.11589.