

Penggunaan PID untuk Stabilitas Suhu pada Proses Pengeringan Biji Kakao

Wahyu Tri Wahono¹, Donny Radianto², Anindya Dwi Risdhayanti³, Khansa Atha Fairus⁴
e-mail: wahyu_tri@polinema.ac.id, donny.radianto@polinema.ac.id, risdhayanti@polinema.ac.id,
atha.atah47@gmail.com

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 6 Juni 2024

Direvisi 20 Agustus 2024

Diterbitkan 30 September 2024

Kata kunci:

Biji Kakao
Suhu Pengeringan
Kontrol PID

Keywords:

Cocoa Beans
Drying Temperature
PID Control

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu produsen kakao terbesar di dunia, dengan biji kakao menjadi komoditas unggulan di berbagai provinsi. Namun, para petani sering menghadapi kendala dalam proses pengeringan biji kakao, seperti kurangnya pengetahuan dan keterampilan, yang berdampak pada menurunnya mutu biji kakao. Selain itu, metode pengeringan manual membutuhkan banyak waktu, tenaga, dan bergantung pada cuaca yang sering tidak menentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pengering biji kakao berbasis kontrol PID yang dapat mengeringkan biji secara efisien, bahkan pada malam hari. Alat ini dirancang untuk menjaga kestabilan suhu sesuai set point yang diinginkan menggunakan kontrol PID, sehingga mengoptimalkan efisiensi pengeringan dan kualitas biji kakao. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu menjaga suhu pengeringan dengan rata-rata error steady-state $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, serta meningkatkan efisiensi waktu pengeringan hingga 20% dibandingkan metode tradisional. Alat ini memberikan solusi praktis bagi petani kakao untuk meningkatkan kualitas hasil produksi, sekaligus mengatasi kendala cuaca dan keterbatasan tenaga kerja.

ABSTRACT

Indonesia is one of the largest cocoa producers in the world, with cocoa beans being a leading commodity in various provinces. However, farmers often face obstacles in the process of drying cocoa beans, such as lack of knowledge and skills, which results in a decrease in the quality of cocoa beans. In addition, manual drying methods require a lot of time, energy, and depend on the weather which is often unpredictable. This study aims to develop a PID-based cocoa bean dryer that can dry beans efficiently, even at night. This tool is designed to maintain temperature stability according to the desired set point using PID control, thereby optimizing drying efficiency and cocoa bean quality. The test results show that this tool is able to maintain the drying temperature with an average steady-state error of $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, and increase drying time efficiency by up to 20% compared to traditional methods. This tool provides a practical solution for cocoa farmers to improve the quality of their production, while overcoming weather constraints and limited labor.

Penulis Korespondensi:

Khansa Atha Fairus,
Jurusan Teknik Elektronika,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, Kode Pos.
Email: atha.atah47@gmail.com.
Nomor HP/WA aktif: +62 8574 6725 108



1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara penghasil kakao terbesar di dunia, dengan biji kakao menjadi komoditas unggulan di berbagai provinsi[1]. Kakao (*Theobroma cacao*) merupakan bahan utama pembuatan coklat, yang juga mengandung senyawa polifenol seperti flavonoid, katekin, dan epikatekin, yang bermanfaat bagi kesehatan kardiovaskular[2]. Namun, kualitas biji kakao yang dihasilkan petani Indonesia sering kali belum optimal, terutama akibat metode pengeringan manual yang kurang efisien. Proses pengeringan manual membutuhkan area luas, waktu yang lama, dan bergantung pada cuaca yang sering tidak menentu, seperti mendung atau hujan. Selain itu, kurangnya pengetahuan, keterampilan, dan teknologi yang mendukung menyebabkan mutu biji kakao menurun drastis, sehingga berpotensi menimbulkan kerugian bagi petani[3].

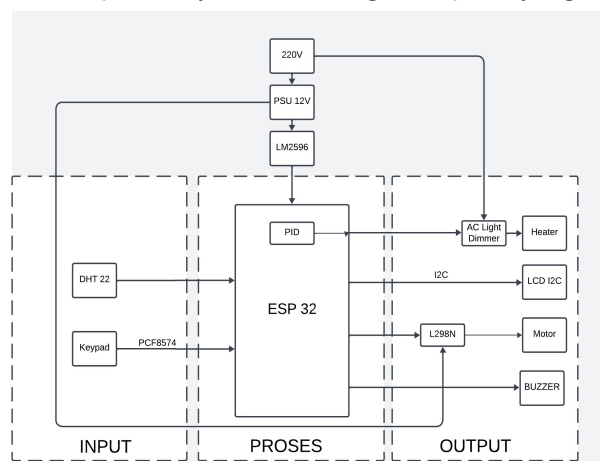
Oleh karena itu, diperlukan solusi yang dapat membantu petani mengeringkan biji kakao secara efisien, terlepas dari kondisi cuaca, serta meningkatkan kualitas biji kakao. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pengering biji kakao berbasis kontrol PID yang dirancang untuk menjaga kestabilan suhu selama proses pengeringan. Kontrol PID digunakan untuk memastikan suhu tetap sesuai dengan set point yang diinginkan, sehingga meningkatkan efisiensi waktu dan menjaga kualitas biji kakao. Inovasi ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis dan aplikatif, terutama bagi petani kakao. Dengan proses pengeringan selama 6 jam dengan suhu 60°C untuk mengeringkan biji kakao.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan merancang alat pengering biji kakao yang dilengkapi dengan sistem kontrol PID. Alat ini terdiri dari elemen pemanas yang dikendalikan menggunakan driver AC dimmer, kipas DC untuk sirkulasi udara, sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan, serta mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama. Sistem pengaturan suhu memanfaatkan algoritma PID dengan parameter K_p , K_i , dan K_d yang ditentukan menggunakan metode Ziegler-Nichols dan penyetelan manual.

2.1 Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja dari diagram blok sistem pada gambar 1 adalah, sensor DHT 22 akan membaca suhu pada ruang pengering. Kemudian terdapat heater sebagai pemanas. Suhu yang dibaca oleh sensor DHT 22 akan diolah pada mikrokontroler ESP32 untuk kemudian suhu akan di stabilkan dan disesuaikan dengan set point yang telah ditentukan menggunakan kontrol PID. Mikrokontroler ESP32 akan membaca suhu aktual dan membandingkan dengan suhu *set point* agar pemanas dapat menyesuaikan dengan setpoint yang telah ditentukan.



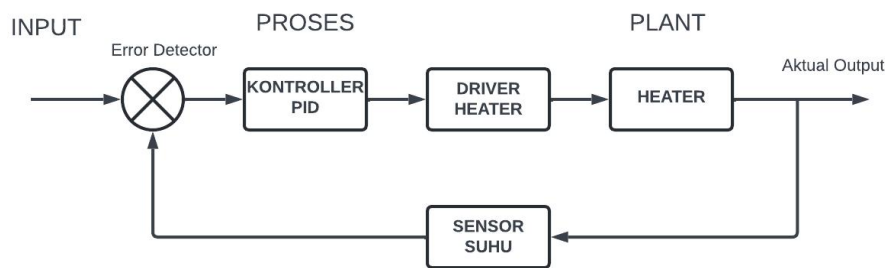
Gambar 1 Diagram Blok Sistem



Kemudian biji kakao yang telah disemai dan sudah terpisah dari lendir yang menempel maka akan dimasukkan pada ruang pengering sesuai takaran yaitu sebanyak 1kg. Sensor DHT22 akan terus memonitoring suhu selama proses pengeringan berjalan dan kemudian mikrokontroler ESP32 yang terdapat PID didalamnya akan membandingkan suhu yang ada di dalam ruang pengering agar sesuai dengan suhu *set point* yang telah ditentukan. Keypad berfungsi untuk memasukkan perintah seperti berapa lama waktu pengeringan yang diinginkan dan berapa *setpoint* suhu yang diinginkan. Kemudian setelah alat dijalankan, pada layer LCD akan menampilkan setpoint suhu yang telah ditentukan, waktu, suhu dalam ruang pengering dan waktu hitung mundur berdasarkan waktu yang telah ditentukan.

Keluaran pada sistem ini, yang pertama terdapat AC Light Dimmer digunakan untuk mengatur daya yang disuplai ke pemanas. Berdasarkan output dari kontrol PID, *dimmer* yang dihubungkan langsung pada tegangan 220V, untuk mengatur seberapa banyak daya yang diberikan ke pemanas untuk menjaga suhu pada set point. Keluaran yang kedua terdapat LCD yang terdapat pada box panel yang berfungsi untuk menampilkan waktu dan suhu saat sistem sedang berjalan. Keluaran ketiga terdapat *driver* motor yang terhubung dengan motor DC sebagai penggerak untuk pengaduk yang berputar selama proses dimulai. Keluaran keempat terdapat *buzzer* sebagai alarm saat proses pengeringan telah selesai.

2.2 Diagram Blok Kontrol



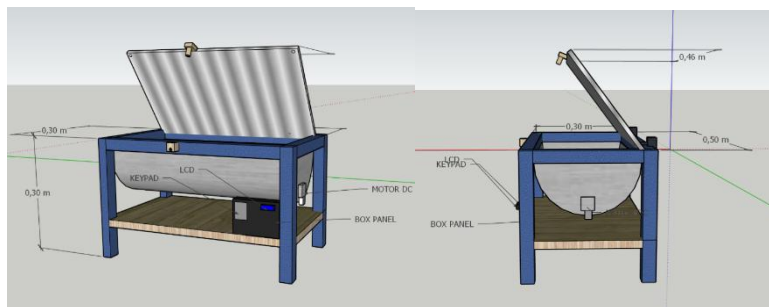
Gambar 2 : Diagram Blok Kontrol

Pada sistem ini diketahui menggunakan kontrol PID untuk mengatur suhu pada alat pengering biji kakao. Dapat dilihat pada Gambar 2, Proses dimulai dengan input berupa suhu set point yang diinginkan. Sistem kemudian mendeteksi perbedaan antara suhu yang diinginkan dan suhu aktual melalui error detector. Berdasarkan nilai error ini, kontrol PID mengolahnya untuk menghasilkan sinyal yang akan mengatur driver heater, yang bertanggung jawab untuk mengontrol daya yang diterima oleh pemanas. Pemanas kemudian meningkatkan suhu di ruang pengering biji kakao sesuai kebutuhan. Suhu yang terukur oleh sensor suhu akan terus dipantau dan dibandingkan dengan suhu set point untuk memastikan bahwa suhu tetap stabil. Output yang terukur ini akan terus diperbarui untuk memastikan proses pengeringan berjalan optimal dengan menjaga suhu pada nilai yang diinginkan.

2.3 Perancangan Mekanik

Pada Gambar 3 merupakan rancangan mekanik dari alat pengering biji kakao. Pada rancangan ini termasuk dimensi, bentuk dan desain 3D.

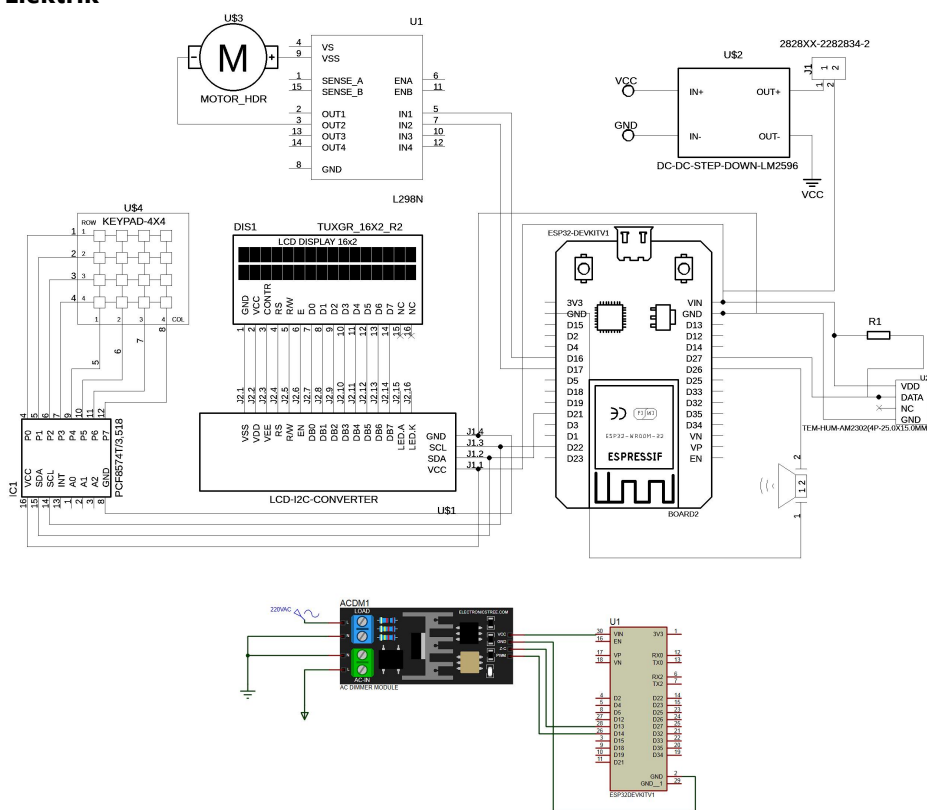




Gambar 3 : Perancangan Mekanik

Alat ini mempunyai spesifikasi dengan bahan besi dan terdapat alas untuk box panel yaitu papan kayu. Dengan dimensi Panjang 0,50 m, tinggi 0,30 m dan lebar 0,30 m. Penutup ruang pengering dengan Panjang 0,46m.

2.4 Perancangan Elektrik



Gambar 4 : Spesifikasi Elektrik

Spesifikasi elektrik berdasarkan pada Gambar 4 :

1. Mikrokontroler
 - Tipe : ESP32
 - Input : 5VDC
2. Sensor
 - Tipe : DHT22
 - Input : 5VDC
3. LCD



- Tipe : LCD 16X2 I2C
- Input : 4.7V – 5.3V
- 4. Driver Motor
 - Tipe : L298N
 - Input : 5V – 12V
- 5. Buzzer
 - Tipe : Piezo Buzzer
 - Input : 5V
- 6. Power Supply
 - DC output : 12 V
 - Arus *Max* : 10 Ampere
- 7. Heater
 - Tipe : PTC Heater
 - Input : 220V

2.5 Perancangan Kontrol PID

Perancangan control PID ini menggunakan metode *Ziegler-Nichols* untuk mengatur parameter dalam PID dalam sistem Kontrol. Dengan menentukan nilai proportional gain K_p , Integral time T_i , dan Derivative time T_d yang berdasarkan dari karakteristik respon transient dari sebuah plant atau sistem. parameter PID dapat dihitung menggunakan rumus – rumus pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 : Persamaan Metode Ziegler Nichols

Tipe Kontroller	K_p	T_i	T_D
P	$\frac{T}{L}$	0	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5L$

Pada perancangan sebuah sistem kendali PID ada hal yang perlu diperhatikan sebelum mengatur parameter yaitu K_p , K_i , K_d . Dimulai dengan mengatur K_p untuk memperbaiki respon sistem, kemudian K_i untuk menghilangkan kesalahan steady state, dan menyesuaikan K_d untuk mengurangi overshoot dan mempercepat waktu yang diperlukan oleh sistem untuk mencapai dan tetap berada dalam rentang batas yang diinginkan setelah adanya perubahan setpoint atau error.

$$K_p = 1,2 \frac{T}{L} \tag{1}$$

$$T_i = 2 \times L$$

$$T_d = \frac{L}{2}$$

Jika T_i dan T_d sudah diketahui maka konstanta K_i dan K_d dapat ditentukan

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \tag{2}$$



$$Kd = Kp \times Td$$

Dengan diketahuinya parameter parameter tersebut maka terdapat rumus untuk menghitung parameter Kp , Ti , Td .
Sebagai berikut:

$$Kp = 1,2 \frac{33}{27,2} = 1,44 \tag{3}$$

$$Ti = 2 \times 27,2 = 54,4 \tag{4}$$

$$Td = \frac{27,2}{2} = 13,6 \tag{5}$$

Setelah mendapatkan nilai Ti dan Td maka konstanta Ki dan Kd dapat ditentukan.

$$Ki = \frac{1,44}{54,4} = 0,0265 \tag{6}$$

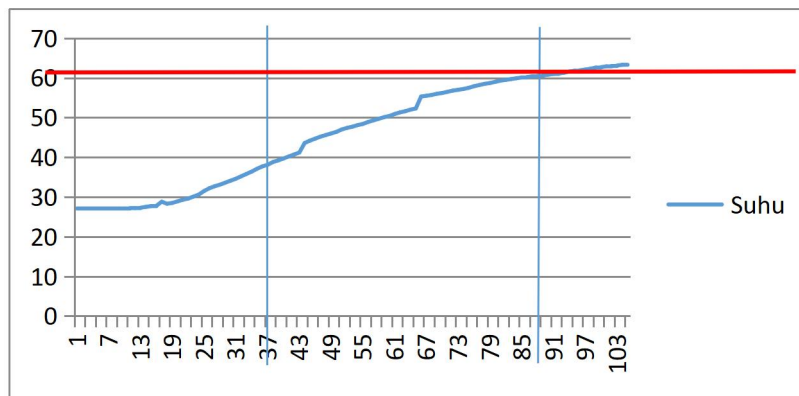
$$Kd = 1,44 \times 13,6 \tag{7}$$
$$= 19,6$$

Perancangan ini bertujuan agar mendapatkan parameter control PID yang optimal sehingga mendapatkan respon sistem dari hasil percobaan akan mendekati setpoint dengan waktu yang cepat dan error steady state yang rendah. Dari perhitungan diatas didapatkan nilai $Kp = 1,44$, $Ki = 0,0265$, $Kd = 19,6$. Kemudian nilai tersebut akan diolah pada mikrokontroller.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Elemen Pemanas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa lama suhu pemanas dapat memanaskan pada ruang pengering. Berikut merupakan grafik kenaikan suhu yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5: Grafik Pengujian Tanpa Kontrol PID

Dari grafik diatas diketahui bahwa setpoint suhu yang ditentukan yaitu 60°C dan dapat dilihat bahwa elemen pemanas dapat memanaskan suhu hingga mencapai setpoint dengan waktu 33 detik dari suhu aktual. Setelah melakukan pengujian seperti diatas maka selanjutnya adalah melakukan tuning menggunakan metode *Ziegler-*

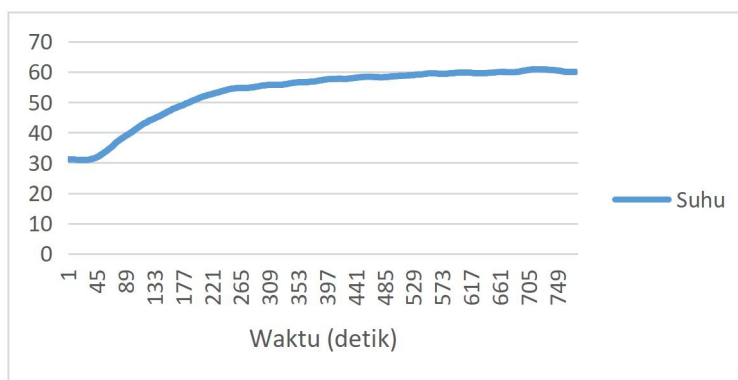


Nichols 1. Setelah melakukan tuning PID dan mendapatkan nilai konstanta dan kemudian melakukan pengujian dengan memasukkan nilai konstanta yang telah didapatkan. Berikut merupakan hasil pengujian yang didapatkan. Ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 : Pengujian Setelah Memasukkan Konstanta PID

Perubahan Suhu °C	Waktu (detik)
30	0
35	65
40	96
45	136
50	186
55	284
60	658

Dari hasil pengujian pada Tabel 2 dapat dilihat dimulai dari suhu 30°C dan untuk mencapai set point yaitu 60°C membutuhkan waktu 658 detik atau kurang lebih 11 menit. Dimana pada saat mencapai *setpoint* yaitu 60°C suhu dapat stabil. Kenaikan suhu setelah diberi kontrol PID lebih lama dibandingkan tanpa PID karena sistem PID dirancang untuk menjaga kestabilan suhu dengan mengontrol kenaikan secara bertahap untuk menghindari overshoot (suhu melebihi set point) dan fluktuasi. Pada gambar 6 ditunjukkan grafik pengujian kenaikan suhu setelah memasukkan nilai konstanta.



Gambar 6 : Grafik Pengujian Menggunakan Kontrol PID



4. KESIMPULAN

Pengembangan alat pengering biji kakao berbasis kontrol PID telah berhasil dilakukan untuk membantu proses pengeringan biji kakao secara efisien dan optimal. Sistem ini memanfaatkan kontrol PID untuk menjaga kestabilan suhu sesuai *set point* yang diinginkan. Dengan menggunakan parameter PID yaitu $K_p = 1.44$, $K_i = 0.0265$, dan $K_d = 19.6$ dapat menstabilkan suhu sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan yaitu 60°C . Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu mempertahankan suhu secara stabil sesuai dengan *set point* dengan waktu kurang lebih 11 menit untuk mencapai suhu 60°C . Kenaikan suhu setelah diberi kontrol PID lebih lama dibandingkan tanpa PID karena sistem PID menjaga kestabilan suhu dengan mengontrol kenaikan secara bertahap untuk menghindari overshoot dan fluktuasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Manalu, "Pengolahan Biji Kakao Produksi Perkebunan Rakyat Untuk Meningkatkan Pendapatan Petani," J. Ekon. Kebijakan. Publik, vol. 9, hal. 99–111, 2018..
- [2] Poedjiwidodo, Y. Sambung Samping Kakao. Trubus Agriwidya. Ungaran. 1996.
- [3] Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung, Kualitas Kakao., Provinsi Lampung, Askindo, 2008.
- [4] Rachmat. Dkk, Pengendalian Suhu Ruangan Menggunakan Fan Dan DHT 11 Berbasis Arduino, CESS (Journal of Computer Engineering System and Science) Vol. 6 No. 2021.
- [5] Lestari1, P. D., & Hadi, A. (2012). S1 TEKNIK ELEKTRO. Desain PI Controller menggunakan *Ziegler Nichols Tuning pada Proses Nonlinier Multivariabel*, 439-446.
- [6] Juliandar, R., Prayudha, J., & Pane, U. (2021). Implementasi Teknik Counter Pada Pengeringan Biji Kakao (Coklat) Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Cyber Tech*, 4(5), 1–10.
- [7] Nasution, M., Edidas, E., & Almasri, A. (2019). Rancang Bangun Lemari Pengering Biji Kakao Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno 328P. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 7(2), 156. H
- [8] Putri, M. S., & Taali, T. (2022). Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kakao dengan Pengendalian Kelembaban dan Suhu Berbasis Arduino Mega 2560. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(1), 147–157
- [9] Risano, A. Y. E., Tanti, N., & Efendi, M. (2017). Perancangan Ulang Alat Pengering Biji Kakao Tipe Rotari Sederhana Pada Usaha Mandiri Di Desa Wiyono Kabupaten Pesawaran. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(2), 150–158.
- [10] Widnyana, K. D. (2022). *Alat Pengering Biji Kakao*.

