

Pengembangan Kontrol Temperatur Proses Pengepresan Pelepah Pinang Menggunakan PID Controller

Alwi Azis Husien. R^{1*}, Sigit Kurniawan¹, Sepriyanto², Abdul Wahid Fikry Ramadhan¹

¹Teknik Elektronika, Politeknik Jambi

²Teknik Mesin, Politeknik Jambi

Jalan Lingkar Barat II Lr. Veteran RT. 04 Kel. Bagan Pete, Kec. Alam Barajo, Kota Jambi

E-mail: alwi.azis@politeknikjambi.ac.id

Naskah Masuk: 09 Juli 2025; Diterima: 20 Agustus 2025; Terbit: 31 Agustus 2025

ABSTRAK

Abstrak - Pohon pinang (*Areca catechu* L.) merupakan jenis tanaman tropis yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi. Selain buahnya yang sering dimanfaatkan sebagai bahan baku minyak atau bahan campuran tradisional, bagian pelepahnya juga menyimpan potensi sebagai bahan dasar pembuatan produk ramah lingkungan, khususnya kemasan makanan. Dalam upaya mendukung program pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, pelepah pinang menjadi alternatif bahan biodegradable yang menarik untuk dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan menganalisa mesin *hot press* pelepah pinang dengan penambahan *heater element* pada plat atas dan plat bawah, serta kontrol yang telah menggunakan PID Controller dan *sensor thermocouple* untuk mengukur temperatur. Untuk menentukan suhu optimal, digunakan sensor termokopel yang memungkinkan pemantauan suhu secara real-time. Selanjutnya, suhu dikendalikan secara otomatis menggunakan sistem kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*), yang mampu menjaga kestabilan suhu selama proses berlangsung. Pengepresan dilakukan pada variasi suhu 80°C hingga 120°C. Hasil menunjukkan bahwa pada rentang suhu tersebut, diperoleh produk cetakan dengan bentuk yang presisi dan tekstur yang sesuai standar kemasan makanan. Implementasi sistem ini juga mendukung efisiensi energi dan kestabilan kualitas produksi.

Kata kunci: PID (*Proportional-Integral-Derivative*), Temperatur, Kontrol, Pelepah Pinang

ABSTRACT

Abstract - The areca palm (*Areca catechu* L.) is a tropical plant with considerable economic value. In addition to its fruit, which is commonly processed into oil or used in traditional mixtures, its sheath also holds great potential as a raw material for environmentally friendly products, especially food packaging. In support of reducing single-use plastics, areca palm sheaths offer a promising biodegradable alternative. This study aims to investigate the effect of temperature during the hot press molding process of areca palm sheaths to produce strong, stable, and food-safe packaging. To determine the optimal temperature, a thermocouple sensor is used to monitor the temperature in real time. The temperature is then automatically regulated using a PID (*Proportional-Integral-Derivative*) control system, which maintains temperature stability throughout the pressing process. Pressing trials were conducted at temperature variations ranging from 80°C to 120°C. The results show that within this temperature range, the molded products achieved precise shapes and textures suitable for food packaging. The implementation of this system also enhances energy efficiency and ensures consistent product quality.

Keywords: PID (*Proportional-Integral-Derivative*), Temperature, Control, Areca Palm Frond

Copyright © 2025 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Pohon pinang (*Areca catechu* L.) adalah tumbuhan yang memiliki pohon yang tinggi serta menghasilkan buah pinang yang bermanfaat dan dapat diolah menjadi minyak. Tidak hanya buahnya yang dapat dimanfaatkan tetapi daunnya atau yang biasa disebut pelepah pinang dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi bahan kemasan makanan, pada pelepah pinang terdapat serat yang kuat dan tidak mudah sobek. Pemanfaatan pelepah pinang dapat dilakukan dengan cara memanaskannya ataupun dijemur [1][2]. Dengan produksi lebih dari 42 ribu ton dari 2012 pinang menjadi potensi ekspor yang terus meningkat tiap tahunnya [3][4].

Pembuatan pelepah pinang menjadi kemasan sudah pernah dilakukan pada penelitian terdahulu dengan metode *hot press* [5], namun pada penelitian tersebut terdapat kelemahan dimana pengontrolan temperatur hanya terdapat pada plat *press* bagian bawah sehingga pengontrolan dan pemantauan temperatur kurang optimal. Pada penelitian ini akan mengembangkan metode sebelumnya yang dimana hanya terdapat satu bagian pengontrol temperatur. Penambahan *control temperature* menjadi 2 bagian terdapat pada plat bagian atas dan plat bagian bawah, lalu pengepresan dan pengontrolan akan menggunakan *PID Controller*. *PID Controller* digunakan karena pengontrolan yang stabil serta dapat meningkatkan efisiensi yang sangat diperlukan pada bidang industri [6][7][8].

Dengan pengembangan metode yang dilakukan pada penelitian kali ini sehingga hasil yang didapat menjadi lebih optimal serta diharapkan produksi dan pemanfaatan produk dengan bahan pelepah pinang dapat lebih berkembang dan menjadi nilai tambah untuk komoditi produk turunan pinang di Indonesia. Berdasarkan fokus dari penelitian ini maka Penulis memilih judul Pengembangan Kontrol Temperatur Proses Pengepresan Pelepah Pinang Menggunakan *PID Controller*.

2. KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian ini terdapat beberapa penelitian serupa yang telah terbit terlebih dahulu serta menjadi referensi untuk menyelesaikan masalah yang terdapat pada penelitian ini. Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi referensi adalah sebagai berikut.

Penelitian pertama yang menjadi referensi adalah penelitian yang berjudul “*Pemanfaatan Daun Sebagai Pembungkus Makanan Tradisional Oleh Masyarakat Merawang*”, penelitian ini berisikan informasi tentang berbagai macam tanaman yang dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi kemasan produk seperti wadah atau pembungkus makanan tradisional yang telah diterapkan oleh masyarakat Merawang [1]. Dengan adanya penelitian ini dapat memberikan acuan teori dimana penggunaan tenamam dalam hal ini berupa pelepah pinang dapat menjadi kemasan ataupun wadah makanan.

Referensi selanjutnya adalah sebuah penelitian yang menggunakan metode *Hot Press* yang dilakukan oleh Politeknik Jambi dengan Judul “*Pengaruh Temperatur dan Lama Pengepresan Pada Alat Hot Press Pelepah Pinang*” Pada penelitian ini berisikan metode pengolahan pelepah pinang menjadi produk kemasan ataupun berupa wadah yang digunakan untuk menempatkan makanan [5]. Penerapan metode ini dilakukan dengan cara memanaskan pelepah pinang menggunakan Mesin *Hot Press* Pelepah Pinang sehingga pelepah pinang dapat mengeras dan membentuk wadah sesuai dengan cetakan yang sudah ditentukan sebelumnya. Hasil pada penelitian dengan Judul “*Pengaruh Temperatur dan Lama Pengepresan Pada Alat Hot Press Pelepah Pinang*” menunjukkan bahwa pembuatan wadah makanan berbahan dasar pelepah pinang dapat dibuat dengan temperatur ideal 110 °C - 115 °C lama durasi pengepresan dari 15 hingga 60 detik dengan temperatur yang sama hasil dari pengepresan pelepah pinang tersebut tetap stabil. Penelitian *Hot Press* Pelepah Pinang terdahulu memiliki kekurangan pada alat yang digunakan untuk melakukan pengepresan pelepah pinang, yaitu dimana pada bagian pengontrolan temperatur hanya terdapat pada bagian bawah plat pengepresan sehingga panas yang dihasilkan kurang optimal karna hanya terdapat pada satu bagian saja.

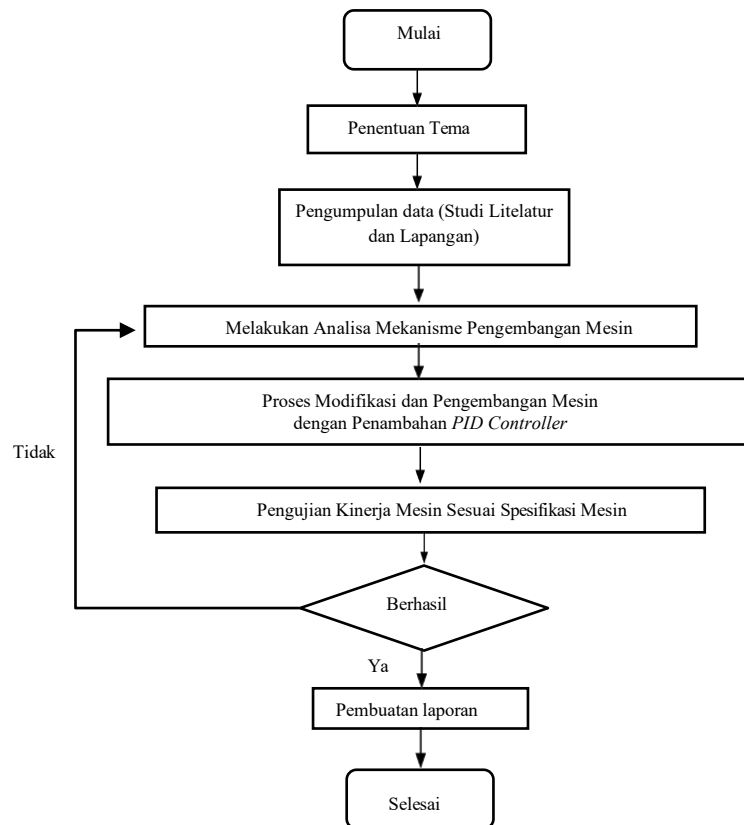
Dari penelitian yang berjudul “*Desain Optimasi PID Controller Pada Heating Furnace Temperature Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)*” ini dilakukan pengujian pada *PID Controller* yang digunakan untuk mengatur *furnace* untuk menghasilkan panas dari proses pembakaran [6]. Penelitian terdahulu memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan yaitu terdapat pada penggunaan *PID Controller* yang juga sama-sama mengatur temperatur, sehingga penelitian terdahulu dapat menjadi referensi untuk penelitian Pengembangan *Control Temperatur* Pengepresan Pada Mesin *Hot Press* Pelepah Pinang Menggunakan *PID Controller*.

Terdapat sebuah penelitian di *School of Instrument and Electronics (China)* dengan judul “*A Measurement System for Time Constant of Thermocouple Sensor Based on High Temperatur Furnace*” yang menunjukkan bahwa penggunaan *sensor thermocouple* merupakan sensor yang banyak digunakan terlebih karena terdapat beberapa keunggulan diantaranya harganya yang murah, dengan struktur yang sederhana sehingga mudah digunakan, memiliki ketahanan yang kuat pada lingkungan yang keras terlebih pada *temperatur* tinggi ataupun panas [9]. Sehingga pada penelitian kali ini juga menggunakan *sensor thermocouple* yang cocok untuk ditempatkan pada bagaian plat pengepresan pelepah pinang yang memiliki temperatur tinggi.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian “Pengembangan Kontrol Temperatur Proses Pengepresan Pelepah Pinang Menggunakan *PID Controller*” dapat dilihat pada diagram alir berikut.

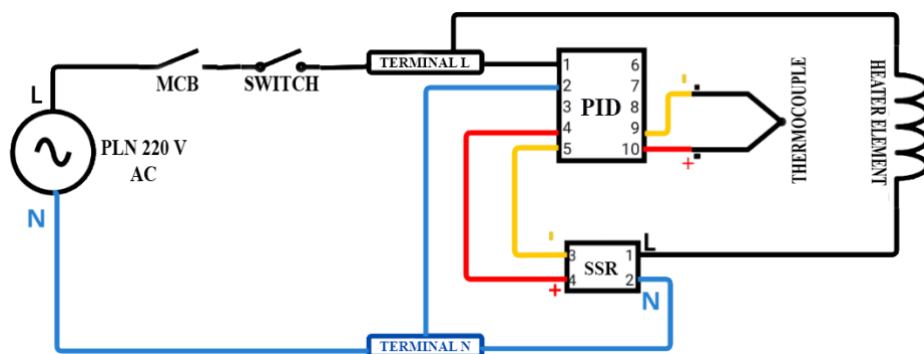


Gambar 1. Diagram alir

Diagram alir ini menggambarkan proses sistematis dalam penelitian dan pengembangan mesin dengan implementasi PID Controller untuk pengendalian suhu. Dimulai dengan penentuan tema penelitian dan pengumpulan data yang meliputi studi literatur dan observasi lapangan untuk memperoleh informasi yang relevan. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap mekanisme dan kinerja mesin yang ada, yang menjadi dasar untuk modifikasi dan pengembangan sistem dengan menambahkan kontrol PID. Proses ini kemudian diikuti oleh pengujian kinerja mesin untuk memastikan apakah hasil yang dicapai sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Apabila pengujian menunjukkan hasil yang memadai, tahap berikutnya adalah pembuatan laporan yang merangkum seluruh proses dan temuan penelitian. Sebaliknya, jika hasil pengujian belum sesuai, maka perbaikan dilakukan dan siklus ini diulang hingga mencapai hasil yang optimal.

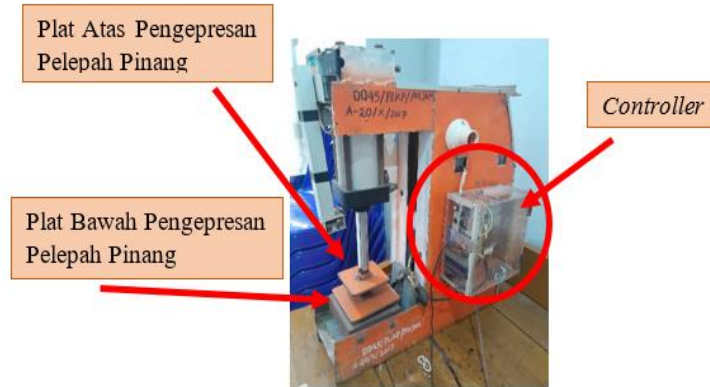
3.2. Desain

Pada mesin *hot press* pelepah pinang menggunakan PID Controller terbagai menjadi beberapa bagian dari *wiring* dan foto alat yang digunakan untuk proses modifikasi.



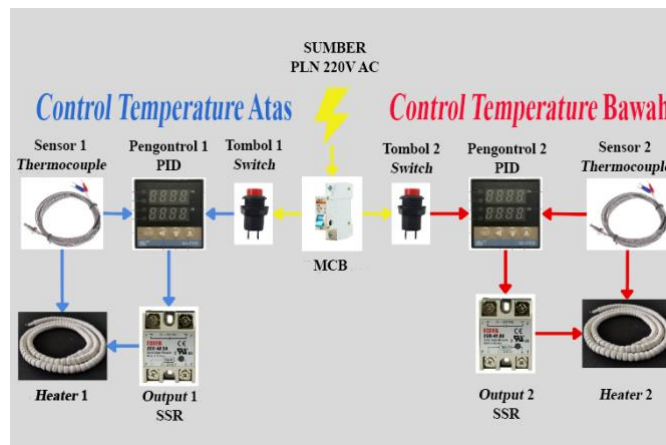
Gambar 2. Wiring temperature control

Gambar di atas merupakan wiring yang menunjukkan pengontrolan temperatur menggunakan PID Controller dengan sumber listrik AC 220V yang akan mengatur keluaran pada heater element serta mendapatkan informasi dari Sensor Thermocouple.



Gambar 3. Mesin hot press pelepah pinang sebelum dilakukan pengembangan

Pada gambar di atas dapat dilihat bagian Mesin Hot Press Pelepah Pinang yang akan dimodifikasi, yaitu penambahan elemen pemanas dan sensor termokopel pada plat atas untuk meningkatkan kontrol dan pemantauan suhu. Plat bawah diperbarui karena kondisi lama sudah tidak layak. Seluruh sistem dikendalikan menggunakan PID Controller, menggantikan pengontrol sebelumnya yang berbasis Arduino.



Gambar 4. Skema kerja temperature control

Pada gambar skema kerja temperature control diatas terlihat bagian control temperature atas dan control temperature bawah menggunakan satu sumber yang sama dan satu pengaman, lalu terpisah menggunakan tombol yang berbeda jalur. Pada skema diatas ketika tombol ditekan maka PID Control akan menyala dan dapat memberikan perintah pada SSR untuk memanaskan heater, lalu sensor thermocouple akan membaca temperatur dan memberikan informasi ke PID Controller sehingga dapat menstabilkan temperatur.

3.3. Metode Pengerjaan

1. Analisa Pengembangan Mesin Hot Press Pelepah Pinang

Pengumpulan dan analisis data dilakukan dengan cara menganalisa kekurangan yang terdapat pada Mesin Hot Press Pelepah Pinang yaitu bagian control temperature yang hanya terdapat pada plat bagian bawah pengepresan seperti yang terlihat pada gambar 3. Bagian lain yang akan dimodifikasi adalah controller, karena controller merupakan salah satu bagian penting yang harus modifikasi untuk meningkatkan kinerja Mesin Hot Press Pelepah Pinang dimana controller yang digunakan sebelumnya adalah arduino menjadi PID Controller dan terhubung dengan sensor thermocouple.

2. Proses Uji Coba Pengembangan Mesin *Hot Press* Pelepah Pinang
Untuk mengetahui hasil dari peningkatan Mesin *Press* Pelepah Pinang, maka perlu melakukan percobaan yang dan pengujian dengan cara membuat wadah makanan berbahan pelepah pinang menggunakan metode *hot press* berdasarkan waktu dan temperatur yang berbeda.
3. Penyimpulan Data dan Laporan
Setelah proses analisa hingga percobaan dilakukan maka tahap selanjutnya adalah pengumpulan data dan menyimpulkan hasil yang telah didapat dalam bentuk laporan penelitian.

3.4. Komponen Penelitian

1. *PID Controller*

Pengontrol *Proportional-Integral-Derivative* (PID) merupakan sistem kendali yang paling banyak digunakan di industri proses dan manufaktur karena struktur sederhana, ketahanan terhadap gangguan, dan kemudahan dalam penyetelan. Sejak diperkenalkan pada akhir abad ke-19, sekitar 90% industri proses masih mengandalkannya. Keberhasilan implementasi PID sangat bergantung pada ketepatan model sistem dan pengaturan parameter kontrol. Meski andal, PID memiliki kelemahan seperti overshoot, respons lambat akibat perubahan beban, serta sensitivitas terhadap penguatan *KP* dan *KI*. Oleh karena itu, desain dan penyetelan yang tepat tetap diperlukan untuk kinerja optimal [10][11][12].

2. *Cartridge Heater*

Cartridge heater merupakan perangkat pemanas yang berbentuk tabung silinder dan berukuran kecil biasadigunakan sebagai pemanas 3d printer. Pemakaian cartridge heater berbeda dengan mica band heater, cartridge heater biasa dimasukkan kedalam lubang pada benda yang akan dipanaskan sehingga menghasilkan radiasi panas dari dalam [13].

3. *SSR (Solid State Relay)*

SSR-40 DA adalah relay semikonduktor berukuran kecil yang dapat dikendalikan Arduino untuk mengatur perangkat listrik bertegangan tinggi seperti motor satu atau tiga fasa. Karena tidak memiliki komponen mekanis, relay ini lebih tahan lama, cepat dalam switching, dan lebih stabil dibandingkan relay konvensional. SSR juga cocok untuk beban semikonduktor seperti transistor karena arusnya yang kuat dan respon cepat [14][15][16].

4. *Thermocouple*

Termokopel adalah sensor pengukuran suhu yang menghasilkan tegangan yang berubah seiring suhu. Termokopel terbuat dari dua ujung kawat yang terbuat dari logam berbeda. Ujung-ujung kawat tersebut dilas bersama untuk membentuk sambungan. Pemilihan termokopel seringkali bergantung pada rentang suhu pengukuran yang dibutuhkan dalam aplikasi. Pertimbangan lain meliputi akurasi suhu, daya tahan, kondisi penggunaan, dan masa pakai yang diharapkan [17].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

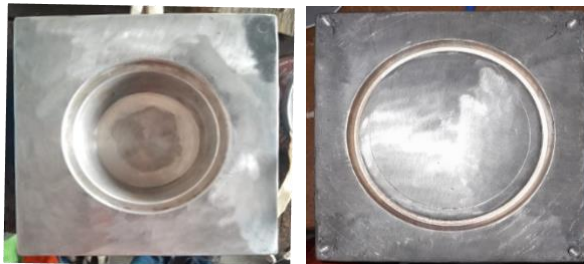
4.1 Hasil Modifikasi Mesin *Hot Press* Pelepah Pinang

Modifikasi dan pengembangan Mesin *Hot Press* Pelepah Pinang dimodifikasi pada beberapa bagian, yaitu pada penambahan Temperatur dan Penggunaan Kontrol.



Gambar 5. Mesin *hot press* pelepah pinang setelah dimodifikasi

4.1.1 Heater Pada Plat Pengepresan Bawah dan Plat Pengepresan Atas



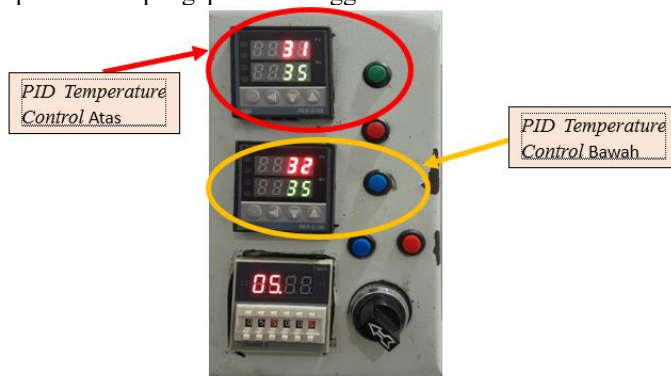
(a) Bagian atas (b) Bagian bawah
Gambar 6. Plat pengepresan bawah



(a) Bagian atas (b) Bagian bawah
Gambar 7. Plat pengepresan atas

4.1.2 Pengontrolan Temperatur Pengepresan Plat Bawah dan Plat Atas

Modifikasi control dilakukan dengan menggunakan *PID Controller* yang sebelumnya pengontrolan temperatur dan pengepresan menggunakan arduino.



Gambar 8. *PID Controller 1* dan *PID Controller 2*

Kontrol terpisah dapat menambah pengaman apabila terjadi suatu kerusakan dapat lebih mudah diketahui dan diatasi. Dua loop terpisah (atas & bawah). Tiap PID pada panel bekerja sebagai loop kendali mandiri:

SV (set-point) = $r(t)$,

PV (suhu aktual dari *thermocouple*) = $y(t)$, **error** $e(t)=r(t)-y(t)$

Hukum kendali PID. Keluaran pengendali dihitung:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}. \tag{1}$$

Di panel, $u(t)$ diwujudkan sebagai **duty-cycle** ke **SSR** (time-proportioning on/off) yang memberi daya ke **heater element**, semakin besar u semakin lama heater ON.

Peran konstanta.

K_p: menaikkan respons & kekakuan terhadap error; terlalu besar → overshoot/oscillate.

K_i: menghilangkan error mantap (offset); terlalu besar → lambat/bergelombang & **windup** saat output saturasi (0–100%).

Kd: antisipasi” perubahan suhu (meredam overshoot/mempercepat tunak); terlalu besar → menguatkan noise thermocouple (butuh filter derivatif).

Konvensi parameter alat. Banyak PID panel menampilkan T_i (waktu integral) & T_d (waktu derivatif), kaitannya: $K_i = K_p / T_i$, $K_d = K_p T_d$. Waktu sampel kontrol T_s dan cycle time SSR (mis. 0,5–2 s). Terapkan anti-windup dan filter D orde-satu ($\tau_f \approx T_d / 10$ atau $\tau_f \approx T_d / 10$).

Nilai K_p, K_i, K_d (atau T_i, T_d), SV, cycle SSR, serta metrik hasil (overshoot %, waktu tunak, stabilitas).

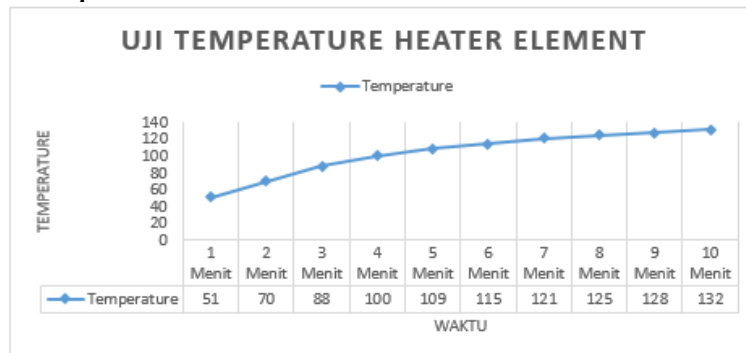
Tabel 1. Perbandingan komponen sebelum dan sesudah dimodifikasi

Nama Bagian Komponen	Sebelum Modifikasi	Sesudah Modifikasi
Control	- Arduino - Sistem gabungan	- <i>PID Controller</i> - Sistem terpisah
Plat Cetakan Atas	-	- <i>Heater Element</i> - <i>Sensor Thermocouple</i>
Plat Cetakan Bawah	- <i>Heater Element</i>	- <i>Heater Element</i> - <i>Sensor Thermocouple</i>

Tabel tersebut membandingkan konfigurasi mesin sebelum dan sesudah modifikasi. Pada sisi *control*, sistem semula memakai Arduino dalam satu sistem gabungan, setelah mesin dimodifikasi diganti menjadi *PID Controller* dengan sistem terpisah, sehingga tiap zona (plat atas dan bawah) bisa dikendalikan mandiri, tuning lebih presisi, respons lebih cepat, serta lebih mudah *troubleshooting* dan aman. Plat cetakan atas awalnya tidak memiliki pemanas, saat ini ditambahkan *heater element* dan sensor *thermocouple* untuk pembacaan suhu umpan-balik. Plat cetakan bawah yang sebelumnya hanya memiliki *heater element* saat ini juga dilengkapi *thermocouple*, membentuk pengendalian tertutup (*closed-loop*). Dampaknya, distribusi panas menjadi lebih merata di kedua plat, fluktuasi dan *overshoot* suhu berkurang, kualitas hasil pengepresan lebih konsisten, dan konsumsi energi lebih efisien.

4.2 Hasil Pengujian Mesin Hot Press Pelepah Pinang

4.2.1 Pengujian Temperature Heater Element



Gambar 9. Grafik uji temperature heater element

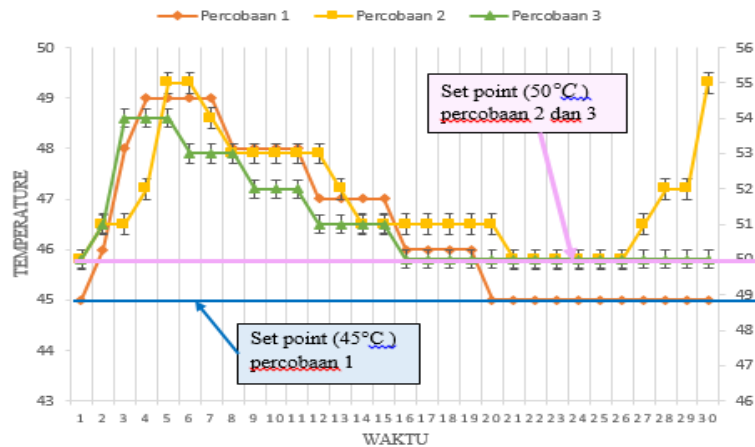
Tabel 2. Tabel Uji Temperature Heater Element

Waktu (Menit)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatur	51	70	88	100	109	115	121	125	128	132

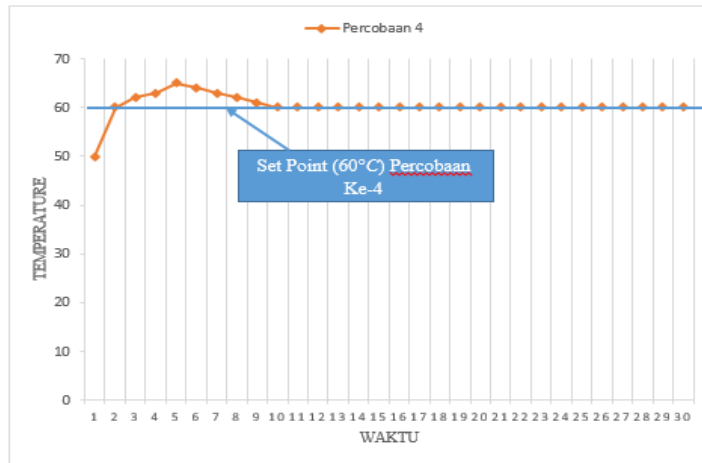
Hasil dari uji temperatur pada heater element menunjukkan kenaikan temperatur pada menit ke-1 sampai menit ke-4 mendapatkan selisih kenaikan temperatur yang cukup tinggi. Pada menit ke-5 sampai menit ke-10 kenaikan temperatur menjadi lebih lama.

4.2.2 Setting PID Controller Sebelum Uji Temperature Control Pengepresan

Sebelum melakukan uji temperatur pengepresan menggunakan *PID Controller* perlu dilakukan proses tuning, yaitu proses pengaturan untuk menentukan nilai P (Proporsional), I (Integral) dan D (Derivatif) untuk mendapatkan respon yang baik.



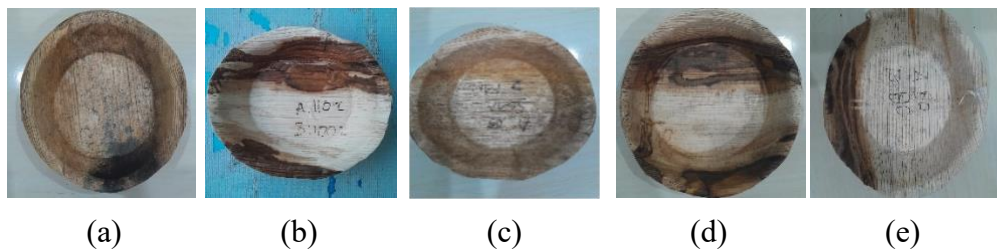
Gambar 10. Grafik percobaan ke 1,2, dan 3



Gambar 11. Grafik percobaan ke-4

Pada gambar 10, terdapat 3 percobaan yang ditampilkan oleh grafik yang menunjukkan perbandingan kecepatan *respond*, tingkat *overshoot* dan juga kestabilan. Pada percobaan pertama *setting PID* yang digunakan adalah P(9), I(1) dan D(1) dengan *set point* 45°C, lalu pada percobaan ke-2 dan ke-3 memiliki *set point* yang sama tetapi *setting PID* yang berbeda. Pada percobaan kedua menggunakan P(9), I(1) dan D(2) sedangkan percobaan ketiga menggunakan P(9), I(1), dan D(3) meskipun perbedaan pada *setting* sangat sedikit tapi hasil pengujian cukup berbeda dimana pada akhir percobaan kedua ternyata mengalami *overshoot*. Pada gambar 11, percobaan ke-4 adalah lanjutan dari percobaan ke-3 dengan temperatur yang lebih tinggi.

4.2.3 Pengujian Temperatur Pengepresan Mesin Hot Press Pelepah Pinang



Gambar 12. Hasil Pengujian Pengepresan Plat Bawah

Tabel 3. Hasil percobaan

Gambar	Temperatur Atas	Temperatur Bawah	Waktu (menit)
a	120	100	2
b	110	100	2
c	105	100	2
d	80	100	2
e	80	80	2

Gambar (a), (b), (c) merupakan hasil percobaan pengepresan plat bawah dengan hasil percobaan yang baik dengan masing-masing temperatur (a) 120 & 100°C, (b) 110 & 100°C, (c) 105 & 100°C, (d) 80 & 100°C dan (e) 80 & 80°C, semua percobaan di atas dilakukan dengan durasi pengepresan yang sama yaitu 2 menit dan menunjukkan hasil yang sesuai dengan bentuk cetakan dan tekstur yang bagus untuk wadah makanan. Hasil Penelitian ini merupakan hasil yang didapat dari percobaan.

4.3 Pembahasan

Pada pengujian *temperature heater element* hasil yang ditampilkan menunjukkan bahwa semakin lama *heater element* dihidupkan maka temperatur akan terus meningkat hingga menghasilkan temperatur maksimum. Kenaikan temperatur pada 1 menit pertama sampai menit ke-4 menunjukkan selisih kenaikan temperatur rata-rata 14 °C, lalu mulai mengalami penurunan selisih kenaikan temperatur pada menit ke-5 sampai 10 menit akhir antara 109-132 °C dengan selisih rata-rata kenaikan temperatur 4 °C. Dari data tersebut diketahui juga bahwa semakin tinggi temperatur yang dicapai maka semakin lama waktu yang dibutuhkan.

Dengan dilakukannya pengujian *heater element* sehingga dapat menentukan bahwa *control PID* perlu dilakukan setting terlebih dahulu, setting *PID control* dapat dilakukan dengan cara *tuning PID* yaitu dilakukan dengan cara mencari setiap nilai dari *Proporsional(P)*, *Integral (I)*, *Derivatif (D)* dimana setiap fungsi dan efek yang akan diberikan oleh P, I, dan D akan berbeda. Terlihat pada percobaan *Tuning PID* pertama telah berhasil meraih nilai yang stabil dan sesuai dengan *set point*, tetapi pada percobaan pertama membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai kestabilan maka dari itu dilakukan percobaan kedua. Percobaan kedua dilakukan dengan menggunakan *set point* yang lebih tinggi untuk mencari tahu tingkat kestabilan nilai untuk mencapai *set point*, ternyata pada percobaan kedua belum menunjukkan hasil yang lebih baik dari percobaan sebelumnya, karena itu dilakukanlah percobaan ketiga. Pada percobaan ketiga yang dilakukan dengan menggunakan *set point* yang sama dengan percobaan kedua yaitu 50°C dapat menghasilkan nilai yang stabil dan dengan waktu yang lebih cepat dari percobaan pertama, lalu hasil akhir pada percobaan kedua menunjukkan nilai yang stabil dan konstan tanpa adanya *overshoot*. Untuk memastikan kestabilan temperatur maka dilakukan percobaan ke-4 dengan nilai *set point* 60°C dan mendapatkan hasil yang sesuai.

Setelah dilakukan pengujian pada *heater* dan *controller* maka pengujian untuk pengepresan pelepah pinang dapat dilakukan dengan data yang tepat. Percobaan pengepresan pelepah pinang dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan cara pengepresan pelepah pinang yang menggunakan *heater element* yang dihidupkan pada plat bawah saja dan mematikan heater element pada plat atas, untuk mendapatkan temperatur terbaik pada plat bawah. Cara kedua adalah dengan melakukan pengepresan pelepah pinang menggunakan plat atas dan plat bawah yang telah dihidupkan kedua *heater element*-nya. Pada cara kedua dilakukan untuk mendapatkan temperatur yang paling baik pada kedua plat yaitu plat atas dan plat bawah.

5. KESIMPULAN

Dengan adanya peningkatan komponen dari mesin *hot press* pelepah pinang dan hasil penelitian yang telah didapatkan, yaitu mesin *hot press* pelepah pinang dengan penambahan *heater element* pada plat atas dan plat bawah, serta kontrol yang telah menggunakan *PID Controller* dan *sensor thermocouple* untuk mengukur temperatur, lalu dengan percobaan dari variasi temperatur 80-120°C Menunjukkan hasil yang sesuai dengan bentuk cetakan dan tekstur yang bagus untuk wadah makanan.

Saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk pengembangan Mesin *Hot Press* Pelepah Pinang yaitu pengembangan berikutnya dapat menambahkan fitur yang lebih efektif lagi sehingga dapat selalu meningkatkan hasil yang lebih baik. Selain itu, dapat lebih meningkatkan fitur-fitur keamanan agar dapat mencegah kecelakaan atau pun kerusakan.

REFERENSI

- [1] R. Rini, Y. Fakhurrozi, dan D. Akbarini, "Pemanfaatan daun sebagai pembungkus makanan tradisional oleh masyarakat Bangka (studi kasus di Kecamatan Merawang)," *EKOTONIA J. Penelit. Biol. Bot. Zool. dan Mikrobiol.*, vol. 2, no. 1, pp. 20–32, 2017.
- [2] L. Hertati, L. Puspitawati, R. Gantino, dan M. Ilyas, "Industri Kreatif Kearifan Lokal Kerajinan Limbah Pelepah Pinang Masyarakat Pinggiran," *Indones. Berdaya*, vol. 2, no. 2, pp. 103–111, 2021..
- [3] E. V. Andesmora, "Potensi Budidaya Tanaman Pinang (*Areca catechu* L.) di Lahan Gambut: Studi Kasus di Khg Mendahara Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi," *J. Ilmu Pertan. Tirtayasa*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [4] M. Marzuki and H. Hamdani, "Fabrikasi Mold dan Dies Pencetak Piring dari Pelepah Pinang Menggunakan Mesin CNC VMC-50E," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, p. 35, 2025.
- [5] S. Kurniawan and et al., "Pengaruh Temperatur dan Lama Pengepresan pada Alat Hot Press Pelepah Pinang," *J. Inov.*, vol. 1, no. 2, pp. 18–20, 2018.
- [6] M. A. Haikal, D. T. Herlambang, dan M. Ali, "Desain Optimasi PID Controller Pada Heating Furnace Temperature Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)," *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 2, no. 2, pp. 77–82, 2021.
- [7] W. Purbowaskito dan C.-H. Hsu, "Sistem Kendali PID untuk Pengendalian Kecepatan Motor Penggerak Unmanned Ground Vehicle untuk Aplikasi Industri Pertanian," *J. Infotel*, vol. 9, no. 4, p. 376, 2017.
- [8] M. Khairuddin, E. S. Budi, Z. Amalia, A. D. Puspitasari, A. A. Rahmadani, and F. B. Prasetyo, "Implementasi sistem SCADA dengan metode kontrol PID pada motor DC penggerak conveyor belt," *J. Eltek*, vol. 20, no. 2, pp. 41–49, 2022.
- [9] Y. Li "A measurement system for time constant of thermocouple sensor based on high temperature furnace," *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 12, p. 2585, 2018.
- [10] S. B. Joseph, E. G. Dada, A. Abidemi, D. O. Oyewola, dan B. M. Khammas, "Metaheuristic algorithms for PID controller parameters tuning: review, approaches and open problems," *Heliyon*, vol. 8, no. 5, p. e09399, 2022.
- [11] P. Mohindru, "Review on PID, fuzzy dan hybrid fuzzy PID controllers for controlling non-linear dynamic behaviour of chemical plants," *Artif. Intell. Rev.*, vol. 57, no. 4, 2024.
- [12] L. Wang, *PID Control System Design and Automatic Tuning using MATLAB/Simulink*. 2020.
- [13] P. Pangaribuan, "Implementasi Pemanas AC Pada Injection Molding Berbasis IOT," *eProceedings Eng.*, vol. 11, no. 5, pp. 5418–5421, 2024.
- [14] P. H. Badwe, S. D. Nikam, M. G. Patil, dan M. S. Kesari, "IOT Based Smart Single Phase Agriculture Motor Controller," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, p. 2087, 2008.
- [15] P. H. C. Ali, L. F. Widayanto, M. Pakorong, F. C. Bagaskara "Rancang Bangun Simulator Overcurrent Relay Type Standard Inverse dan Constant Time Berbasis Arduino," *PoliGrid*, vol. 06, no. 01, pp. 21–40, 2025.
- [16] N. Ubaidillah, F. Faizah, M. Maharani Sukma, dan P. I. Penerbangan Surabaya Jl Jemur Andayani, "Rancang Bangun Alat Kontrol dan Monitoring Sequence Flashing Light (SQFL) dan Runway Threshold Identification Light (RTIL) Menggunakan Radio Link Berbasis Mikrokontroler," *Approach J. Teknologi Penerbangan*, vol. 7, no. 2, pp. 2548–8104, 2023.
- [17] J. Wu, "SBAA274-September 2018 Submit Documentation Feedback A Basic Guide to Thermocouple Measurements Application Report A Basic Guide to Thermocouple Measurements," no. September, pp. 1–37, 2018.