

Rancang Bangun Kendali Suhu Pada Penetasan Kista *Artemia Salina* Berbasis Kontrol PID

Feni Nur Arofah^{1*}, Ibrahim Nawawi¹, Hery Teguh Setiawan¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
Jl. Kapten Suparman No.39, Potrobangsari, Kec. Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah 56116
E-mail: feninurarofah@gmail.com

Naskah Masuk: 1 Juli 2025; Diterima: 27 Agustus 2025; Terbit: 31 Agustus 2025

ABSTRAK

Abstrak - Penetasan kista *Artemia salina* memerlukan suhu stabil pada 29–31°C untuk mencapai hasil optimal. Penelitian ini merancang dan membangun sistem kendali suhu otomatis berbasis kontrol PID menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3, dengan sensor suhu DS18B20, elemen pemanas, dan kipas pendingin. Parameter PID ditentukan melalui metode Ziegler-Nichols dengan nilai $K_p = 40$, $K_i = 15$, dan $K_d = 0$. Sistem mampu menjaga suhu dengan galat $\leq 5\%$ dalam rentang optimal. Hasil penetasan dengan kendali PID mencapai rata-rata 0,634 gram, meningkat 53,54% dibandingkan metode konvensional.

Kata kunci: *Artemia Salina*, Kendali Suhu, PID, Ziegler-Nichols, Arduino Uno

ABSTRACT

Abstract - The hatching of *Artemia salina* cysts requires a stable temperature of 29–31°C to achieve optimal results. This study designs and develops an automatic temperature control system based on PID control using an Arduino Uno R3 microcontroller, equipped with a DS18B20 temperature sensor, heating element, and cooling fan. PID parameters were determined using the Ziegler-Nichols method with values of $K_p = 40$, $K_i = 15$, and $K_d = 0$. The system is capable of maintaining temperature with an error $\leq 5\%$ within the optimal range. The hatching result using PID control reached an average of 0.634 grams, showing an increase of 53.54% compared to the conventional method.

Keywords: *Artemia Salina*, Temperature Control, PID, Ziegler-Nichols, Arduino Uno

Copyright © 2025 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Budidaya ikan hias memiliki potensi ekonomi yang signifikan di Indonesia. Data dari Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya menunjukkan bahwa sektor ini mengalami peningkatan produksi tahunan sebesar 13,17% pada periode 2015-2018 [1]. Lima komoditas ikan hias utama meliputi ikan guppy, ikan koki, ikan corydoras, ikan cupang, dan ikan mas [2]. Dalam kegiatan budidaya, tahapan pembenihan menjadi aspek krusial yang dipengaruhi oleh ketersediaan pakan alami. *Artemia salina* menjadi pakan alami utama karena kandungan nutrisinya yang tinggi, yakni protein 60%, karbohidrat 20%, lemak 20%, abu 4%, dan air 10% [3].

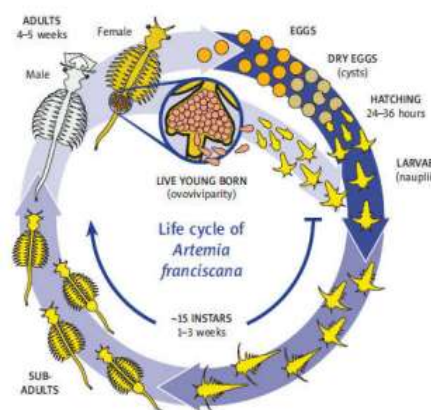
Artemia biasanya tersedia dalam bentuk kista dan memerlukan proses penetasan sebelum diberikan sebagai pakan. Proses ini sering dilakukan secara manual di skala rumahan menggunakan air bersalinitas dan aerator. Namun, masih banyak kendala dalam penetasan, terutama ketidaksesuaian suhu yang menyebabkan tingkat keberhasilan penetasan rendah. Berbagai penelitian telah mengembangkan alat bantu penetasan berbasis mikrokontroler, seperti pemantauan pH, salinitas, dan suhu [4]; [5]. Namun, beberapa alat belum mampu mengatur suhu secara dinamis. Padahal, suhu merupakan faktor kritis dalam penetasan kista *artemia*. Suhu optimal berkisar 29-31°C, dan fluktuasi di luar kisaran tersebut dapat menurunkan tingkat penetasan [6]; [7]. Oleh karena itu, diperlukan sistem kendali otomatis untuk menjaga suhu penetasan dalam batas optimal guna meningkatkan efisiensi dan keberhasilan budidaya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan merancang sistem kendali suhu otomatis berbasis sensor dan kontrol PID agar suhu penetasan tetap pada 29-31°C.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. *Artemia Salina*

Artemia salina merupakan jenis zooplankton dari kelas Crustacea dan ordo Anostraca yang pertama kali ditemukan oleh Schlosser pada tahun 1755 dan diklasifikasikan oleh Linnaeus pada 1758. Organisme ini dikenal memiliki toleransi tinggi terhadap salinitas dan banyak digunakan sebagai pakan alami dalam budidaya ikan dan udang karena kandungan nutrisinya yang tinggi, seperti protein (43-60%), lemak (21%), dan vitamin C (587 mg/kg) [8].

Artemia tersedia di pasaran dalam bentuk telur dorman yang disebut kista. Kista ini berbentuk bulat kecil dengan diameter sekitar 200-300 μm dan dilindungi oleh cangkang keras yang tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem [9]. Proses penetasan kista melibatkan tiga tahap, yaitu hidrasi, pecah cangkang, dan fase umbrella sebelum menetas menjadi nauplius. Nauplius berukuran sekitar 400 μm dan mulai berenang bebas dalam waktu 18-24 jam setelah penetasan [10].



Gambar 1. Siklus hidup artemia

2.2. Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 dengan 14 pin digital (6 mendukung PWM) dan 6 pin analog. Dilengkapi osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Bisa dijalankan lewat kabel USB atau sumber daya eksternal seperti adaptor DC atau baterai. Pin digital dapat digunakan sebagai input atau output dengan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead() pada tegangan 5V. Setiap pin mampu mengalirkan arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal 20-50 k Ω yang secara default nonaktif [11].

2.3. Sensor DS18B20

Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor digital berbasis protokol One-Wire yang mampu mengukur suhu pada rentang -55°C hingga 125°C dengan resolusi 9-12 bit dan konsumsi daya rendah [10]. Setiap unit memiliki ID unik 64-bit, memungkinkan penggunaan beberapa sensor dalam satu jalur data secara efisien. Versi *waterproof* dari sensor ini umum digunakan dalam pemantauan suhu air pada sistem akuarium, kolam, atau tangki penetasan, dengan akurasi tinggi pada suhu 0-100°C [12].

2.4. Heater

Elemen Pemanas Listrik (EHL) merupakan komponen yang memanfaatkan kawat tahanan, seperti nikrom (nikel-krom), untuk menghasilkan panas saat dialiri arus listrik. Bahan ini memiliki resistansi tinggi dan mampu memanaskan fluida secara efisien tanpa mengalami kerusakan termal [12].

2.5. Zero Cross Detector

Zero crossing detector merupakan rangkaian elektronik yang digunakan untuk mendeteksi titik nol dari gelombang sinusoidal AC, yaitu saat tegangan melewati nilai nol dari positif ke negatif maupun sebaliknya. Deteksi titik nol ini penting sebagai referensi awal dalam sistem pengendalian fase, seperti pemicuan TRIAC. Umumnya, rangkaian ini terdiri dari transformator penurun tegangan, penyearah gelombang (*bridge rectifier*), dan komponen *switching* seperti transistor atau optoisolator untuk menghasilkan sinyal digital berupa pulsa sebagai indikasi crossing [13].

2.6. Kontrol PID

Kontrol PID adalah metode pengendalian yang sering dipakai di industri karena sederhana dan efektif. Terdiri dari tiga bagian: proporsional (P) mengatur respons terhadap kesalahan saat ini, integral (I) mengatasi kesalahan yang menumpuk, dan derivatif (D) memperkirakan perubahan kesalahan agar sistem lebih stabil dan tidak berlebihan. Gabungan ketiga bagian ini menghasilkan kendali yang cepat, stabil, dan akurat [14].

Kontrol PID mempunyai persamaan matematik sebagai berikut:

$$PID(t) = P out + I out + D out \quad (1)$$

$$PID(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

Keterangan:

PID(t) = output pengontrol PID, K_p = konstanta proporsional

T_i = konstanta integral

T_d = konstanta derivatif

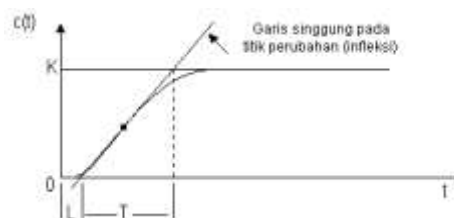
$e(t)$ = error (selisih antara set point dengan level aktual)

2.7. Ziegler Nichols

Perhitungan PID dapat menggunakan teknik Ziegler-Nichols. Metode Ziegler-Nichols pertama kali memperkenalkan metodenya pada tahun 1942. Metode ini memiliki dua cara, metode osilasi dan kurva reaksi. Kedua metode ditujukan untuk menghasilkan respon sistem dengan lonjakan maksimum sebesar 25%.

2.7.1 Kurva Reaksi

Metode ini didasarkan terhadap reaksi sistem untai terbuka. Kurva berbentuk-s memiliki dua konstanta penting, yaitu waktu mati (*dead time*) L dan waktu tunda (*time delay*) T . Kurva reaksi baru mulai naik setelah waktu L berlalu. Waktu tunda T menggambarkan durasi sampai kurva mencapai 66% dari nilai akhirnya. Pada kurva dibuat garis singgung yang memotong sumbu waktu dan garis maksimum. Titik potong dengan sumbu absis menunjukkan waktu mati L , sedangkan potongannya dengan garis maksimum menunjukkan waktu tunda T , diukur dari titik L .



Gambar 2. Kurva respons berbentuk S

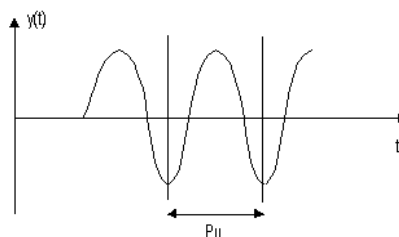
Penalaan parameter PID didasarkan perolehan kedua konstanta itu. Zeigler dan Nichols melakukan eksperimen dan menyarankan parameter penyetelan nilai K_p , T_i , dan T_d dengan didasarkan pada kedua parameter tersebut.

Tabel 1. Penalaan paramater PID dengan metode kurva reaksi

Type Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	T/L	∞	0
PI	$0,9 T/L$	$L/0,3$	0
PID	$1,2 T/L$	$2 L$	$0,5 L$

2.7.2 Metode Osilasi

Metode ini menggunakan reaksi sistem tertutup dengan plant dan kontroler PID yang disusun seri. Parameter integral disetel sangat besar dan derivatif nol, lalu parameter proporsional dinaikkan bertahap hingga sistem berosilasi dengan amplitudo tetap. Osilasi ini menandai titik untuk menentukan parameter PID selanjutnya.



Gambar 3. Kurva respon sustain oscillation

Penalaan parameter PID didasarkan terhadap kedua konstanta hasil eksperimen, K_u dan P_u . Ziegler dan Nichols menyarankan penyetelan nilai parameter K_p , T_i , dan T_d .

Tabel 2. Penalaan paramater PID dengan metode osilasi

Type Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$0,5.K_{cr}$	∞	0
PI	$0,45.K_{cr}$	$\frac{1}{2} P_{cr}$	0
PID	$0,6.K_{cr}$	$0,5 P_{cr}$	$0,125 P_{cr}$

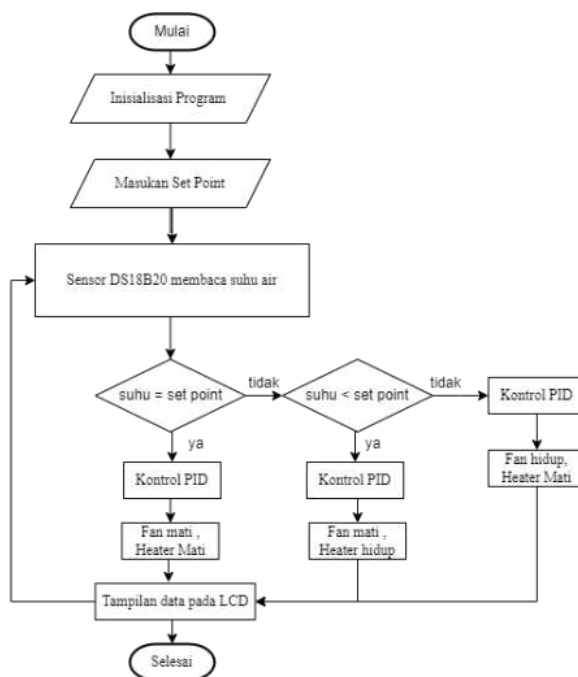
3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi terkait perancangan sistem kendali suhu penetasan *Artemia salina* berbasis kontrol PID. Setelah itu, dilakukan persiapan alat dan bahan, perancangan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE, serta perancangan perangkat keras sesuai desain. Selanjutnya, alat diuji, data diambil dan dianalisis, lalu laporan penelitian disusun.

3.2 Diagram Alir Sistem

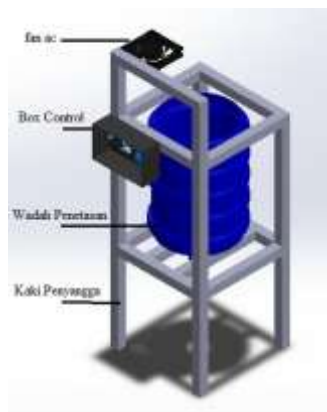
Saat sistem dijalankan, parameter seperti setpoint suhu dan konstanta PID diinisialisasi, serta perangkat input-output seperti sensor DS18B20, pemanas, dan kipas disiapkan. Sensor secara berkala membaca suhu air dan membandingkannya dengan setpoint, menghasilkan sinyal error yang diolah oleh PID untuk mengatur pemanas atau kipas. Jika suhu di bawah setpoint, pemanas aktif dan kipas mati; jika suhu di atas setpoint, kipas aktif dan pemanas mati. Proses ini berjalan otomatis, dengan suhu aktual ditampilkan real-time pada layar LCD.



Gambar 4. Diagram alir sistem

3.3 Gambaran Alat

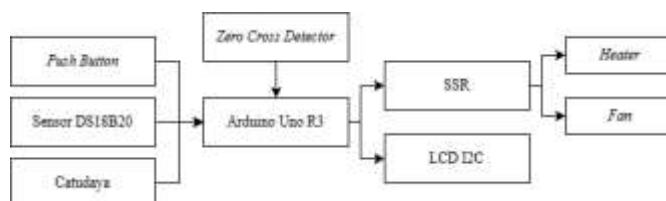
Alat ini dirancang untuk menjaga suhu optimal dalam proses penetasan kista Artemia Salina. pengendalian suhu ini dilakukan menggunakan Arduino Uno R3, serta dilengkapi dengan pemanas dan juga fan sebagai pendinginnya. Prinsip kerja alat ini adalah mengendalikan suhu pada penetasan kista artemia di suhu optimal sebesar 29-31°C. Pada saat kondisi suhu air dalam wadah di bawah 29°C maka pemanas akan diaktifkan dan pada saat kondisi suhu air di atas 31°C maka fan akan otomatis menyala sampai suhu yang diinginkan tercapai. Sistem kendali yang diterapkan pada alat ini adalah sistem kendali PID (Proporsional, Integral, dan deritative).



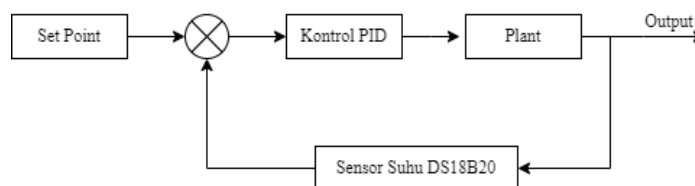
Gambar 5. Desain alat penetasan

3.4 Blok Diagram Sistem

Sistem kendali suhu berbasis Arduino Uno R3 mengatur suhu otomatis menggunakan sensor DS18B20 dan kontrol PID. Push button digunakan untuk inisialisasi dan pengaturan setpoint, sedangkan zero crossing detector menyinkronkan switching SSR untuk mengendalikan heater dan kipas secara efisien. Arduino mengaktifkan heater saat suhu di bawah setpoint dan kipas saat suhu melebihi setpoint, dengan informasi suhu dan status aktuator ditampilkan real-time di LCD I2C.



Gambar 6. Diagram blok sistem



Gambar 7. Diagram kontrol PID

Rancangan sistem menggunakan metode PID dengan masukan berupa nilai setpoint. Kontroler PID diterapkan pada plant yang terdiri dari Arduino Uno R3, modul driver SSR, dan aktuator berupa kipas serta heater. Output sistem adalah proses pemanasan dan pendinginan, dengan feedback dari sensor suhu DS18B20.

3.5 Pengujian

Pada proses pengujian ini terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan pengujian yaitu dari pengujian sistem kendali PID dan pengujian cara kerja sistem kontrol suhu apakah berjalan sesuai dengan

tujuannya atau tidak. Alat ini dikatakan berhasil apabila sistem bekerja baik dan mampu mengendalikan kondisi suhu air penetasan kista artemia di suhu 29-31°C dan juga memiliki nilai tingkat penetasan lebih tinggi daripada penetasan secara konvensional.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Rangkaian Sistem Kendali Suhu

Terdapat 2 bagian utama dari perangkat yang dibuat yaitu bagian box control yang di dalamnya merupakan berisi sistem kontrol yang merupakan pengolahan input menjadi output. Kemudian yang kedua adalah tempat penetasan kista Artemia yang didalamnya berisi heater dan di atas tempat penetasan ini terdapat kipas yang bertugas mendinginkan suhu air jika terlalu panas. Hasil pembuatan sistem pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 8.



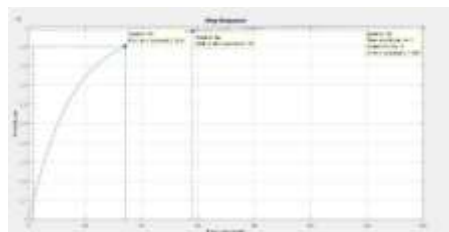
Gambar 8. Realisasi rangkaian

4.2 Analisis Kendali PID

Analisis kendali PID dilakukan guna mengetahui efektifitas penggunaan PID pada sistem kendali suhu air penetasan kista artemia.

4.2.1 Penentuan Parameter PID dengan Metode Ziegler Nichols

Metode ini dilakukan dengan melihat step response yang dihasilkan dari *Transfer Function* sistem. Berikut ini adalah hasil *step response open loop* dari persamaan transfer fungsi.



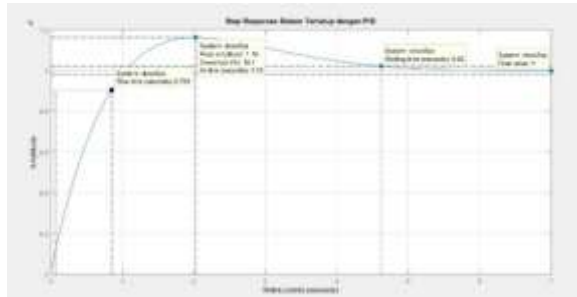
Gambar 9. Step response open loop

Hasil simulasi menunjukkan rise time 32,6 detik, settling time 58 detik, serta diperoleh nilai L dan T melalui metode Ziegler-Nichols kurva reaksi berdasarkan grafik transfer fungsi sistem pada matlab tercantum dalam gambar 11.



Gambar 10. Program memunculkan nilai L dan T

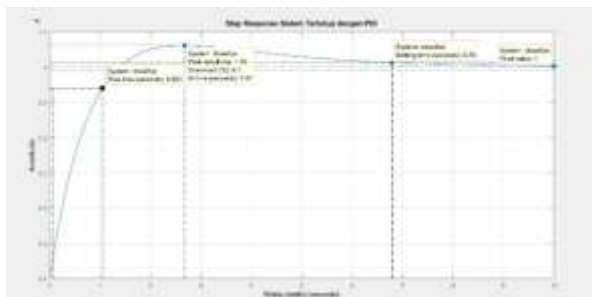
Setelah diperoleh waktu tunda (L) sebesar 0,6825 detik dan konstanta waktu (T) sebesar 14,3322 detik, dilakukan perhitungan parameter kendali PID berupa konstanta proporsional (K_p), integral (K_i), dan derivatif (K_d) menggunakan metode Ziegler-Nichols. Hasil perhitungan menunjukkan nilai $K_p = 25,18$, $K_i = 18$, dan $K_d = 0,34$. Dengan parameter tersebut, sistem menghasilkan karakteristik berupa rise time 0,7798 detik dan settling time 4,7168 detik.



Gambar 11. Respon sistem dengan K_p , K_i , dan K_d hasil tuning ZN

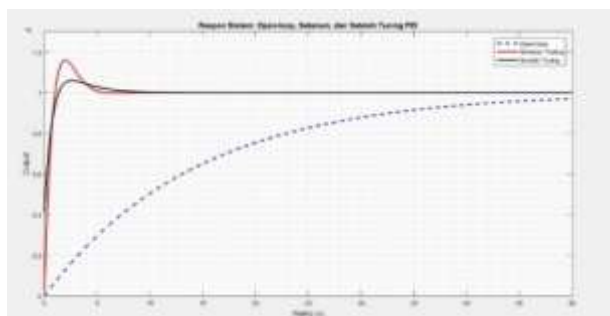
4.2.2 Fine Tuning

Setelah dilakukan tuning menggunakan metode Ziegler-Nichols, diperoleh parameter awal untuk pengendalian sistem. Namun, hasil simulasi dan pengujian menunjukkan bahwa kinerja sistem belum optimal, terutama karena masih terdapat overshoot dan respon yang perlu ditingkatkan. Oleh sebab itu, dilakukan proses fine tuning secara bertahap dan berulang dengan menyesuaikan parameter kendali hingga diperoleh konfigurasi yang mampu meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.



Gambar 12. Grafik respon dengan K_p , K_i , dan K_d hasil *fine tuning*

Pada konfigurasi PID dengan $K_p = 40$, $K_i = 15$, dan $K_d = 10$, sistem menunjukkan respons yang lebih terkendali dengan overshoot sekitar 6,1%, rise time 0,982 detik, puncak respons pada 2,67 detik, dan settling time 6,78 detik. Hasil ini menunjukkan sistem memiliki respons cepat, overshoot rendah, serta kestabilan yang baik.



Gambar 13. Respon sistem setelah dilakukan *fine tuning* dan sebelum

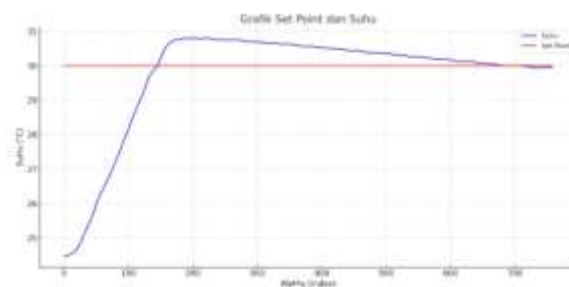
Tabel 3. Karakteristik respon sistem sebelum dan sesudah *fine tuning*

No	Respon Sistem	Open Loop	Sebelum <i>Fine Tuning</i>	Sesudah <i>Fine Tuning</i>
1	<i>RiseTime</i> (s)	32,6	0.7798	0.9925
2	<i>Settling Time</i> (s)	58	4.7168	6.3655
3	<i>Overshoot</i> (%)	0	16.3840	5.8050
4	<i>Peak</i>	1	1.1607	1.06

Gambar di atas menunjukkan perbandingan respon sistem pada tiga kondisi: open-loop, PID sebelum tuning, dan PID setelah tuning. Kurva biru putus-putus menggambarkan respon open-loop dengan rise time 32,6 s serta adanya steady-state error karena tidak mencapai set point. Kurva merah menunjukkan respon sistem dengan PID awal, yang memiliki rise time 0,7798 s namun masih terdapat overshoot tinggi sebesar 16,38% dan sedikit osilasi. Setelah dilakukan penyesuaian parameter PID, ditunjukkan oleh kurva hitam, sistem menunjukkan perbaikan signifikan dengan penurunan overshoot sebesar 64,56%, respon lebih halus tanpa osilasi, serta peningkatan kecepatan, stabilitas, dan akurasi terhadap set poin.

4.2.3 Respon Sistem dengan Kendali PID

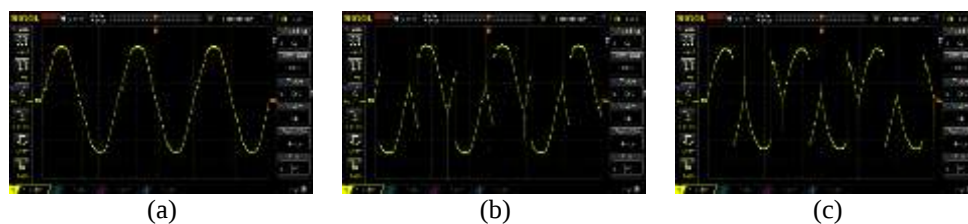
Nilai dari masing masing parameter hasil tuning kemudian diterapkan ke dalam sistem. Kemudian berikut ini adalah hasil pengujian performa sistem kendali suhu yang telah diimplementasikan. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mencapai dan mempertahankan suhu yang diinginkan (Setpoint). Parameter setpoint diatur pada nilai konstan 30°C.



Gambar 14. Grafik perbandingan antara suhu aktual dan setpoint

4.3 Analisis Phase Angle Control

Analisis phase angle control dilakukan dengan mengamati gelombang keluaran menggunakan osiloskop Rigol untuk melihat hubungan antara sudut α dan respons tegangan keluaran.



Gambar 15. (a) Tampilan Alpha 18, (b) Tampilan Alpha 40, dan (c) Tampilan Alpha 100

Pada $\alpha = 18$, gelombang hanya sedikit terpotong di awal sehingga tegangan output sekitar 221 V dan pemanas bekerja hampir penuh. Pada $\alpha = 40$, potongan gelombang lebih lebar dengan tegangan output turun menjadi 198 V, membuat pemanas bekerja pada daya sedang. Pada $\alpha = 100$, hanya sedikit bagian gelombang yang dihantarkan dengan tegangan sekitar 50 V, sehingga daya pemanas sangat rendah. Hal ini menunjukkan semakin besar sudut α , semakin kecil daya yang disalurkan ke beban **k**.

4.4 Perbandingan Hasil penetasan dengan dan tanpa PID

Pada subbab ini disajikan perbandingan hasil penetasan kista *Artemia* antara dua metode, yaitu sistem inkubasi dengan pengendalian suhu otomatis berbasis PID dan metode konvensional tanpa kendali suhu. Perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas sistem kendali suhu dalam meningkatkan efisiensi penetasan.

Tabel 4. Hasil penetasan kista artemia

Hasil Penetasan Hari Ke-	Metode Kendali PID (gr)	Metode Konvensional (gr)
1	0,64	0,42
2	0,62	0,4
3	0,65	0,43
4	0,61	0,41
5	0,63	0,38
6	0,62	0,42
7	0,65	0,41
8	0,66	0,4
9	0,62	0,44
10	0,64	0,42
Total	6,34	4,13
Rata-rata	0,634	0,413

Berdasarkan 10 kali pengamatan penetasan menggunakan 2 gram kista *Artemia* dalam 2 liter media, diperoleh perbedaan signifikan antara sistem kendali suhu dan sistem konvensional. Rata-rata berat basah nauplii pada sistem kendali suhu mencapai 0,634 g, sedangkan pada sistem konvensional hanya 0,413 g, dengan selisih 0,221 g. Peningkatan ini disebabkan oleh kestabilan suhu 29–31 °C yang mempercepat metabolisme embrio dan meningkatkan tingkat penetasan, sementara sistem konvensional rentan terhadap fluktuasi suhu lingkungan. Selain itu, sistem kendali suhu menghasilkan konsistensi lebih baik dengan rentang hasil yang sempit (0,61–0,66 g) dibandingkan sistem konvensional (0,38–0,44 g), sehingga terbukti mampu meningkatkan produktivitas sekaligus kestabilan proses penetasan.



(a)

(b)

Gambar 16. a) Hasil penetasan dengan kontrol suhu; b) Hasil penetasan metode konvensional

Berdasarkan foto hasil penetasan kista *Artemia*, terlihat perbedaan signifikan antara metode dengan kontrol suhu otomatis dan metode konvensional. Pada sistem dengan kontrol suhu, jumlah nauplius lebih banyak, distribusi lebih merata, dan pergerakan lebih aktif karena suhu stabil pada kisaran optimal 29–31 °C. Sebaliknya, pada metode konvensional tanpa kontrol, fluktuasi suhu menyebabkan jumlah nauplius lebih sedikit, distribusi tidak merata, serta menurunkan tingkat keberhasilan penetasan. Dengan demikian, sistem kendali suhu terbukti memberikan pengaruh positif terhadap keberhasilan penetasan, sesuai teori mengenai peran suhu dalam fisiologi *Artemia*.

5. KESIMPULAN

Sistem kendali suhu berbasis PID yang dirancang mampu mempertahankan suhu media penetasan kista *Artemia salina* pada rentang optimal 29–31 °C dengan galat $\leq 5\%$. Konfigurasi PID terbaik diperoleh pada $K_p = 40$, $K_i = 15$, dan $K_d = 10$, yang menghasilkan respons cepat dengan rise time 0,982 detik, overshoot rendah 6,1%, serta settling time 6,78 detik. Selain itu, rata-rata berat basah nauplius pada sistem kendali suhu mencapai 0,634 gram, lebih tinggi dibandingkan metode konvensional sebesar 0,413 gram, sehingga terbukti sistem ini dapat meningkatkan hasil dan konsistensi penetasan.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan kontrol otomatis pada parameter lain seperti salinitas dan oksigen, serta menguji lebih banyak variasi kombinasi K_p , K_i , dan K_d guna memperoleh parameter paling optimal. Selain itu, sistem dapat dikembangkan untuk kapasitas lebih besar dalam budidaya *Artemia salina* serta dilengkapi fitur monitoring dan kontrol jarak jauh berbasis Internet of Things (IoT) agar proses penetasan dapat dipantau secara real-time melalui perangkat mobile.

REFERENSI

- [1] Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, “Laporan Kinerja (LKj) Direktorat Jenderal Budidaya Tahun 2019,” Jakarta, 2019.
- [2] Iskandar, A., Islamay, R. S., & Kasmono, Y. “Optimalisasi pembenihan ikan nila merah nilasa *Oreochromis sp.* di Ukbat Cangkringan, Yogyakarta”. Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan, 12(1), 29-37. 2021.
- [3] Singgih Wibowo. “*Artemia* untuk Pakan Ikan dan Udang. Jakarta: Penebar Swadaya”. 2013.
- [4] F.M Malik. “Penerapan Inovasi Sensor Keasaman Air Untuk Mengoptimalkan Hasil Budidaya *Artemia*”. 2021.
- [5] Nanda Aulya Athallah Naufal. “Rancang Bangun Alat Untuk Penetasan Dan Pemanenan Kista *Artemia Salina* Berbasis Arduino Mega 2560”, Repos. Univ. Negeri Jakarta, 2022, [Online]. Available: <http://repository.unj.ac.id/id/eprint/33627>.
- [6] Jusadi D. “Budidaya Pakan Alami. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar Dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional”. 2003.
- [7] Aliyas, A. Pengaruh Salinitas yang Berbeda terhadap Penetasan *Artemia* SP di Balai Benih Udang Desa Sabang Kecamatan Galang. Tolis Ilmiah: Jurnal Penelitian, 1(1). 2019.
- [8] L. A. Harefa, D. T. Afriani, Manullang, and H. M., “Efektivitas Penggunaan Jenis Garam Dan Salinitas Yang Berbeda Terhadap Daya Tetas *Artemia Salina*,” J. Aquac. Indones., vol. Vol 1, no. No 2, pp. 58–66, 2022, doi: <https://doi.org/10.46576/jai.v1i2.1990>.
- [9] Mudjiman. “Makanan Ikan. Penebar Swadaya”. 2008.
- [10] Gusrina. “Pakan Udang”. Yogyakarta: Karnius. 2008.
- [11] Lubis, Z., Saputra, L. A., Winata, H. N., Annisa, S., Muhazzir, A., & Wahyuni, M. S. “Kontrol mesin air otomatis berbasis arduino dengan smartphone”. Buletin Utama Teknik, 14(3), 155-159. 2019.
- [12] Maxim Integrated., DS18B20: Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer Datasheet. Retrieved from. 2020. [Online]. Available: <https://www.maximintegrated.com>.
- [13] L. D. Sakti, Isa Candi Bimo and Wirawan. “Desain dan Implementasi Automatic Transfer Switch sebagai Catu Daya Cadangan PLN dengan Genset.” Institut Teknologi Sepuluh Nopember., 2017. [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/48207>.
- [14] Chairuzzaini. “Metode ZieglerNichols pada Sistem Kontrol Nichols pada Perancangan Kontroler PID”. 1998. [Online]. Available: [url:http://www.elektroindonesia.com/elektro/tutor12.%0Ahtml](http://www.elektroindonesia.com/elektro/tutor12.%0Ahtml).