

Penerapan Kendali Suhu Air pada Bak Sumber Panas Sistem Desalinasi Air Laut Dengan PID

Tulus Indriyanto¹

¹Teknik Elektro,Fakultas TeknikUniversitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹tulusindriyanto9@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 31 Okt 2025
revisi : 31 Okt 2025
diterima : 20 Nov 2025
dipublish : 30 Nov 2025

ABSTRAK

Desalinasi merupakan suatu proses membuat air laut menjadi air tawar. Proses ini dimanfaatkan untuk mendapatkan air yang dapat dikonsumsi oleh makhluk hidup. Pengendali suhu air menggunakan kendali konvesional dan PID dengan beban heater. Beberapa modifikasi penggunaan pipa panas untuk membuang panas sisa hasil kesulurahan bak yang ditunjukkan dengan investigasi secara eksperimental mengenai karakteristik termal dengan mempertimbangkan pengaruh heater terhadap karakteristik termal dari heater. Hasil tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai-nilai K_p, K_i, K_d pada sistem kendali Ziegler Nichols menggunakan grafik open loop. Hasil dari 3 kali pengujian menggunakan software arduino IDE menunjukkan hasil pengukuran tersebut sudah mendekati setpoint dari tabel pengukuran dan data diambil dengan setpoint suhu air 40°C, 80°C dan 90°C.

Kata kunci: heat pipe, proporsional, integral, derivative, sistem kendali

ABSTRACT

Desalination is a process that turns seawater into freshwater. This process is used to obtain water that can be consumed by living beings. The water temperature controller uses conventional control and PID with heater load. Some modifications of the use of heat pipes to dissipate residual heat from the exhaust of the tub are shown by experimental investigations of thermal characteristics by considering the effect of the heater on the thermal characteristics of the heater. The results were used to obtain the values K_p, K_i, K_d on the Ziegler-Nichols control system using an open-loop graph. The results of 3 tests using Arduino IDE software showed that the measurement results were close to the setpoint of the measurement table, and the data was taken with the setpoints of the water temperature of 40°C, 80°C, and 90°C.

Keywords: heat pipe, proportional integral derivative, control system

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri khususnya dunia elektronika banyak menggunakan kendali konvesional seperti PID (*Proportional Integral Derivative*). Dengan berkembangnya teknologi elektronika, pengendalian manual digantikan dengan pengendali otomatis atau sistem kendali otomatis. Pemakaian sistem kendali otomatis saat ini merupakan kebutuhan yang sangat utama untuk menjaga agar proses produksi berjalan seperti yang direncanakan, mengurangi beban pekerjaan manusia dan mendapatkan hasil yang cepat, tepat dan efisien.

Saat ini penggunaan sistem kendali otomatis digunakan dalam banyak ruang lingkup kebutuhan manusia. Sebagai contoh, pada kebutuhan manusia yaitu kebutuhan air. Kebutuhan akan air bersih maupun air tawar merupakan kebutuhan pokok yang sangat mendasar dalam kehidupan manusia yang dibutuhkan secara terus-menerus. Air merupakan kata yang sering di dengar dan banyak sekali manfaatnya, dimana persentase 97.5% bumi kita terdiri dari air, namun yang layak dikonsumsi hanya 2.5% dimana hal ini menunjukkan begitu besar jumlah air, namun sedikit sekali air yang bisa digunakan dalam aktivitas sehari-hari. Kelangkaan air bersih menjadi kendala tersendiri di kota besar. Sedikitnya resapan air dan seringnya banjir membuat air yang biasa dikonsumsi menjadi kotor dan berpengaruh pada kualitas air yang di gunakan.

Penggunaan air bersih sangat penting untuk konsumsi rumah tangga, tempat umum, dan kebutuhan industri. Pemenuhan akan kebutuhan air tawar dapat dilakukan dengan beberapa cara, disesuaikan dengan sarana dan prasarana yang ada. Guna mendorong peningkatan kemampuan pemenuhan kebutuhan air tawar khususnya untuk masyarakat pesisir, perlu ada solusi mandiri bagi masyarakat pesisir dalam memenuhi kebutuhan air bersih. Daerah pesisir memiliki intensitas sinar matahari yang melimpah dan air laut yang mudah didapat. Oleh karena itu, akan sangat baik bila kita bisa memanfaatkan sumber daya tersebut untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pesisir, dalam hal ini kebutuhan akan air tawar.

Pada dasarnya, prinsip desalinasi air laut merupakan proses pemisahan mineral garam dari air laut sehingga diperoleh air tawar. Ada banyak cara dalam mengolah air laut menjadi air tawar. Metode desalinasi dalam pemurnian air laut adalah dengan menguapkan air laut kemudian mengembunkan uapnya kembali untuk menghasilkan air tawar. Pada penelitian kali ini, pengendali suhu air kendalikan oleh kendali konvesional seperti PID (*proporsional integral derivative*) dengan menggunakan heater. Dengan sistem PID (*Proporsional Integral derivative*) kita dapat mengatur *responsive* berkaitan dengan gangguan lainnya. Dari fenomena tersebut maka dibuatlah sebuah proses desalinasi air laut, ini terdiri dari dua bak yaitu bak air tawar dan bak air laut, bak air tawar digunakan sebagai reaktor yang panas sedangkan bak air laut berisi air laut untuk di uapkan dengan menggunakan *heat pipe*.

Dalam beberapa modifikasi pada penggunaan *heat pipe* digunakan untuk membuang panas sisa hasil kesuluruan bak yang ditunjukkan untuk menginvestigasi

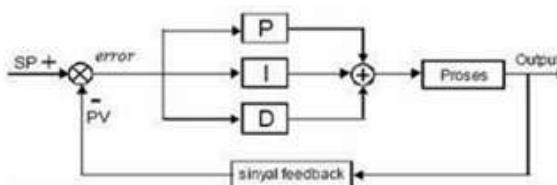
secara eksperimental mengenai karakteristik termal heat pipe sebagai sistem pendingin pasif yang akan diaplikasikan di kolam dengan volume air. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan mempertimbangkan pengaruh tekanan awal di dalam *heat pipe*. Dengan demikian karakteristik termal dari *heat pipe* dengan pengaruh tekanan awal dan beban volume air akan didapatkan.

TEORI

Sistem Kendali adalah sekumpulan komponen terhubung yang dapat digunakan untuk menonaktifkan, atau menonaktifkan komponen sistem lain dalam bagian data tertentu. Setiap sistem kendali dapat dikatakan memiliki empat fungsi: mengukur, membandingkan, menghitung, dan memperbaiki. Sistem Kendali mengacu pada sistem apa pun yang dapat dikonfigurasi untuk beroperasi pada nilai tertentu untuk mengubah sejumlah ketentuan yang telah diatur oleh sistem. Suatu sistem kendali bertujuan memungkinkan variabel yang ingin dikendalikan mencapai nilai yang diinginkan dengan mekanisme umpan balik dan pengendalian. Dengan sistem kendali memungkinkan adanya sistem yang stabil, akurat, dan tepat waktu (Almada & Yusuf, 2017).

Kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik (*feedback*) pada sistem tersebut. Sistem kendali PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (*Proportional*), (*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun digabung (Yusuf & Isnawaty, 2016).

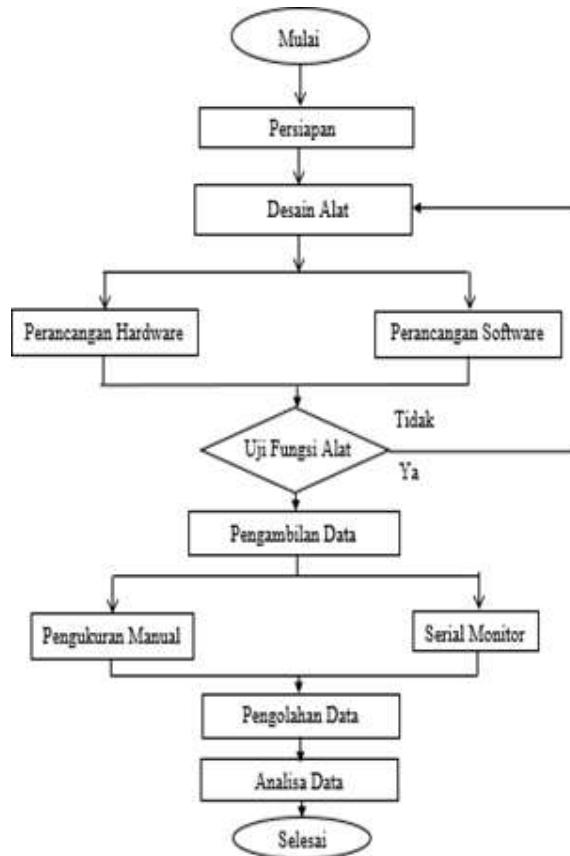
Untuk mendapatkan hasil output dengan *rise time* yang cepat dan *error* yang kecil, dapat menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID. Perhitungan PID dapat menggunakan teknik Ziegler Nichols (Sunandar et al., 2018).



Gambar 1. Blok diagram kendali PID.

METODOLOGI

Metode pelaksanaan penelitian ini meliputi beberapa langkah tahap yang akan ditunjukkan pada Gambar 2. Selanjutnya dijelaskan proses-proses secara sistematis dan terstruktur.



Gambar 2. Kerangka penelitian.

Alat penelitian yang akan digunakan dalam proses sistem pengaturan suhu pada bak panas *heat pipe* di alat desalinasi air laut ini adalah seperti ditunjukkan pada berikut ini: *board* Arduino Nano; power Supplay 5V; modul AC dimer (zero cross detector); LCD 16 x 2; sensor temperatur Termokopler Tipe K; sensor potensio 10K; *cover* luar bekas power suplai; kabel *jumper*; multimeter; laptop; solder dan timah; modul SSR; dan heater. Pada tahap pemerograman pada *software* arduino IDE (*Integrated Development Environment*) mempunyai beberapa tahapan dari pembuatan serta perancangan sistem kontrol PID sensor suhu dan *mikrokontroler* arduino nano pada arduino IDE.

Software arduino terdapat library yang dapat di masukan pada sketch program yang akan di gunakan; menginisialisasi dan mendeklarasikan sensor; membuat sebuah koding pada void se tup dan void loop dan menentukan ki, kp, kd yang nantinya hasil yang di peroleh sesuai dengan yang di harapkan; setelah koding program selesai di buat langkah selanjutnya yaitu mengupload program; membuat program yang sudah di kompling ke mikrokontroler; setelah koding berhasil di muat ke *mikrokontroler*, maka data hasil pengukuran dari sensor suhu termokopel type k akan masuk ke program mikrokontroler; pada program mikrokontroler, pembacaan sensor di konversi terlebih dahulu. Dan setelah di konversi hasil dan pembacaan sensor suhu akan di tampilkan melalui *serial monitor* pada arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

Pada void set up program yang telah di buat akan di jalankan sekali ketika program di jalankan ataupun di reset.

```
File Edit Sketch Tools Help  
PID_thermocouple_Heater  
  
void setup() {  
    pinMode(switchoff, OUTPUT);  
    USE_SERIAL.begin(9600);  
    dimmer.begin(NORMAL_MODE, ON);  
    lcd.init();  
    delay(500);  
}  
}
```

Gambar 3. Void setup.

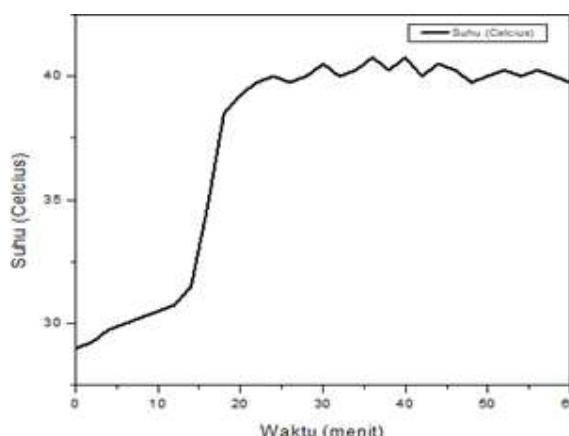
Pada fungsi loop ini program yang telah dibuat akan dibaca atau dijalankan secara berulang-ulang selama alat tidak dimatikan.



Gambar 4. Void loop.

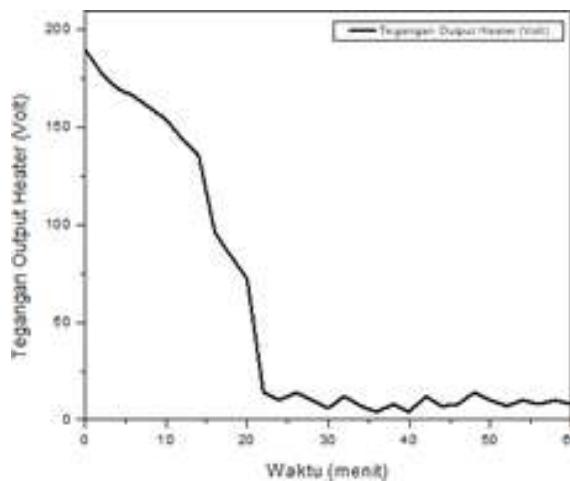
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan memasukan nilai parameter $K_p = 1.04$ $K_i = 0.75$ dan $K_d = 0.36$ dengan set- poin suhu 40°C dalam program arduino maka di peroleh data pengujian dalam bentuk tabel dan grafik.



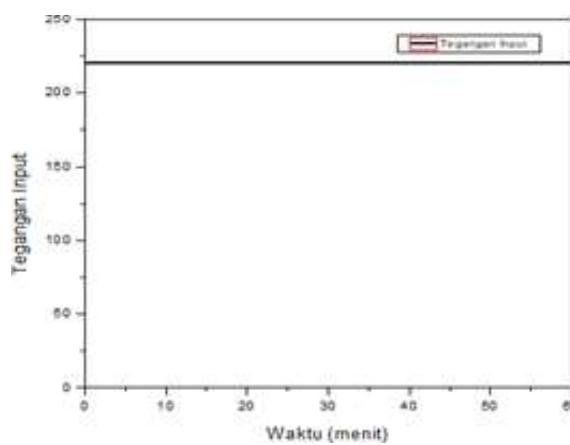
Gambar 5. Grafik penqujian pertama setpoint 40°C.

Pada Gambar 5 dapat di lihat respon awal yang di hasilkan dari sistem kendali PID controller terhadap set poin yang di tetukan. Grafik yang di hasilkan kenaikan respon awal di mulai dengan suhu 29°C dalam waktu 20 menit mulai menuju arah setpoint yang di tentukan. Dari menit 24 menit sampai dengan 60 menit suhu yang dihasilkan stabil namun di menit 48 suhu yang di hasilkan kurang dari setpoint.



Gambar 6. Grafik output heater.

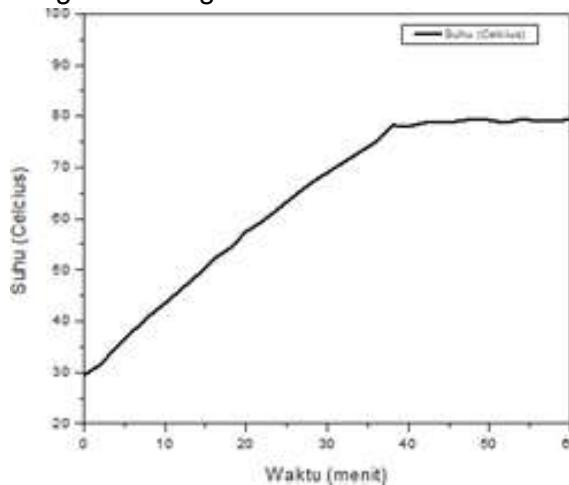
Gambar 6 menunjukkan grafik data yang di hasilkan. Dapat dilihat tegangan yang semakin lama semakin menurun dan suhu yang dimana semakin lama semakin naik hingga mencapai hasil setpoint yang di inginkan dapat dilihat pada gambar 4.6. Suhu set point di atas adalah 40°C dengan durasi waktu selama 1 jam dan suhu akan terus stabil dan ketika mencapai set point yang di inginkan maka tegangan semakin kecil namun tegangan tersebut tidak mati total.



Gambar 7. Grafik tegangan input.

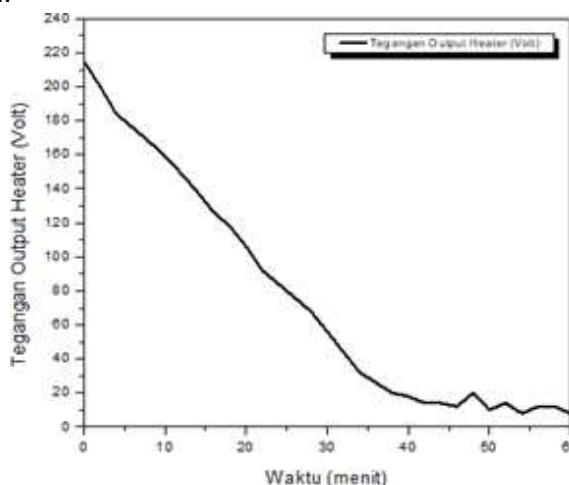
Tegangan input yang dihasilkan adalah 220 volt dimana tegangan ini di ukur menggunakan avometer dengan sumber tegangan yang di hasilkan dari listrik rumah.

Dengan memasukan nilai parameter $K_p = 1.04$ $K_i = 0.75$ dan $K_d = 0.36$ dengan set- poin suhu 80°C dalam program arduino maka di peroleh data pengujian dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut.



Gambar 8. Grafik suhu kontrol PID setpoint 80°C .

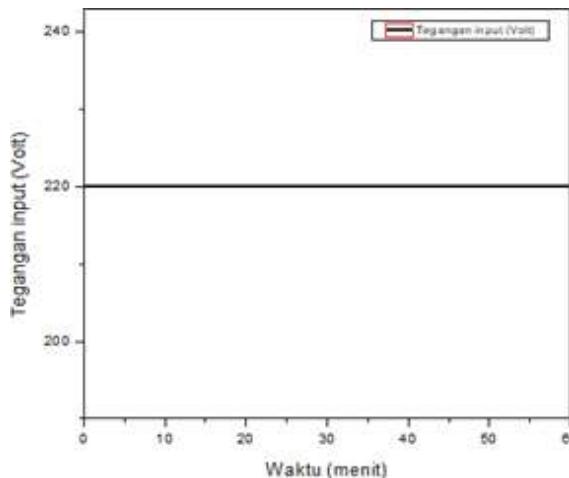
Dari hasil pengujian pada Gambar 8 garis berwarna hitam berikut adalah PID kontroller nya. Untuk mendapatkan hasil respon dari PID yang bagus membutuhkan waktu cukup lama . Pada gambar 4.8 respon PID nya cukup bagus sehingga cocok untuk untuk hasil pengujian pada setpoint 80°C . Grafik suhu yang di hasilkan dimana menit 40 sampai dengan menit 60 mencapai hasil set point yang di inginkan 80°C . Dengan uji coba selama 1 jam dan suhu akan terus stabil di bandingkan dengan pengujian pertama pengujian kedua hasil yang di hasilkan lebih baik dan stabil.



Gambar 9. Grafik output tegangan heater.

Pada Gafik 9 dijelaskan dengan grafik tegangan output dapat di lihat pada gambar 10 pada saat suhu semakin naik maka tegangan output semakin lama semakin menurun kemudian pada saat suhu sudah mencapai setpoint yang di inginkan maka tegangan

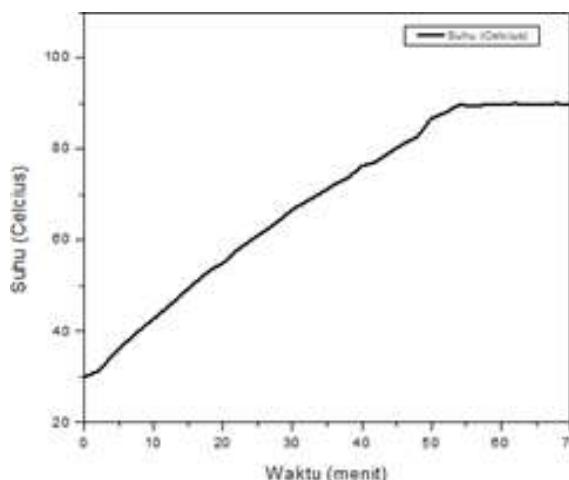
output yang dihasilkan akan kecil tetapi tegangan tersebut tidak akan mati atau mencapai di angka 0 volt. "Artinya semakin dekat suhu dengan setpoint maka semakin kecil nilai tegangan output pada heater".



Gambar 10.Grafik tegangan input

Gambar 10 dapat dilihat tegangan yang dihasilkan mempunyai nilai 220V. Nilai yang dihasilkan ini diukur secara *real time* menggunakan alat avometer per 2 menit.

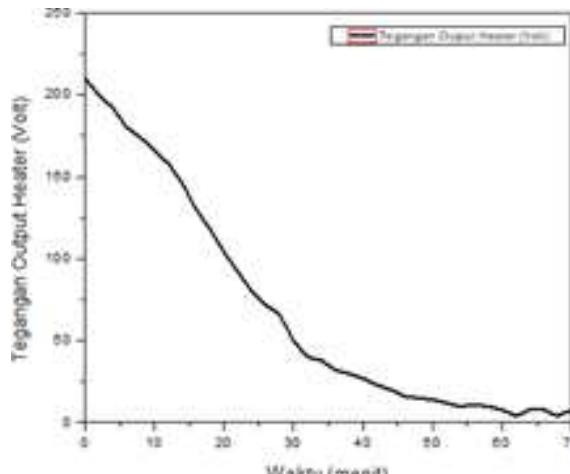
Dengan memasukan nilai parameter $K_p = 1.04$ $K_i = 0.75$ dan $K_d = 0.36$ dengan setpoint suhu 90°C dalam program arduino maka di peroleh data pengujian dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut.



Gambar 11. Grafik kontrol PID setpoint 90°C .

Dari hasil pengujian ketiga yang dilakukan pada Gambar 11 garis berwarna hitam tersebut adalah suhu dari PID kontroller nya. Untuk mendapatkan respon dari PID yang bagus membutuhkan waktu 1 jam 20 menit bahkan lebih. Gambar 11 respon PID cukup bagus sehingga cocok untuk hasil pengujian pada setpoint 90°C . Grafik suhu yang dihasilkan dimana menit 50 sampai menit 70 mencapai setpoint yang diinginkan yaitu 90°C . Dengan paktu pengujian 1 jam 10 menit suhu yang dihasilkan lebih baik dari

pengujian 1 dan 2 suhu pengujian ketiga lebih stabil.



Gambar 12. Grafik tegangan output.

Pada Grafik tersebut dijelaskan dengan grafik tegangan output dapat di lihat pada Gambar 12 pada saat suhu semakin naik maka tegangan output semakin lama semakin menurun kemudian pada saat suhu sudah mencapai setpoint yang di inginkan maka tegangan output yang di hasilkan akan kecil tetapi tegangan tersebut tidak akan mati. “Artinya semakin dekat suhu dengan setpoint maka semakin kecil nilai tegangan output pada heater”.

KESIMPULAN

Dengan menggunakan metode *Ziegler Nichols* dan menggunakan grafik *Open Loop*, didapatkan nilai K_p yang sesuai untuk sistem yaitu $K_p = 1.04$ $K_i = 0.75$ $K_d = 0.36$. Dimana sistem pemanas dapat stabil sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Dalam sistem kendali suhu air dengan menggunakan metode PID kontrol dan menggunakan heater *set point* di atur melalui AC Dimmer, dimana sistem pemanas dapat di atur sesuai kebutuhan yang diinginkan. Dan jika menggunakan kendali tanpa kontrol PID, suhu yang di hasilkan akan terus naik dan tidak dapat di atur sesuai kebutuhan yang di inginkan. Berbeda dengan kendali yang menggunakan kontrol PID dimana suhu yang dihasilkan bisa di atur sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Hasil dengan menggunakan sistem kendali kontrol PID mendapatkan waktu yang di hasilkan cenderung lebih cepat di bandingkan dengan kendali tanpa kontrol PID.

UCAPAN TERIMAKASIH

Berkat Rahmat allah SWT penerapan sistem kendali ini bisa dapat diselesaikan dan dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang dan rekan-rekan semua yang telah membantu dan memberikan saran dalam pembuatan sistem kendali ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidha, Z. R., & Satrio, F. T. (2017). Monitoring Suhu Proses Sangrai Biji Kopi. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 12(2), 63–72.
- Almanda, D., & Yusuf, H. (2017). Perancangan Prototype Proteksi Arus Beban Lebih Pada Beban DC Menggunakan Mikrokontroller. *ELEKTUM*, 14(2), 25–34.
- Awwal, Z. I., Murtono, A., & Adhisuwignjo, S. (2024). Implementasi Kontrol PID Untuk Pengaturan Suhu Dan Kelembapan Pada Lemari Pengering Pakaian. *Kohesi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(9), 16–26.
- Ely, J. (2019). Kualitas Air Hasil Desalinasi Menggunakan Sistim Destilasi Sederhana. *Global Health Science*, 4(3), 165–168.
- Fatoni, A., & Rendra, D. B. (2014). Perancangan prototype sistem kendali lampu menggunakan handphone android berbasis arduino. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, 1.
- Hidayat, A. R., & Basyirun, B. (2020). Pengaruh jenis oli bekas sebagai bahan bakar kompor pengecoran logam terhadap waktu konsumsi dan suhu maksimal pada pembakaran. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 5(2), 103–108.
- Hidayat, M. T., Afroni, M. J., & Sugiono, S. (2019). Rancang Bangun Pemanas Suhu Kandang Anak Ayam Broiler Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 2560. *Science Electro*, 10(1).
- Kusuma, M. H., Juarsa, M., Putra, N., Giarno, G., Antarikswan, A. R., Pambudi, Y. D. S., & Pramesywari, A. (2024). Thermal characteristics of vertical straight wickless-heat pipe with low temperature source. *AIP Conference Proceedings*, 3090(1).
- Nurdiansyah, M., Sinurat, E. C., Bakri, M., Ahmad, I., & Prasetyo, A. B. (2020). Sistem Kendali Rotasi Matahari Pada Panel Surya Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 1(2), 40–45.
- Pambudi, Y. D. S., Hatmoko, S., Antarikswan, A. R., & Kusuma, M. H. (2024). Thermal dynamics aspect identification of loop heat pipe with capillary tube wick using nonlinear autoregressive exogenous neural network. *Nuclear Engineering and Technology*, 56(12), 5145–5153.
- Prihatmoko, D. (2016). Perancangan dan implementasi pengontrol suhu ruangan berbasis mikrokontroller arduino uno. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 7(1), 117–122.
- Samsugi, S., & Suwantoro, A. (2018). Pemanfaatan Peltier dan Heater Sebagai Alat Pengontrol Suhu Air Pada Bak Penetasan Telur Ikan Gurame. *Conf. Inf. Technol*, 295–299.



Seniari, N. M., Adnyani, I. A. S., & Saputra, A. S. Y. (2020). Rancang Bangun Alat Ukur Rlc Meter Berbasis Arduino Mega. *Dielektrika*, 7(2), 106–117.

Setyo Pambudi, Y. D., Giarno, Hatmoko, S., Antariksawan, A. R., & Kusuma, M. H. (2024). Thermal dynamics aspect identification of loop heat pipe with capillary tube wick using nonlinear autoregressive exogenous neural network. *Nuclear Engineering and Technology*, 56(12), 5145–5153. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.net.2024.07.022>

Shafiuдин, S., & Kholis, N. (2017). Sistem Monitoring Dan Pengontrolan Temperatur Pada Inkubator Penetas Telur Berbasis PID. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(3).

Sunandar, D., Paronda, A. H., & Supratno, S. (2018). Analisa Stabilitas Temperatur Alumunium Pada Furnace Heater Mesin Casting Kurtz. *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*, 1(1).

Walangare, K. B. A., Lumenta, A. S. M., Wuwung, J. O., & Sugiarso, B. A. (2013). Rancang bangun alat konversi air laut menjadi air minum dengan proses destilasi sederhana menggunakan pemanas elektrik. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 2(2).

Yusuf, M., & Isnawaty, R. R. (2016). Implementasi Robot Line Follower Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Metode Proportional–Integral–Derivative Controller (PID). *Jurnal SemanTIK*, 2(1).