

PENGATURAN SUHU PEMANAS AIR MENGGUNAKAN KONTROL *PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE* (PID) BERBASIS ARDUINO UNO

Wan Nisa Sahira¹, Marzuarman², M. Afridon³, Zulkifli⁴

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis

wannisasahira@gmail.com¹, marzuarman@polbeng.ac.id², afridon@polbeng.ac.id³,
zulkifli@polbeng.ac.id⁴

Abstract

Technology in the industrial world is currently experiencing very rapid development. Over time the control system has become an important part of the work process in several industries. In the industrial world, there are many kinds of control system processes, one of which is the temperature control system. Water temperature control system is one of the most important applications. Therefore, an Arduino Uno-based water heater temperature control system is made with the PID method. The use of a heater found in the dispenser as a tool to heat water, then the water is heated as needed using an AC light dimmer that controls the heater, and the DS18B20 temperature sensor reads the temperature. The temperature is kept stable according to the setpoint controlled from 60-100 ° C by the PID control system. The test results of the fastest water heating time with parameter values K_p 6.5, K_i 0.08, K_d 0.1 are located at a temperature setpoint of 100 ° C, which is 6 minutes. In the 90 ° C temperature setpoint test results, it takes 7 minutes to heat water with a temperature stability value of 93.75, so a steady state error value of 3.75 is obtained.

Keywords: Temperature sensor, PID control, Arduino Uno, AC light dimmer, servo motor.

1. PENDAHULUAN

Teknologi di dunia industri pada saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Seiring waktu sistem kontrol telah menjadi bagian penting dalam proses kerja di beberapa industri. Dalam dunia industri banyak melibatkan berbagai macam proses sistem kontrol, seperti sistem kontrol gerak, sistem kontrol posisi, dan sistem kontrol suhu (Putra, Wijaya, & Budiastira, 2020). Oleh sebab itu diperlukan sebuah sistem kontrol yang dapat bekerja memenuhi kebutuhan akan sebuah sistem yang dapat menghadirkan pengontrolan dengan akurasi yang tinggi. Terdapat beberapa metode sistem pengendali yang ada saat ini. Salah satu metode sistem pengendali yang dapat menghasilkan keluaran yang baik adalah sistem kendali PID. PID adalah sebuah mekanisme kontrol umpan balik yang membutuhkan kendali yang bekerja secara terus-menerus. Ada beberapa masalah dalam sistem kontrol yang dapat dikelola dengan baik oleh sistem kontrol PID. Pengontrol PID menghitung nilai *error* $e(t)$ sebagai nilai perbandingan dari nilai acuan atau *setpoint* (SP), dan variabel proses (PV), yang akan dikoreksi berdasarkan nilai proporsional, integral, dan derivatif (disingkat sebagai PID) sebagaimana nama dari sistem ini. Sistem kendali PID juga akan digunakan pada pemanas air dispenser dalam penelitian ini. Sistem pengendalian suhu air merupakan salah satu aplikasi yang sangat penting dan sangat banyak digunakan pada sistem kendali tidak linier, pengendalian suhu air dengan sistem kontrol PID dilakukan dengan cara menentukan *setpoint* suhu air yang diinginkan dan kemudian menjaga suhu air tetap stabil dengan meminimalisir *error* (Ramadhani & Ramba, 2016).

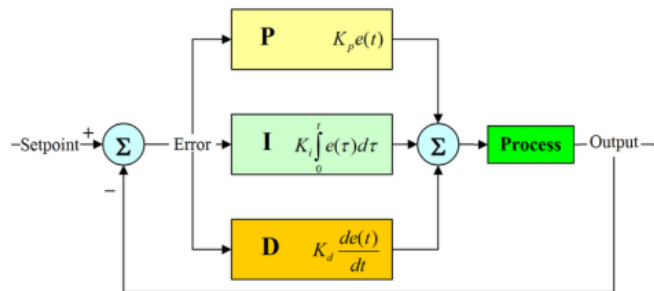
Sebelumnya dispenser hanya bisa memanaskan air, namun tidak dapat diketahui berapa suhu yang diinginkan apakah normal, hangat, atau panas. Seiring berkembangnya teknologi, maka dibutuhkan pembaharuan dalam bidang teknologi yang mampu mempermudah masyarakat dalam mengontrol suhu yang diinginkan pada dispenser.

Pada penelitian ini, penulis merancang sebuah sistem pengaturan suhu pemanas air berbasis Arduino Uno. Penggunaan *heater* yang terdapat pada dispenser sebagai alat untuk memanaskan air, kemudian air dipanaskan sesuai dengan kebutuhan menggunakan *AC light dimmer* yang mengontrol pemanas, dan sensor suhu DS18B20 membaca suhu. Suhu tetap terjaga kestabilannya sesuai dengan *setpoint* yang akan dikontrol oleh sistem kontrol PID.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Proportional Integral Derivative (PID)

Proportional Integral Derivative (PID) controller merupakan suatu pengendali yang berfungsi untuk menentukan tingkat presisi suatu sistem. Cirinya adalah adanya umpan balik (*feedback*) pada sistem tersebut. PID terdiri dari tiga komponen yaitu proporsional (P), integral (I), dan derivatif (D). Tiap komponen tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing dan dapat bekerja baik tersendiri maupun gabungan. Dalam perancangannya, ketiga komponen yang telah disebutkan di atas diatur sedemikian rupa sehingga sistem dapat memberikan tanggapan yang diinginkan sesuai dengan masukan yang diterima (Putra, Wijaya, & Budiastara, 2020). Gambar 2.1 menunjukkan blok diagram kontrol PID yang umum digunakan di industri. Kontrol *Proportional (P)*, *Integral (I)*, dan *Derivative (D)* dapat digunakan bersamaan secara paralel ataupun digunakan terpisah dengan tidak menggunakan salah satu komponen P, I atau D.



Gambar 2.1 Blok Diagram Kontrol PID

Sumber: (Wisnu, Wahjudi, & Nurhadi, 2016)

Pada blok diagram kontrol PID, *setpoint* sebagai target *output* untuk mencapai sistem yang diinginkan. Selanjutnya, parameter PID mengendalikan *input* masukan ke proses sehingga *output* proses sesuai dengan yang diinginkan. Persamaan nilai keluaran dari kontrol PID, dirumuskan sebagai (Wisnu, Wahjudi, & Nurhadi, 2016):

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

Persamaan (1) menjelaskan bahwa nilai keluaran $u(t)$, merupakan jumlah dari *gain proportional* (K_p), *gain integral* (K_i), dan *gain derivative* (K_d) yang masing-masing dipengaruhi oleh *error* (e) dalam selang waktu (t) tertentu.

1. Proportional control

Kontrol proporsional memiliki *output* yang sebanding atau proporsional dengan besar sinyal kesalahan (selisih antara nilai yang diinginkan dengan nilai aktualnya, *error*). Setiap perubahan pada sinyal *input* menyebabkan sistem langsung mengeluarkan sinyal keluar sebesar konstanta pengalinya (Wisnu, Wahjudi, & Nurhadi, 2016). Persamaan kontrol proporsional dirumuskan sebagai:

$$u(t) = K_p e(t) \quad (2)$$

K_p merupakan *gain proportional*, e adalah *error*, dan u merupakan nilai keluaran relatif terhadap waktu (t).

2. Integral control

Pengontrol integral berfungsi untuk menghilangkan *steady-state error* menjadi nol. Jika sebuah *plant* tidak mempunyai unsur *integrator* ($1/s$), pengontrol proporsional tidak mampu menjamin *output* sistem akan tepat sesuai respon yang diinginkan, sehingga dibutuhkan pengontrol integral (Wisnu, Wahjudi, & Nurhadi, 2016). Persamaan kontrol integral dirumuskan sebagai:

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (3)$$

K_i merupakan *gain integral*, e adalah *error*, dan u merupakan nilai keluaran relatif terhadap waktu (t).

3. Derivative control

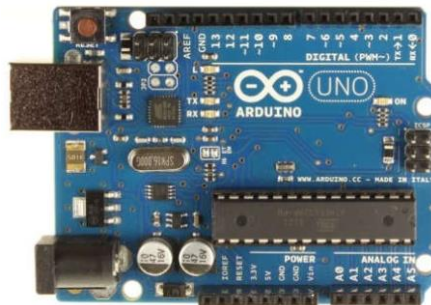
Besar *output* dari pengontrol derivatif memiliki sifat seperti operasi diferensial pada umumnya. Pengontrol derivatif menggunakan kecepatan perubahan sinyal kesalahan sebagai parameter pengontrol. Apabila tidak ada perubahan sinyal *error*, maka *output* dari kontrol derivatif tidak akan berubah (Wisnu, Wahjudi, & Nurhadi, 2016). Persamaan kontrol derivatif dirumuskan sebagai:

$$u(t) = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (4)$$

K_d merupakan *gain derivatif*, e adalah *error*, dan u merupakan nilai keluaran relatif terhadap waktu (t).

Arduino Uno

Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah *header* ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. Bentuk fisik dari Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Arduino Uno

Sumber: (Saghoa, Sompie, & Tulung, 2018)

Sensor DS18B20

DS18B20 adalah sensor temperatur digital yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler lewat antarmuka *1-wire*. Sensor ini dikemas secara khusus sehingga kedap air. Dengan kaber sepanjang 1 meter, penempatan komponen sensor elektronika ini dapat diatur secara fleksibel. *1-wire* hanya membutuhkan 1 kabel koneksi (selain *ground*) untuk mentransmisikan data. Bentuk fisik dari sensor suhu DS18B20 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sensor DS18B20 Waterproof
Sumber: (Setyaningsih & Rozaq, 2018)

Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *joule heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen. Gambar 2.4 menunjukkan bentuk fisik dari elemen pemanas yang terdapat pada dispenser.



Gambar 2.4 Elemen Pemanas
Sumber: (Harahap & Adam, 2021)

Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 Karakter

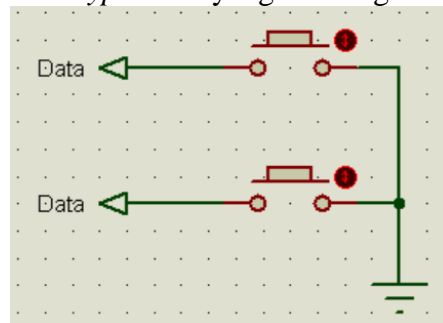
LCD 16x2 memiliki 16 nomor pin, dimana masing-masing pin memiliki tanda simbol dan juga fungsi-fungsinya. LCD 16x2 ini beroperasi pada *power supply* +5V, tetapi juga dapat beroperasi pada *power supply* +3V. Bentuk fisik dari LCD 16x2 yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 LCD 16x2
Sumber: (Soni & Suchdeo, 2012)

Keypad 1x2

Agar suhu dapat dinaikkan dan diturunkan maka *keypad* yang digunakan yaitu 1x2. Perintah yang bisa dilakukan oleh *keypad* ini hanya menaikkan dan menurunkan. Gambar 2.6 merupakan contoh rangkaian dari *keypad* 1x2 yang akan digunakan dalam perancangan alat ini.



Gambar 2.6 Rangkaian *Keypad* 1x2
Sumber: (Dokumentasi, 2023)

AC Light Dimmer

Dimmer AC merupakan *dimmer* yang bekerja menggunakan listrik AC dan biasanya digunakan untuk lampu, motor listrik AC, kipas angin, pompa air, mesin bor AC dan peralatan listrik yang menggunakan listrik AC lainnya yang terbuat dari kumparan, sedangkan *dimmer* AC bekerja pada listrik DC dan umumnya digunakan untuk motor DC. Bentuk fisik dari AC *light dimmer* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 AC *Light Dimmer*
Sumber: (Sangian, Poekoel, Litouw, & Robot, 2019)

Motor Servo MG995R

Jenis motor servo yang digunakan pada alat ini yaitu MG995R. Pengendali gerakan batang motor servo dapat dilakukan dengan menggunakan metode *pulsh width modulation* (PWM). Teknik ini menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengemudikan putaran motor. Lebar pulsa yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 mili detik akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90°. Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 mili detik maka akan memutar ke posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 mili detik maka poros motor servo akan berputar ke posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam). Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 mili detik untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya. Bentuk fisik dari motor servo MG995R yaitu pada Gambar 2.8.



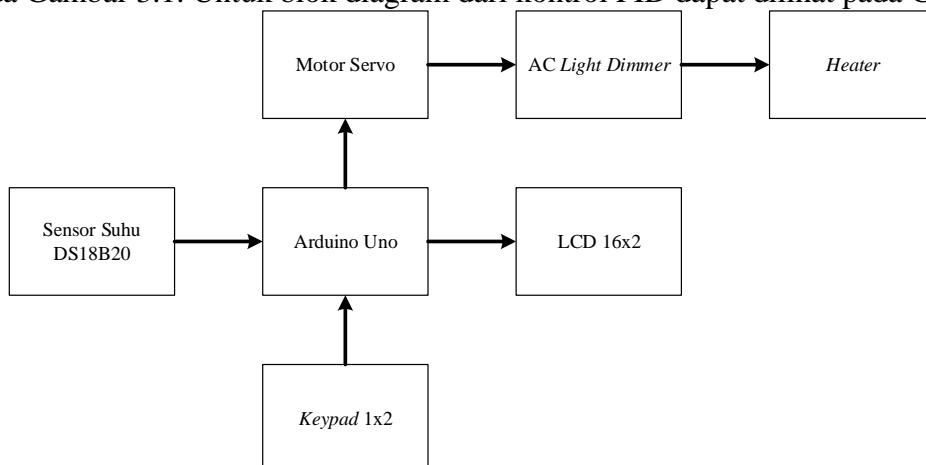
Gambar 2.8 Bentuk Fisik Motor Servo MG995R
Sumber: (Pawade, Bhalerao, & Pal, 2022)

3. METODE PENELITIAN

Pada tahap ini dimulai dengan perancangan sistem, kemudian dilanjutkan dengan perancangan *hardware* dan *software*. Berikut merupakan tahapannya.

Perancangan Sistem

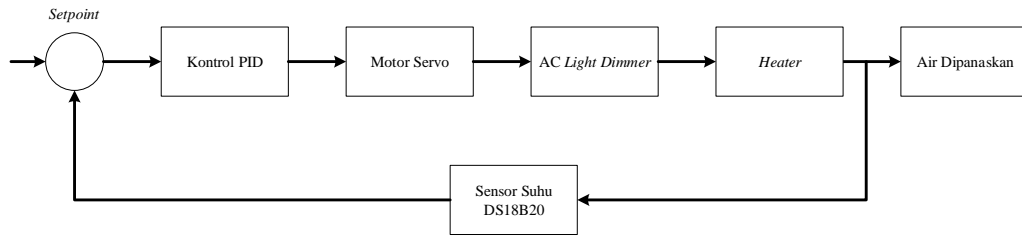
Sistem kerja dari alat ini berawal dari sensor suhu DS18B20 mendeteksi suhu awal pada air, kemudian suhu air diatur menggunakan *keypad* untuk menaikkan dan menurunkan nilai suhu sebagai *setpoint* kontrol PID, sinyal dikirimkan ke Arduino untuk dieksekusi menaikkan suhu air sesuai dengan nilai yang telah diatur. Arduino juga dibantu oleh kontrol PID untuk menghilangkan *error* dan mempertahankan *setpoint* yang diinginkan pada pembacaan suhu sensor. AC *light dimmer* yang digunakan untuk mengontrol panas pada *heater* memiliki potensio yang bekerja secara manual. Untuk mengendalikan potensio tersebut membutuhkan bantuan komponen lain yaitu motor servo dengan sudut putaran 180°. Sistem terus bekerja sampai dengan *setpoint* yang diinginkan. Setelah suhu sudah tercapai hasil pembacaan suhu ditampilkan pada LCD 16x2. Blok diagram dari sistem pengaturan suhu pemanas air menggunakan kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) berbasis Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 3.1. Untuk blok diagram dari kontrol PID dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Kerja Secara Umum
Sumber: (Dokumentasi, 2023)

Dapat dilihat pada Gambar 3.1, sensor suhu DS18B20 pada alat ini digunakan sebagai pembacaan suhu pemanas air yang kemudian sinyal akan dikirimkan ke Arduino Uno sebagai otak yang akan mengeksekusikan perintah. *Keypad* 1x2 pada alat ini digunakan untuk

menaikkan dan menurunkan nilai sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan, hasil dari pembacaan suhu akan ditampilkan pada LCD 16x2. Kemudian Arduino Uno memberikan perintah ke motor servo sebagai *output* untuk memutar potensiometer yang terpasang pada AC *light dimmer*, dimana tegangan keluaran membuat *heater* memanaskan air.



Gambar 3.2 Blok Diagram Kontrol PID

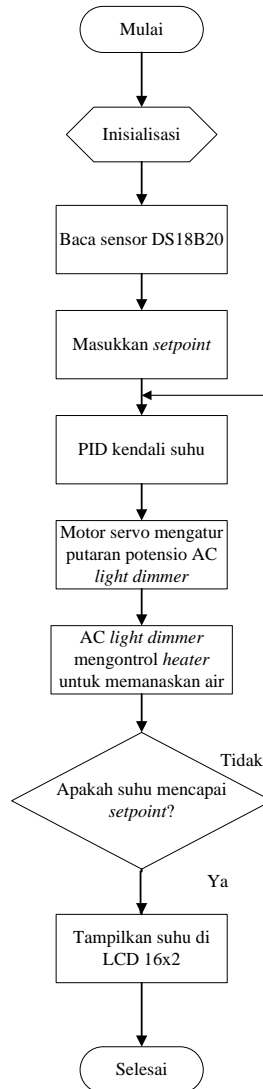
Sumber: (Dokumentasi, 2023)

Dapat dilihat pada Gambar 3.2, *setpoint* pada sistem ini berupa suhu yang sudah diatur sesuai kebutuhan dengan kontrol suhu mulai dari 60 °C sampai dengan suhu 100 °C. Kemudian kontrol PID mengolah *input* dan menghasilkan sinyal kontrol untuk mengatur putaran pada motor servo. Keluaran pada motor servo tidak bisa langsung digunakan untuk mengatur panas pada pemanas air, maka diperlukan rangkaian AC *light dimmer* yang mengatur tegangan 220 VAC menjadi tegangan keluaran sesuai dengan kebutuhan saat memanaskan air. Suhu panas pada pemanas air di-*feedback* melalui sensor suhu, jika pembacaan suhu sesuai dengan *setpoint* yang telah diatur maka sistem mempertahankan *setpoint*.

Perancangan Software

Dalam membuat rancangan sistem, ada beberapa tahap yang harus dilakukan agar perangkat dapat bekerja dengan maksimal sesuai prosedur yang diharapkan dan memiliki kelulusan antara rancangan dan perancangan. Untuk itu, disajikan *flowchart* sebagai bentuk deskripsi prosedur kerja alat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.

Penjelasan *flowchart* alat ini adalah diawali dengan mulai merupakan tahap awal dalam permulaan suatu sistem kerja alat, dalam tahap ini peralatan sudah siap dibuat ketahap berikutnya. Inisialisasi adalah proses pengecekan semua perangkat yang digunakan, sehingga dapat dipastikan semua peralatan dalam keadaan baik dan bisa dijalankan sesuai yang diharapkan. Baca sensor DS18B20 memastikan kondisi suhu awal air sebelum *setpoint* diatur. Masukkan *setpoint* untuk memberikan nilai suhu yang dicapai oleh kontrol PID dengan nilai $SP=60^{\circ}$, jika tidak tercapai maka dilakukan pembacaan suhu kembali. Selanjutnya, PID memulai perhitungan untuk mencapai *setpoint* suhu yang diinginkan. Motor servo mengatur putaran potensiometer AC *light dimmer*, motor servo bekerja secara otomatis memutar potensiometer yang terdapat pada AC *light dimmer* hingga mencapai panas yang diinginkan. AC *light dimmer* mengontrol *heater* untuk memanaskan air, pemanas terus dipanaskan sampai dengan suhu yang diinginkan. Jika ya, suhu telah mencapai *setpoint* yang diinginkan maka sistem mempertahankan suhu di *setpoint* dan suhu ditampilkan pada LCD, jika tidak, maka sistem terus berulang mulai dari PID kendali suhu. Kemudian, suhu ditampilkan pada LCD setelah proses telah mencapai *setpoint*.

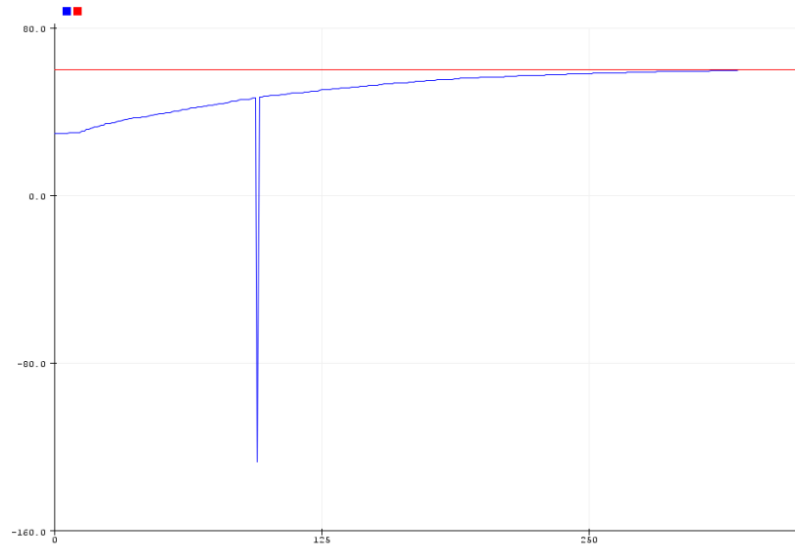


Gambar 3.3 *Flowchart* Sistem Kerja

Sumber: (Dokumentasi, 2023)

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

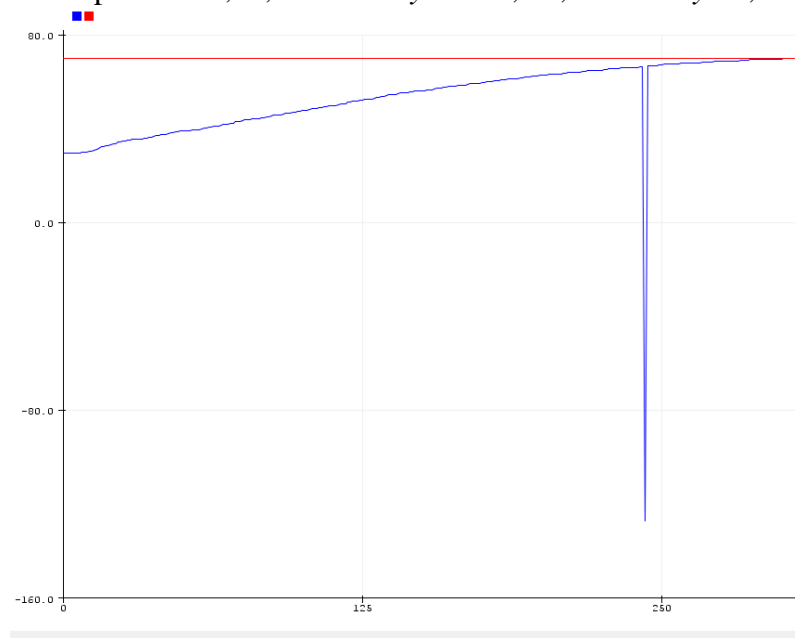
Pengujian sistem pengaturan suhu pemanas air dilakukan dengan memberikan *setpoint* secara bertahap. Pengujian juga dilakukan dengan nilai $K_p= 6,5$, $K_i= 0,08$, $K_d= 0,1$. Pengaturan suhu hanya bisa dilakukan dengan *range* pengaturan suhu dari $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dikarenakan tegangan keluaran pada *AC light dimmer* dapat berubah walaupun menggunakan potensio, sehingga membuat suhu di bawah $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ sulit mencapai *setpoint*. Pemanas menyala dengan tegangan keluaran yang diatur oleh motor servo dengan sudut 0° - 180° . Pada pengujian ini maka diperoleh nilai yang tepat untuk parameter K_p , K_d , dan K_i sehingga dapat diperoleh sebuah sistem kendali dengan respon sistem yang optimal.



Gambar 4.1 Grafik Pengujian *Setpoint* 60 °C

Sumber: (Dokumentasi, 2023)

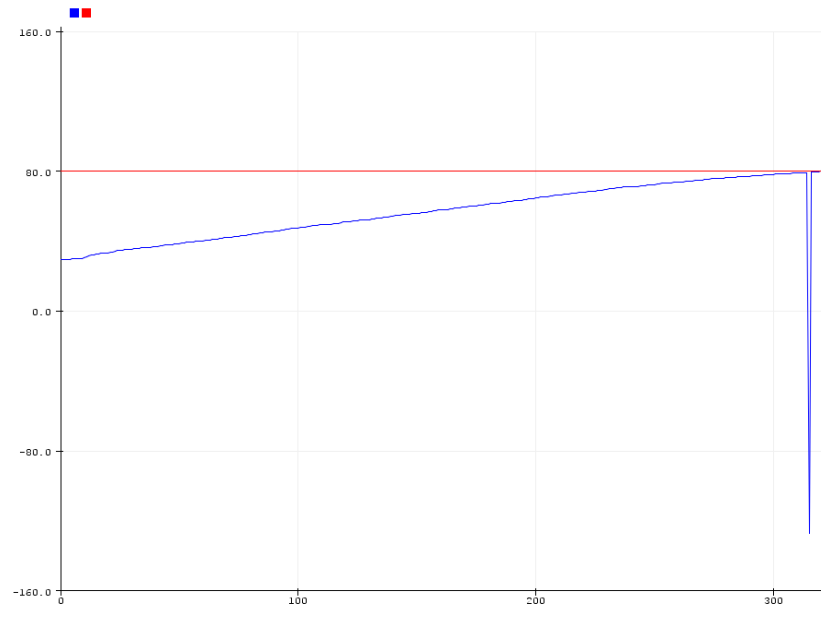
Pada Gambar 4.1 menunjukkan grafik hasil pengujian, untuk nilai *setpoint* 60 °C dengan suhu awal 30,00 °C waktu yang diperlukan untuk suhu mencapai *setpoint* yaitu 7 menit. Maka diperoleh nilai *time respon* = 319,87, *time steady* = 372,30, *time delay* 95,32.



Gambar 4.2 Grafik Pengujian *Setpoint* 70 °C

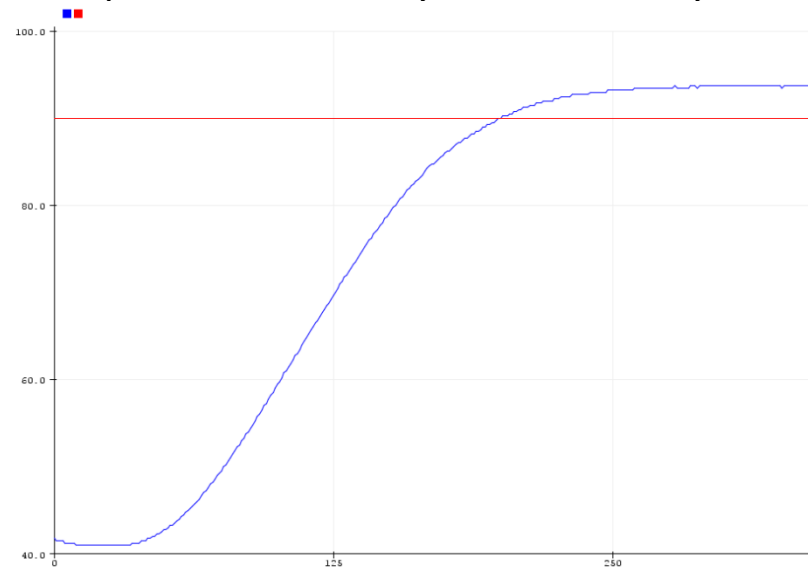
Sumber: (Dokumentasi, 2023)

Pada Gambar 4.2 menunjukkan grafik hasil pengujian, untuk nilai *setpoint* 70 °C dengan suhu awal 29,50 °C waktu yang diperlukan untuk suhu mencapai *setpoint* yaitu 7 menit. Maka diperoleh nilai *time respon* = 373,50, *time steady* = 277,84, *time delay* = 415,68.



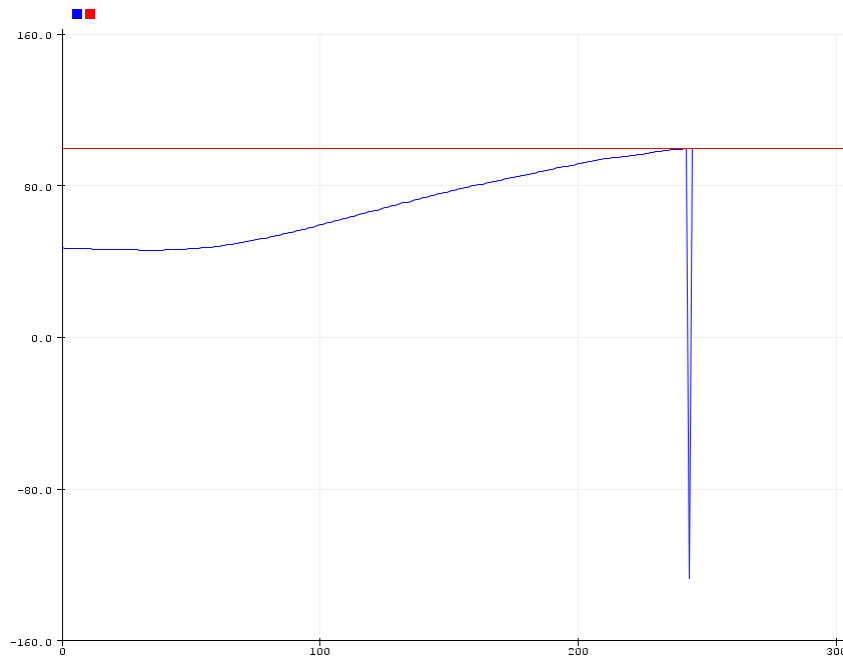
Gambar 4.3 Grafik Pengujian *Setpoint* 80 °C
Sumber: (Dokumentasi, 2023)

Pada Gambar 4.3 menunjukkan grafik hasil pengujian, untuk nilai *setpoint* 80 °C dengan suhu awal 29,75 °C waktu yang diperlukan untuk mencapai *setpoint* yaitu 7 menit. Maka diperoleh nilai *time respon* = 375,93, *time steady* = 416,56, *time delay* = 185,10.



Gambar 4.4 Grafik Pengujian *Setpoint* 90 °C
Sumber: (Dokumentasi, 2023)

Pada Gambar 4.4 menunjukkan grafik hasil pengujian, untuk nilai *setpoint* 90 °C dengan suhu awal 41,00 °C waktu yang diperlukan untuk mencapai *setpoint* yaitu 7 menit. Maka diperoleh nilai *time respon* = 212,37, *time steady* = 363,07, *stady state error* = 3,75. Suhu stabil yang didapatkan yaitu 93,75 °C.



Gambar 4.5 Grafik Pengujian *Setpoint* 100 °C
Sumber: (Dokumentasi, 2023)

Pada Gambar 4.5 menunjukkan grafik hasil pengujian, untuk nilai *setpoint* 100 °C dengan suhu awal 46,00 °C waktu yang diperlukan untuk mencapai *setpoint* yaitu 6 menit. Maka diperoleh nilai *time respon* = 253,38, *time steady* = 322,39, *time delay* = 162,22.

Dari data grafik yang telah didapat untuk nilai *Kp* yang besar mempercepat pencapaian *setpoint* serta nilai *Ki* yang besar membantu menghasilkan respon lebih stabil. Dari beberapa data grafik yang diambil, pada suhu 60 °C memiliki *setpoint* yang stabil walaupun ada gangguan. Gangguan ini berupa motor servo yang *input VCC* dan *GND* nya diambil langsung pada Arduino Uno, sehingga saat terjadi perubahan posisi sudut, grafik suhu turun. Pengujian yang dilakukan pada *setpoint* suhu 90 °C memiliki suhu stabil di atas *setpoint* sehingga hasil grafik terdapat *error* 3,75. Waktu respon tercepat saat suhu naik mencapai *setpoint* juga terdapat pada suhu 90 °C.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam pembuatan tugas akhir ini telah didapatkan bagaimana cara kerja alat pengaturan suhu pemanas air sesuai dengan rancangan pengontrolan PID. Dari data grafik yang dihasilkan maka dapat disimpulkan, *Setpoint* suhu 60 °C dimulai dari suhu normal yaitu 30,00 °C membutuhkan waktu 7 menit untuk mencapai *setpoint*. Grafik hasil pengujian *setpoint* 90 °C diperoleh suhu stabil di atas *setpoint* yaitu 93,75 °C sehingga *stady state error* yang dihasilkan 3,75. Dengan nilai parameter *Kp* 6,5, *Ki* 0,08, *Kd* 0,1 waktu tercepat saat sistem mencapai *setpoint* terdapat pada suhu 100 °C dengan waktu 6 menit.

Saran yang dapat diberikan pada alat ini adalah sebaiknya menggunakan AC *light dimmer* dengan tegangan keluaran dapat diatur dan hasilnya stabil. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan air yang sedikit, diharapkan untuk pengembangan selanjutnya, dapat meningkatkan kapasitas pemanas air sehingga air dapat dipanaskan dengan jumlah yang banyak.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Harahap, P., & Adam, M. (2021). Efisiensi Daya Listrik Pada Dispenser Dengan Jenis Merk Yang Berbeda Menggunakan Inverter. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 4(1), 37-42.
- Pawade, S., Bhalerao, B., & Pal, P. (2022). Robot Arm With Smartphone Control. *International Research Journal Of Engineering And Technology (IRJET)*, 09(06), 2926-2929.
- Putra, I. P., Wijaya, I. A., & Budiastra, I. (2020). Perancangan Sistem Pemanas Air Menggunakan Sistem Kendali PID. *Jurnal Spektrum*, 7(1), 116-122.
- Ramadhani, A., & Ramba, L. S. (2016). Sistem Pengaturan Suhu Air Menggunakan Kendali PID Berbasis LabView. *TELEKONTRAN*, 4(2), 35-46.
- Saghoa, Y. C., Sompie, S. R., & Tulung, N. M. (2018). Kotak Penyimpanan Uang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(2), 167-174.
- Sangian, J. R., Poekoel, V. C., Litouw, J., & Robot, R. F. (2019). Pengendalian Kelembaban Ruang Pengerih Hibrida pada Proses Pengeringan Bawang Merah. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 8(2), 51-57.
- Setyaningsih, N. Y., & Rozaq, I. A. (2018). Karakterisasi Sensor LM35 Waterproof Untuk Mengetahui Kulit Air Sungai Akibat Limbah Industri Berbasis IOT. *Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNISBANK (SENDI_U)*, (pp. 166-170). Semarang.
- Soni, P., & Suchdeo, K. (2012). Exploring The Serial Capabilities For 16x2 LCD Interface. *International Journal Of Emerging Technology And Advanced Engineering*, 2(11), 109-112.
- Wisnu, D., Wahjudi, A., & Nurhadi, H. (2016). Perancangan Sistem Kontrol PID untuk Pengendali Sumbu Azimuth Turret pada Turret-gun Kaliber 20mm. *Jurnal Teknik ITS*, 5 (2), A512-A516.