



Temperature Control System for Water Heater with Servo Valve using PID Method

Sistem Pengendalian Suhu Pada Pemanas Air Dengan Servo Valve Menggunakan Metode PID

Pranda Prasetyo, Ir. Achmad Komarudin, MMT, Drs. Agus Pracoyo, M.T

e-mail: prandaprasetyo10@gmail.com, achmad.komarudin@polinema.ac.id, agus.pracoyo@polinema.ac.id

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

*Makalah: Diterima 18 October 2023; Diperbaiki 21 October 2023; Disetujui 17 December 2023
Corresponding Author: Pranda Prasetyo*

Abstrak

Di daerah dingin, air panas merupakan kebutuhan yang penting. Umumnya air hangat atau panas digunakan untuk mandi, mencuci, atau keperluan rumah tangga lainnya. Secara umum, ada berbagai jenis pemanas air jika dilihat pada sumber energinya, beberapa di antaranya menggunakan tenaga surya, gas, dan listrik. Pada penelitian ini dibuat sistem pemanas air dengan mengatur air masukan menggunakan servo valve, sehingga diharapkan pemanasan air bekerja lebih cepat dan performa yang dihasilkan bisa lebih stabil. Semakin kecil sudut servo, semakin cepat pemanasan air terjadi. Suhu yang diharapkan adalah antara 30 dan 60 °C. Sistem ini menggunakan metode PID untuk mengontrol suhu. Dari hasil pengujian kontrol PID terhadap sampel data, nilai set point sebesar 40°C dengan nilai $K_p = 0.02$, nilai $K_i = 0.5$ dan nilai $K_d = 0.1$. suhu yang telah diberikan kontrol PID berusaha mempertahankan suhu set point yang telah diatur yaitu 40 °C . Dengan nilai K_p, K_i , dan K_d diatas suhu dapat mencapai setpoint dengan waktu (\pm) 30 menit.

Keyword: Pemanas Air, Sistem kendali, PID

Abstract

In cold areas, hot water is an essential requirement. Generally warm or hot water is used for bathing, washing, or other household purposes. In general, there are various types of water heaters when viewed from the source of energy, some of which use solar, gas and electricity. In this study, a water heating system was created by adjusting the input water using a servo valve, so it is expected that the water heating will work faster and the resulting performance can be more stable. The smaller the servo angle, the faster the water heating occurs. The expected temperature is between 30 and 60 °C. This system uses the PID method to control the temperature. From the results of the PID control test on sample data, the set point value is 40 °C with a K_p value = 0.02, a T_i value = 80 and a T_d value = 20. The temperature that has been given by the PID control tries to maintain the set point temperature which has been set at 40 °C . With values of K_p, T_i , and T_d above the temperature can reach the setpoint within (\pm) 30 minutes.

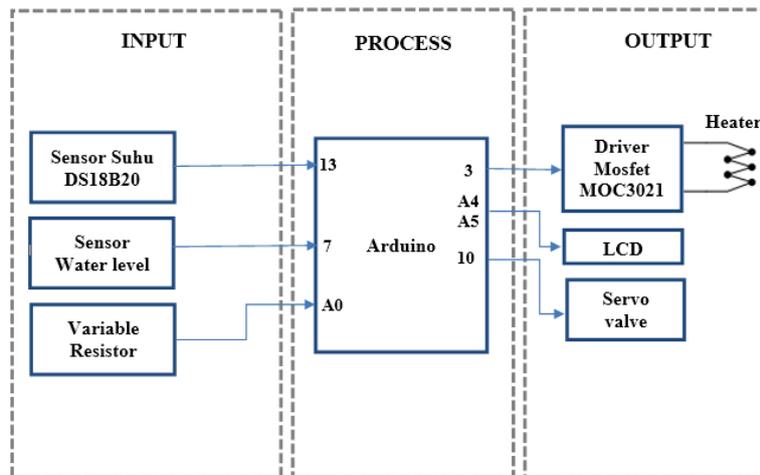
Keyword: Water heater, control system, PID

1. Pendahuluan

Saat ini, air panas merupakan kebutuhan manusia yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Air panas atau hangat seringkali diperlukan untuk mandi, terutama bagi orang yang tinggal di daerah dingin. Untuk memanaskan air, banyak orang menggunakan pemanas air atau water heater. Secara umum dari sumber energinya, water heater memiliki banyak jenis, ada yang menggunakan energi surya, gas dan sebagian besar menggunakan listrik. Namun seringkali terjadi suhu air keluar dari water heater tidak stabil, kadang panas, agak panas dan kadang kurang panas. Oleh karena itu diperlukan cara agar suhu air tetap stabil karena jumlah air yang dibutuhkan tubuh manusia juga berbeda-beda, terkadang tubuh membutuhkan air panas, sedang dan dingin tergantung cuaca dan kebutuhan yang diinginkan. Berawal dari permasalahan tersebut, penulis mencoba mencari solusi dengan menulis penelitian tentang sistem pengatur suhu pada water heater dengan servo valve menggunakan metode PID.

2. Metode Penelitian

2.1 Perancangan *Hardware*



Gambar 2.1 Hardware Design

Pada Gambar 2.1 nampak rangkaian dan hubungan dari tiap komponen. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino. Penjelasan dari masing-masing blok sistem pengendali suhu pada tangki pemanas air adalah sebagai berikut:

a. *Input*

- Sensor suhu termocouple berfungsi untuk mengukur suhu air. Sinyal output sensor yang berupa sinyal analog langsung dihubungkan ke ADC. Sensor termocouple terhubung pada Arduino pin 4,5,6.
- Potensio berfungsi untuk memasukkan nilai set point suhu. Set poin yang bisa di setting yaitu pada suhu 30-60 derajat celcius. Potensio terhubung pada Arduino pin A0.
- Sensor water level berfungsi untuk mendeteksi ketinggian air agar kapasitas air dalam tangki tetap penuh supaya elemen pemanas tidak terbakar.

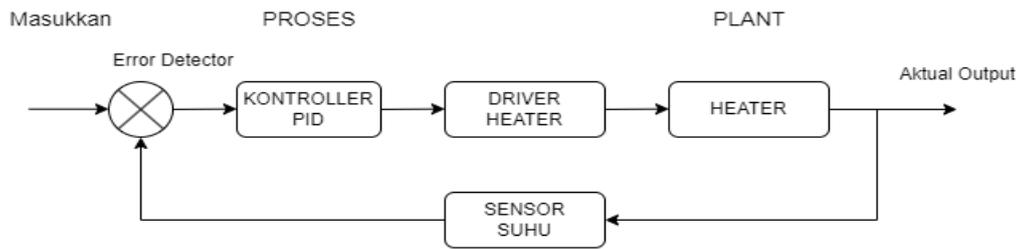
b. *Process*

- Mikrokontroler Arduino yang berfungsi sebagai pusat pengendali untuk mengaplikasikan sistem kendali PID, mengolah sinyal yang diterima dari sensor suhu, menampilkan nilai suhu pada penampil LCD dan menghasilkan output kendali yang menggunakan bahasa C++ sebagai bahasa pemrograman.

c. *Output*

- *Driver* MOSFET MOC3021 (pengendali tegangan AC) berfungsi untuk mengendalikan tegangan AC yang diberikan ke elemen pemanas air. *Driver* ini terhubung pada Arduino pin 3.
- *Heater* (pemanas) berfungsi sebagai pennghasil energi panas yang digunakan untuk memanaskan suhu air di dalam tangki pemanas dan akan terus menjaga suhu air pada nilai suhu yang diinginkan. Elemen pemanas air akan mendapatkan masukan tegangan selama suhu air belum mencapai nilai set point suhu. Heater terhubung pada Arduino pin 3.
- Servo Valve berfungsi sebagai aktuator yang mengontrol aliran air dalam sistem ini dengan membuka, menutup, mengecilkan atau membesarkan arusnya. Servo valve terhubung pada arduino Pin 10.
- LCD 20x4 berfungsi untuk menampilkan parameter yang dikontrol seperti suhu air yang terbaca, suhu set poin, sudut servo dan *water level*

2.2 Blok Diagram Prerancangan PID



(Gambar 2.2 Blok diagram PID)

Prinsip kerja dari alat pemanas air ini yaitu ketika tombol power on dinyalakan maka sensor water level akan mendeteksi ketinggian air pada tabung. Set poin suhu dapat diatur menggunakan potensio. Rentang suhu dari 30-60 derajat celcius. Kemudian jika sensor water level dalam kondisi on (air tidak penuh) maka servo valve membuka 90 derajat dan air dingin akan masuk kedalam tabung. Lalu jika water level sudah dalam kondisi off (air penuh) maka servo valve akan menutup kembali dan elemen heater akan aktif. Perubahan suhu akan dibaca oleh sensor suhu dan akan ditampilkan pada LCD. Jika air sudah mencapai setpoint maka heater akan off algoritma PID akan bekerja untuk menstabilkan suhu apabila terjadi penurunan suhu terhadap *disturbance* atau gangguan yaitu saat air digunakan atau saat pengisian ulang air dingin kedalam tabung.

2.3 Perancangan Mekanik

Spesifikasi Mekanik

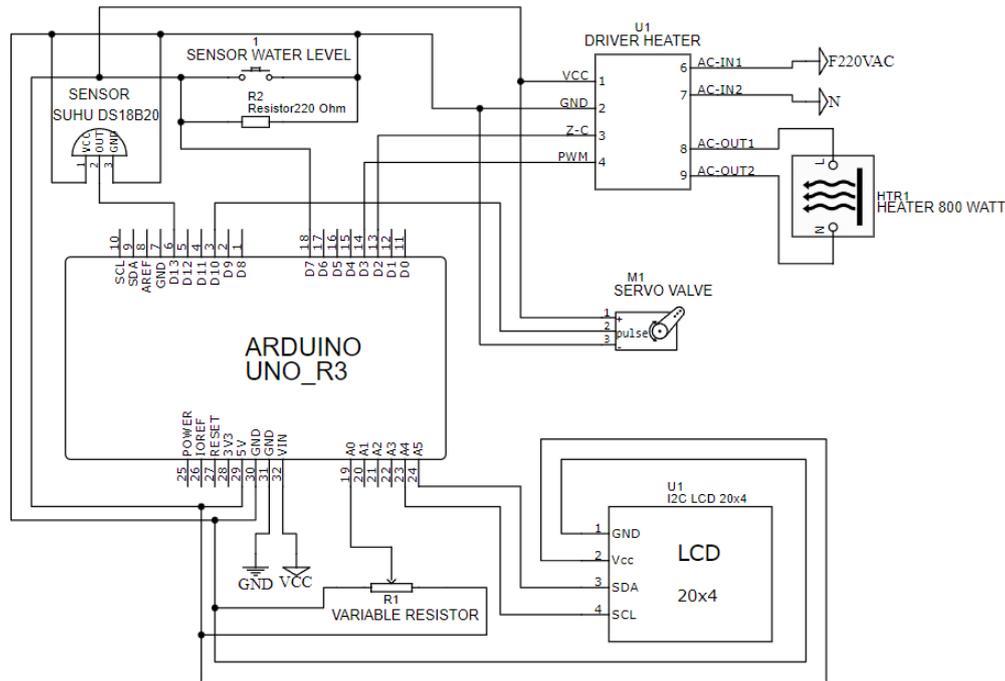
- Panjang : 40 cm
- Lebar : 60 cm
- Tinggi : 100 cm
- Bahan kerangka : Besi siku
- Bahan tabung : Aluminium
- Berat total : 6 kg
- Volume tabung : 10 liter
- Jenis Pipa : PVC 1/2" inc



(Gambar 2.3 Hasil jadi alat pemanas air)

2.4 Perancangan Rangkaian Elektrik

Perancangan elektrik mikrokontroler melibatkan pengaturan dan interkoneksi komponen yang diperlukan untuk menghubungkan mikrokontroler dengan perangkat input dan output. Dalam perancangan elektrik mikrokontroler, penggunaan PCB (Printed Circuit Board) yang dirancang khusus dapat membantu menyederhanakan koneksi dan memperbaiki keandalan sistem. Berikut hasil dari perancangan rangkaian elektrik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.



(Gambar 2.4 Desain Rangkaian Elektrik)

Tabel 2.1: Penjelasan PIN Pada Rangkaian Elektrik

PIN	Keterangan
A0	Terhubung dengan variabel resistor
A4	Terhubung dengan pin SDA I2C pada LCD
A5	Terhubung dengan pin SCL I2C pada LCD
2	Terhubung dengan pin zc (zero crossing) driver heater
3	Terhubung dengan pin pwm driver heater
13	Terhubung dengan sensor suhu Ds18b20
7	Terhubung dengan sensor water level
10	Terhubung dengan servo valve

2.5 Perancangan Software

Perancangan software untuk alat pemanas air dengan PID dan servo valve melibatkan pengembangan algoritma kontrol yang tepat untuk menjaga suhu air pada setpoint yang diinginkan. Salah satu langkah penting dalam perancangan software adalah implementasi algoritma PID (Proportional-Integral-Derivative) yang dapat menghitung dan mengatur sinyal kontrol untuk servo valve berdasarkan perbedaan antara suhu aktual dan setpoint. Selain itu, dalam perancangan software, perlu juga dipertimbangkan pembacaan sensor suhu untuk mendapatkan data aktual suhu air dan menggunakannya sebagai umpan balik bagi algoritma PID. Pada perancangan software, pemantauan suhu dan informasi status lainnya dapat ditampilkan melalui antarmuka pengguna yang intuitif, seperti layar LCD untuk melihat parameter yang digunakan. Penting untuk menguji dan memvalidasi perancangan software yang dikembangkan dengan menggunakan skenario uji yang berbeda untuk memastikan kestabilan dan kinerja yang diinginkan pada alat pemanas air yang menggunakan PID dan servo valve.



(Gambar 2.5 flowchart cara kerja alat)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian dan analisa potensio sebagai set point

Pada pengujian dan analisa potensio sebagai set poin suhu untuk alat pemanas air, nilai potensio dari 0 sampai 1023 akan dikonversi menjadi rentang suhu antara 30 hingga 60 derajat Celsius. Dalam pengujian ini, potensio digunakan sebagai pengatur suhu pada alat pemanas air. Dengan mengubah posisi potensio, nilai resistansi akan berubah, yang kemudian akan dikonversi menjadi rentang suhu yang diinginkan. Rentang suhu 30 hingga 60 derajat Celsius dipilih untuk pengujian ini karena merupakan kisaran suhu yang umum digunakan dalam pemanasan air untuk berbagai keperluan. Selanjutnya dilakukan pengujian potensio dalam rentang yang telah ditentukan dan nilai resistansi yang sesuai akan dikonversi menjadi suhu dalam rentang yang diinginkan. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengatur suhu air yang diinginkan dengan

memutar potensio pada alat pemanas air tersebut. Berikut hasil pengujian potensio sebagai setpoint yang ditunjukkan pada Gambar 3.1

```

potensio_konversi
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Inisialisasi objek LCD dengan alamat I2C
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Alamat I2C LCD: 0x27, 16 kolom, 2 baris

const int potPin = A0; // Pin untuk membaca nilai potensio
int potValue = 0; // Variabel untuk menyimpan nilai potensio

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Inisialisasi Serial Monitor dengan baud rate 9600
  lcd.begin(16, 2); // Inisialisasi LCD dengan 16 kolom dan 2 baris
  lcd.print("Nilai Potensio:"); // Tampilkan pesan awal pada LCD
  lcd.setCursor(0, 1); // Pindah ke baris kedua
}

void loop() {
  potValue = analogRead(potPin); // Membaca nilai potensio dari pin A0
  int convertedValue = map(potValue, 0, 1023, 30, 60); // Mengkonversi nilai potensio

  lcd.setCursor(0, 1); // Pindah ke baris kedua
  lcd.print(" "); // Menghapus nilai sebelumnya pada LCD
  lcd.setCursor(0, 1); // Pindah ke baris kedua
  lcd.print(convertedValue); // Menampilkan nilai potensio yang telah dikonversi pada LCD
  Serial.println(convertedValue); // Mengirim nilai potensio melalui Serial Monitor
  delay(100); // Memberi jeda sebelum membaca nilai potensio lagi
}

```

Serial Monitor (COM8) output:

```

08:56:01.462 -> 40
08:56:01.555 -> 40
08:56:01.650 -> 40
08:56:01.742 -> 40
08:56:01.884 -> 40
08:56:01.977 -> 40
08:56:02.070 -> 40
08:56:02.162 -> 40
08:56:02.256 -> 40
08:56:02.350 -> 40
08:56:02.492 -> 40
08:56:02.585 -> 40
08:56:02.677 -> 40
08:56:02.770 -> 40
08:56:02.868 -> 40
08:56:02.957 -> 40
08:56:03.086 -> 40
08:56:03.178 -> 40
08:56:03.271 -> 40
08:56:03.364 -> 40
08:56:03.506 -> 40
08:56:03.599 -> 40
08:56:03.693 -> 40

```

(Gambar 3.1 Pengujian Potensio)

3.2 Pengujian dan analisa Sensor DS18B20

Pada tahap pengujian, sensor DS18B20 dihubungkan dengan Arduino menggunakan protokol OneWire. Kemudian, sensor ditempatkan di dalam ruangan dengan suhu yang diketahui. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai suhu yang terbaca oleh sensor dengan nilai suhu yang diukur menggunakan termometer referensi yang terkalibrasi dengan baik.



(Gambar 3.2 tampilan suhu pada LCD dan termometer)

Tabel 3.1 Hasil pengujian sensor suhu

Sensor Suhu	Thrmometer	Error
25,5	25	0,5
26	26,5	0,5
28	29	-1
29,5	30,2	0,7
30	30,7	0,7
32,5	33,5	1
34,5	35,4	0,9
36	37,8	1,8
38	38,9	-0,9
40	40,5	-0,5
Rata Rata Error		0,37

Hasil dari pengujian dan analisis ini digunakan untuk menilai kualitas dan performa sensor DS18B20. sensor menunjukkan akurasi tinggi, stabilitas yang baik, dan respon yang cepat terhadap perubahan suhu, maka sensor dianggap dapat diandalkan untuk berbagai aplikasi yang memerlukan pengukuran suhu yang akurat.

3.3 Pengujian Servo Valve

Pengujian servo valve dilakukan dengan menguji berbagai tingkat pembukaan servo valve dan memonitor aliran air masukan yang dihasilkan. Hal ini bertujuan untuk memastikan servo valve mampu mengontrol aliran air dengan presisi dan kestabilan yang diinginkan. Data pengujian termasuk tingkat pembukaan servo valve dan aliran air masukan yang dihasilkan akan direkam dan dianalisis. Pengujian ini akan memastikan bahwa servo valve dapat bekerja secara responsif, akurat, dan konsisten dalam mengatur aliran air masukan ke wadah pemanas. Selain itu, pengujian juga akan melibatkan pemantauan tekanan air, suhu, dan performa alat pemanas air secara keseluruhan. Hal ini akan membantu mengevaluasi kemampuan servo valve dalam menjaga keseimbangan aliran air masukan dan memastikan pengoperasian yang efisien dan aman. Berikut hasil pengujian servo valve s

Tabel 3.2 Hasil pengujian servo valve

Pengaris Busur	Sudut Servo	Error
0°	0°	0%
30°	28°	1.6%
60°	59°	1.6%
90°	88°	2.2%
120°	118°	1.6%
150°	147°	2%
180°	178°	1.1%
Rata Rata Error		1.6%

3.4 Pengujian Kontrol PID

Pada pengujian dan analisa kontrol PID, tujuan utamanya adalah untuk mengevaluasi kinerja kontroler PID dalam mengendalikan sistem atau proses secara presisi dan responsif. Pada langkah pertama pengujian PID menggunakan metode Ziegler-Nichols, dilakukan uji tanggapan sistem untuk mencari nilai T (periode) dan L (amplitudo atau level tanggapan) yang diperlukan. Dari hasil pengujian diketahui nilai L=40 dan T=1800. Setelah mendapatkan nilai T dan L, nilai tersebut dapat digunakan dalam rumus tabel Ziegler-Nichols metode 1 untuk menentukan parameter awal kendali PID. Berikut perhitungan nilai Kp Ki dan Kd.

$$Kp = 1,2 \frac{40}{1800} = 0,02 \dots\dots\dots (3.1)$$

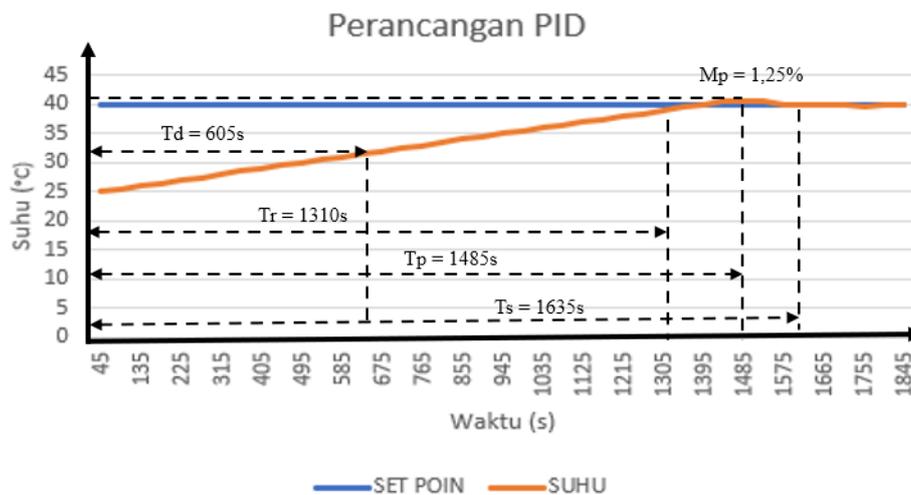
$$Ti = 2 \times 40 = 80 \dots\dots\dots (3.2)$$

$$Td = 0,5 \times 40 = 20 \dots\dots\dots (3.3)$$

Setelah nilaiTi dan Td sudah diketahui, maka konstanta Ki dan Kd dapat ditentukan.

$$Ki = 2 \times \frac{0,02}{80} = 0,0005 \dots\dots\dots (3.4)$$

$$Kd = 0,02 \times 20 = 0,4 \dots\dots\dots (3.5)$$



(Gambar 4.3 Grafik respon suhu)

Keterangan :

- Delay Time (Td) : 605s
- Rise Time (Tr) : 1310s
- Peak Time (Tp) : 1485s
- Settling Time (Ts) : 1635s
- Maximum Overshoot (Mp) : 1,25%
- Error Steady State (Ess) : $\left(\frac{40,5-40}{40}\right) \times 100\% = 1,2\%$
 $\left(\frac{39,5-40}{40}\right) \times 100\% = 1,2\%$

Pada gambar 4.3 berdasarkan grafik respon suhu kontrol PID terhadap sampel data, nilai setpoint sebesar 40°C dengan nilai $K_p = 2$, $K_d = 0.5$ $K_i = 0.1$ suhu yang telah diberikan kontrol PID berusaha mempertahankan suhu setpoint yang telah diatur yaitu 40 °C dan mengalami steady state error 1,2% atau 2,5 % . Dengan nilai K_p, K_i , dan K_d diatas suhu dapat mencapai setpoint dengan waktu kurang lebih 30 menit.

4. KESIMPULAN

Metode PID (Proportional-Integral-Derivative) adalah pendekatan kontrol yang efektif untuk menjaga suhu air pada tingkat yang diinginkan. nilai set point sebesar 40°C dengan nilai $K_p = 2$, $K_d = 0.5$ $K_i = 0.1$ suhu yang telah diberikan kontrol PID berusaha mempertahankan suhu setpoint yang telah diatur yaitu 40 °C dan mengalami steady state error 1,2% atau 2,5 % .alat ini dapat memanaskan suhu air dapat mencapai setpoint dengan waktu kurang lebih 30 menit. alat pemanas air ini telah berhasil menghasilkan kinerja yang baik dalam mempertahankan suhu setpoint, meskipun terdapat sedikit steady state error. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu setpoint juga relatif singkat. Namun, perlu diperhatikan bahwa peningkatan akurasi kontrol PID dan pengurangan steady state error dapat menjadi fokus pengembangan selanjutnya untuk mencapai performa yang lebih baik.

5. SARAN

Berdasarkan hasil pengujian pemanas air, disarankan agar elemen heater ditempatkan di bawah supaya suhu panas air dapat merata secara optimal. Dengan menempatkan elemen heater di bawah, panas akan disebarkan secara merata ke seluruh bagian air, menghasilkan air panas yang konsisten.

Sebagai harapan pengembangan alat, diharapkan agar pemanas air dapat dikembangkan dengan fitur-fitur tambahan yang meningkatkan efisiensi dan keamanan. Misalnya, penggunaan sensor suhu untuk mengontrol suhu air secara otomatis, indikator LED yang memberi tahu status pemanasan, dan penggunaan

bahan isolasi yang baik untuk mencegah kebocoran panas. Selain itu, integrasi dengan teknologi cerdas seperti Iot yang dapat memberikan kemudahan penggunaan dan monitoring jarak jauh. Dengan pengembangan ini, diharapkan pemanas air menjadi lebih efisien, aman, dan nyaman digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

References

- [1] Afra, Shafira , Nur Nur Wahyudin, Reza Vahlevi, Hendry Prayoga, and Novian. 2020. "S1 TEKNIK ELEKTRO." SISTEM KONTROL PEMANAS AIR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK 30-35.
- [2] Bahariawan, Amal. 2016. RANCANGBANGUN PEMANAS AIR TENAGA SURYA TIPE 171-174.
- [3] Firdaus, Ramadan , and Wildan Zulfikar. 2016. "S1 TEKNIK ELEKTRO." Pengontrol Suhu Ruangan menggunakan Metode PID Room Temperature Controller uses the PID 1-12.
- [4] Getu, Beza Negash. 2016. "Department of Electrical, Electronics and Communications Engineering (EECE)." Water Level Controlling System Using Pid Controller 11223-11227..
- [5] Lestari1, Poppy Dewi, and Abdul Hadi. 2012. "S1 TEKNIK ELEKTRO." Desain PI Controller menggunakan Ziegler Nichols Tuning pada Proses Nonlinier Multivariabel 439-446.
- [6] Muizz, Muchammad Nur Fatah. 2019. "S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya." RANCANG BANGUN PENGENDALIAN LEVEL AIR OTOMATIS PADA TANGKI DENGAN 1.
- [7] Pratomo, Teguh Budi, Andi Dharmawan, Akhmad Syoufian, and Tri Wahyu Supardi4. 2013. "S1 TEKNIK ELEKTRO." Purwarupa Sistem Kendali Suhu dengan Pengendali PID pada Sistem Pemanas dalam Proses Refluks/Distilasi 13-33.
- [8] Rokhmanila, Siti , and Vandiansyah. 2015. "S1 Teknik Elektro ." RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI LAJU ALIR FLUIDA PADA DUAL RESERVOIR BERBASIS ARDUINO-LABVIEW 1-16.
- [9] Sampurno, Bambang , Arief Abdurrahman, and Herry Sufyan Hadi. 2015. "S1 Teknik Mesin." Sistem Kendali PID pada Pengendalian Suhu untuk Kestabilan Proses Pemanasan Minuman Sari Jagung 1-7.
- [10] Wintresnanto, Ery Hernawan. 2014. "S1 Teknik Elektro." APLIKASI SISTEM KENDALI PID PADA TANGKI PEMANAS AIR SEBAGAI TEKNOLOGI PEMANAS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA32 26-35.