SKRIPSI

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PEMANAS AIR OTOMATIS MENGGUNAKAN *PID CONTROLLER* BERBASIS MIKROKONTROLER

Oleh:

KAROLUS RICARDO CIPUTRA

5103022016

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA

SURABAYA

2026

SKRIPSI

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PEMANAS AIR OTOMATIS MENGGUNAKAN *PID CONTROLLER* BERBASIS MIKROKONTROLER

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro

Oleh:

KAROLUS RICARDO CIPUTRA

5103022016

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA

SURABAYA

2026

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan skripsi ini sepenuhnya merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali jika dinyatakan dalam teks. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa laporan skripsi ini adalah hasil karya orang lain, saya menyadari dan menerima konsekuensi bahwa laporan ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 25 Juni 2026

Mahasiswa yang bersangkutan

Karolus Ricardo Ciputra

NRP. 5103022016

LEMBAR PERSETUJUAN

Naskah skripsi berjudul **"PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PEMANAS AIR OTOMATIS MENGGUNAKAN *PID CONTROLLER* BERBASIS MIKROKONTROLER"** yang ditulis oleh **Karolus Ricardo Ciputra / 5103022016** telah disetujui dan diterima untuk diajukan ke Tim penguji.

Pembimbing I:

Ir. Albert Gunadhi, ST., MT., IPU., ASEAN Eng.

NIK. 511.94.0209

Pembimbing II:

Ir. Yuliati, S.Si., MT, IPU, ASEAN Eng.

NIK. 511.99.0402

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh **Karolus Ricardo Ciputra / 5103022016** dengan judul **PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PEMANAS AIR OTOMATIS MENGGUNAKAN *PID CONTROLLER* BERBASIS MIKROKONTROLER** telah disetujui pada tanggal 30 Juni 2026 dan dinyatakan LULUS.

Ketua Dewan Penguji

Ir. Diana Lestariningsih, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

NIK. 511.98.0349

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik,	Ketua Program Studi Teknik Elektro,
Prof. Ir. Felycia Edi Soetanto, S.T., M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.	**Ir. Yuliati, S.Si., MT., IPU., ASEAN Eng.**
NIK. 521.99.0391	**NIK. 511.99.0402**

LEMBAR PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama : Karolus Ricardo Ciputra
NRP : 5103022016

Menyetujui Skripsi/karya ilmiah saya, dengan judul **"PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PEMANAS AIR OTOMATIS MENGGUNAKAN *PID CONTROLLER* BERBASIS MIKROKONTROLER** untuk dipublikasikan/ditampilkan di Internet atau media lain (*Digital Library* Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta. Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 25 Juni 2026

Mahasiswa yang bersangkutan,

Karolus Ricardo Ciputra

NRP. 5103022016

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan berkat-Nya, sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu mata kuliah pada program studi Teknik Elektro yang menjadi syarat kelulusan untuk menyelesaikan studi.

Keberhasilan penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang telah memberikan motivasi, bantuan, serta bimbingan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Ir. Yuliati, S.Si., MT, IPU, ASEAN Eng. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
2. Bapak Ir. Albert Gunadhi, ST., MT., IPU., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dalam proses penyusunan laporan ini.
3. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa agar penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
4. Kepala Laboratorium *Instrumentasi* Elektronika dan Kecerdasan Buatan beserta seluruh pihak laboratorium yang telah memberikan izin penggunaan fasilitas laboratorium, dukungan teknis, serta kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan proses pengerjaan skripsi.
5. Kepala Laboratorium Otomasi Industri beserta seluruh pihak laboratorium yang telah memberikan izin, bantuan, fasilitas, serta

dukungan dalam proses pembuatan dan penyelesaian bagian mekanik alat pada skripsi ini.

6. Angelin Loiwanta, selaku kekasih penulis, yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis, serta selalu menemani dan menguatkan penulis dalam menghadapi berbagai tantangan selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh Bapak-Ibu dosen Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memberikan pengetahuan, bimbingan dan arahan selama menempuh pendidikan di Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
8. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2022 Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya dan semua teman-teman yang telah memberikan dukungan dan informasi.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang dengan tulus dan ikhlas memberikan motivasi dan do'a sehingga dapat terselesaikannya laporan ini.

Demikian buku skripsi ini disusun. Penulis mohon maaf jika ada kesalahan atau kekurangan. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 25 Juni 2026

Karolus Ricardo Ciputra

NRP. 5103022016

ABSTRAK

Skripsi ini dilakukan karena sistem pemanas air konvensional umumnya masih menggunakan kendali *on*/*off* sederhana yang dapat menyebabkan suhu kurang stabil, terjadi *overshoot*, dan sulit mempertahankan suhu sesuai *setpoin*t. Oleh karena itu, skripsi ini merancang dan mengimplementasikan sistem pemanas air otomatis menggunakan *PID con*t*roller* berbasis mikrokontroler untuk meningkatkan kestabilan suhu air. Sistem menggunakan *Arduino mega* 2560 sebagai pengendali utama, sensor *PT100* dengan modul *MAX31865* sebagai pembaca suhu, *Solid state relay* (*SSR*) sebagai pengendali *water heater*, serta *LCD* 16x2 dan *keypad* 4x4 sebagai antarmuka pengguna. Cara kerja sistem dimulai dari pengguna memasukkan *setpoin*t melalui *keypad*, kemudian sensor membaca suhu aktual air. Data suhu diproses oleh *Arduino mega* dan dibandingkan dengan *setpoin*t. Selisih suhu tersebut diolah menggunakan *PID* untuk menentukan keluaran kendali, kemudian *SSR* mengatur kerja *heater* sesuai kebutuhan pemanasan. Pengujian tanpa *PID* pada *setpoin*t 40 °C menghasilkan *overshoot* 3,5% dan *settling time* belum tercapai. Setelah tuning, parameter terbaik diperoleh pada Kp = 20, Ki = 0,05, dan Kd = 20 dengan *overshoot* 1%, *settling time* 299,54 detik, dan *MSE* 10,29.

Kata Kunci: Pemanas Air Otomatis, *PID con*t*roller*, *Arduino mega 2560*, *PT100*, *SSR.*

ABSTRACT

This thesis was conducted because conventional water heating systems generally still use simple on/off control, which can cause unstable temperature, overshoot, and difficulty in maintaining the temperature according to the setpoint. Therefore, this thesis designs and implements an automatic water heating system using a microcontroller-based PID controller to improve water temperature stability. The system uses an Arduino mega 2560 as the main controller, a PT100 sensor with a MAX31865 module for temperature measurement, a Solid state relay (SSR) to control the water heater, and a 16x2 LCD with a 4x4 keypad as the user interface. The system works by allowing the user to enter the setpoint through the keypad, while the sensor reads the actual water temperature. The temperature data is processed by the Arduino mega and compared with the setpoint. The temperature error is then processed using PID to determine the control output, and the SSR regulates the heater operation according to the heating requirement. Testing without PID at a setpoint of 40 °C produced an overshoot of 3.5% and the settling time was not achieved. After tuning, the best parameters were Kp = 20, Ki = 0.05, and Kd = 20, resulting in 1% overshoot, 299.54 seconds settling time, and 10.29 MSE.

***Keywords**: automatic water heater, PID controller, Arduino mega 2560, PT100, SSR.*

DAFTAR ISI

SKRIPSI i

LEMBAR PERNYATAAN ii

LEMBAR PERSETUJUAN iii

LEMBAR PENGESAHAN iv

LEMBAR PERSETUJUAN v

KATA PENGANTAR vi

ABSTRAK viii

ABSTRACT ix

DAFTAR ISI x

DAFTAR GAMBAR xv

DAFTAR TABEL xvii

DAFTAR LAMPIRAN xviii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Batasan Masalah 4

1.4 Tujuan 5

1.5 Relevansi 5

1.6 Metodologi 6

1.7 Sistematika Penulisan 7

BAB II TEORI PENUNJANG DAN TINJAUAN PUSTAKA 9

2.1 Sistem Pemanas Air 9

2.2 Sistem Kendali Otomatis 10

2.3 Parameter Statis dan Parameter Adaptif dalam Sistem Kendali 11

` 2.4 Sensor Suhu *PT100* 13

2.4.1 Rentang Pengukuran Sensor *PT100* 14

2.4.2 Sensor *PT100 3-Wire* 14

2.4.3 Skematik *PT100-3Wire* 15

2.5 *MAX31865* 17

2.5.1 Prinsip Kerja *MAX31865* 18

2.5.2 Integrasi *MAX31865* dengan *Arduino mega* 19

2.6 Mikrokontroler *Arduino mega* 2560 20

12.7 Layar *LCD* 16x2 I2C 23

2.7.1 Skematik *LCD* 16x2 I2C 26

2.8 *Keypad* 4x4 I2C 27

2.9 Modul LED RYG 5V 31

2.9.1 Prinsip Kerja Modul LED RYG 5V 32

2.9.2 Rangkaian Skematik Modul LED RYG 5V 33

2.10 *Water heater* Listrik 34

2.10.1 Karakteristik *Water heater* 35
2.10.2 Aplikasi *Water heater* dalam Penelitian 36
2.11 Solid-State-Relay (*SSR*) 37
2.11.1 Karakteristik dan Keunggulan *SSR* 25A dalam Sistem Kendali 39
2.11.2 Penerapan *SSR* 25A pada Penelitian dan Relevansinya . 41
2.12 ELCB *Water heater* 42
2.13 Kontrol *PID* 44
2.14 Metode Tuning *PID* 47
2.15 Karakteristik Respon Sistem Kendali 49
BAB III METODE PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT 52
3.1 Pendahuluan 52
3.2 Diagram Blok Alat 53
3.2.1 Penjelasan Tiap Blok 53
3.2.2 Alur Kerja Sistem 56
3.3 Desain Mekanik dan Tata Letak Komponen 57
3.3.1 Rancangan Tangki dan Jalur Fluida 58
3.3.2 Penempatan *Heater* dan Sensor *PT100* 59
3.3.3 Panel Box Sistem Kendali 60
3.3.4 Perhitungan Volume Tangki, Energi Pemanasan, dan Waktu Kenaikan Suhu 61

3.4 Diagram Perkabelan 64
3.5 Diagram Alir Proses 66
3.5.1 *Flowchart* Sistem Utama 66
3.5.2 *Flowchart* Fungsi bacaSuhu 68
3.5.3 *Flowchart* Fungsi baca*Keypad* 70
3.5.4 *Flowchart* Fungsi handleKey 72
3.5.5 *Flowchart* Fungsi hitung*PID* 74
3.5.6 *Flowchart* Fungsi kendali*SSR* 76
3.5.7 *Flowchart* Fungsi *heaterOff* 78
3.5.8 *Flowchart* Fungsi reset*PID* 79
3.5.9 *Flowchart* Fungsi updateLED 80
3.5.10 *Flowchart* Fungsi update*LCD* 82
3.5.11 *Flowchart* Fungsi serialLog 84
3.6 Rumus *PID* dalam Program 86
BAB IV PENGUKURAN DAN PENGUJIAN ALAT 93
4.1 Pendahuluan 93
4.2 Tujuan Pengukuran dan Pengujian 93
4.3 Pengukuran Alat 94
4.3.1 Pengukuran Catu Daya Sistem 94
4.3.2 Pengukuran Resistansi sensor *PT100* 96
4.3.3 Pengukuran Sensor *PT100* dan *MAX31865* 97

4.3.4 Pengukuran Arus Awal Sistem 100
4.4 Pengujian Tiap Bagian Alat 102
4.4.1 Pengujian *LCD* dan *Keypad* 102
4.4.2 Pengujian *SSR* dan *Water heater* 106
4.4.3 Pengujian Modul LED RYG 5V 107
4.5 Pengujian Sistem Keseluruhan 108
4.5.1 Pengujian Sistem Tanpa *PID* 109
4.5.2 Tuning Parameter *PID* 112
4.5.3 Perbandingan Sistem Tanpa *PID* dan Dengan *PID* 115
BAB V KESIMPULAN 118
5.1 Kesimpulan 118
5.2 Saran 119
DAFTAR PUSTAKA 120
Lampiran A Listing Program *PID* 1 124
Lampiran B Listing Program Tanpa *PID* 1 137
Lampiran C Turnitin Similaritas 1 135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *PT100 3-wire* 13
Gambar 2.2 Skematik *PT100*-3*Wire* 16
Gambar 2.3 *MAX31865* 17
Gambar 2.4 *Arduino mega* 2560 21
Gambar 2.5 Layar *LCD 16x2 I2C* 25
Gambar 2.6 Skematik *LCD* 16x2 I2C 27
Gambar 2.7 Skematik *Keypad 4x4 I2C* 30
Gambar 2.8 Skematik Modul LED RYG 5V 33
Gambar 2.9 *Water heater* Listrik 35
Gambar 2.10 *Solid state relay* (*SSR*) 38
Gambar 2.11 *PID Controller* 47
Gambar 3.1 Diagram Blok Alat 53
Gambar 3.2 Rancangan Fisik Sistem Pemanas Air Otomatis 57
Gambar 3.3 Diagram Perkabelan 65
Gambar 3.4 *Flowchart* Sistem Utama 67
Gambar 3.5 Fungsi bacaSuhu 69
Gambar 3.6 Fungsi baca*Keypad* 71
Gambar 3.7 Fungsi handleKey 73
Gambar 3.8 Fungsi hitung*PID* 75
Gambar 3.9 Fungsi kendali*SSR* 76
Gambar 3.10 Fungsi *heaterOff* 78
Gambar 3.11 Fungsi reset*PID* 79
Gambar 3.12 Fungsi updateLED 81
Gambar 3.13 Fungsi update*LCD* 83
Gambar 3.14 Fungsi serialLog 85

Gambar 4.1 Tampilan Tombol 1……..……..……..104
Gambar 4.2 Tampilan Tombol 2……...……..104
Gambar 4.3 Tampilan Tombol 3……...……..104
Gambar 4.4 Tampilan Tombol 4……...……..104
Gambar 4.5 Tampilan Tombol 5……...……..104
Gambar 4.6 Tampilan Tombol 6……...……..104
Gambar 4.7 Tampilan Tombol 7……...…..105
Gambar 4.8 Tampilan Tombol 8……...…..105
Gambar 4.9 Tampilan Tombol 9…….....105
Gambar 4.10 Tampilan Tombol 0……..……...…..105
Gambar 4.11 Tampilan Tombol A……..…….....105
Gambar 4.12 Tampilan Tombol B……..105
Gambar 4.13 Tampilan Tombol C……..106
Gambar 4.14 Tampilan Tombol D……..106
Gambar 4.15 Tampilan Tombol *…….……..106
Gambar 4.16 Tampilan Tombol #……..…..106
Gambar 4.17 Grafik Respon Suhu Sistem Tanpa *PID*..... 111
Gambar 4.18 Grafik Respon Suhu Sistem dengan Parameter *PID* Kp = 20
Ki = 0,05 dan Kd = 20 114

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 *Pin Out / Wiring PT100 3-Wire* 14
Tabel 2.2 *Pin Out Modul MAX31865* 18
Tabel 2.3 Terminal *PT100* pada Modul *MAX31865* 18
Tabel 2.4 *Pin Out Arduino mega 2560* 22
Tabel 2.5 *Pin Out Keypad 4x4 I2c* 31
Tabel 2.6 Spesifikasi Pin Out *SSR* 25A 38
Tabel 2.7 Datasheet *SSR*-25DA 40
Tabel 2.8 Spesifikasi ELCB *Water heater* 43
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Catu Daya Sistem 95
Tabel 4.2 Pengukuran Resistansi sensor *PT100* 96
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran *PT100* dan *MAX31865* 98
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Arus Sistem 101
Tabel 4.5 Tabel Pengujian *LCD* dan *Keypad* 103
Tabel 4.6 Hasil Pengujian *SSR* dan *Water heater* 107
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Modul LED RYG 5V 108
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Sistem Tanpa *PID* 110
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Tuning *PID* 112
Tabel 4.10 Perbandingan Tanpa *PID* dan Dengan *PID* 115

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Listing Program *PID* 1 124
Lampiran B Listing Program Tanpa *PID* 1 137
Lampiran C Turnitin Similaritas 1..... 135