



**SOLDER OVEN DENGAN PENGATUR
SUHU MENGGUNAKAN ADAPTASI PID
(PROPOSIONAL INTEGRAL DERIVATIVE CONTROLLER)**

SKRIPSI

Oleh
Dhamas Agung Pribadi
NIM 141910201054

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**SOLDER OVEN DENGAN PENGATUR
SUHU MENGGUNAKAN ADAPTASI PID
(PROPOSIONAL INTEGRAL DERIVATIVE CONTROLLER)**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Dhamas Agung Pribadi
NIM 141910201054

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk:

1. Ibunda Sri Rahayu dan Ayahanda Sumari tercinta yang telah mengorbankan banyak hal untuk merawat dan membesarkan, memberikankan dukungan moral dan material, yang selalu mencurahkan doa dan kasih sayang dengan penuh ketulusan;
2. Alm. kakak tercinta David Febriawan yang telah memberikan semangat, doa, dan motivasi;
3. Para guru dari TK 2 Dasri, SDN 1 Dasri, SMPN 1 tegalsari, SMA Muhammadiyah 2 Genteng, serta dosen-dosen di Fakultas Teknik Jurusan S1 Teknik Elektro yang telah mendidik dengan penuh kesabaran;
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Jika tidak dimulai dari bawah maka tidak akan sampai di atas”



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dhamas Agung Pribadi

NIM : 141910201054

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Solder Oven dengan Pengatur Suhu Menggunakan Adaptasi *PID (Propositional Integral Derivative Controller)*” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya tulis ilmiah jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 Juni 2019

Yang menyatakan,

Dhamas Agung Pribadi

NIM. 141910201054

SKRIPSI

**SOLDER OVEN DENGAN PENGATUR
SUHU MENGGUNAKAN ADAPTASI *PID*
(*PROPOSIONAL INTEGRAL DERIVATIVE CONTROLLER*)**

Oleh
Dhamas Agung Pribadi
NIM 141910201054

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Wahyu Muldayani, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Solder Oven dengan Pengatur Suhu Menggunakan Adaptasi *PID (Proposional Integral Derivative Controller)*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 24 Juni 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.

Wahyu Muldayani, S.T., M.T.

NIP. 196801191997021001

NIP. 760016799

Anggota II,

Anggota III,

Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T.

Andrita Ceriana Eska S.T., M.T.

NIP.760015754

NIP. 760014640

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Solder Oven dengan Pengatur Suhu Menggunakan Adaptasi PID (*Propositional Integral Derivative Controller*); Dhamas Agung Prbadi, 141910201054; 2019: 46 halaman; Jurusan S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Solder merupakan suatu alat yang sangat vital dibidang elektronika. Memiliki fungsi untuk menyolder komponen elektronika. Komponen elektronika memiliki ketahanan, salah satunya terhadap suhu yang tinggi dan tentunya menyolder memerlukan suhu yang tinggi untuk mencairkan sekaligus menempelkan timah pada komponen ke PCB. Komponen elektronika jenis SMD (*Surface-Mount Device*), tentunya memiliki ketahanan suhu yang lebih rendah dari pada tipe DIP (*Dual Inline Packaging*).

Untuk mengatasi masalah tersebut, tentunya dibutuhkan suatu alat yang dapat mengatur suhu dengan kestabilan suhu yang baik dengan acuan suhu berdasarkan *datasheet* komponen elektronika. Dalam pembuatan alat tersebut tentunya dibutuhkan suatu kontroler yang dapat mengatur suhu dengan baik. Disini penulis memilih kontroler PID (*Proportional Integral Derivative*) karena menawarkan kesederhanaan dan kekokohnya. Namun kontroler PID ini memiliki suatu kelemahan yaitu diperlukan *tuning* konstanta pada kontroler PID ini. Konstanta tersebut sangat berpengaruh terhadap kinerja kontroler PID ini. Untuk mengatasi masalah kontroler tersebut penulis ingin memodifikasi PID agar tidak memerlukan *tuning* lagi, dengan artian konstanta PID dapat berubah menyesuaikan dengan *error* yang didapatkan dari suhu sekarang dikurangi dengan suhu sebelumnya.

Untuk mewujudkan kontroler tersebut penulis memerlukan pemahaman tentang karakteristik kinerja dari kontroler PID. Untuk mengetahui karakteristik kinerja dari kontroler PID tentunya diperlukan PID yang berjalan tanpa dimodifikasi dan penulis menggunakan metode *trial* dan *error* untuk mengetahui karakteristik dari kontroler PID ini. Setelah mengetahui karakteristik dari

kontroler PID, barulah penulis dapat memodifikasi kontroler PID tersebut berdasarkan karakteristik dari PID *trial* dan *error* agar dapat bekerja tanpa harus melakukan *tuning* kembali atau PID dapat beradaptasi konstantanya berdasarkan *error* yang di dapatkan.

Kemudian hasil modifikasi PID tersebut diterapkan terhadap alat yang dapat melakukan penyolderan dengan acuan suhu berdasarkan *datasheet* komponen elektronika. Hasil dari kontroler memiliki *rise time* 188.8 detik, *settling time* 262 detik, *overshoot* sebesar 0.28 % dan *error steady state* sebesar 0.22 %. Untuk pengujian alat, penulis memilih rangkaian *flip-flop* IC555 karena mudah pengecekan rangkaian dapat bekerja dengan baik dan tidaknya. Hasil dari percobaan alat ini rangkaian *flip-flop* IC555 dapat bekerja dengan baik dengan *interval* kedip selama 0.69 detik.

SUMMARY

Oven Solder with Temperature Setting Use Adaptif PID (Proposal Integral Derivative Controller); Dhamas Agung Prbadi, 141910201054; 2019: 43 pages; SI Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember.

Solder is a tool that is always used in the field of electronics. Has the function to solder electronic components. Electronic components have durability, one of them is high temperatures and everyone knows soldering requires high temperatures to melt and attach lead to the components to the PCB. The electronic components of the SMD type (Surface-Mount Device), everyone knows they have a lower temperature resistance than the DIP type (Dual Inline Packaging).

To overcome this problem, of course a tool that can set temperature with good temperature stability with a temperature reference is based on the electronic component datasheet. In making these tools, In making these of such a tool would need a controller to set the temperature properly. The writer chooses a Proportional Integral Derivative (PID) controller because it offers simplicity and robustness. But this PID controller has a weakness that needed tuning constants on this PID controller. These constants greatly effect the performance of this PID controller. To overcome the controller problem, the writer wants to modify the PID so that it does not require more tuning, meaning that the PID constant can change according to the error obtained from the current temperature reduced by the previous temperature.

To realize the controller, the writer needs an understanding of the performance characteristics of the PID controller. To find out the performance characteristics of the PID controller PID is required to run normally and the writer uses trial and error methods to determine the characteristics of this PID controller. After knowing the characteristics of the PID controller, then the writer can modify the PID controller based on the characteristics of the PID trial and

error so that it can work without having to do tuning again or the PID can adapt its constants based on the error that it gets.

Then the results of the PID modification are applied to devices that can do soldering with a temperature reference based on the electronic component datasheet. The results of the controller have a rise time of 188.8 seconds, a settling time of 262 seconds, an overshoot of 0.28% and an error steady state of 0.22%. For testing tools, I chose the flip-flop IC555 circuit because it is easy to check the circuit can work well and not. The results of this tool experiment, the flip-flop IC555 can work well with a blinking interval of 0.69 seconds.

PRAKATA

Puji Syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Solder Oven dengan Pengatur Suhu Menggunakan Adaptasi *PID (Propositional Integral Derivative Controller)*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Wahyu Muldayani, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga dalam membantu dan membimbing penulis dari awal sampai terselesainya penulisan skripsi ini;
2. Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I dan Andrita Ceriana Eska S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II atas segala kritik, masukan serta saran yang telah diberikan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini;
3. Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Dosen-dosen Jurusan S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama proses perkuliahan;
5. Seluruh staff dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membantu dalam hal administrasi maupun lainnya;
6. Keluarga Besar UKM Robotika Teknik, terimakasih telah mendidik dan mengajarkan tentang kesetiaan, loyalitas serta tanggung jawab.
7. Teman-teman yang telah membantu selama penelitian (Wahyu, Faiq, Galih, Muti dan Ismun);
8. Keluarga besar “KETEK UJE 14” yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan dan semangatnya;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang turut membantu kelancaran dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 24 Juni 2019

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
PERNYATAAN.....	v
SKRIPSI.....	vi
PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN.....	viii
SUMMARY.....	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penelitian Terkait.....	4
2.2 Elemen Pemanas.....	5
2.3 Blue Pill.....	5
2.4 LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>).....	6
2.5 Thermocouple.....	7
2.6 Adaptor.....	8
2.7 Kontrol PID.....	8
2.7.1 Sistem Kontrol PID.....	8
BAB 3. METODE PELAKSANAAN DATA.....	12

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	12
3.2 Ruang Lingkup Kegiatan	13
3.3 Jenis dan Sumber Data	13
3.4 Metode Pengumpulan Data	14
3.5 Perancangan Alat	14
3.5.1 Perancangan Design Alat	14
3.5.2 Perancangan Perangkat Lunak	20
3.5.3 Rencana Data Pengujian	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Pengujian Thermocouple	22
4.2 Pengujian Penguatan <i>Non Inverting</i>	24
4.3 Pengujian Pemanas	25
4.2.1 Pengaruh waktu pemanasan terhadap suhu oven	25
4.2.2 Pengaruh pwm terhadap suhu oven	26
4.4 Pengujian kontroler PID	28
4.3.1 Pengujian <i>PID Trial dan Error</i>	28
4.3.2 Pengujian Adaptasi <i>PID</i>	31
4.5 Pengujian alat secara keseluruhan	32
BAB 5. PENUTUP	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spesifikasi Bluepill	6
3.1 Rencana Kegiatan Tugas Akhir	12
4.1 Data hasil pengujian sensor suhu <i>thermocouple</i>	22
4.2 Data hasil kalibrasi sensor suhu	23
4.3 Data hasil pengujian penguat <i>non inverting</i>	24
4.4 Data hasil pengukuran suhu terhadap waktu	25
4.5 Data hasil pengukuran suhu terhadap pwm	27
4.6 Tabel pengujian kontrol KP	28
4.7 Tabel pengujian kontrol PI	29
4.8 Tabel pengujian kontrol KD	30
4.9 Tabel pengujian kontrol PID	31
4.10 Tabel pengujian adaptasi PID	32
4.11 Data Hasil Pengujian terhadap Waktu	35
4.12 Data Hasil Pengujian Peforma Rangkaian	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Perancangan Solder Oven Menggunakan Mikrokontroler ATmega16.....	4
2.2 Elemen Pemanas	5
2.3 Mikrokontroler <i>Blue Pill</i>	6
2.4 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	7
2.5 Thermocouple	7
2.6 Adaptor 5 volt	8
2.7 Model Parallel PID	11
3.1 Solder Tampak Bagian Kanan	14
3.2 Solder Tampak Depan	15
3.3 Diagram Blok Solder	15
3.4 Rangkaian <i>Non Inverting</i>	16
3.5 Hasil Rangkaian <i>Non Inverting</i>	17
3.6 Rangkaian Dimmer AC	17
3.7 Hasil Rangkaian Dimmer AC	18
3.8 Rancangan Kontrol PID	19
3.9 Diagram Alir Solder	20
4.1 Grafik pengujian <i>Thermocouple</i> dan <i>Thermometer</i>	24
4.2 Grafik pengujian Elemen Pemanas	25
4.3 Grafik pengujian pwm terhadap Suhu Oven	27
4.4 Grafik pengujian kontrol P	28
4.5 Grafik pengujian kontrol PI	29
4.6 Grafik pengujian kontrol PD	30
4.7 Grafik pengujian kontrol PID	31
4.8 Grafik pengujian kontrol PID	32
4.9 Rangkaian <i>flip flop</i> IC555	33
4.10 PCB <i>flip flop</i> IC555	33
4.11 Hasil <i>flip flop</i> IC555.....	33

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Solder merupakan suatu alat yang lumrah digunakan dalam dunia elektronika. Solder digunakan untuk memasang berbagai macam komponen elektronika di PCB. Dalam pemasangan komponen - komponen ke PCB digunakan timah yang dicairkan menggunakan solder. Solder yang konvensional digunakan adalah solder listrik. Menyolder merupakan bagian yang vital dalam perancangan sebuah rangkaian elektronika. Hal ini menjadi penentu berkualitas dan dapat bekerja atau tidaknya sebuah rangkaian elektronika. Karena jika terjadi kesalahan dalam menyolder seperti, kurang matangnya timah, *short circuit* antara jalur satu dan jalur lainnya dan putusnya jalur PCB akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada rangkaian atau komponen yang ingin digunakan.

Salah satu masalah yang sering kita alami dalam proses menyolder adalah kita sering menjumpai komponen rusak atau tidak berfungsi setelah proses penyolderan. Apalagi jenis komponen yang digunakan adalah komponen SMD, tentunya akan lebih rawan rusak Hal ini bisa disebabkan suhu yang digunakan terlalu panas. Jika suhu yang digunakan terlalu panas maka bisa menyebabkan kerusakan pada komponen dari permasalahan tersebut untuk meminimalisasi kerusakan pada komponen – komponen ketika akan disolder maka dibutuhkan alat yang dapat mengatur suhu pada solder listrik yang dikendalikan oleh mikrokontroler melalui relay (Meisi, 2016).

Menurut penelitian rancang bangun pengontrolan suhu solder oven dari Universitas Surabaya juga menjelaskan tentang sulitnya pemasangan sebuah IC agar pemasangannya tepat dan tidak rusak dengan suhu yang menggunakan mikrokontroler ATmega16 menggunakan sensor LM35 dengan waktu 5 menit dengan suhu 170°C (Ibnu Hasyim dan Imam Sucahyo, 2013).

Penggunaan metode PID (*Propositional Integral Derivative Controller*) digunakan untuk mengatur suhu karena kesederhanaan yang dapat digunakan untuk pengaturan suhu yang akurat serta digunakan untuk mengatur suhu ruangan yang ada pada gedung bertingkat dan industri dapat memberikan *error* kecil

dengan kondisi pengujian dari kontrol PID yang diimplementasikan pada mikrokontroler Atmega 16 dengan *zero steady state error* (Sudhir Ranjan dkk, 2014).

Kontrol PID (*Propositional Integral Derivative Controller*) diterima secara komersial dan industri yang meluas. Jenis kontroler ini merupakan pengendali yang paling banyak digunakan di industri karena memiliki banyak fitur yang bagus, kesederhanaan, kokoh dan penerapan yang luas (Sharokhi dan Zomorodi, 2014).

Penggunaan kontrol PID (*Propositional Integral Derivative Controller*) memiliki permasalahan sendiri, yaitu nilai *gain* yang harus tuning secara manual (*trial dan error*) atau ingin memiliki kinerja yang lebih baik dengan melakukan perhitungan matematis dan memerlukan pemodelan sistem yang rumit untuk mengisi masing-masing nilai *gain* dari PID (Djalal dkk, 2017).

Beberapa penelitian yang membahas tentang *control* suhu pada solder salah satunya dengan judul “Rancang Bangun Pengatur Suhu Solder Listrik Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 8535” Pada ini menghasilkan solder otomatis namun belum adanya metode pengaturan suhu yang akan mengatur suhu lebih stabil (Meisi, 2016). Penggunaan Metode PID yang digunakan pada penelitian sebelumnya untuk mengatur suhu ruangan yang lebih efektif (Sudhir Ranjan dkk, 2008). Untuk menyelesaikan masalah tersebut penulis mencoba melakukan penelitian yang berjudul “Solder Oven dengan Pengatur Suhu Menggunakan kontrol Adaptasi PID (*Propositional Integral Derivative Controller*)”. Penelitian ini diharapkan dapat menyelesaikan masalah tersebut dengan *Propositional Integral Derivative Controller*.

Harapan dari penelitian ini bahwasanya solder oven yang digunakan akan mempermudah proses penyolderan pada komponen dengan tipe SMD yang mudah rusak. Sehingga ketika menggunakan solder oven ini tidak akan merusak komponen dan menghemat pengeluaran pembelian komponen ketika penyolderan. Serta diharapkan dapat membuat sistem kontrol PID untuk mengatur suhu yang kokoh, sederhana dan memiliki nilai *error* yang kecil.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat solder oven agar tidak merusak komponen ketika digunakan?
2. Bagaimana membuat solder oven dengan pengatur suhu menggunakan adaptif PID?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menggunakan mikrokontroler arduino untuk pemrograman PID.
2. Pengujian dilakukan pada komponen yang mudah rusak seperti IC.
3. Target pencapaian dari perancangan ini mengacu pada *datasheet* yang ada pada komponen .
4. Solder tidak dapat mengenali komponen elektronika.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat dan merancang alat pengatur suhu solder dengan *PID*.
2. Mempermudah proses penyolderan pada komponen yang sering rusak.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

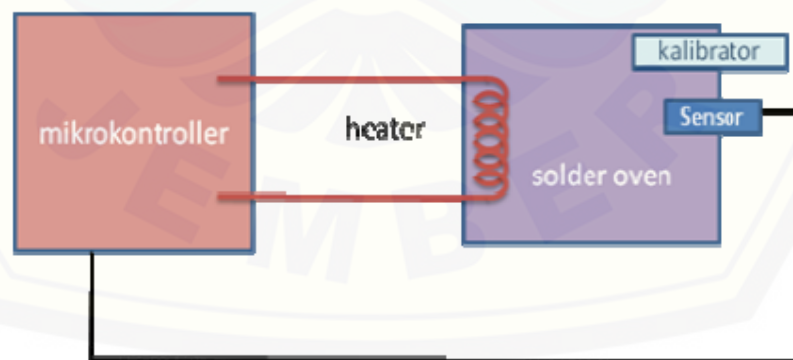
1. Mengatur suhu solder agar lebih stabil.
2. Mempermudah penyolderan dengan suhu yang tepat dan stabil.
3. Mengurangi resiko penyolderan akibat suhu yang terlalu tinggi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan beberapa bagian yang menjadi dasar pembuatan alat yaitu solder yang berbasis PID untuk meningkatkan kinerja solder dengan cara mengontrol suhu agar tidak mudah merusak komponen yang ada. Hal yang pertama dalam bab ini mendiskripsikan bentuk solder yang akan dirancang, serta menggunakan metode PID yang akan membantu menangani proses terhindarnya kerusakan komponen yang ada. Pada bab ini juga akan dijelaskan komponen – komponen yang akan digunakan seperti mikrokontroler, pemanas untuk proses penyolderan.

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait ini adalah pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Ibnu Hasyim dan Imam Sucahyo, 2013) mengenai “Rancang Bangun Pengaturan Suhu Solder Oven Menggunakan Mikrokontroler ATmega16” pada penelitian tersebut menggunakan sensor LM 35 dan belum adanya metode yang digunakan dengan ini saya menambahkan metode PID untuk mengatasi suhu dan penggunaan sensor *thermocouple*.

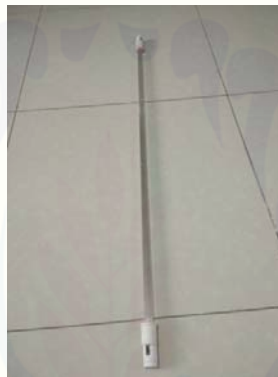


Gambar 2.1 Perancangan Solder Oven Menggunakan Mikrokontroler ATmega16

(Sumber : Ibnu Hasyim dan Imam Sucahyo, 2013)

2.2 Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan suatu komponen yang akan menentukan tinggi suhu dari suatu benda atau ruangan. Tinggi suhu yang bisa dicapai tergantung kepada tingginya daya dari suatu elemen. Semakin besar daya elemen pemanas maka akan semakin tinggi pula suhu yang bisa dicapai. Satuan daya elemen pemanas adalah watt. Pemilihan daya elemen pemanas ini akan menentukan kecepatan panas pada suatu benda atau ruangan. Elemen pemanas yang digunakan memiliki spesifikasi yaitu 650 Watt.

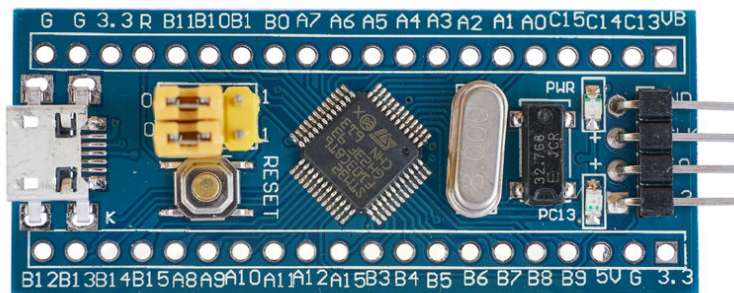


Gambar 2.2 Elemen Pemanas

(Sumber : www.ralali.com/mengenal-lebih-lanjut-bagian-bagian-solder)

2.3 Blue Pill

Blue Pill adalah modul mikrokontroler berbasis STM32F103C8. Modul ini memiliki 32 pin *input-output* (32 I/O) dimana 15 diantaranya dapat digunakan sebagai *output pulse width modulation* (PWM), 10 *input* analog, sebuah osilator Kristal 72 MHz, 2 buah pin pemilih *boot*, tombol *reset* dan koneksi ke catu daya. Kontroler ini semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler.

Gambar 2.3 Mikrokontroler *Blue Pill*

(Sumber : https://wiki.stm32duino.com/index.php?title=Blue_Pill)

Berikut ini adalah tabel spesifikasi dari *Blue Pill* dapat kita lihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Spesifikasi Bluepill

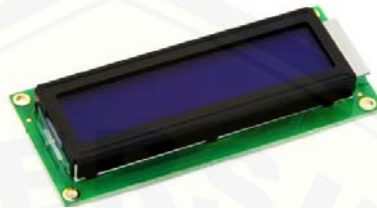
Microcontroller	STM32F103C8
Tegangan Operasi	3,3 V
Voltage Regulator	RT9193-33 (300 mA)
I/O Digital	32
PWM pin	15(16-bit)
Input Analog	10(12-bit)
Interrupt pin	15
LED pin	PC13
Flash	64 KB
RAM	20 Kb
Clock Speed	72 MHz
ST-LINK header	Ya

(Sumber : https://wiki.stm32duino.com/index.php?title=Blue_Pill)

2.4 LCD (*Liquid Cristal Display*)

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan

teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

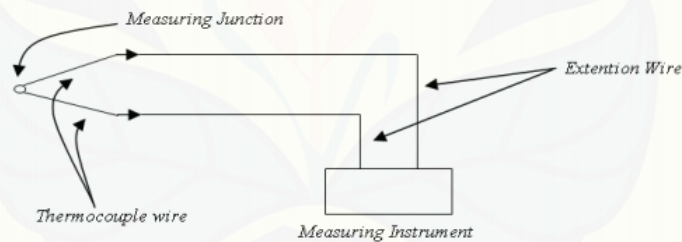


Gambar 2.4 LCD (*Liquid Crystal Display*)

(Sumber: www.lESElektronika.com/2012/06/liquid-crystal-display-lcd-16-x-2.html)

2.5 Thermocouple

Thermocouple merupakan sistem pengukuran temperatur. Elemen sensor temperatur (*measuring junction*) menghasilkan beda tegangan atau *electromotive force* (emf), yang kemudian emf yang dihasilkan dibandingkan dengan skala konversi tertentu menjadi unit temperatur.



Gambar 2.5 Thermocouple
(Sumber: Dede Sutarya, 2008)

Elemen sensor sebuah *thermocouple* merupakan dua jenis logam konduktor yang berbeda yang disebut *thermo-element*, satu sama lain diisolasi kecuali pada bagian *junction*. Kabel ekstensi *thermocouple* yang dapat digunakan adalah sepasang kabel yang mempunyai karakteristik temperatur-emf relatif terhadap *thermocouple*-nya sehingga pada saat digunakan tidak memberikan pengaruh negative (penyebab kesalahan) terhadap hasil pengukuran.

2.6 Adaptor

Adaptor adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik menuju level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada perubahan daya listrik. Dalam sistem perubahan daya.



Gambar 2.6 Adaptor 5 volt
(Sumber: www.en.wikipedia.org/wiki/AC_adapter)

Jika suatu catu daya bekerja dengan beban maka terdapat keluaran tertentu dan jika beban tersebut dilepas maka tegangan keluar akan naik, persentase kenaikan tegangan dianggap sebagai regulasi dari catu daya tersebut. Regulasi adalah perbandingan perbedaan tegangan yang terdapat pada tegangan beban penuh. Agar tegangan keluaran catu daya lebih stabil, dapat digunakan suatu komponen IC yang disebut IC regulator, misalnya IC Regulator 7812 atau IC Regulator 7805. Hal ini memungkinkan keluaran DC catu daya dapat dibentuk sesuai kebutuhan.

2.7 Kontrol PID

2.7.1 Sistem Kontrol PID

Kontroler PID kontroler mekanisme umpan balik yang biasanya dipakai pada sistem kontrol industri. Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam

perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan (Muhammad Ali, 2004).

1. Komponen Proportional

Komponen P (Proporsional) mengeluarkan sinyal kontrol yang besarnya proporsional atau sebanding terhadap besarnya *error*. Secara matematis, pengontrol P dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) \dots\dots\dots (2.1)$$

K_p merupakan suatu bilangan yang menyatakan penguatan proporsional dari pengontrol P. Sedangkan $e(t)$ merupakan besarnya kesalahan yang terjadi pada waktu t . Sinyal kesalahan tersebut diakibatkan oleh selisih antara *seipoint* (besaran yang diinginkan) dengan aksi pengontrol dalam mengeluarkan sinyal kontrol untuk menggerakkan aktuator. Pengaruh komponen K_p adalah memperkecil kosntanta waktu sehingga sistem menjadi lebih sensitif dan mempunyai *offset* atau *steady state error*. Harga K_p yang besar akan menyebabkan *offset* semakin kecil. Akan tetapi sisi lain, pengontrol P tidak akan melakukan aksi kontrolnya apabila tidak ada sinyal kesalahan $e(t)$. Hal ini dapat terlihat dari persamaan, yang menunjukkan bahwa pengontrol P akan selalu memerlukan sinyal kesalahan untuk menghasilkan sinyal kontrol $u(t)$.

2. Komponen Integral

Komponen integral berfungsi untuk menghilangkan *offset* untuk kondisi beban atau gangguan yang berubah. Aksi integral lazim juga disebut *automatic reset (automatic bias setting)*. Seperti telah dibahas sebelumnya bahwa pengontrol P akan memberikan aksi kontrolnya apabila ada masukan sinyal kesalahan. Aksi integral akan meyebabkan akan pengontrol untuk mengelurakan sinyal kontrol yang sebanding dengan besarnya *error*. Pengontrol akan terus mengeluarkan sinyal, walaupun *error* telah mencapai nol.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \dots\dots\dots (2.2)$$

3. Komponen Derivatif

Pada dasarnya, pengontrol PI saja tidaklah cukup untuk menghasilkan respons pengontrol yang lebih cepat. Oleh karena itu, masih menghasilkan skema pengendalian yang dapat memberikan respons pengontrol yang lebih cepat. Pengontrol PI lebih lambat karena komponen I harus menunggu dalam selang waktu tertentu agar dapat mengeluarkan *output*. Komponen D tidak dapat berdiri sendiri, karena komponen D memerlukan *input* agar dapat mengeluarkan *output*. Untuk itu komponen D biasanya dikombinasikan dengan P dan PI.

$$u(t) = K_D \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots (2.3)$$

Gabungan dari tiap komponen kontrol PID dapat dirumuskan menjadi sebagai berikut:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

$u(t)$ = sinyal *output* pengendali PID

K_p = konstanta proporsional

K_i = konstanta integral

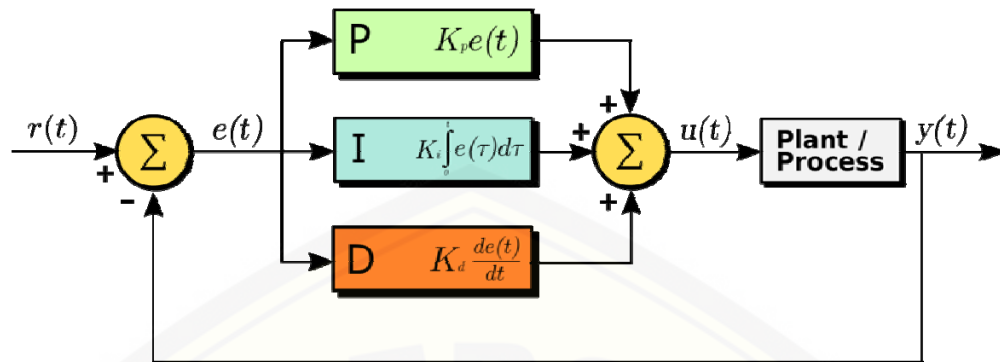
K_D = konstanta derivatif

$e(t)$ = sinyal *error*

T_c = waktu yang dibutuhkan dalam proses

Semua persamaan PID diatas merupakan persamaan dalam waktu *continuous*, sedangkan untuk dapat dimasukan kedalam *embedded system* (mikroprocessor atau mikrokontroler) harus dirubah menjadi bahasa pemrograman sehingga persamaan tersebut harus didiskritisasi terlebih dahulu (kawasan digital). Sehingga persamaannya menjadi sebagai berikut :

$$u(k) = K_p e(t) + K_i T_c [e(k - 1) + e(t)] + K_D \frac{e(k) - e(k - 1)}{T_c} \dots\dots\dots (2.5)$$



Gambar 2.7 Model Parallel PID
(Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller)

Aspek selanjutnya adalah menentukan nilai K_p , K_i , dan K_D pada sistem *close loop*, atau biasa disebut tuning PID. Tuning PID dilakukan dengan perhitungan matematik pada plant/system. Akan tetapi jika tidak diketahui, kita bisa melakukan eksperimen pada sistem. Metode tuning PID yang terkenal adalah metode *Closed Loop Ziegler-Nichols*, metode ini adalah metode penyetelan *trial* dan *error* yang berdasarkan pada osilasi berkelanjutan. Metode ini yang paling banyak dikenal dan digunakan. Keuntungan dari model ini tidak diperlukannya model proses untuk mencari parameter PID yang tepat akan tetapi diperlukan waktu untuk melakukan percobaan-percobaan untuk mendapatkan parameter yang tepat (Sharokhi dan Zomorodi, 2014).

BAB 3. METODE PELAKSANAAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan tentang beberapa hal tentang objek penelitian, tahap penelitian, tempat penelitian, waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta perancangan sistem elektronika dan sistem kendali pada objek penelitian.

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Skripsi yang berjudul tentang “Solder Oven dengan Pengatur Suhu Menggunakan Adaptasi *PID*”. Pengujian alat akan dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Terapan, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang beralamat di Jalan Slamet Riyadi no. 62 Patrang, Jember. Pembuatan alat ini akan dimulai pada bulan November 2018 sampai Januari 2019.

Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Tugas Akhir

No	Kegiatan	Bulan ke -								
		I			II			III		
1	Pembuatan Laporan Bab 1 sampai Bab 2	■	■							
2	Perancangan Alat dan penyusunan sistem serta konsultasi		■	■	■					
3	Pengujian Alat dan konsultasi				■	■	■			
4	Menganalisa data hasil pengujian dan konsultasi							■	■	■
5	Pembuatan laporan									■

Keterangan :



: Kegiatan Pelaksanaan

3.2 Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang lingkup kegiatan pada sub bab ini membahas tentang batasan-batasan masalah dalam pembuatan tugas akhir. Adapun batasan-batasan masalah sebagai berikut:

- a. Sensor yang digunakan pada pembuatan alat ini *Thermocouple* sebanyak 1 buah yang ditempatkan sesuai dengan gambar perancangan alat.
- b. Penggunaan metode PID (*Propositional Integral Derivative Controller*).
- c. Catu daya yang digunakan maksimal 5 volt DC dan 220 AC.
- d. Penentuan suhu maksimal objek komponen sesuai dengan *datasheet*.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Adapun jenis dan sumber data merupakan tentang bagaimana pengambilan data yang akan dijelaskan keseluruhannya pada alat yang akan dibuat, sebagai berikut:

a. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan sebagai berikut:

1. Elemen pemanas digunakan untuk memanaskan ruang solder oven.
2. Sensor *Thermocouple* digunakan untuk membaca suhu solder.
3. Adaptor digunakan untuk catu daya dari Bluepill.
4. LCD digunakan untuk menampilkan suhu.
5. *Shielded Bluepill* digunakan untuk memudahkan pemasangan *Bluepill* serta efektif dan mempermudah pengerjaan pada saat pembuatan elektrikal.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Dalam pembuatan tugas akhir ini penggunaan metode *PID (Propositional Integral Derivative Controller)* untuk pengendalian suhu yang akurasi :

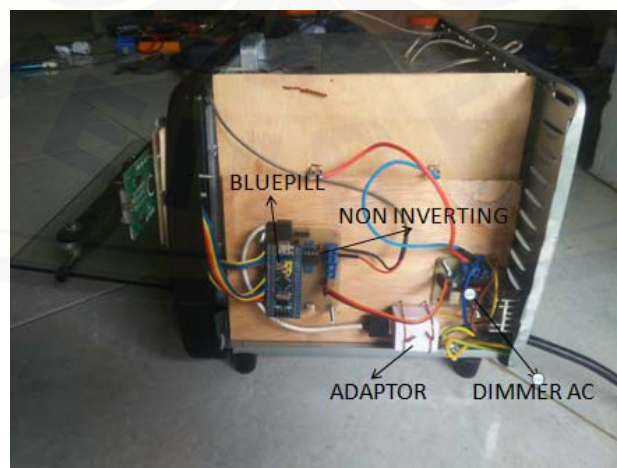
- a. Pengumpulan studi Literatur.
- b. Melakukan pembuatan elektrikal serta design mekanik yang digunakan dan melakukan pengujian elektrikal yang telah dibuat.
- c. Pengujian *hardware* yang ada untuk mengetahui fungsi normal atau tidak.
- d. Pengujian *hardware* dengan program yang dibuat.
- e. Pembuatan *software* untuk kinerja pada sistem.
- f. Pengujian keseluruhan elektrikal, *hardware* dan *software* yang dibuat yang telah dilakukan pengujian satu persatu tadi.
- g. Menganalisa hasil pengujian yang telah dilakukan.

3.5 Perancangan Alat

3.5.1 Perancangan Design Alat

3.5.1.1 Desain Solder

Perancangan desain solder dengan metode PID yang akan dibuat kurang lebihnya sebagai berikut, di desain menggunakan bahan yang tahan panas yang nantinya untuk box dari komponen tersebut serta penggunaannya diharapkan akan mampu beradaptasi dengan komponen – komponen yang mudah rusak sehingga penyolderan akan lebih baik.



Gambar 3.1 Solder Oven Tampak Bagian Kanan

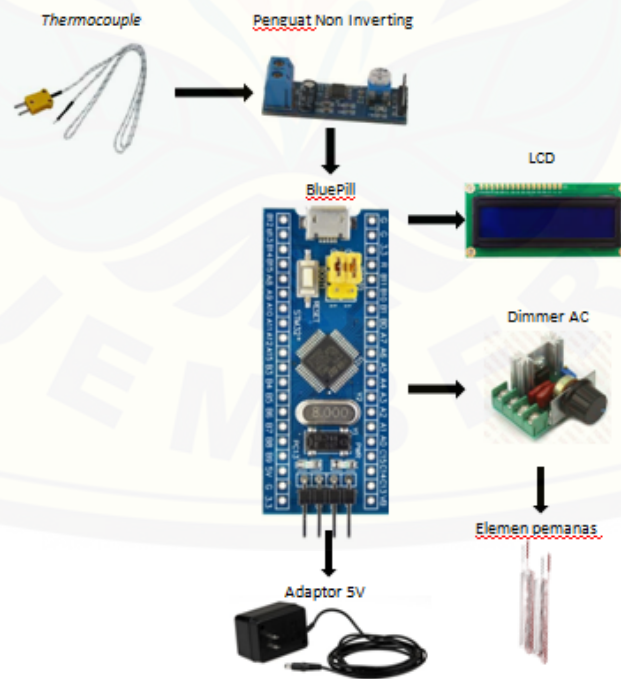


Gambar 3.2 Solder Oven Tampak Depan

3.5.1.2 Perancangan Elektronika

Dalam pembuatan solder dengan menggunakan metode PID ini diharapkan dapat berjalan dengan yang diharapkan, oleh sebab itu dibuatlah diagram elektronika sebagai berikut :

a. Blok Diagram



Gambar 3.3 Diagram Blok Solder Oven

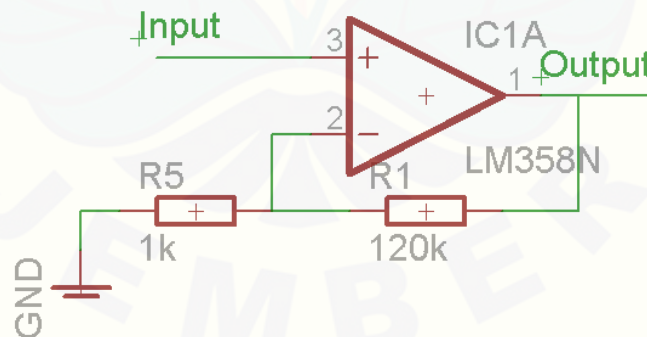
Diagram elektronika ini akan menjadi landasan untuk merancang solder oven dengan metode PID. Pada diagram blok ini menjelaskan keseluruhan mengenai alat solder oven yang menggunakan mikrokontroler *Bluepill*.

Pada pembuatan solder oven ini terbagi 3 bagian yaitu *input*, proses, dan *output*. Bagian – bagian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Bagian *input* terdapat sensor *thermocouple* yang digunakan untuk mendeteksi suhu pada solder oven dari input ini akan menuju pada penguatan *non inverting*.
2. Bagian proses yaitu *input* dari rangkaian *non inverting* yang telah diproses akan diproses oleh *Bluepill*.
3. Bagian *output* terdapat 2 yaitu LCD untuk menampilkan suhu dan Dimmer AC yang nantinya akan mengendalikan elemen solder oven sesuai dengan *feedback* dari sensor *thermocouple*.

b. Rangkaian Penguatan *Non Inverting*

Pada rangkaian penguat *non inverting* ini terdapat input yang dihubungkan dengan *thermocouple* menggunakan IC LM358N yang merupakan IC Op amp dengan ciri khas *single Supply*.



Gambar 3.4 Rangkaian *Non Inverting*

Penguatan yang dihasilkan 121 kali. Penguatan tersebut didapatkan dengan rumus penguatan sebagai berikut :

$$A = (1 + R_f/R_{in}) \dots\dots\dots (3.1)$$

$$A = (1 + 120K/1K) \quad A = 121 \text{ kali}$$

Dengan:

A = penguatan

R_f = resistor *feedback*

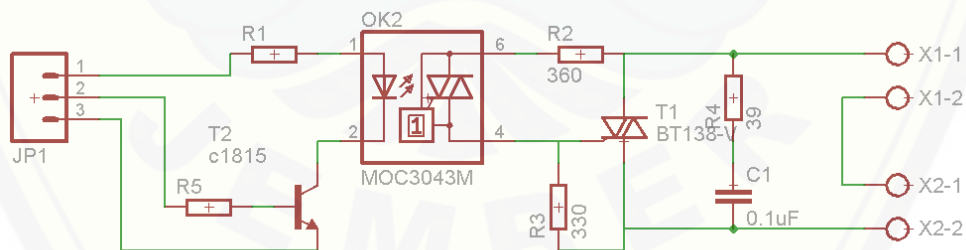
R_{in} = resistor *input*



Gambar 3.5 Hasil Rangkaian *Non Inverting*

c. Rangkain Dimmer AC

Pada Rangkaian *Driver* Mosfet menggunakan BT139 yang disusun secara seri dengan heater solder dimana fungsinya untuk mencacah tegangan AC agar diharapkan daya yang mengalir dapat diatur oleh PWM *Bluepill*.



Gambar 3.6 Rangkaian Dimmer AC

Diketahui pada *datasheet* IC MOC3041, untuk *full on* dibutuhkan arus sebesar 15mA dan tegangan kerja 5V. Maka dapat dicari besar R1 atau resistor pada pin 1 IC MOC3041 dengan rumus sebagai berikut :

$$R1 = V_{in}/I \dots\dots\dots(3.2)$$

$$R1 = 5V/15mA \quad R1 = 333.3 \Omega$$

Dengan diketahui Hfe transistor C1815 sebesar 70 maka dapat di cari Resistor basis atau R5 pada Gambar 3.5 dengan rumus:

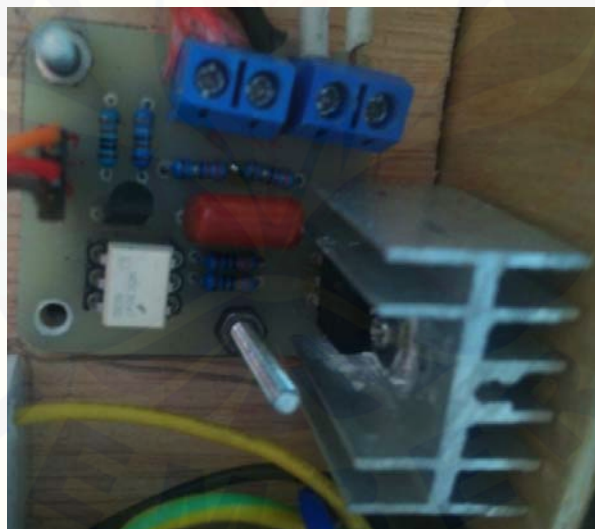
$$Ib = Ic/Hfe \dots\dots\dots(3.3)$$

$$Ib = 15mA/70 \quad Ib = 0.21mA$$

Maka dengan $Ib = 0.21mA$ dan mikrokontroler yang bekerja pada tegangan 3.3V maka dapat dicari nilai Rb atau R5 pada Gambar 3.5 dengan rumus:

$$Rb = V/Ib \dots\dots\dots(3.4)$$

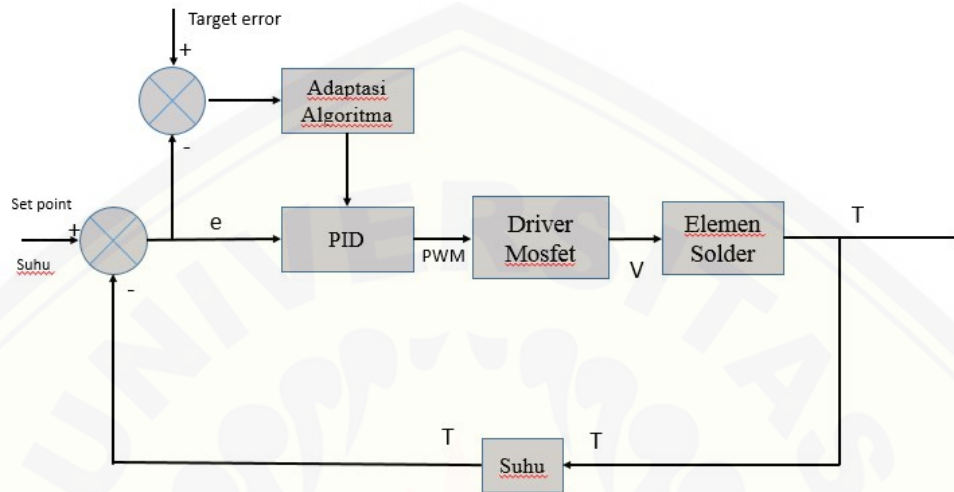
$$Rb = 3.3V/0.21mA \quad Rb = 15.714 K\Omega$$



Gambar 3.7 Hasil Rangkaian Dimmer AC

3.5.1.3 Perancangan Sistem Kontrol

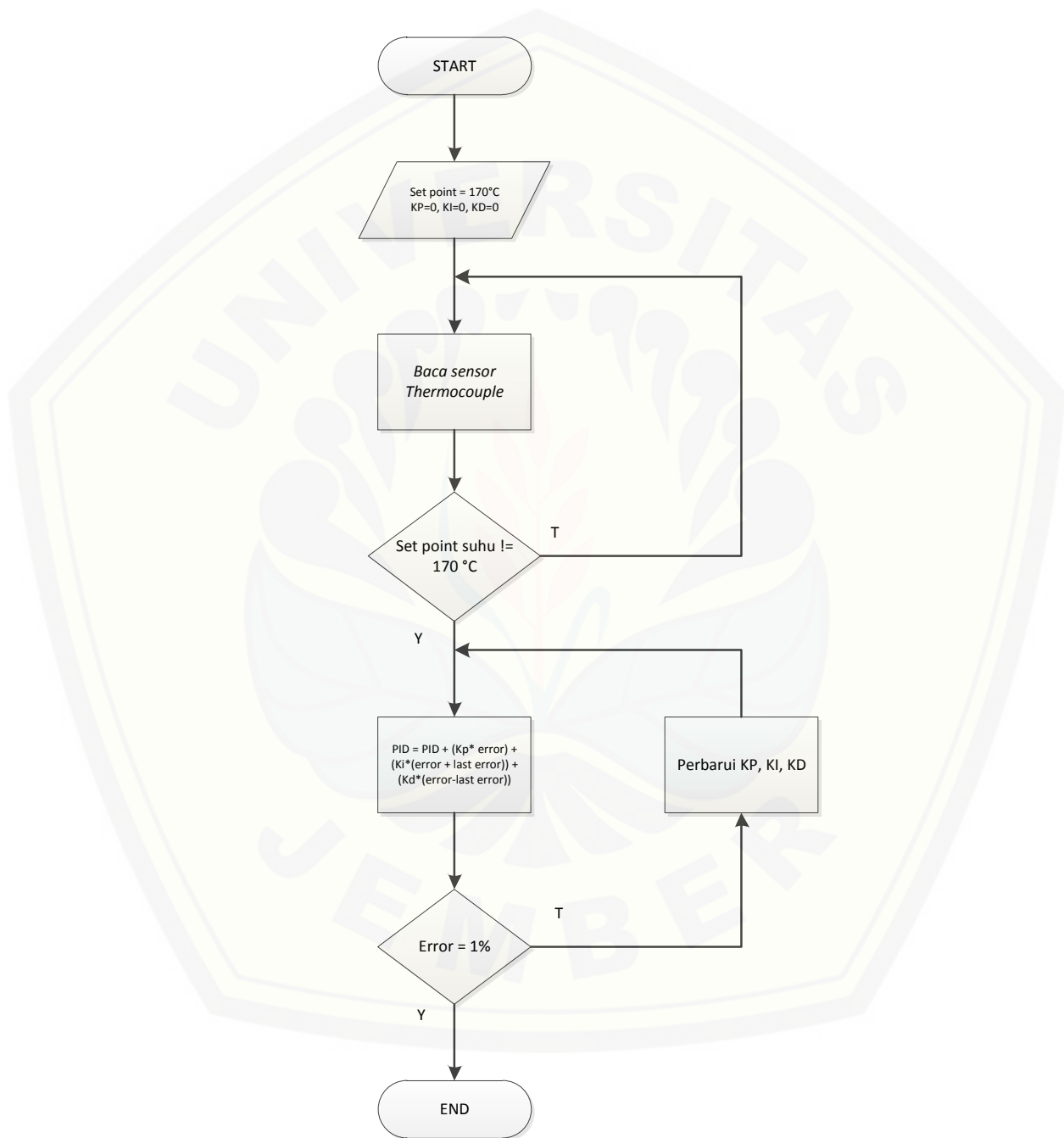
Pada bagian dibawah ini akan menjelaskan tentang bagaimana solder oven melakukan kinerja yang diinginkan dengan metode PID.



Gambar 3.8 Rancangan Kontrol PID

Pada Gambar 3.8 merupakan perancangan kontrol PID yang akan diterapkan pada solder oven. Dimana *set point* yang digunakan sebagai acuannya yaitu pembacaan *thermocouple*. *Output* merupakan perubahan suhu dari elemen pemanas yang akan digunakan untuk memanaskan solder oven. Pada perancangan *error* PID diambil dari suhu *set point* yang nantinya dikurangi dari suhu pembacaan. Nantinya akan menentukan nilai PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk mengatur suhu elemen pemanas.

3.5.2 Perancangan Perangkat Lunak

a. *Flowchart* Solder Oven

Gambar 3.9 Diagram Alir Solder Oven

Pada Gambar 3.9 merupakan gambar diagram alir pengatur suhu solder oven dimana terdapat *set point* yaitu *set point* dari suhu yang akan dicapai oleh kontrol. Lalu dengan metode PID menghasilkan suhu keluaran dimana apabila terjadi *error* yang terlalu jauh dari *set point error* maka akan melakukan perbaruan nilai K_p , K_i , dan K_D pada PID.

3.5.3 Rencana Data Pengujian

Setelah alat dapat bekerja, diperlukan rencana untuk melakukan pengujian data. Agar tujuan penelitian tercapai diperlukan pengujian data sebagai berikut:

1. pengujian ADC terhadap suhu termometer.
2. Pengujian elemen pemanas terhadap PWM.
3. Pengujian elemen pemanas terhadap waktu.
4. Pengujian terhadap metode yang digunakan yaitu PID yang sudah di modifikasi.
5. Pengujian terhadap komponen SMD dan rangkaian yang digunakan *flip-flop* dengan IC555.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa penelitian yang berjudul “Solder Oven dengan Pengatur Suhu menggunakan Adaptasi *PID*” dapat diambil kesimpulan bahwa sebagai berikut:

1. Metode *PID* dengan adaptasi pada konstanta *P*, *I*, dan *D* yang diterapkan pada pengatur suhu ini memiliki *error* osilasi yang lebih kecil sehingga metode ini lebih baik dibandingkan dengan metode *PID* biasa dan dengan *PID* adaptasi dapat mempermudah *tuning* konstanta *P*, *I* dan *D* karena konstanta tersebut dapat berubah menyesuaikan dengan *error* yang diperoleh.
2. Pada penelitian ini, alat dapat digunakan untuk menyolder komponen *SMD* dengan baik, dibutuhkan waktu selama ± 5 menit dan untuk melelehkan timah dibutuhkan minimal suhu sekitar $\pm 170^{\circ}\text{C}$. Setelah diuji coba rangkaian *flip-flop* *IC555* dapat bekerja dengan baik.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, penulis memberikan saran untuk bisa mengembangkan ke penelitian berikutnya. Berikut saran yang diberikan:

1. Pada penelitian ini pengguna mengalami kesulitan saat pemberian timah cair dan penataan komponen elektronika pada *PCB*, maka dari itu diperlukan adanya penelitian tentang pemberian timah dan penataan komponen elektronika pada *PCB*.
2. Metode adaptif *PID* dapat diganti dengan metode yang lain seperti *PID forward rectangular*, *backward rectangular* dan *trapezoidal rectangular* untuk lebih mengetahui perbandingan hasil performa control adaptif *PID*.
3. Elemen pemanas dapat diganti dengan laser *heating* untuk mendapatkan hasil penyolderan yang lebih cepat dan penggunaan daya yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Muhammad. 2004. Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan Software MATLAB. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Arduino. 2017. Arduino Uno. www.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3
- Djalal, M. R., Marchrus Ali, Andi Imran dan Herlambang Setiadi. 2017. Modifikasi Desain PID Controller Pada Permanent Magnet Synchronous Motor Dengan Flower Pollination Algorithm. Makasar: Politeknik Negeri Ujung Pndang .
- Hakko. 2018. Hakko943. www.hakko.com/english/products/hakko_953.html
- Hasyim, Ibnu. 2013. Rancang Bangun Pengontrol Suhu Solder Oven Berbasis Mikrokontroler Atmega 16.2(1) 01-05.
- Kiswoyo. 2018. SMPS. www.jalankatak.com/id/smeps/
- Meisi. 2016. Rancang Bangun Pengatur Suhu Solder Listrik Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Munandar. 2018. LCD16x2. www.leselektronika.com/2012/06/liquid-crystal-display-lcd-16-x-2.html
- Shahroki Mohammad, Alireza Zomorodi. 2014. Comparison of PID Controller Tuning Methods. Iran: Sharif University of Technology.
- Sigit, Riyanto. 2007. Robotika Sensor dan Aktuator. Yogyakarta: Graha Ilmu Vol.63.
- Sudhir Ranjan, Abhiseck Sharma, Puneet Chaudhary. 2014. An Effevtive Temperature Controler System Using PID Mechanism. IEEE.2(2). 182-184.
- Sutarja, Dede. 2008. Analisis Unjuk Kerja *Thermocouple* Wre25 Pada Suhu Penyinteran 1500C. 2(1). 16-24.
- Zabib Bashori, Sumardi, Iwan Setiawan. 2013. Pengendalian Temperature Pada Plant Sederhana Electric Furnace Berbasis Sensor Thermocouple Dengan Metode Kontrol PID.2(1) 1-8.

LAMPIRAN

A. Listing Program Arduino

```
#include <LiquidCrystal.h>
const int rs = PA11, en = PA12, d4 = PB5, d5 = PB6, d6
= PB7, d7 = PB8;
//https://circuitdigest.com/microcontroller-
projects/interfacing-stm32f103c8t6-blue-pill-board-
with-lcd-display
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7); //Initialize
the LCD
HardwareTimer timer(2);
//freq = 72MHz/scale/maxpwm
int scale=1;
int maxpwm = 1023;
int minpwm = 0;
#define LED PC13
#define adc2 PB0
#define pwm1 PA1
int Ave2=0;
int T = 0, T1 = 0, T2 = 0;
int counter=0;
int n=0;

unsigned long currentTime=0, previousTime=0;
double elapsedTime=0;
float setTemp = 170.0;
float Temp = 0;
float Kp = 3;   float minKp = 30;   float maxKp = 250;
float Ki = 5;   float minKi = 1;    float maxKi = 100;
float Kd = 80;  float minKd = 10;    float maxKd = 80;
float PID = 0;  float error = 0;   float lasterror =0;
float error1=0;
void setup() {

    Serial.begin(115200);
    while (!Serial) {
        ; // wait for serial port to connect. Needed for
native USB port only
    }
    timer.setPrescaleFactor(scale);
    timer.setOverflow(maxpwm);
    pinMode(LED, OUTPUT);
    pinMode(adc2, INPUT_ANALOG);
    pinMode(pwm1, PWM);
```

```
lcd.begin(16, 2);
lcd.print("    WELCOME    ");
n=0;
delay(1000);
}
void loop() {
  currentTime = millis();
  elapsedTime = (double)(currentTime - previousTime);
  int sample = 300;
  for(int i=0; i<= sample; i++){
    Ave2 = Ave2 + analogRead(adc2);
  }
  Ave2 = Ave2/sample;
  Temp = 0.178*Ave2 + 54.643;
  if(Ave2<=4){
    Temp = 0;
  }
  if (n<2){
    error = setTemp - Temp;
    Kp=map(error,0,170, minKp, maxKp);
    Kp = Kp /10.0;
    if (Kp >=(maxKp/10.0)){
      Kp = maxKp/10.0;
    }
    else if(Kp <= (minKp/10.0)){
      Kp = minKp/10.0;
    }
    Ki=map(error,0,170, minKi, maxKi);
    Ki = Ki / 10.0;
    if (Ki >=(maxKi/10.0)){
      Ki = maxKi/10.0;
    }
    else if(Ki <= (minKi/10.0)){
      Ki = minKi/10.0;
    }
    Kd=map(error,-170,0,maxKd, minKd);
    if (Kd >= maxKd){
      Kd = maxKd;
    }
    else if(Kd <= minKd){
      Kd = minKd;
    }
  }
  //https://www.teachmemicro.com/arduino-pid-control-
  tutorial/
  PID =PID + (Kp * error) +( Ki *(error + lasterror)*
  elapsedTime) + (Kd * (error - lasterror)/elapsedTime);
  lasterror = error;
}
```



```
if(PID <=minpwm){
    PID=minpwm;
}
else if(PID>=maxpwm){
    PID=maxpwm;
}
pwmWrite(pwm1, PID);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("                ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("                ");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Temp = ");
lcd.setCursor(7,0);
lcd.print(Temp);
lcd.setCursor(14,0);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Time =");
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print(T);
}
if(n==0 && Temp >= setTemp){
    n=1;
    T1=T;
}
if(n==1){
    T2 = T-T1;
    lcd.setCursor(14,1);
    lcd.print(T2);
}
if(n==1 && T2 >= 8){
    n=2;
}
if(n==2){
pwmWrite(pwm1, 0);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("                ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("                ");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Temp = ");
lcd.setCursor(7,0);
lcd.print(Temp);
lcd.setCursor(14,0);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(0,1);
```



```
lcd.print("Time =");  
lcd.setCursor(7,1);  
lcd.print(T);  
lcd.setCursor(11,1);  
lcd.print("Done");  
}  
previousTime = currentTime;  
counter = counter+1;  
T = counter /4;  
led(125);  
}  
void led(int a){  
//isi lama delay  
digitalWrite(LED, HIGH);  
delay(a);  
digitalWrite(LED, LOW);  
delay(a);  
}
```

B. Gambar *Hardware*

B1. Solder Oven



B2. Pengujian Penyolderan



B3. Hasil Pengujian Rangkaian *flip-flop* IC555

