



## LEMBAR PENGESAHAN

### RANCANG BANGUN HEAT PRESS MACHINE UNTUK SABLON PRINTED CIRCUIT BOARD BERBASIS METODE *FUZZY LOGIC CONTROLLER*

Oleh :

Diaz Atari /1052110

Muhammad Hanif Novadeangga /1052118

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

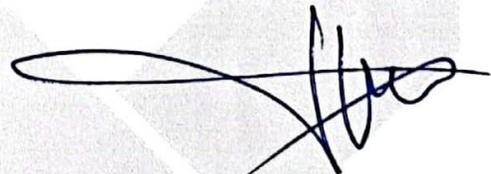
Menyetujui,

Pembimbing 1



(Aan Febriansyah, M.T.)

Pembimbing 2



(Surojo, M.T.)

Penguji 1



(Indra Dwisaputra, M.T.)

Penguji 2



(Ocsirendi, M.T.)

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Diaz Atari

NIM : 1052110

Nama Mahasiswa 2 : Muhammad Hanif Novadeangga

NIM : 1052118

Dengan Judul : Rancang Bangun *Heat Press Machine* untuk Sablon *Printed Circuit Board* Berbasis Metode *Fuzzy Logic Controller*

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah murni hasil penulisan sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, penulis bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 21 Agustus 2024

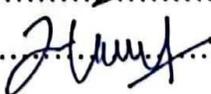
Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Diaz Atari

.....  


2. Muhammad Hanif Novadeangga

.....  


## ABSTRAK

*Kemajuan zaman beriring dengan kemajuan teknologi mendorong manusia untuk mengotomatisasi pekerjaan. Peralatan elektronik merupakan bentuk perkembangan teknologi untuk otomatisasi. Pada alat elektronik terdapat Printed Circuit Board (PCB) sebagai pembangun utamanya. PCB digunakan pada semua alat elektronik sehingga proses produksinya dibutuhkan dengan cepat dan banyak. Penyablonan PCB yang masih manual menggunakan setrika mendorong untuk dibuat alat heat press machine untuk sablon PCB ini. Cara manual tersebut tergolong lama dan hasil sablon yang kurang maksimal. Dengan alat ini PCB dapat disablon dengan lebih singkat dan hasil yang maksimal serta otomatis dengan sistem Fuzzy Logic Controller. Heat bed 3D printer dipakai sebagai elemen pemanas utama dari alat ini yang dijalankan oleh mikrokontroler Arduino Nano. Pengujian dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif, yakni mengumpulkan data hasil sablon berdasarkan dua variabel input yaitu dimensi dan jenis kertas untuk mendapatkan waktu yang tepat dengan hasil sablon maksimal. Suhu yang sesuai untuk semua dimensi dan jenis kertas adalah 140-150°C. Waktu penekanan sablon menjadi aspek utama yang menjadi pembeda hasil penyablonan. Jenis kertas photo paper memerlukan waktu yang lebih lama yakni 7 – 8 menit dibanding jenis kertas transfer paper yang lebih singkat membutuhkan waktu hanya 2 – 4 menit.*

*Kata kunci : Fuzzy Logic Controller, Heat Press, Printed Circuit Board, Sablon.*

## **ABSTRACT**

*The progress of the times, along with advancements in technology, drives humans to automate work. Electronic devices are a form of technological development for automation. In electronic devices, there is a Printed Circuit Board (PCB) as a primary component. PCBs are used in all electronic devices, requiring their production to be quick and in large quantities. Manual PCB printing using an iron has led to the development of a heat press machine for PCB printing. The manual method is relatively slow and results in suboptimal prints. With this machine, PCBs can be printed more quickly and with optimal results, utilizing an automated system with a Fuzzy Logic Controller. The 3D printer heat bed is used as the main heating element of this device, operated by an Arduino Nano microcontroller. Testing was conducted using an experimental method with a quantitative approach, collecting print data based on two input variables: dimensions and paper type, to determine the optimal time for maximum print results. The appropriate temperature for all dimensions and paper types is 140 - 150°C. The pressing time is a key aspect that differentiates the printing results. Photo paper requires a longer pressing time of 7 - 8 minutes compared to transfer paper, which only needs 2 - 4 minutes.*

*Keywords: Fuzzy Logic Controller, Heat Press, Printed Circuit Board, Screen Printing.*

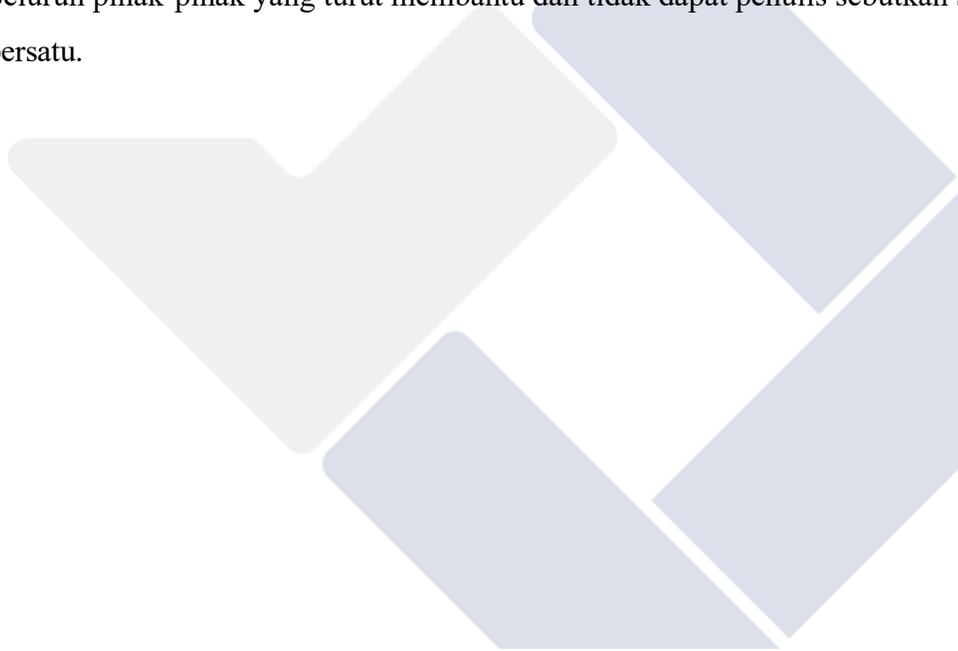
## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir yang berjudul **“Rancang Bangun *Heat Press Machine* untuk Sablon *Printed Circuit Board* Berbasis Metode *Fuzzy Logic Controller*”**. Shalawat serta salam senantiasa terjunjungkan kepada Nabi besar, Nabi Muhammad SAW, keluarga, dan sahabat serta pengikutnya. Penulis membuat laporan proyek akhir ini dengan tujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Pendidikan Sarjana Terapan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Dalam laporan proyek akhir ini, penulis merancang sebuah alat otomatisasi untuk teknik penyablonan jalur PCB dengan metode *heat press* Berbasis *Fuzzy Logic Controller* dengan harapan dapat membantu proses pembuatan PCB khususnya penyablonan *layout* dapat dilakukan dengan lebih mudah dan efisien waktu.

Pada kesempatan ini, ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang turut berkontribusi dalam proses pembuatan dan juga memberikan semangat, dukungan, dan motivasi, serta kritik dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini. Berikut ini merupakan pihak – pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, diantaranya:

1. Orang tua penulis, Bapak Andri, Bapak Sarbani. HS, Ibu Jumiyah, dan Ibu Tulus Wijayanti yang telah memberikan semangat, motivasi, dan materi sumbangsih dalam bentuk doa dan dukungan kepada penulis.
2. Orang-orang terdekat penulis yakni sahabat yang telah banyak memberikan nasihat, semangat, dan dukungannya.
3. Bapak Aan Febriyansah, M.T. selaku dosen pembimbing 1 proyek akhir penulis di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Surojo, M.T. selaku dosen pembimbing 2 proyek akhir penulis di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

5. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro dan Informatika.
7. Bapak Indra Dwisaputra, M.T. selaku Kaprodi D-IV Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung sekaligus Dosen Wali penulis.
8. Seluruh rekan-rekan kelas 3 TE A yang sangat banyak membantu dan kebersamai perjuangan penulis.
9. Seluruh pihak-pihak yang turut membantu dan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	4
2.1 Sablon.....	4
2.2 <i>Printed Circuit Board (PCB)</i> .....	4
2.3 Kertas Sablon ( <i>Photo paper &amp; Transfer paper</i> ).....	5
2.4 <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	6
2.5 <i>Power Supply 24V</i> .....	7
2.6 <i>Step down Converter DC to DC</i> .....	7
2.7 Arduino Nano.....	8
2.8 MOSFET.....	9
2.9 <i>Heat bed</i> .....	10
2.10 Sensor Suhu <i>Thermistor NTC 100K Ohm</i> .....	10
2.11 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> .....	11

2.12	<i>Rotary Encoder</i> .....	12
2.13	<i>Software Arduino IDE</i> .....	12
2.14	<i>Buzzer</i> .....	13
2.15	<i>Light Emiting Diode (LED)</i> .....	14
<b>BAB III METODE PELAKSANAAN</b> .....		15
3.1	Studi Literatur.....	16
3.2	Perancangam <i>Heat Press Machine</i> untuk Sablon <i>Printed Circuit Board</i> Berbasis Metode <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	17
3.2.1	Instalasi Komponen Elektrikal .....	18
3.2.2	Desain Konstruksi Alat.....	19
3.3	Perancangan Metode <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	21
3.4	Pengujian <i>Heat bed</i> sebagai Elemen Pemanas untuk Penekanan Sablon.....	24
3.5	Pengujian Arduino Nano .....	26
3.6	Pengambilan Data.....	26
3.7	Pembahasan .....	27
3.8	Analisis Hasil .....	27
3.9	Pembuatan Makalah .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		28
4.1	Bentuk Fisik Alat.....	28
4.2	Pengujian <i>Heat bed</i> sebagai Elemen Pemanas untuk Penekanan Sablon.....	29
4.3	Bagaimana Cara Menentukan Lama Waktu Penenakanan Sablon Yang Tepat Berdasarkan Jenis Kertas Dan Ukuran <i>Layout PCB</i> .....	29
4.3.1	Pengujian Sablon <i>Layout</i> Dimensi 10 × 10 CM dengan <i>Transfer paper (TP)</i> .....	30
4.3.2	Pengujian Sablon <i>Layout</i> Dimensi 15 × 15 CM dengan <i>Transfer paper (TP)</i> .....	32
4.3.3	Pengujian Sablon <i>Layout</i> Dimensi 10 × 10 CM dengan	

<i>Photo paper</i> (PP).....	34
4.3.4 Pengujian Sablon <i>Layout</i> Dimensi 15 × 15 CM dengan <i>Photo paper</i> (PP).....	36
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran.....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	41



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Rules <i>Fuzzy</i> .....	23
Tabel 4. 1 Hasil Uji Coba Sablon PCB dengan Media Kertas <i>Photo paper</i> dan <i>Transfer paper</i> .....	30
Tabel 4. 2 Hasil Uji Coba Sablon PCB dengan Media <i>Transfer paper</i> 10×10CM.....	31
Tabel 4. 3 Hasil Uji Coba Sablon PCB dengan Media Kertas <i>Transfer paper</i> 15 × 15 CM .....	33
Tabel 4. 4 Hasil Uji Coba Sablon PCB dengan Media Kertas <i>Photo paper</i> 10×10 CM .....	35
Tabel 4. 5 Hasil Uji Coba Sablon PCB dengan Media Kertas <i>Photo paper</i> 15 × 15 CM .....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Printed Circuit Board</i> .....	5
Gambar 2. 2 <i>Transfer paper (Kiri) Dan Photo paper (Kanan)</i> .....	6
Gambar 2. 3 <i>Power Supply</i> .....	7
Gambar 2. 4 <i>Step down 24V to 5V</i> .....	8
Gambar 2. 5 <i>Arduino Nano</i> .....	9
Gambar 2. 6 <i>Modul MOSFET</i> .....	9
Gambar 2. 7 <i>Heat bed 3D Printer</i> .....	10
Gambar 2. 8 <i>Thermistor</i> .....	11
Gambar 2. 9 <i>LCD 2 x 16</i> .....	11
Gambar 2. 10 <i>Rotary Encoder</i> .....	12
Gambar 2. 11 <i>Software Arduino IDE</i> .....	13
Gambar 2. 12 <i>Buzzer Active 5V</i> .....	14
Gambar 2. 13 <i>LED</i> .....	14
Gambar 3. 1 <i>Flowchart Alur Penelitian</i> .....	15
Gambar 3. 2 <i>Wiring Diagram</i> .....	18
Gambar 3. 3 <i>Rancangan 3D Model Alat</i> .....	20
Gambar 3. 4 <i>Rancangan Fuzzy Logic Controller</i> .....	21
Gambar 3. 5 <i>Variabel Input Dimensi Layout Sablon</i> .....	22
Gambar 3. 6 <i>Variabel Input Jenis Kertas</i> .....	22
Gambar 3. 7 <i>Variabel Output</i> .....	23
Gambar 3. 8 <i>Heat bed</i> .....	24
Gambar 3. 9 <i>Pengujian Heat bed</i> .....	25
Gambar 3. 10 <i>Rangkaian Pengujian Sensor</i> .....	25
Gambar 4. 1 <i>Konstruksi Alat</i> .....	28
Gambar 4. 2 <i>Hasil 2 Menit Sablon Kertas TP 10 × 10 CM</i> .....	31
Gambar 4. 3 <i>Hasil 2 Menit Sablon Kertas TP 10 × 10 CM</i> .....	32

Gambar 4. 4 Hasil 4 Menit Sablon Kertas TP 15 × 15 CM.....	33
Gambar 4. 5 Hasil 2 Menit Sablon Kertas TP 15 × 15 CM.....	34
Gambar 4. 6 Hasil 7 Menit Sablon Kertas PP 10 × 10 CM.....	35
Gambar 4. 7 Hasil 6 Menit Sablon Kertas PP 10 × 10 CM.....	36
Gambar 4. 8 Hasil 8 Menit Sablon Kertas PP 15 × 15 CM.....	37
Gambar 4. 9 Hasil 6 Menit Sablon Kertas PP 15 × 15 CM.....	38
Gambar 4. 10 Hasil Uji Konsistensi Hasil Sablon <i>Layout</i> .....	39



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup.....	44
Lampiran 2 : Program Pengoperasian Alat.....	46



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Mengikuti perkembangan zaman, perkembangan teknologi pun juga berkembang pesat sebagai alat untuk mempermudah pekerjaan manusia. Dikatakan sekarang teknologi sudah menjadi sebuah *trend* yang tidak bisa dilepaskan dari kehidupan, dimana semua orang berlomba – lomba menciptakan teknologi untuk mengotomatisasi semua pekerjaan yang sebelumnya memakan banyak tenaga dan waktu manusia dalam prosesnya, menjadi pekerjaan yang lebih efisien dan mudah serta menghasilkan hasil yang lebih optimal.

Peralatan elektronika adalah salah satu dari teknologi yang diciptakan manusia untuk mencapai tujuan kepraktisan dalam suatu pekerjaan. Dibalikinya kepraktisan fungsi dari alat elektronika tersebut, terdapat komponen - komponen elektrik konduktor maupun semikonduktor yang dihubungkan satu sama lain pada papan yang disebut *Printed Circuit Board* (PCB) sebagai pembangun alat sehingga dapat bekerja dan dikontrol sesuai kebutuhan serta fungsinya. PCB atau *Printed Circuit Board* merupakan papan sirkuit cetak atau papan rangkaian elektronik dengan jalur penghubung yang terbuat dari bahan konduktif seperti tembaga, yang menempel pada permukaan papan sirkuit cetak atau *printed circuit board* untuk menghubungkan perangkat elektronik (Dwigista, dkk., 2022).

Untuk membuat jalur pada PCB harus melalui beberapa proses yang tidak singkat dan mudah, mulai dari mendesain *layout* rangkaian sampai menyablon kertas cetakan *layout* pada PCB sebelum akhirnya dilarutkan dalam cairan asam pelarut logam sehingga papan tersebut membentuk jalur. Pada umumnya proses sablon PCB yang banyak digunakan adalah metode manual yakni sablon setrika yang menyita banyak tenaga dan waktu. Selain menggunakan metode manual tersebut, jalur PCB juga dapat dibuat menggunakan mesin canggih yang dikontrol dengan komputer atau

disebut juga *Computer Numerically Controlled* (CNC) yang menghasilkan jalur lebih bagus, namun dengan harga mesin yang tidak terjangkau oleh semua orang.

Oleh karena itu penulis merancang sebuah alat otomatisasi untuk teknik penyablonan jalur PCB yang berjudul “Rancang Bangun *Heat Press Machine* untuk Sablon *Printed Circuit Board* Berbasis Metode *Fuzzy Logic Controller*”. Pada sistem kontrol alat ini komponen utamanya adalah sebuah pelat pemanas yang disebut *Heat bed*, dimana *Heat bed* disini berfungsi sebagai pemanas yang akan mentransferkan sebuah jalur dari kertas *glossy* dengan tinta khusus *printer* laserjet ke papan PCB. Alasan penggunaan *Heat bed* adalah menimbang komponen ini menghasilkan panas yang merata diseluruh permukaannya sehingga hasil sablon yang didapat pun jauh lebih baik di banding menggunakan setrika yang hanya menggunakan *heater* tabung sebagai pemanas dan menghasilkan panas yang tidak merata diseluruh permukaan setrika sehingga hasil yang didapat pun kurang maksimal. Penggunaan alat yang dirancang juga praktis dan minim menggunakan tenaga manusia yakni dengan hanya memasukkan luas permukaan dan bahan material papan PCB yang kemudian alat akan secara otomatis merekomendasikan hitung mundur (*countdown*) menggunakan metode *fuzzy logic* sesuai dengan data hasil percobaan pengaruh suhu terhadap dimensi dan bahan material PCB. *Fuzzy logic* Mamdani adalah metode digunakan dalam sistem kontrol alat ini dimana himpunan *fuzzy* yang merupakan *input* dari setiap aturan kemudian dikombinasikan dengan menggunakan operator dan kemudian menghasilkan *output* pada suatu sistem (Yoakim Marinus Hasibuan, 2014).

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara agar sablon *layout* PCB dapat dilakukan menggunakan *Heat Bed* yang dikontrol MOSFET dengan mikrokontroler Arduino Nano?
2. Bagaimana cara agar sistem *Fuzzy Logic Controller* dapat bekerja dengan baik untuk proses otomatisasi sablon berdasarkan dimensi dan jenis kertas desain *layout* PCB?
3. Bagaimana cara menentukan waktu dan suhu yang tepat untuk sablon berdasarkan dimensi dan jenis kertas desain *layout* PCB?

## 1.3 Tujuan

1. Merancang dan membuat alat *Heat Press Machine* untuk Sablon *Printed Circuit Board* dengan elemen pemanas yakni *Heat Bed*.
2. Merancang dan mendesain sistem otomatisasi pada alat berbasis metode *fuzzy logic controller* untuk proses penyablonan PCB.
3. Melakukan pengujian *trial and error* dalam menentukan waktu dan suhu yang tepat untuk sablon berdasarkan dimensi dan jenis kertas desain *layout* PCB.

## 1.4 Batasan Masalah

1. Alat ini hanya memberikan hasil minimal yakni dimana kondisi *layout* PCB yang tersablon layak dipakai serta minim kecacatan untuk dilanjutkan ke proses berikutnya yaitu *etching*.
2. *Fuzzy Logic Controller* yang diaplikasikan pada proyek ini adalah pola MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) dengan *input* jenis kertas dan dimensi *layout* serta *output* suhu dan lama waktu penyablonan.
3. Alat ini hanya memberikan peringatan berupa suara *buzzer* ketika *countdown* habis yang menandakan penyablonan telah selesai serta menjadi penanda agar pengguna segera menaikkan pelat pemanas, tanpa mematikan sistem pemanas sehingga alat siap untuk penyablonan *layout* PCB berikutnya.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Sablon**

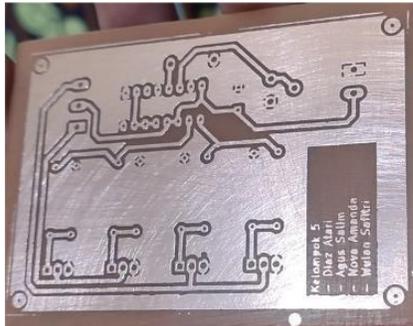
Sablon adalah proses pencetakan yang menggunakan cetakan ataupun media lainnya untuk mentransfer tinta ke permukaan suatu bahan dari produk. Seiring zaman yang penuh modernisasi, teknik sablon berkembang dengan menggunakan teknologi dari yang sebelumnya manual, yakni salah satu metode sablon yang sering digunakan sekarang adalah sablon dengan media pemanas seperti setrika atau alat pemanas lainnya yang lebih efektif dan optimal dibandingkan sablon saring. Sablon adalah metode tradisional untuk mencetak sebuah desain dan umumnya digunakan pada berbagai bahan. Ini adalah proses pembuatan stensil (layar) dengan desain yang diinginkan dan pengolesan tinta pada kain. Sablon menawarkan daya tahan unggul dan warna-warna cerah, sehingga ideal untuk produksi bervolume tinggi atau desain yang memerlukan tingkat detail tinggi (Naim, 2023).

Sablon yang dilakukan pada alat menggunakan metode *heat press* atau penekanan panas oleh sebuah pelat alumunium. Media dari penyablonan ini adalah sebuah kertas permukaan mengkilap (*glossy*) yang disablonkan ke papan *fiber glass* yang permukaannya dilapisi tembaga sehingga tinta pada kertas berpindah ke pada papan tersebut.

#### **2.2 Printed Circuit Board (PCB)**

Dalam pembangunan sebuah teknologi terutama elektronika, pasti terdapat sebuah papan PCB yakni media induktif berupa karbon atau silikon yang dilapisi tembaga yang bersifat mengalirkan listrik (konduktif) berbentuk jalur yang berfungsi untuk menghubungkan setiap komponen penyusun dari sebuah alat elektronik. Berdasarkan kebutuhan dalam pengaplikasiannya, terdapat dua jenis PCB yakni berupa papan solid dan material fleksibel. PCB merupakan media substrat non konduktif yang

di permukaannya dilaminasikan lembaran tembaga (konduktif) berupa jalur baik 1 layer, 2 layer atau banyak layer (*multilayer*) sesuai kebutuhan untuk menghubungkan komponen-komponen elektronik (Rachmat Yuliadi, 2014). Berikut adalah gambar dari sebuah PCB yang telah tercetak jalur dipermukaannya :



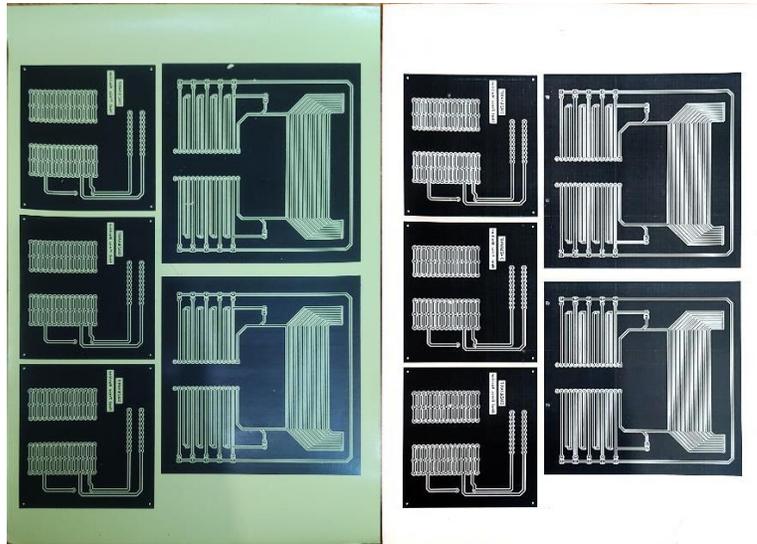
Gambar 2. 1 Printed Circuit Board

### 2.3 Kertas Sablon (*Photo paper & Transfer paper*)

Kertas foto adalah kertas khusus yang dirancang untuk mencetak gambar berkualitas tinggi, dengan ciri khas permukaan halus atau bertekstur, tebal, dan tahan lama. Umumnya dilapisi bahan kimia khusus, kertas ini memastikan warna foto tampak cerah dan tajam. Kertas foto berjenis *glossy*, dengan permukaan licin dan berkilau, ideal untuk foto berwarna cerah dan kontras tinggi, menghasilkan tampilan hidup dan detail halus. *Glossy* membuat hasil cetakan lebih halus, cemerlang, dan elegan berkat lapisan *coating* yang membuatnya berkilau (Lidia Pramata Febrian, 2024).

Kertas dalam proyek ini menjadi hal yang utama yakni sebagai media sablon pemidahan tinta *laser jet printer* ke papan PCB. Kertas yang digunakan dalam proses sablon ini pada dasarnya sama, yakni kertas yang memiliki permukaan licin dan mengkilap, ini bertujuan agar tinta hasil cetak dapat dengan mudah tersablonkan ke PCB. Kertas yang sering digunakan dalam proses sablon PCB adalah *photo paper* atau kertas foto yang lebih tebal dan kaku dan *transfer paper* yang lebih tipis serta tidak kaku.

Berikut adalah gambar dari jenis kertas yang digunakan dalam sablon PCB :



Gambar 2. 2 Transfer paper (Kiri) Dan Photo paper (Kanan)

#### 2.4 *Fuzzy Logic Controller*

Metode yang digunakan pada proyek ini adalah *Fuzzy Logic Controller* Mamdani yang dimana nilai berupa himpunan *fuzzy* dari pembacaan sensor atau data lainnya merupakan *input* dari setiap aturan (*rules*) kemudian digabungkan untuk mendapatkan *output* yang diinginkan. Pembacaan nilai sensor terhadap *output* mempengaruhi proses dari kerja *fuzzy logic* ini untuk mendapatkan hasil atau disebut *close loop control*. *Fuzzy inferensi* sistem Mamdani adalah metode dimana himpunan *fuzzy* yang merupakan *input* dari setiap aturan kemudian dikombinasikan dengan menggunakan operator dan kemudian menghasilkan *output* pada suatu sistem (Yoakim Marinus Hasibuan, 2014).

*Fuzzy Logic Controller* diaplikasikan dalam proyek ini sebagai kecerdasan buatan yang membantu pengguna dalam pengoperasian alat. Pengguna diminta untuk memasukkan data berupa luas *layout* PCB dan jenis kertas yang digunakan untuk mendapatkan suhu dan waktu hitung mundur yang tepat dalam proses penyablonan.

## 2.5 Power Supply 24V

Setiap alat elektronik memerlukan sumber listriknya atau lebih dikenal *Power Supply* agar alat tersebut dapat berfungsi semestinya. Selain itu juga, *Power Supply* dibutuhkan pada alat elektronika ketika alat tersebut tidak mendapatkan sumber listrik yang sesuai dengan pemakaian alatnya sebagai contoh, listrik yang tersedia merupakan tegangan 220V AC, sedangkan alat memerlukan tegangan 24V DC. *Power Supply* adalah sebuah komponen yang digunakan untuk memasok atau menyediakan daya listrik ke sebuah atau lebih perangkat. *Power Supply* saat ini telah dirancang sedemikian rupa untuk mampu mengubah bahan dasar energi semisal energi matahari, angin, hingga kimia menjadi energi listrik (Meilinaeka, 2023). Berikut adalah gambar dari *Power Supply* :

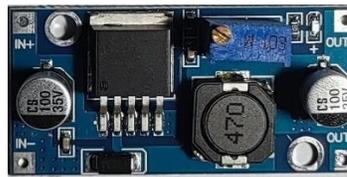


Gambar 2. 3 *Power Supply*

## 2.6 Step down Converter DC to DC

Konverter *buck*, juga disebut sebagai konverter *step-down*, adalah komponen elektronika daya yang mengubah tegangan masukan yang lebih tinggi menjadi tegangan keluaran yang lebih rendah. Ini penting dalam berbagai aplikasi, di mana rangkaian elektronika tertentu memerlukan tingkat tegangan yang lebih rendah untuk beroperasi sedangkan *Power Supply* utama rangkaian lebih besar dari tegangan yang dibutuhkan komponen tersebut (Venus Kohli, 2024).

Keuntungan utama dari buck converter adalah kesederhanaannya, yang memungkinkan konversi tegangan yang efisien menggunakan jumlah komponen yang relatif sedikit. Pada proyek ini, *step down* digunakan untuk menurunkan tegangan 24V dari *Power Supply* sebagai sumber tegangan untuk mikrokontroler yakni 5V. Berikut adalah gambar dari *step down* :



Gambar 2. 4 *Step down* 24V to 5V

## 2.7 Arduino Nano

Arduino adalah sebuah alat pengendali mikro *single-board*, bersifat *open source* yang dapat dirancang untuk memudahkan seorang pengguna elektronik di berbagai bidang industri dan keperluan lainnya. *Hardware*-nya yang ditenagai SOC Atmel AVR dan *software*-nya mempunyai beberapa bahasa pemrograman tersendiri (Masikin, 2022).

Arduino Nano adalah sebuah papan pengembangan mikrokontroler yang menggunakan chip ATmega328P dan memiliki ukuran yang sangat kecil. Meskipun ukurannya mungil, Arduino Nano memiliki fungsionalitas yang sama dengan Arduino Uno, sehingga dapat digunakan untuk berbagai proyek elektronik dan pemrograman yang membutuhkan mikrokontroler (Iksal dkk, 2018). Pada alat ini Arduino Nano berperan sebagai pusat atau otak dari pengolahan informasi serta memberikan intruksi berupa sinyal analog dan digital kepada komponen yang terhubung melalui pin yang tersedia. Arduino Nano diaktifkan dengan mendapatkan tegangan 5V melalui *step down* yang menurunkan tegangan dari *Power Supply* 24V.

Berikut adalah gambar dari Arduino Nano sebagai mikrokontroler yang digunakan pada alat ini :



Gambar 2. 5 Arduino Nano

## 2.8 MOSFET

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) memiliki empat gerbang terminal antara lain adalah *Source (S)*, *Gate (G)*, *Drain (D)* dan *Body (B)*. MOSFET adalah sebuah perangkat semionduktor yang secara luas di gunakan sebagai switch dan sebagai penguat sinyal pada perangkat elektronik. MOSFET adalah inti dari sebuah IC (*Integrated Circuit*) yang di desain dan di fabrikasi dengan *single chip* karena ukurannya yang sangat kecil (Sitepu, 2018).

Pada proyek ini Modul MOSFET digunakan untuk mengontrol tegangan 12V dari *Power Supply* untuk memanaskan *heat bed* melalui program yang diproses oleh Arduino Nano. MOSFET ini memiliki konsep *Pulse Width Modulation (PWM)* yakni bernilai 255 PWM, dengan kata lain nilai 0 – 255 PWM mewakili tegangan 0 – 24V *power supply*. Semakin tinggi nilai PWM yang diinput, maka akan semakin tinggi pula *output* suhu yang dihasilkan *Heat bed*. Berikut adalah gambar dari modul MOSFET :



Gambar 2. 6 Modul MOSFET

## 2.9 Heat Bed

*Heat bed* merupakan modul tambahan untuk 3D printing yang membuat proses pendinginan bahan cetak 3D lebih terkontrol, sehingga hasil pencetakan dapat lebih baik. Modul ini berbentuk pelat alumunium yang dapat dipanaskan melalui aliran listrik hingga suhu 150°C berdasarkan tegangan masukan yang diatur oleh PWM (Adhiatma, 2022).

*Heat bed* yang digunakan pada proyek ini merupakan *Heat bed* dari 3D Printer yang dapat menghasilkan suhu hingga 150°C. Jalur pemanas pada *Heat bed* dihubungkan ke positif negatif *Power Supply* 24V sebagai sumbernya. Selain itu juga terdapat 2 jalur lainnya yang lebih kecil digunakan untuk instalasi sensor suhu berupa *thermistor*. Berikut adalah gambar dari *Heat Bed* 3D Printer :



Gambar 2. 7 *Heat Bed* 3D Printer

## 2.10 Sensor Suhu *Thermistor* NTC 100K Ohm

*Thermistor* atau dikenal juga thermal resistor adalah sensor temperatur atau suhu yang cara kerjanya seperti resistor, namun nilai resistansinya terpengaruh oleh temperatur di sekitarnya. Komponen ini bisa disebut transduser karena menghasilkan tegangan analog berdasarkan temperatur sekitarnya. Hal ini terjadi karena perubahan sifat listriknya akibat perubahan temperatur. *Thermistor* merupakan tahanan yang berkaitan dengan panas. *Thermistor* atau singkatan dari thermal dan resistor. Adapun jenis *Thermistor* yaitu NTC (*Negative Temperature Coefficient*) dan PTC (*Positive Temperature Coefficient*). Nilai resistansi pada jenis NTC akan turun jika temperatur

di sekitarnya naik dan untuk nilai resistansi jenis PTC naik jika temperatur di sekitarnya naik. Pada umumnya bahan *Thermistor* terbuat dari polimer atau keramik (Hasanah, 2022).



Gambar 2. 8 *Thermistor*

### 2.11 *Liquid Crystal Display (LCD) 2 x 16*

*Liquid Crystal Display* atau LCD adalah jenis layar yang sering digunakan pada produk elektronik seperti ponsel, televisi, laptop, sampai kalkulator. Walaupun terbilang alat lama, namun penggunaan LCD masih mendominasi. Komponen ini menjadi tampilan antar muka pengguna (*user interface*) untuk mempermudah pemantauan serta interaksi manusia dengan alat elektronik. LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan rangkaian elektronika yang digunakan untuk menampilkan keterangan atau indikator yang diberikan kedalam mikrokontroler. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer (Suryantoro, 2019). Berikut adalah gambar dari LCD :



Gambar 2. 9 LCD 2 x 16

## 2.12 Rotary Encoder

*Rotary encoder* adalah sebuah rangkaian yang berfungsi mengubah data menjadi bentuk data baru. Alat ini diperlukan untuk mengonversi data dari satu sistem bilangan ke sistem bilangan lain. Prinsip kerja *encoder* adalah mengubah data agar dapat diterima oleh penerima dalam kondisi utuh. Di bagian penerima, terdapat *decoder* yang dapat mengambil dan memproses data yang telah dikonversi oleh *encoder* (Amin, dkk, 2019).

*Rotary encoder* salah satu komponen *input* yang sering digunakan karena kepraktisannya. Dalam satu komponen ini terdapat dua fungsi yakni memasukkan nilai analog (interval) seperti potensio meter dan nilai digital layaknya sebuah *push button*. Pada proyek ini *rotary encoder* digunakan sebagai komponen *input* untuk tombol mulai serta memasukkan data *fuzzy logic* dan lainnya. Berikut adalah gambar dari *rotary encoder* :



Gambar 2. 10 Rotary Encoder

## 2.13 Software Arduino IDE

Arduino adalah *platform open-source* yang terkenal untuk pengembangan prototipe elektronik dan aplikasi IoT. *Platform* ini menggunakan bahasa pemrograman khusus melalui perangkat lunak yang dikenal sebagai Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Arduino IDE berfungsi sebagai alat untuk mengembangkan dan memprogram mikrokontroler Arduino (Felicia Evan, 2023). Arduino digunakan untuk membuat dan menyimpan segala program yang dibutuhkan dalam proses pengerjaan alat. Aplikasi Arduino ini dapat diatur segala tuntutan yang harus dilakukan, berupa program *Fuzzy Logic Controller* dan juga program untuk LCD,

*rotary encoder*, PWM, dan sensor suhu. Untuk tampilan *software* Arduino IDE dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



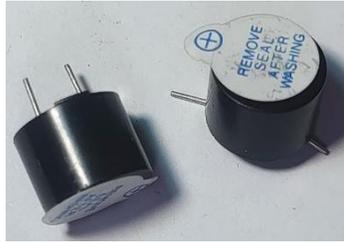
Gambar 2. 11 *Software* Arduino IDE

## 2.14 *Buzzer*

*Buzzer* adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara, sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem alarm untuk memberikan peringatan, serta sebagai indikator suara dalam perangkat elektronik. *Buzzer* bekerja dengan menghasilkan suara yang ketika menerima sinyal listrik. Karena fungsinya yang penting, *buzzer* termasuk dalam kategori transduser, yang mengubah energi listrik menjadi energi suara.

Dalam proyek akhir ini *buzzer* yang digunakan yakni jenis *Buzzer Active 5v*, yang mana *buzzer* jenis ini akan aktif secara otomatis dengan hanya mendapat tegangan. *Buzzer* berfungsi sebagai alarm, dimana pada saat waktu hitung mundur penge-*press*-an atau penekanan selesai Arduino akan mengirimkan sinyal agar *buzzer* berbunyi hingga pengguna mereset alat.

Berikut adalah gambar dari *buzzer* sebagai indikator penanda dari status penyablonan telah selesai :

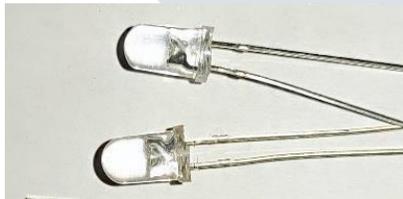


Gambar 2. 12 *Buzzer Active 5V*

### 2.15 *Light Emiting Diode (LED)*

*Light Emiting Diode (LED)* adalah teknologi dengan media semikonduktor yang dapat merubah energi listrik menjadi cahaya pada saat media tersebut dialiri oleh listrik. LED digunakan umumnya sebagai penerangan suatu tempat, namun selain itu LED juga digunakan sebagai sinyal atau informasi berupa visual untuk indra pengelihatan yakni mata (Hadinnisa, dkk., 2021).

Pada alat ini LED digunakan sebagai indikator untuk memberikan informasi terkait status operasi alat. Terdapat tiga status operasi alat yang diwakilkan LED, warna hijau untuk selesai, warna kuning *standby*, dan warna merah untuk menunjukkan proses sedang berlangsung.

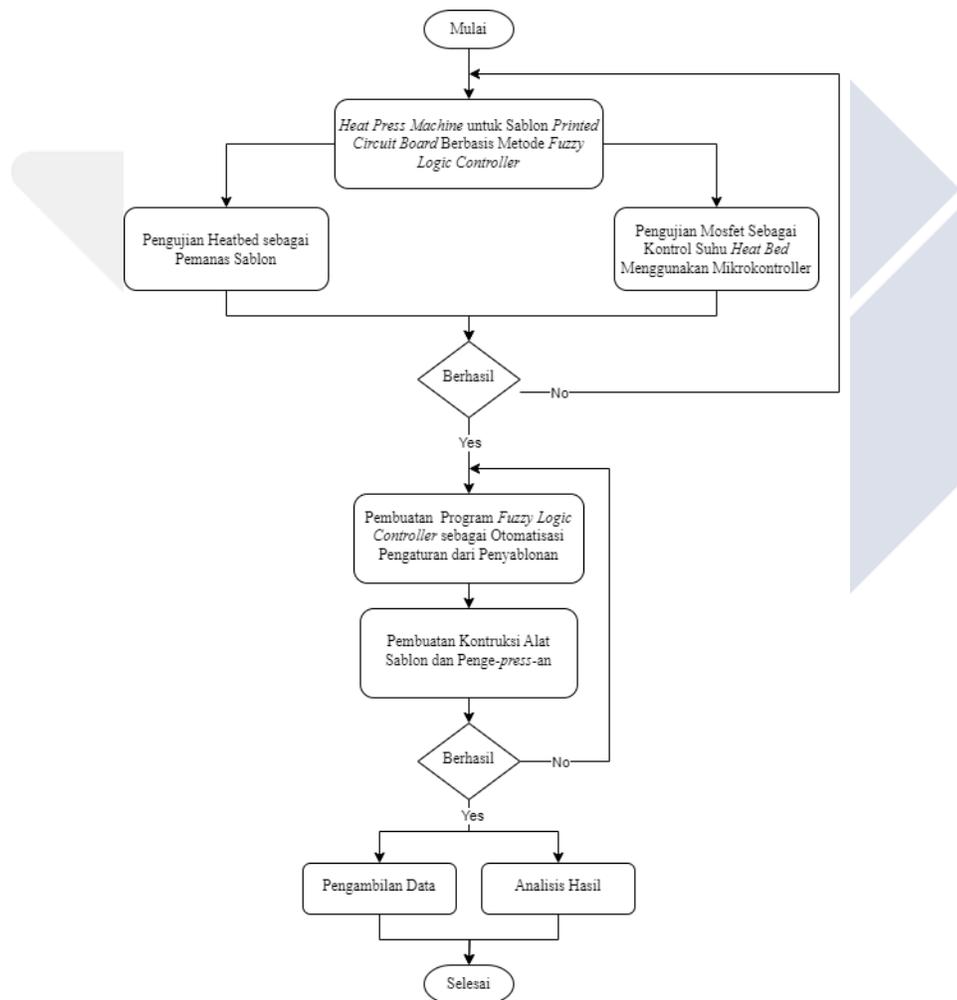


Gambar 2. 13 LED

### BAB III

#### METODE PELAKSANAAN

Dalam pelaksanaan proyek akhir yang berjudul “*Heat Press Machine* untuk Sablon *Printed Circuit Board* Berbasis Metode *Fuzzy Logic Controller*” metode yang dipakai yakni menggunakan metode *Research and Development*. Dibawah ini adalah tahapan-tahapan penelitian yang telah dirangkum ke dalam bentuk *flowchart* berikut :



Gambar 3. 1 *Flowchart* Alur Penelitian

### 3.1 Studi Literatur

Penelitian dilakukan mengenai sistem penyablonan PCB telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Ada beberapa penelitian terkait yang telah dibuat sebagai berikut :

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Hasil
1	Rancang Bangun Sablon Jalur <i>Layout</i> PCB Otomatis Berbasis <i>Programmable Logic Control</i> (PLC)	Irawati, Deasy Kartikasari, Karyadi	2022	Penelitian ini menyusun mesin <i>etching</i> PCB otomatis yang bekerja lebih cepat dan lebih baik. Mesin ini menggunakan <i>heater</i> yang dikontrol oleh <i>Thermo Controller</i> dan diprogram oleh PLC. Penekanan dilakukan dengan angin ( <i>pneumatic</i> ) yang diatur oleh Timer selama waktu tertentu. Setelah selesai, PCB didinginkan oleh kipas DC 24v. Mesin ini berukuran 60cm × 40cm × 80cm dan dirancang untuk meminimalkan waktu dan tenaga, sehingga menghasilkan proses yang lebih cepat dan hasil yang lebih baik.
2	Otomatisasi Mesin Sablon PCB untuk Meningkatkan Produksi PCB	Nurhadi Machmud, Effendy	2012	Hasil sablon PCB manual menunjukkan tingkat keberhasilan rendah (50%), dengan hanya 25 dari 50 potong PCB yang memenuhi standar. Oleh karena

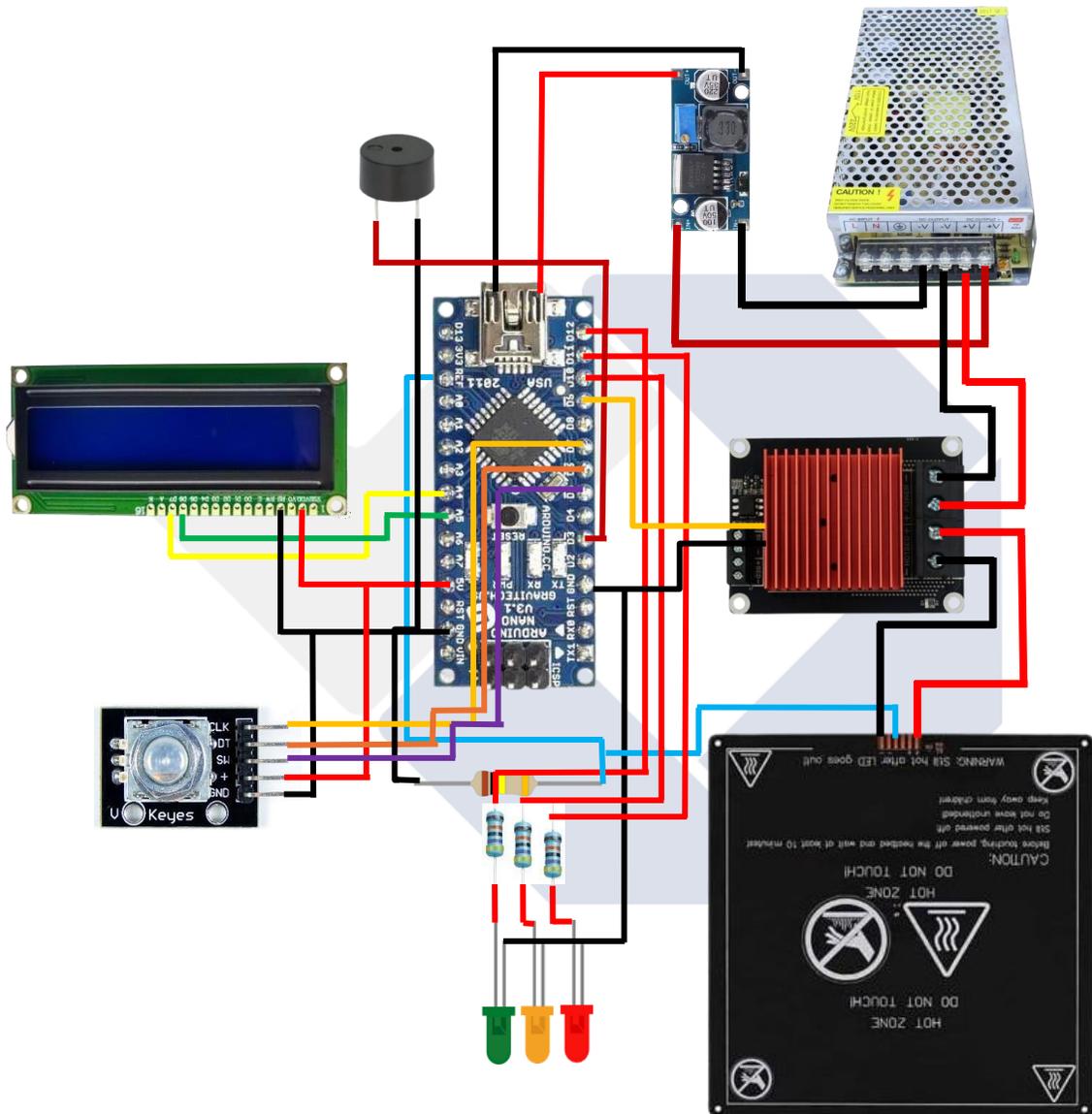
	Siap Pakai dan Efisiensi Usaha		itu, dalam program vucer DIKTI, kami membuat alat otomatisasi sablon PCB untuk meningkatkan hasil produksi dan efisiensi. Alat ini memiliki dua bagian utama: kerangka mesin sablon PCB yang menggantikan kerangka manual, dan sistem kontrol yang menggerakkan rakel secara otomatis. Dengan mengganti alat manual dengan alat otomatis dan bimbingan tim pelaksana, BELT dapat meningkatkan tingkat keberhasilan pensablonan dari 50% menjadi 83,3%.
--	--------------------------------	--	--

### **3.2 Perancangam *Heat Press Machine* untuk Sablon *Printed Circuit Board* Berbasis Metode *Fuzzy Logic Controller***

Tahapan perancangan proyek terdiri dari dua bagian utama yakni perancangan elektrikal dan konstruksi. Dalam perancangan elektrikal sendiri terdiri dari *wiring diagram* untuk instalasi dari komponen yang digunakan pada proyek, sedangkan perancangan kontruksi berupa desain 3D dari konstruksi akhir proyek yang dibuat menggunakan *software* Auto-Desk. Tujuan utama dari perancangan ini adalah bagaimana bagian elektrikal dan kontruksi proyek ini dipadukan agar dapat melakukan penyablonan yang efektif dan efisien.

### 3.2.1 Instalasi Komponen Elektrikal

Berikut gambar perancangan elektrikal proyek yang dibuat pada gambar di bawah ini :



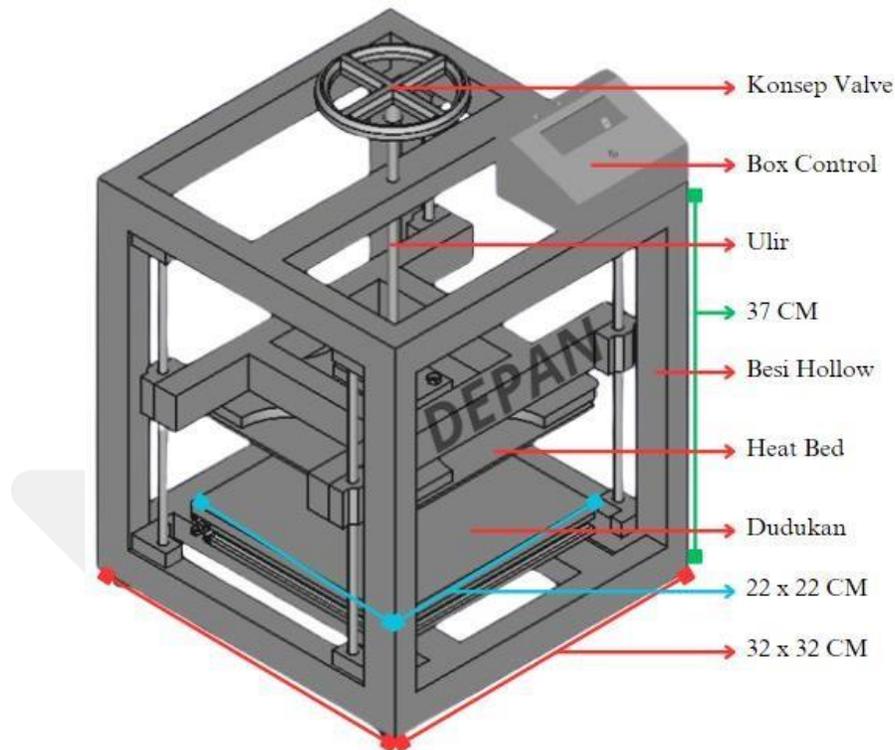
Gambar 3.2 *Wiring Diagram*

Pada gambar *wiring diagram* di atas merupakan instalasi elektrikal proyek. Salah satu komponen utama yang digunakan yakni *heat bed* memiliki empat pin yang masing-masing sepasang untuk dihubungkan ke *power supply* sumber 24V positif negatif dan pin sensor *Thermistor* positif dihubungkan ke 5V Arduino, sedangkan pin negatifnya terhubung ke pin A0 Arduino diparalelkan dengan pin GND. Untuk mengontrol suhunya, *heat bed* dihubungkan ke sumber 24V melalui MOSFET yang memiliki 2 pin SIG (*signal*) sebagai kontrol PWM yang dihubungkan ke pin A9 dan GND Arduino. Sumber tegangan 5V didapatkan Arduino melalui *step down* yang dihubungkan ke pin VIN dan GND-nya. Sebagai sistem *user interface* digunakan dua komponen yakni LCD yang menampilkan opsi *input* serta pemantauan dihubungkan ke empat pin yakni SCL - SDA ke pin A4 - A5 dan *power*-nya ke pin 5V - GND, sedangkan *Rotary Encoder* memiliki lima pin berurutan yakni CLK, DT, SW, 5V, dan GND yang dihubungkan ke pin Arduino berurutan A1, A2, A3, dan *power* ke pin 5V - GND. Selanjutnya, sebagai sistem pemantauan terdapat komponen *buzzer* 5V dengan kaki positif dihubungkan ke pin D3 dan kaki negatif ke GND, serta 3 buah LED dengan kaki positifnya dihubungkan ke pin D10, D11, D12 berurutan dan kaki negatif ke GND.

### **3.2.2 Desain Konstruksi Alat**

Tujuan utama dari desain rancangan konstruksi alat ini adalah bagaimana membuat sebuah konstruksi yang menghasilkan penge-*press*-an atau penekanan presisi serta tahan akan dampak panas yang dihasilkan dari elemen pemanas. Kepresisian pada saat penekanan menjadi hal krusial yang menentukan hasil sablon agar merata dan layak dipakai. Untuk memenuhi kedua aspek tersebut, alat ini dirancang dengan material besi *hollow* sebagai kerangka utamanya dan material kayu untuk keefektifan kerja alat serta keamanan pengguna.

Berikut gambar perancangan ataupun desain yang dibuat disajikan pada gambar di bawah ini :



Gambar 3. 3 Rancangan 3D Model Alat

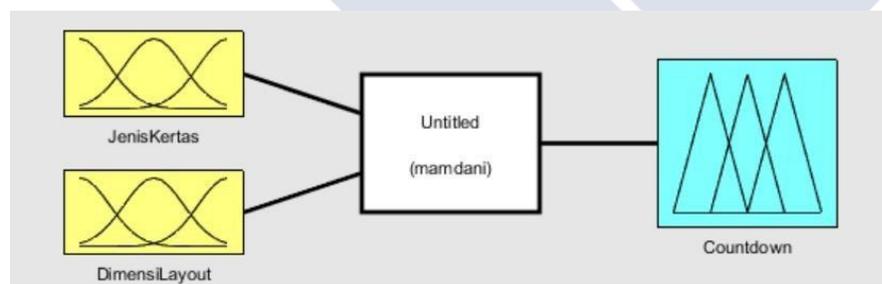
Bagian depan alat adalah sisi paling bebas bagi pengguna, dimana desain ini bertujuan agar pengguna dapat dengan mudah melakukan mobilitas baik untuk meletakkan atau mengeluarkan PCB dari dudukan penekanan. Dudukan yang terbuat dari bahan kayu (*multiplex*) dengan permukaan rata digunakan agar dampak panas dari *heat bed* tidak berpindah ke dudukan sehingga mengurangi resiko kecelakaan akibat panas. Dimensi dudukan disesuaikan dengan ukuran *heat bed* yakni  $22 \times 22$  CM sehingga minim menggunakan tempat agar alat tetap *compact*, namun tetap menghasilkan penekanan yang maksimal. Konstruksi yang dibuat diusahakan se-*compact* mungkin dengan kata lain sekecil mungkin, namun tetap nyaman ketika

dioperasikan pengguna dengan ukuran  $32 \times 32$  CM untuk panjang lebarnya dan tinggi 37 CM.

Pada bagian atas terlihat bagian utama dari sistem penekanan yakni *Heat bed*. *Heat bed* yang menghasilkan panas dipasang pada *bracket* berbahan kayu (*multiplex*) dengan sifat isolator memiliki tujuan agar panas yang dihasilkan tidak menyebar ke material logam konstruksi lainnya. Untuk memudahkan penekanan dibuatkan mekanisme pergerakan vertikal naik turun dengan menggunakan sebuah besi ulir sepanjang 30 CM yang dipasang pada pusat konstruksi. Untuk memastikan kepresisian pergerakan dan penekanan *Heat bed*, pada bagian atas *bracket* dipasang kerangka berupa besi *hollow* yang menghubungkan *Heat bed* ke empat tiang berbentuk silinder untuk tumpuan pergerakan vertikal menggunakan *linear slider* sebagai pengunci pergerakan vertikal sehingga tidak terjadi pergerakan horizontal.

### 3.3 Perancangan Metode *Fuzzy Logic Controller*

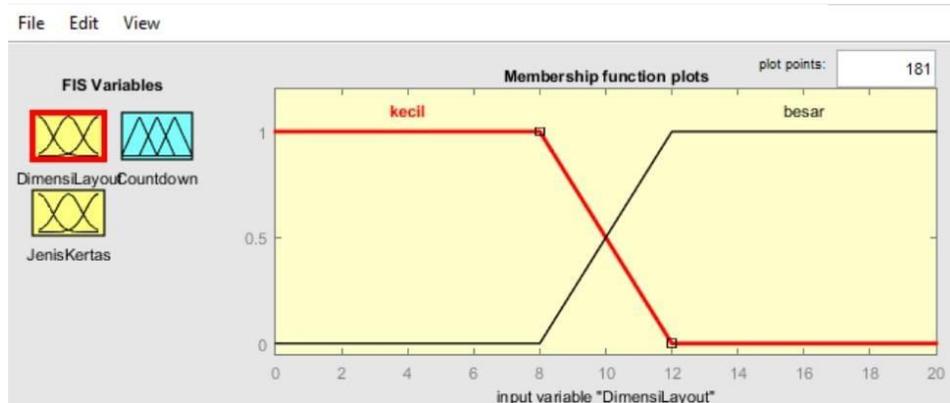
Dalam perancangan sistem kontrol *fuzzy logic*, langkah pertama yang dilakukan adalah penentuan variabel *input* dan *output* untuk kemudian variabel tersebut menjadi acuan dalam pembuatan aturan *fuzzy (rules)* untuk mendapatkan *output* dari sistem ini. Berikut adalah keanggotaan variabel *input* untuk *fuzzy logic* dalam proses *fuzzyfikasi* :



Gambar 3. 4 Rancangan *Fuzzy Logic Controller*

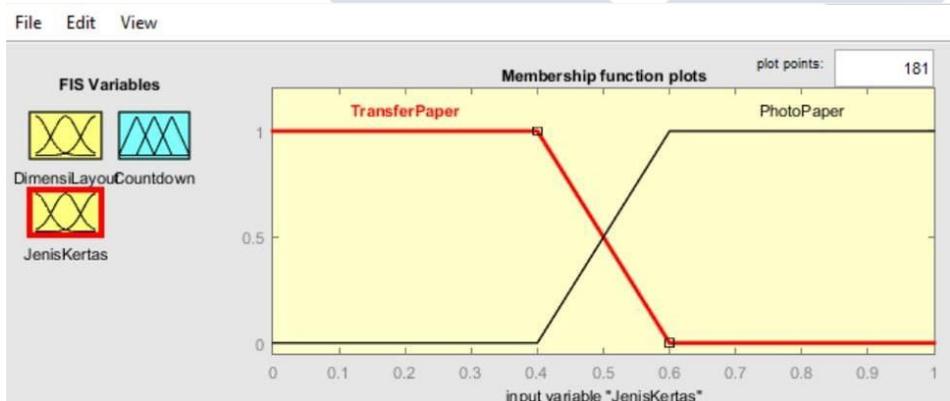
Dalam proses *fuzzyfikasi* yaitu tahap pertama merubah himpunan *fuzzy* menjadi keanggotaan fungsi *fuzzy*. Keanggotaan *fuzzy* pada fungsi dimensi atau luas permukaan didefinisikan atas dua kondisi nilai variabel *input* serta satu variabel *output* yakni waktu hitung mundur atau *countdown*.

Berikut himpunan untuk variabel dimensi *layout input fuzzy* yaitu kecil dan besar dengan data sebagai berikut:



Gambar 3. 5 Variabel *Input Dimensi Layout* Sablon

Dalam proses *fuzzyfikasi* yaitu tahap pertama merubah himpunan *fuzzy* menjadi keanggotaan pertama fungsi *fuzzy*. Keanggotaan *fuzzy* pada fungsi dimensi atau luas permukaan didefinisikan atas dua kondisi nilai variabel, yaitu kecil 1 CM – 10 CM dan besar >10 CM – 20 CM luas permukaan *layout*. Keanggotaan kedua fungsi *fuzzy* adalah jenis kertas dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. 6 Variabel *Input Jenis Kertas*

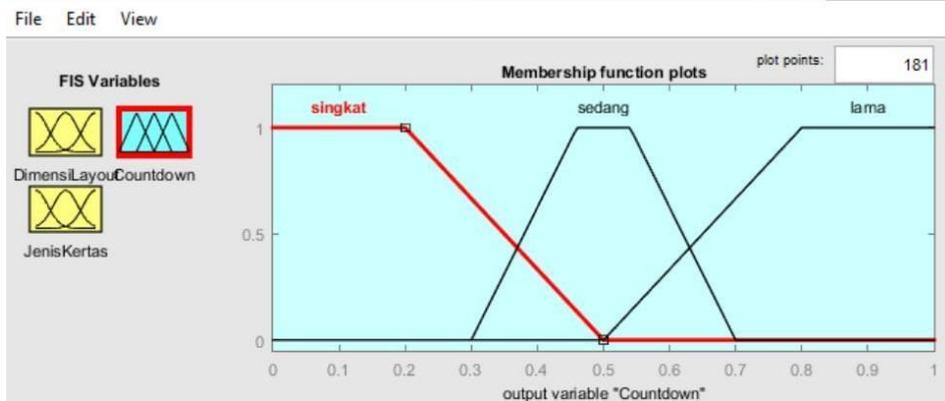
Untuk nilai variabel jenis kertas yang digunakan berdasarkan jenis untuk sablon PCB memiliki dua kondisi variabel yakni *transfer paper* dan *photo paper* atau kertas

foto dengan perbedaan mencolok dari kedua kertas tersebut adalah ketebalannya, dimana kertas foto lebih tebal dibandingkan *transfer paper*. Karena kertas tidak memiliki data nilai tertentu untuk dijadikan anggota himpunan *fuzzy*, penulis menginisialisasinya dengan nilai 1 – 5 untuk *transfer paper* dan >5 – 10 untuk *photo paper*. Setelah menentukan variabel *input*, tahapan berikutnya adalah membuat rules, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 1 *Rules Fuzzy*

Dimensi <i>Layout</i>	Kecil (K) (1 CM – 10 CM) × 2	Besar (B) (>10 CM – 20 CM) × 2
Jenis Kertas		
<i>Transfer paper</i> (TP)	Singkat	Sedang
<i>Photo paper</i> (PP)	Sedang	Lama

Dalam mengendalikan suhu *heat bed* dan hitung mundur digunakan beberapa *rules*, penentuan *rules* mempengaruhi hasil berdasarkan suhu yang akan dicapai, penentuan suhu *heat bed* berdasarkan rule terlihat pada tabel terdapat empat *rules*, yang pertama TP + K = singkat untuk waktu penyablonan, TP + B = sedang untuk waktu penyablonan, PP + K = sedang untuk waktu penyablonan, dan PP + B = lama untuk waktu penyablonan. Berikut adalah *output* dari *rules fuzzy* yang didapat :



Gambar 3. 7 Variabel *Output*

Penentuan batas dari keluaran *Fuzzy* yang digunakan akan mendapatkan fungsi keanggotaan berdasarkan proses *Fuzzyfikasi*, penentuan kondisi lama waktu penekanan sablon ini dengan dua anggota *output* yakni singkat 0 sampai 3 menit, sedang >3 sampai 7 menit, dan lama >7 menit sampai 10 menit dengan metode ini, solusi diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

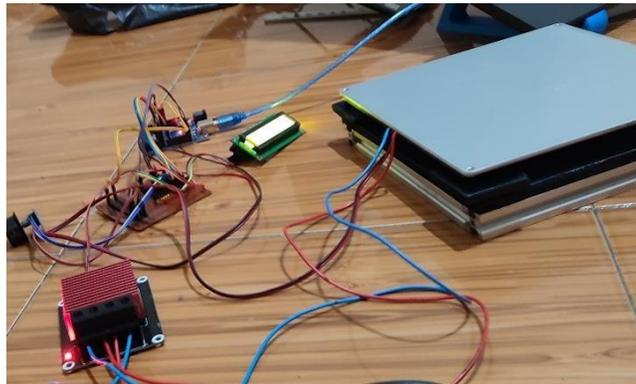
### 3.4 Pengujian *Heat bed* sebagai Elemen Pemanas untuk Penekanan Sablon

Sistem pengujian menggunakan *heat bed* dengan *Power Supply* 24V yang dikendalikan MOSFET dalam bentuk PWM menggunakan mikrokontroler Arduino Nano. Ketika *power supply* dinyalakan, maka MOSFET akan bekerja untuk memanaskan *heat bed* sesuai dengan *set point* suhu yang telah ditentukan. Suhu yang dihasilkan *heat bed* dapat diketahui dengan sensor *Thermistor* yang terinstalasi pada bagian tengahnya. Berikut adalah gambar dari *heat bed* :



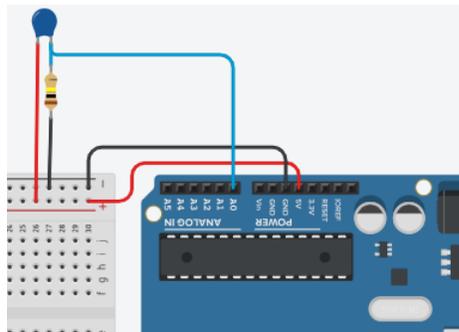
Gambar 3. 8 *Heat Bed*

Pada bagian tengah tepi *heat bed* terdapat beberapa pin yang dapat disolder yakni pin positif negatif 24V dan positif negatif sensor suhu *Thermistor*. Berikut adalah gambar dari pengujian *heat bed* sebagai elemen pemanas penyablolan untuk PCB :



Gambar 3. 9 Pengujian *Heat Bed*

Pada gambar tersebut *Power Supply* 24V dihubungkan ke MOSFET untuk dikontrol *output*-nya menggunakan PWM setelah berikutnya dihubungkan ke *heat bed*. Pada MOSFET terdapat pin SIG (*signal*) berupa kontrol nilai untuk PWM yang dihubungkan ke pin D9 Arduino dan pin negatif yang dihubungkan ke pin GND Arduino. Pada bagian tengah *heat bed*, terdapat dua jalur untuk instalasi sensor suhu *Thermistor* yang telah diletakkan di tengah. Kaki *output* dari sensor dihubungkan ke Arduino melalui pin A0 yang di paralelkan dengan resistor 100K ke pin GND dan kaki lainnya dihubungkan ke pin 5V, dari pengujian tersebut maka diperoleh hasil seperti disajikan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. 10 Rangkaian Pengujian Sensor

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, nilai PWM 0 – 255 mewakili tegangan 0 – 24V dan dengan kata lain setiap 1V itu bernilai 10,6 PWM. Ketika nilai PWM yang diberikan bernilai maksimal maka suhu *Heat bed* akan terus memanaskan hingga ke 150°C dalam waktu 3 menit. Ketika suhu telah mencapai *set point*, maka kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) akan bekerja mempertahankan suhu *set point*. Sensor suhu *Thermistor* NTC yang digunakan bekerja sesuai karakteristiknya yakni ketika suhu di sekitarnya naik maka resistansinya akan turun, namun jika suhu di sekitarnya turun maka resistansinya akan naik.

### **3.5 Pengujian Arduino Nano**

Dalam hal ini Pengujian Arduino Nano bermaksud untuk menguji apakah dengan menggunakan Arduino Nano bisa mengoperasikan pengontrolan suhu *heat bed* dengan menggunakan PWM dari MOSFET serta membaca suhu panas *heat bed* menggunakan sensor *Thermistor*. Setelah dilakukan pengujian, Arduino Nano dipilih karena kompleksitasnya dimana mikrokontroler ini memiliki bentuk yang kecil sehingga lebih hemat tempat, namun dari segi fungsi tetap sama seperti Arduino Uno. Digunakannya Arduino Nano juga menimbang instalasi keseluruhan komponen elektrik yang tidak terlalu banyak menggunakan pin mikrokontroler.

### **3.6 Pengambilan Data**

Pengambilan data pada alat ini didasarkan pada dua aspek utama penyablonan yakni dimensi dari *layout* PCB dan jenis kertas yang digunakan untuk proses sablon. Data yang diambil akan dibahas dianalisis untuk mendapatkan *rules* atau aturan dari *Fuzzy Logic Controller*. Adapun data yang akan diambil adalah pengaruh data *input* yakni luas permukaan *layout* dan jenis kertas sablon terhadap dua hasil *output* yakni suhu dan lama waktu penekanan PCB dengan catatan hasil penyablonan layak digunakan atau minim kecacatan.

### **3.7 Pembahasan**

Pengujian dilakukan guna mendapatkan data yang valid, kemudian data tersebut dikumpulkan dalam berupa variabel sehingga menjadi sebuah kesimpulan solusi dari permasalahan yang dibahas. Dari pengumpulan data tersebut maka akan dilakukan pada tahap selanjutnya yakni pembahasan. Data tersebut akan dibahas secara menyeluruh dan mendetail untuk mempermudah analisis selanjutnya. Jika masih terdapat kekurangan dalam data yang diperoleh, pada tahap ini akan dilakukan pembahasan solusi baru atau *problem solving* untuk memperbaiki kekurangan tersebut sehingga diperoleh hasil yang maksimal.

### **3.8 Analisis Hasil**

Hasil pengujian menunjukkan seberapa panas yang harus dihasilkan oleh *heat bed* sehingga dapat melakukan penyablonan terhadap kedua jenis kertas yang dipakai untuk penyablonan. Selain itu juga lama waktu serta kepresisian penekanan juga menjadi hal utama yang mempengaruhi hasil dari sablon PCB dari beberapa ukuran dimensi *layout* PCB.

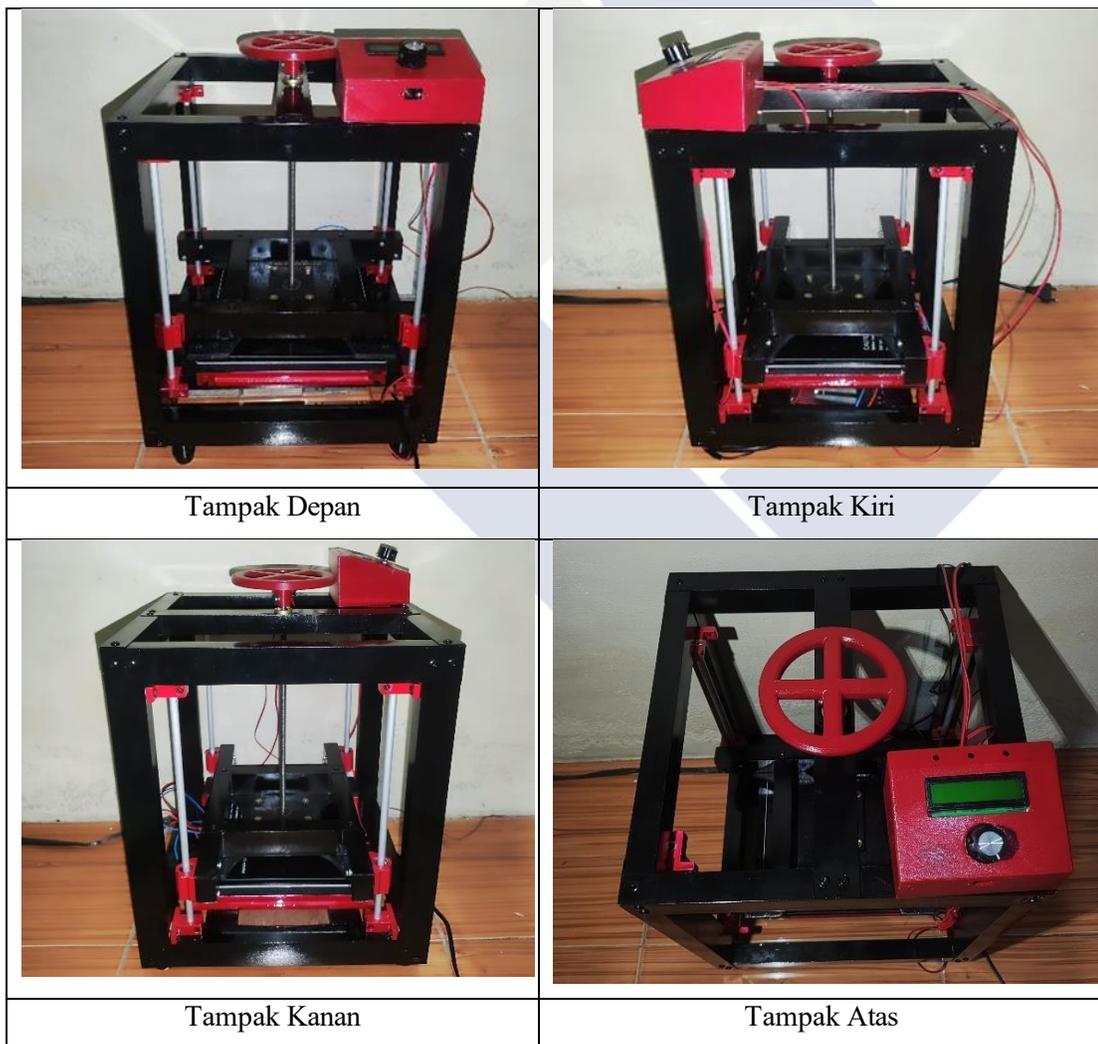
### **3.9 Pembuatan Makalah**

Tahapan ini merupakan tahapan terakhir dalam proses pembuatan proyek akhir. Pada pembuatan makalah proyek akhir ini dimuat segala sesuatu yang berhubungan dengan pembuatan proyek akhir mulai dari pendahuluan, landasan teori, metode pelaksanaan, pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Bentuk Fisik Alat

Adapun bentuk fisik alat dari proyek akhir yang dibuat merupakan pengaplikasian dari rancangan desain 3D dengan pertimbangan penggunaan material dapat memenuhi dan mendukung aspek penting dari fungsi alat yakni tahan panas serta presisi. Berikut bentuk fisik secara nyata dari alat yang dibuat :



Gambar 4. 1 Konstruksi Alat

Dapat dilihat pada gambar di atas yakni tampak depan dan tampak atas, yang mana pembuatan *box* tersebut menggunakan *multiplex* dengan ketebalan tripleknya yakni 8 mili. Panjang lebar kerangka tersebut yakni  $32 \times 32$  CM, dengan tinggi yakni 37 CM. Pada desain bagian atas alat dipasangkan sebuah *box* sebagai tempat instalasi komponen elektrikal diantaranya Arduino Nano, *Buzzer*, serta LCD, dan *Rotary Encoder* pada bagian luar untuk fungsi *user interface*.

#### **4.2 Pengujian *Heat bed* sebagai Elemen Pemanas untuk Penekanan Sablon**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, nilai PWM 0 – 255 mewakili tegangan 0 – 24V dan dengan kata lain setiap 1V itu bernilai 10,6 PWM. Ketika nilai PWM yang diberikan bernilai maksimal maka suhu *heat bed* akan terus memanaskan hingga ke 150 °C dalam waktu 3 menit atau bahkan bisa lebih panas seiring waktu berjalan. Namun untuk menjaga suhu penyablonan, ketika suhu telah mencapai *set point* atau suhu yang telah ditentukan yakni 150 °C, maka kontrol PID akan bekerja mempertahankan suhu *set point* agar tidak naik atau turun sehingga penekanan tetap berjalan optimal.

#### **4.3 Bagaimana Cara Menentukan Lama Waktu Penekanan Sablon Yang Tepat Berdasarkan Jenis Kertas Dan Ukuran *Layout PCB***

Pada tahap pengujian ini, dilakukan proses sablon yang terbagi menjadi beberapa data hasil pengujian, tepatnya dua kondisi yakni berhasil waktu pas dan gagal waktu kurang. Selain itu juga dilakukan pengulangan pengujian untuk waktu pas sebagai pengujian kekonsistensannya. Pengujian seperti ini dilakukan guna mendapatkan data yang lebih akurat terkait lama waktu penekanan sablon yang pas dan kurang. Proses Pengujian sablon ini dibantu dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Nano dengan pembacaan sensor oleh suhu *Thermistor*. Pengujian ini dilakukan dalam 8 kondisi seperti yang tersaji pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 1 Hasil Uji Coba Sablon PCB dengan Media Kertas *Photo paper* dan *Transfer paper*

No.	Uji Coba Sablon PCB				Hasil Uji Coba	
	Jenis Kertas <i>Transfer paper</i> (TP) / <i>Photo paper</i> (PP)	Dimesi	Suhu (°C)	Waktu (Menit)	Layak pakai (=>70%)	Tidak Layak Pakai (<70%)
1	TP	10 × 10 CM	140 - 150	1		50%
2			140 - 150	2	100 %	
3	PP		140 - 150	6		60 %
4			140 - 150	7	100 %	
5	TP	15 × 15 CM	140 - 150	2		60%
6			140 - 150	4	100 %	
7	PP		140 - 150	6		60 %
8			140 - 150	8	100 %	

Pengujian dilakukan dengan dua target hasil sablon yakni dengan waktu pas dan waktu kurang dengan indikasi layak atau tidak layak untuk setiap jenis kertas dan dimensi *layout* PCB dengan total 8 percobaan. Untuk mempermudah pengambilan data, penulis mengambil sampel untuk dimensi 10 × 10 CM dengan desain *layout* yang memiliki 15 *line* atau jalur, sedangkan dimensi 15 × 15 CM dengan desain *layout* yang memiliki 20 jalur. Jumlah jalur tersebut menjadi indikasi untuk presentase kelayakan sablon, dengan pertanyaan apakah hasil sablon layak dengan kondisi minimal jalur yang putus masih bisa diperbaiki dengan tinta spidol dalam waktu singkat dan mudah.

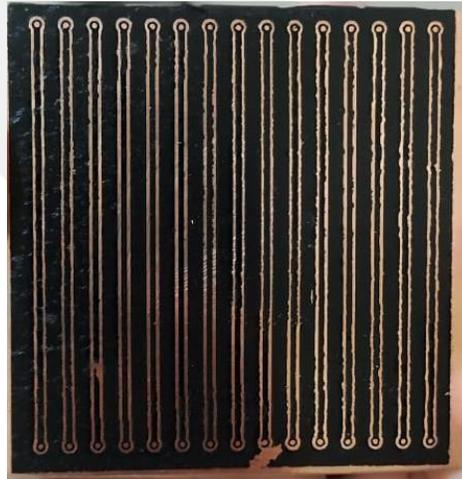
#### 4.3.1 Pengujian Sablon *Layout* Dimensi 10 × 10 CM dengan *Transfer paper* (TP)

Pada percobaan pertama, kertas dengan dimensi 10 × 10 CM diproses pada suhu antara 140 hingga 150 °C. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kertas tersebut layak pakai setelah penyablonan selama 2 menit. Hasil dari penyablonan dapat dilihat pada gambar berikut :

Tabel 4. 2 Hasil Uji Coba Sablon PCB dengan Media *Transfer paper* 10×10CM

No.	Uji Coba Sablon PCB				Hasil Sablon	
	Jenis Kertas (PP / TP)	Dimesi	Suhu (°C)	Waktu (Menit)	Layak pakai (=>70%)	Tidak Layak Pakai (<70%)
1	TP	10×10 CM	140 - 150	1		•
2			140 - 150	2	✓	

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk jenis *transfer paper* dengan dimensi *layout* kecil, proses penyablonan dapat dilakukan dengan baik dalam waktu paling cepat 2 menit pada suhu antara 140 hingga 150 °C. Kondisi ini menunjukkan bahwa *transfer paper* tersebut layak pakai tanpa adanya putus jalur pada hasil cetaknya atau minim kecacatan. Berikut hasil untuk pengujian sablon dengan lama waktu pas :



Gambar 4. 2 Hasil 2 Menit Sablon Kertas TP 10 × 10 CM

Dari hasil sablon diatas terlihat bahwa sablon terindikasi layak dipakai dengan tidak terdapat putus jalur yang menghubungkan komponen pada PCB sehingga bisa diteruskan ke proses berikutnya yaitu *etching*. Walaupun terdapat sedikit kecacatan, namun masih bisa diperbaiki menggunakan spidol dengan mudah dan dalam waktu

singkat. Berikut hasil untuk pengujian sablon dengan lama waktu penekan kurang dari waktu pas :



Gambar 4. 3 Hasil 2 Menit Sablon Kertas TP 10 × 10 CM

Dari hasil sablon diatas terlihat bahwa sablon terindikasi tidak layak dipakai meskipun tidak terdapat putus jalur yang menghubungkan komponen pada PCB, namun tinta tidak menempel sempurna serta retak membuat rongga antara tinta dan PCB sehingga tidak dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya yakni penglarutan atau *etching*. Hal ini terjadi karena *layout* PCB terlalu singkat disablon sehingga tinta pada kertas belum mencair serta menempel maksimal pada permukaan PCB.

#### **4.3.2 Pengujian Sablon *Layout* Dimensi 15 × 15 CM dengan *Transfer paper* (TP)**

Pada percobaan pertama, kertas dengan dimensi 15 × 15 CM diproses pada suhu antara 140 hingga 150 °C. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kertas tersebut layak pakai setelah penyablonan selama 4 menit. Hasil dari penyablonan dapat dilihat pada gambar berikut :

Tabel 4. 3 Hasil Uji Coba Sablon PCB dengan Media Kertas *Transfer paper*  
15×15CM

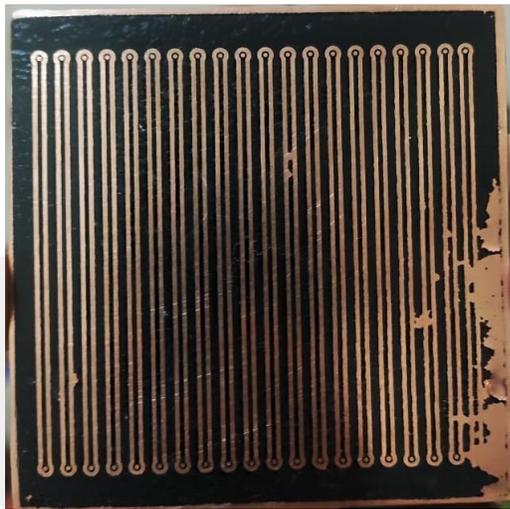
No.	Uji Coba Sablon PCB				Hasil Sablon	
	Jenis Kertas (PP / TP)	Dimesi	Suhu (°C)	Waktu (Menit)	Layak pakai (=>70%)	Tidak Layak Pakai (<70%)
1	TP	15 × 15 CM	140 - 150	2		•
2			140 - 150	4	✓	

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk jenis kertas *transfer paper* dengan dimensi *layout* besar, proses penyablonan dapat dilakukan dengan baik dalam waktu paling cepat 4 menit pada suhu antara 140 hingga 150°C. Kondisi ini menunjukkan bahwa *transfer paper* tersebut layak pakai tanpa adanya putus jalur pada hasil cetaknya atau minim kecacatan. Berikut hasil untuk pengujian sablon dengan lama waktu pas :



Gambar 4. 4 Hasil 4 Menit Sablon Kertas TP 15 × 15 CM

Dari hasil sablon diatas terlihat bahwa sablon terindikasi layak dipakai dengan tidak terdapat putus jalur yang menghubungkan komponen pada PCB sehingga bisa diteruskan ke proses berikutnya yaitu *etching*. Walaupun terdapat sedikit kecacatan pada bagian tepi *layout*, namun tidak mempengaruhi jalur dan masih bisa diperbaiki menggunakan spidol dengan mudah serta dalam waktu singkat. Berikut hasil untuk pengujian sablon dengan lama waktu kurang :



Gambar 4. 5 Hasil 2 Menit Sablon Kertas TP 15 × 15 CM

Dari hasil sablon diatas terlihat bahwa sablon terindikasi tidak layak dipakai dengan terdapat putus jalur yang menghubungkan komponen pada PCB, bahkan ketika diperbaiki menggunakan spidol memakan waktu yang lama dan tidak memungkinkan. Hal ini terjadi karena *layout* PCB terlalu singkat disablon sehingga tinta pada kertas belum mencair serta menempel pada permukaan PCB.

#### **4.3.3 Pengujian Sablon *Layout* Dimensi 10 × 10 CM dengan *Photo paper* (PP)**

Pada percobaan pertama untuk *photo paper* berdimensi 10 × 10 CM dengan suhu 140 – 150 °C didapatkan hasil layak pakai pada waktu 7 menit penyablonan. Hasil dari penyablonan dapat dilihat pada gambar berikut :

Tabel 4. 4 Hasil Uji Coba Sablon PCB dengan Media Kertas *Photo paper* 10×10CM

No.	Uji Coba Sablon PCB				Hasil Sablon	
	Jenis Kertas (PP / TP)	Dimesi	Suhu (°C)	Waktu (Menit)	Layak pakai (=>70%)	Tidak Layak Pakai (<70%)
1	PP	10 × 10 CM	140 - 150	6		•
2			140 - 150	7	✓	

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk jenis kertas *photo paper* dengan dimensi *layout* kecil, proses penyablonan dapat dilakukan dengan baik dalam waktu paling cepat 7 menit pada suhu antara 140 hingga 150 °C. Kondisi ini menunjukkan bahwa *photo paper* tersebut layak pakai tanpa adanya putus jalur pada hasil cetakannya atau minim kecacatan. Berikut hasil untuk pengujian sablon dengan lama waktu pas :



Gambar 4. 6 Hasil 7 Menit Sablon Kertas PP 10 × 10 CM

Dari hasil sablon diatas terlihat bahwa sablon terindikasi layak dipakai dengan tidak terdapat putus jalur pada PCB sehingga bisa diteruskan ke proses berikutnya yaitu

*etching*. Walaupun terdapat sedikit kecacatan pada bagian tepi dan jalur *layout*, namun masih bisa diperbaiki menggunakan spidol dengan mudah serta dalam waktu singkat. Berikut hasil untuk pengujian sablon dengan lama waktu penekan kurang dari waktu pas :



Gambar 4. 7 Hasil 6 Menit Sablon Kertas PP 10 × 10 CM

Dari hasil sablon diatas terlihat bahwa sablon terindikasi tidak layak dipakai walaupun putus jalur tidak banyak, namun hasil penyablonan kurang maksimal dengan tinta yang tidak menempel sempurna sehingga ketika dibersihkan tinta *layout* akan terangkat mengakibatkan jalur putus dan rusak. Hal ini terjadi karena *layout* PCB terlalu singkat disablon sehingga tinta pada kertas belum mencair serta menempel pada permukaan PCB.

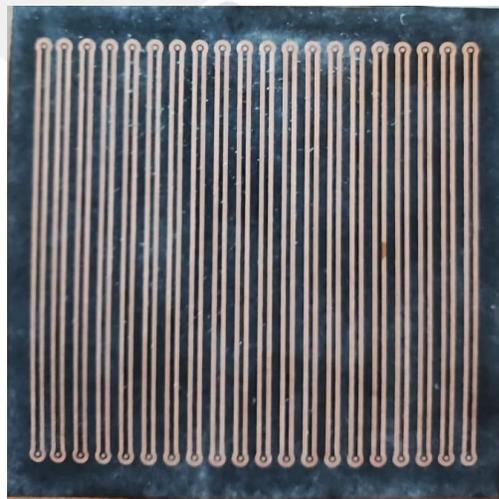
#### **4.3.4 Pengujian Sablon *Layout* Dimensi 15 × 15 CM dengan *Photo paper* (PP)**

Pada percobaan pertama untuk kertas berdimensi 15 × 15 CM dengan suhu 140 – 150 °C didapatkan hasil layak pakai pada waktu 8 menit penyablonan. Hasil dari penyablonan dapat dilihat pada gambar berikut :

Tabel 4. 5 Hasil Uji Coba Sablon PCB dengan Media Kertas *Photo paper* 15 × 15 CM

No.	Uji Coba Sablon PCB				Hasil Sablon	
	Jenis Kertas (PP / TP)	Dimesi	Suhu (°C)	Waktu (Menit)	Layak pakai (=>70%)	Tidak Layak Pakai (<70%)
1	PP	15 × 15 CM	140 - 150	6		•
2			140 - 150	8	✓	

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk jenis kertas *photo paper* dengan dimensi *layout* besar, proses penyablonan dapat dilakukan dengan baik dalam waktu paling cepat 8 menit pada suhu antara 140 hingga 150 °C. Kondisi ini menunjukkan bahwa *transfer paper* tersebut layak pakai tanpa adanya putus jalur pada hasil cetakannya atau minim kecacatan. Berikut hasil untuk pengujian sablon dengan lama waktu pas :



Gambar 4. 8 Hasil 8 Menit Sablon Kertas PP 15 × 15 CM

Dari hasil sablon diatas terlihat bahwa sablon terindikasi layak dipakai dengan tidak terdapat putus jalur yang menghubungkan komponen pada PCB, hasil sablon sangat baik sehingga tidak perlu diperbaiki dengan spidol sehingga bisa langsung

diteruskan ke proses berikutnya yaitu *etching*. Berikut hasil untuk pengujian sablon dengan lama waktu penekan kurang dari waktu pas:

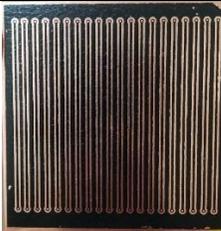
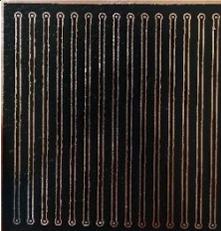
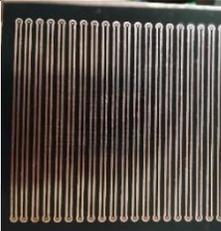
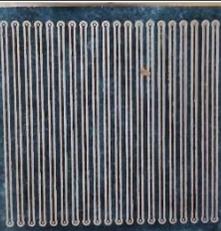
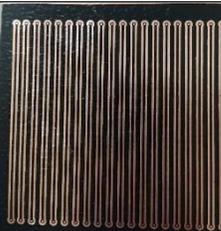


Gambar 4. 9 Hasil 6 Menit Sablon Kertas PP  $15 \times 15$  CM

Dari hasil sablon diatas terlihat bahwa sablon terindikasi tidak layak dipakai walaupun putus jalur tidak banyak, namun hasil penyablonan kurang maksimal dengan tinta yang tidak menempel sempurna sehingga ketika dibersihkan tinta *layout* akan terangkat mengakibatkan jalur putus dan rusak. Hal ini terjadi karena *layout* PCB terlalu singkat disablon sehingga tinta pada kertas belum mencair serta menempel pada permukaan PCB.

Berikutnya dilakukan juga pengulangan pengujian untuk waktu pas dengan indikasi layak sebagai pengujian kekonsistensiannya. Pengujian ini dilakukan dengan mengulangi tiga kali percobaan yang sama dengan waktu sama dan hasil yang sama pula dengan percobaan pertama sehingga dapat dipastikan keakuratan waktu pas penyablonan tersebut.

Berikut hasil pengujian untuk mengetahui kekonsistensian hasil sablon dengan waktu, dimensi *layout*, jenis kertas, dan suhu yang sama :

Uji ke-	(A)	(B)	(C)	(D)
1				
2				
3				

Gambar 4. 10 Hasil Uji Konsistensi Hasil Sablon *Layout*

Dari 12 pengujian yang telah dilakukan yakni tiga kali untuk 10×10 CM *transfer paper* selama 2 menit (A), tiga kali untuk 15×15 CM *transfer paper* selama 4 menit (B), tiga kali untuk 10×10 CM *photo paper* selama 7 menit (C), dan tiga kali untuk 15×15 CM *photo paper* selama 8 menit (D) terindikasi bahwa hasil penyablonan tetap berhasil dengan hasil terindikasi layak yakni tanpa adanya putus jalur dan minim kecacatan. Selain itu juga dapat disimpulkan bahwa lama waktu penyablonan berpengaruh terhadap hasil sablon dimana jenis kertas *transfer paper* dapat lebih singkat waktu penyablonannya dibanding jenis kertas *photo paper* dan suhu untuk penyablonan yang bagus adalah 140-150°C.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. *Heat bed* dapat menghasilkan panas yang sesuai untuk penyablonan *layout* PCB berdasarkan dua jenis kertas yakni 140 – 150 °C.
2. *Fuzzy Logic Controller* dalam proyek ini menggunakan pola MIMO dengan *input* jenis kertas (*transfer paper* dan *photo paper*), dimensi *layout* (kecil: 1-200 CM<sup>2</sup>, besar: >200-400 CM<sup>2</sup>), serta *output* suhu (140-150°C) dan *countdown* (2-4 menit untuk *transfer paper* dan 7-8 menit untuk *photo paper*).
3. Perbedaan jenis dan dimensi kertas tidak mempengaruhi suhu penyablonan, yang tetap sama untuk semua kertas yakni 140-150°C. Perbedaan utama terletak pada waktu penyablonan, di mana *transfer paper* membutuhkan waktu lebih singkat (2-4 menit) dibandingkan *photo paper* (7-8 menit).
4. Kekonsistensian hasil sablon berdasarkan waktu pas dengan hasil layak pakai ditunjukkan ketika dilakukan pengujian berulang sebanyak tiga kali untuk jenis kertas, dimensi *layout*, dan lama waktu penyablonan yang sama.

#### 5.2 Saran

1. Penulis sarankan untuk menggunakan komponen-komponen yang memiliki spesifikasi sesuai dengan beban yang digunakan sehingga alat dapat bekerja lebih optimal dibanding sebelumnya. Komponen yang dimaksud dalam proyek ini adalah *Power Supply*.
2. Penulis berharap kedepannya alat ini dapatkan dikembangkan mejadi alat yang sebelumnya semiotomatis menjadi otomatis sepenuhnya dengan penambahan motor *stepper* DC untuk mekanisme naik turun penakanan sablon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dwigista C., Nataliana D., Anwari S. (2019). *Perancangan Dan Implementasi Printed Circuit Board (Pcb) Ramah Lingkungan Menggunakan Conductive Ink*. Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik, Vol.11, No.1, 2022, 31. <https://media.neliti.com/media/publications/524893-perancangan-dan-implementasi-printed-cir-a6b7b363.pdf>
- Hasibuan YM, Kusumastuti N, Irawan B. (2014). *Pengendalian Kecepatan Kendaraan Roda Empat Dengan Menggunakan Fuzzy Inference System Metode Mamdani*. Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster), Volume 03, No. 1 2014, hal 40. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jbmstr/article/view/5180/5323>
- Innotransferstextiles.com. 29 Agustus 2023. *Heat Transfer Vs Screen Printing Which Is Better*. Diakses pada 1 Juli 2024. <https://www.innotransferstextiles.com/heat-transfer-vs-screen-printing-which-is-better/>
- Len.co.id. 11 Mei 2014. *Desain Papan Sirkuit Cetak (Printed Circuit Board, PCB)*. Diakses pada 1 Juli 2024. [https://www.len.co.id/desain-papan-sirkuit-cetak-printed-circuit-board-pcb/#:~:text=PCB%20adalah%20suatu%20board%20yang,atau%20banyak%201ayer%20\(multilayer\)](https://www.len.co.id/desain-papan-sirkuit-cetak-printed-circuit-board-pcb/#:~:text=PCB%20adalah%20suatu%20board%20yang,atau%20banyak%201ayer%20(multilayer))
- Ciptagrafika.com. 29 Juni 2024. *9 Jenis Kertas Foto Yang Ideal Untuk Cetak Foto*. Diakses pada 1 Juli 2024. <https://ciptagrafika.com/9-jenis-kertas-foto-yang-ideal-untuk-cetak-foto/>
- Hasibuan YM, Kusumastuti N, Irawan B. (2014). *Pengendalian Kecepatan Kendaraan Roda Empat Dengan Menggunakan Fuzzy Inference System Metode Mamdani*.

Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster), Volume 03, No. 1 2014, hal 40. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jbmstr/article/view/5180/5323>

It.telkomuniversity.ac.id. 17 Januari 2024. *Pengertian Power Supply dan Fungsinya bagi Kehidupan Sehari-hari*. Diakses pada 2 Juli 2024. <https://it.telkomuniversity.ac.id/pengertian-power-supply-dan-fungsinya/>

Power-and-beyond.com. 13 Januari 2023. *Step up vs. Step down transformer – what’s the difference?*. Diakses pada 2 Juli 2024. <https://www.power-and-beyond.com/step-up-vs-step-down-transformer-whats-the-difference-a-68507d29acd5d7bb838f803a11cfa1ec/>

Informatika.almaata.ac.id. 1 Desember 2022. *Mengenal Arduino*. Diakses pada 2 Juli 2024. <https://informatika.almaata.ac.id/2022/12/01/mengenal-arduino/>

Iksal , Suherman , Sumiati (2018). *Perancangan Sistem Kendali Otomatisasi On-Off Lampu Berbasis Arduino dan Borland Delphi*. Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Informasi | SNARTISI 2018 Serang, 02 - 03 November 2018, 118 - 119. <https://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/snartisi/article/view/816/732>

Mikroavr.com. 4 Mei 2014. *Pengertian MOSFET, Cara Kerja dan Manfaat nya*. Diakses pada 2 Juli 2024. <https://mikroavr.com/pengertian-mosfet-dan-manfaat-nya/>

Adhiatma A. B. (2022). *Rancang Bangun 3D Printer*. Undip Repository. 7 2022. 41. [https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/12734/1/TA\\_Ardiansyah%20Bagas%20Adhiatma.pdf](https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/12734/1/TA_Ardiansyah%20Bagas%20Adhiatma.pdf)

Hasanah N. (2022). *Analisa Karakteristik Bahan Thermistor Sebagai Sensor Temperatur Pada Penginderaan Jarak Jauh*. ISSN 2088-060X, Volume XII. No. 2. September 2022, 26. <https://unsada.e-journal.id/jst/article/view/243>

- Suryantoro H. , Budiyanto A. (2019). *Prototype Sistem Monitoring Level Air Berbasis Labview & Arduino Sebagai Sarana Pendukung Praktikum Instrumentasi Sistem Kendali*. *INDONESIAN JOURNAL OF LABORATORY*, Vol 1 (3) 2019, 20-32.  
<https://jurnal.ugm.ac.id/ijl/article/view/48718>
- Akbar I., Ismail N. , Rachmilda T.D., (2019). *Rancang Bangun Pendeteksi Posisi Sudut dan Kecepatan Sesaat Dengan Menggunakan Rotary Encoder KY-040*. *SENTER* 2020, 25 November 2020, pp. 289.  
<https://senter.ee.uinsgd.ac.id/repositori/index.php/prosiding/article/view/senter2020p30>
- Sis.binus.ac.id. 4 Mei 2023. *Programming IoT dengan Arduino IDE*. Diakses pada 2 Juli 2024. <https://sis.binus.ac.id/2023/05/04/programming-iot-dengan-arduino-ide/>
- Hartanto S., Prabowo A.D., (2021). *Rancang Bangun Sistem Absensi Dengan Pemeriksaan Suhu Tubuh Berbasis Arduino ATmega2560*. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna* Vol 9 No 3 Juli 2021, 30.  
<https://repository.unkris.ac.id/71/1/Rancang%20Bangun%20Sistem%20Absensi%20Dengan%20Pemeriksaan%20Suhu%20Tubuh%20Berbasis%20Arduino%20ATmega2560.pdf>
- Hadinnisa S., Darmawan M.R., Abdichianto C.G., Tjaru A.P.B., Siswanto A.A., Susanty M., (2021). *Analisis Perbandingan Light Emitting Diode (Led) Dan Fluorescent Pada Gedung Griya Legita Universitas Pertamina*. *Jurnal SIMETRIS*, Vol. 12 No. 2 November 2021, 3.  
<https://jurnal.umk.ac.id/index.php/simet/article/view/4689>

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Diaz Atari  
Tempat dan Tanggal Lahir : Peradong, 26 November 2002  
Alamat Rumah : Jl. Raya Mentok – Pangkalpinang, Pangek.  
Telp. : 081271083687  
Email : diazatarii@gmail.com  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam

### 2. Riwayat Pendidikan

PAUD NUSA INDAH  
SD NEGERI 6 SIMPANG TERITIP  
SMPN 1 SIMPANG TERITIP  
SMKN 1 KELAPA

Sungailiat, 21 Agustus 2024

Diaz Atari

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Muhammad Hanif Novadeangga  
Tempat dan Tanggal Lahir : Kace, 11 November 2001  
Alamat Rumah : Jl. Raya Mentok Desa Kace  
Telp. : 081271081105  
Email : m.hanif.n11@gmail.com  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam

### 2. Riwayat Pendidikan

SD NEGERI 6 DESA KACE  
MTSN 1 PANGKALPINANG  
MAN 1 PANGKALPINANG

Sungailiat, 21 Agustus 2024

Muhammad Hanif Novadeangga

```
#include <PID_v1_bc.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

double Setpoint, Input, Output;

double Kp=10, Ki=5, Kd=1;

PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT);

#define outputA 6
#define outputB 7
#define Mosfet 9
#define Thermistor A0
#define button 5

unsigned long sekarang;

int value = 0;

int Sp_Suhu = 0;

int aState;

int aLastState;

float R1 = 10000;

float logR2, R2, T, Tc;

float c1 = 1.009249522e-03, c2 = 2.378405444e-04, c3 = 2.019202697e-07;

int panjang, lebar, papertype, luas;

const int numReadings = 50;
```

```
int readings[numReadings]; // the readings from the analog input

int readIndex = 0;        // the index of the current reading

int total = 0;           // the running total

int suhuAverage = 0;

int counter;

char lcdBuff[16];

bool besar = false;

bool paper = false;

int8_t index1, index2, index3;

String data1, data2, data3,data;

String transData;

//wiring LED dan Buzzer

const int ledMerah = 10;

const int ledKuning= 11;

const int ledHijau = 12;

const int buzzer = 2;

//countdown waktu

unsigned long countdownTime;

unsigned long startTime;

bool countdownActive = false;
```

```
void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  Serial.begin (9600);
  myPID.SetMode(AUTOMATIC);
  pinMode (Mosfet,OUTPUT);
  pinMode (outputA,INPUT);
  pinMode (outputB,INPUT);
  pinMode (Thermistor,INPUT);
  pinMode(button,INPUT_PULLUP);
  aLastState = digitalRead(outputA);
  // Set pin LED dan buzzer sebagai output
  pinMode(ledMerah, OUTPUT);
  pinMode(ledKuning, OUTPUT);
  pinMode(ledHijau, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  for (int thisReading = 0; thisReading < numReadings; thisReading++) {
    readings[thisReading] = 0;
  }
}

void loop(){
  //Untuk TA
```

```
lcdprint(0,0, "HEAT PRESS MESIN");  
if (digitalRead(button)==0){  
  while(digitalRead(button)==0){}  
  menu_setting();  
}  
}
```



```

void menu_setting(){
    lcd.clear();
    counter = 1;
    while(true){
        rotary();
        lcdprint(0,0, "< Menu Setting >");
        if(digitalRead(button)==0){
            while(digitalRead(button)==0){}
            if(counter == 1)menu_dimensi();
            if(counter == 2)jenis_kertas();
            if(counter == 3)proses();
            if(counter == 4)break;
            if(counter == 5)mulai_press();
        }
        if(counter>=5)counter=5;
        if(counter<=1)counter=1;
        switch(counter){
            case 1:lcdprint(0,1," Dimensi Layout ");break;
            case 2:lcdprint(0,1," Jenis Kertas ");break;
            case 3:lcdprint(0,1," Start Suhu ");break;
            case 4:lcdprint(0,1," Cancel ");break;
        }
    }
}

```

```
}
```

```
void menu_dimensi(){  
    lcd.clear();  
    counter = 1;  
    while(true){  
        rotary();  
        lcdprint(0,0, "< Dimensi Input >");  
        sprintf(lcdBuff,"Panjang: %02i cm ",counter);  
        lcdprint(0,1, lcdBuff);  
        if(digitalRead(button)==0){  
            while(digitalRead(button)==0){}  
            panjang=counter;  
            lcd.clear();  
            counter = 1;  
            while(true){  
                rotary();  
                if (counter>20)counter=20;  
                if (counter<1)counter=1;  
                lcdprint(0,0, "< Dimensi Input >");  
                sprintf(lcdBuff,"Lebar: %02i cm ",counter);  
                lcdprint(0,1, lcdBuff);  
                if (digitalRead(button)==0){
```

```

while(digitalRead(button)==0){}

lebar=counter;

lcd.clear();

while(true){

    sprintf(lcdBuff,"P= %icm L= %icm",panjang,lebar);

    lcdprint(0,0, lcdBuff);

    luas=panjang*lebar;

    if(luas>0 && luas <= 200){

        besar = false;

    }else if(luas>200 && luas <= 400){

        besar = true;

    }

    sprintf(lcdBuff,"Dimensi= %icm",luas);

    lcdprint(0,1, lcdBuff);

    if (digitalRead(button)==0){

        while(digitalRead(button)==0){}

        menu_setting();

    }

}

}

}

}

}

if (counter>20)counter=20;

```

```

    }
}

void jenis_kertas(){
    lcd.clear();
    counter = 1;
    while(true){
        rotary();
        lcdprint(0,0, "< Jenis Kertas >");
        if(digitalRead(button)==0){
            while(digitalRead(button)==0){}
            if(counter == 1){
                paper = false;
            }else if(counter == 2){
                paper = true;
            }
            menu_setting();
        }
        if(counter>=2)counter=2;
        if(counter<=1)counter=1;
        switch(counter){
            case 1:lcdprint(0,1, " Transfer paper ");break;
            case 2:lcdprint(0,1, " Photo paper ");break;

```

```
    }  
  }  
}
```

```
void lcdprint(byte x, byte y, char* msg){  
  lcd.setCursor(x, y);  
  lcd.print(msg);  
}
```

```
void rotary(){  
  aState = digitalRead(outputA);  
  if (aState != aLastState){  
    if (digitalRead(outputB) != aState) {  
      counter --;  
    } else {  
      counter ++;  
    }  
    Serial.println(counter);  
  }  
  aLastState = aState;  
}
```

```
void proses(){
```

```

lcd.clear();

while(true){

if (besar == false && paper == false) {

    Sp_Suhu = 150;

    countdownTime = 120000; // 2 menit dalam milidetik

} else if (besar == true && paper == false) {

    Sp_Suhu = 150;

    countdownTime = 240000; // 4 menit dalam milidetik

} else if (besar == false && paper == true) {

    Sp_Suhu = 150;

    countdownTime = 420000; // 7 menit dalam milidetik

} else if (besar == true && paper == true) {

    Sp_Suhu = 150;

    countdownTime = 480000; // 8 menit dalam milidetik

}

startTime = millis();

countdownActive = true;

```

```

Setpoint = Sp_Suhu;

value = analogRead(Thermistor);

R2 = R1 * (1023.0 / (float)value - 1.0);

logR2 = log(R2);

T = (1.0 / (c1 + c2*logR2 + c3*logR2*logR2*logR2));

```

```

Tc = T - 273.15;

total = total - readings[readIndex];
readings[readIndex] = Tc;
total = total + readings[readIndex];
readIndex = readIndex + 1;
if (readIndex >= numReadings) {
    readIndex = 0;
}
suhuAverage = total / numReadings;
// Check temperature to control yellow LED
if(suhuAverage >= 130 && suhuAverage <= 150){
    digitalWrite(ledMerah, LOW);
    digitalWrite(ledKuning, HIGH);
} else {
    digitalWrite(ledKuning, LOW);
}
if (digitalRead(button)==0){
    while(digitalRead(button)==0){}
    mulai_press();
}
if(millis() - sekarang >= 200){
    sekarang = millis();
}

```

```

Serial.println((String)"*"+suhuAverage+", "+Output+"#");
sprintf(lcdBuff,"Sp Suhu: 150 C");
lcd.setCursor(9, 0);
lcd.print(data2);
lcdprint(0,0, lcdBuff);
sprintf(lcdBuff,"Suhu: %i C",suhuAverage);
lcdprint(0,1, lcdBuff);
}
Input = suhuAverage;
myPID.Compute();
analogWrite(Mosfet, Output);
}
}

void mulai_press(){
  lcd.clear();
  while(true){
    // Mulai operasi dengan menyalakan lampu merah
    digitalWrite(ledMerah, HIGH);
    digitalWrite(ledKuning, LOW);
    digitalWrite(ledHijau, LOW);
    digitalWrite(buzzer, LOW);

```

```
if (countdownActive) {
    unsigned long currentTime = millis();
    unsigned long elapsedTime = currentTime - startTime;

    if (elapsedTime >= countdownTime) {
        lcd.clear();
        lcd.print("Waktu Selesai");
        digitalWrite(ledMerah, LOW);
        digitalWrite(ledKuning, LOW);
        digitalWrite(ledHijau, HIGH);
        digitalWrite(buzzer, HIGH);
        countdownActive = false;

        while (true) {
            if (digitalRead(button) == 0) {
                while (digitalRead(button) == 0) {}
                digitalWrite(ledHijau, LOW);
                digitalWrite(buzzer, LOW);
                digitalWrite(ledKuning, HIGH);
                menu_setting();
                break;
            }
        }
    } else {
```

```
    unsigned long timeLeft = (countdownTime - elapsedTime) / 1000; // Sisa waktu  
    dalam detik
```

```
    lcd.setCursor(0, 0);
```

```
    lcd.print("Timer: ");
```

```
    lcd.print(timeLeft);
```

```
    lcd.print(" s ");
```

```
    lcd.setCursor(0, 1);
```

```
    lcd.print("Suhu: ");
```

```
    lcd.print(suhuAverage);
```

```
    lcd.print(" C");
```

```
    }  
  }  
}  
}
```