

**DESAIN DAN REALISASI SISTEM KONTROL SUHU DAN  
KECEPATAN BATANG ALAT *MEYER ROD COATING* BERBASIS  
ARDUINO UNTUK APLIKASI PEMBUATAN LAPISAN TIPIS *SILVER*  
*NANOWIRE***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Raihan Irvana**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### DESAIN DAN REALISASI SISTEM KONTROL SUHU DAN KECEPATAN BATANG ALAT *MEYER ROD COATING* BERBASIS ARDUINO UNTUK APLIKASI PEMBUATAN LAPISAN TIPIS *SILVER NANOWIRE*

Oleh

**Raihan Irvana**

Penelitian mengenai sistem kontrol suhu dan kecepatan batang pada alat *coating* telah direalisasikan menggunakan metode *meyer rod coating* berbasis arduino yang terdiri dari 7 komponen yaitu motor *stepper*, arduino uno, sensor termokopel, pelat pemanas, relay, *driver* TB6560, dan modul MAX6675. Penggunaan metode *meyer rod coating* secara manual masih terdapat kekurangan seperti kecepatan dan tekanan yang tidak konstan. Oleh karena itu, pembuatan alat *coating* dalam penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan tekanan dan kecepatan batang yang konstan. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai akurasi kecepatan gerak alat sebesar 99%, nilai akurasi pengering sebesar 88,43% , dan waktu yang dibutuhkan pemanas untuk mencapai suhu 100 °C yaitu 9 menit 45 detik.

**Kata Kunci:** *Nanowires, Meyer Rod Coating, Motor Stepper, Termokopel.*

## **ABSTRACT**

### **Design and Realization Temperature and Speed Rod Control System of Arduino-Based Meyer Rod Coating For Silver Nanowire Thin Film Applications**

**By**

**Raihan Irvana**

Research on the temperature and rod speed control system on the coating tool has been realized using the Meyer rod coating method based on Arduino which consists of 7 components: stepper motor, Arduino Uno, thermocouple sensor, heating plate, relay, TB6560 driver, and MAX6675 module. The manual method of Meyer rod coating still has disadvantages such as varying speed and pressure. Therefore, the manufacturing of the coating tool in this study aims to produce a constant rod pressure and velocity. The results of this study obtained the tool movement speed accuracy value of 99%, the dryer accuracy value was 88.43%, and the time required for the heater to reach a temperature of 100 °C was 9 minutes 45 seconds.

**Keywords:** Nanowires, Meyer Rod Coating, Motor Stepper, Thermocouple

**DESAIN DAN REALISASI SISTEM KONTROL SUHU DAN  
KECEPATAN BATANG ALAT *MEYER ROD COATING* BERBASIS  
ARDUINO UNTUK APLIKASI PEMBUATAN LAPISAN TIPIS *SILVER*  
NANOWIRE**

**Oleh**

**Raihan Irvana**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

Judul Skripsi : **DESAIN DAN REALISASI SISTEM KONTROL SUHU DAN KECEPATAN BATANG ALAT MEYER ROD COATING BERBASIS ARDUINO UNTUK APLIKASI PEMBUATAN LAPISAN TIPIS SILVER NANOWIRE**

Nama Mahasiswa : **Raihan Irvana**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1817041048**

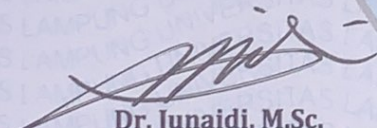
KBK : **Instrumentasi**

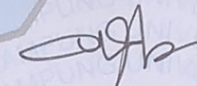
Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

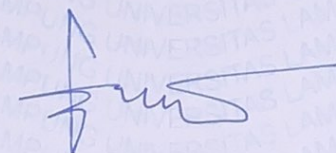


1. Komisi Pembimbing

  
**Dr. Junaidi, M.Sc.**  
NIP 19820618 200812 1 001

  
**Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.**  
NIP 19901125 201903 2 018

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung



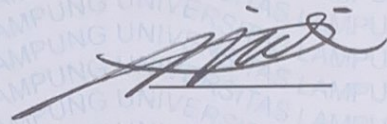
**Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP 19801010 200501 1 002



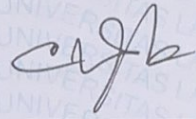
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

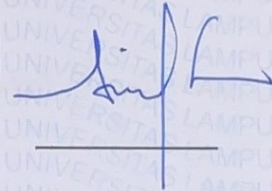
**Ketua : Dr. Junaidi, M.Sc.**



**Sekretaris : Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Satripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.**  
NIP 19740705 200003 1 001

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 01 November 2022**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya maupun pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 02 November 2022



**Raihan Irvana**  
NPM.1810741048

## RIWAYAT HIDUP



Penulis skripsi ini bernama Raihan Irvana, lahir di Bekasi Pada tanggal 07 September 2000. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Alexander Irvan dan Ibu Nani Sumiati. Penulis menyelesaikan Pendidikan di SDN Kota Baru IX tahun 2012, SMPN 13 Bekasi tahun 2015, SMAN 12 kota Bekasi tahun 2018.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2018.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota bidang Kaderisasi 2018-2021, dan sebagai kepala dinas hubungan luar BEM FMIPA UNILA tahun 2021. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Elektronika Dasar II dan praktikum Elektronika.

Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) Tangerang Selatan. Penulis melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata Universitas Lampung tahun 2021 di Harapan Baru, Kota Bekasi. Penulis telah menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan Judul “**Desain Dan**



**Realisasi Sistem Kontrol Suhu dan Kecepatan Batang Alat *Meyer Rod Coating*  
Berbasis Arduino Untuk Aplikasi Pembuatan Lapisan Tipis *Silver Nanowire*”**

**MOTTO**

*“Perbanyak Usaha Jangan Lupa Doa”*

*“Hari ini berjuang, besok meraih kemenangan”*

*“Hidup ada di tangan diri sendiri”*

*“Hiduplah seakan kamu mati besok, belajarlh seakan kamu hidup selamanya”*  
*(Mahatma Gandhi)*

*“Jangan berhenti menjadi seseorang yang baik*

## PERSEMBAHAN

**Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan skripsi ini  
untuk semua orang yang ku sayangi dan ku cintai**

***Bapak Alexander Irvan dan Ibu Nani Sumiati***

Kepada orang tuaku yang telah memberikan semuanya dan mengajarkan  
bagaimana cara hidup yang baik

***Rizky Irvana dan Rahmah Khadijah Irvani***

Kakakku dan adikku tersayang yang telah memberikan bantuan baik moral  
maupun moril selama saya hidup

***Bapak/Ibu Dosen FISIKA FMIPA UNILA***

Terimakasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepadaku

Serta almamater tercinta

***“Universitas Lampung”***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Desain dan Realisasi Sistem Kontrol Suhu dan Kecepatan Batang Alat *Meyer Rod Coating* Berbasis Arduino Untuk Aplikasi Pembuatan Lapisan Tipis *Silver Nanowire***”. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sehingga dapat menjadi perbaikan untuk kekurangan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat, menambah wawasan literasi keilmuan, serta rujukan untuk mengembangkan riset selanjutnya agar lebih baik dan sempurna.

Bandar Lampung, 02 November 2022

Penulis

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas karunia yang telah dilimpahkan oleh Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Desain dan Realisasi Sistem Kontrol Suhu dan Kecepatan Batang Alat *Meyer Rod Coating* Berbasis Arduino Untuk Aplikasi Pembuatan Lapisan Tipis *Silver Nanowire*”. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Junaidi, S.Si, M.Sc selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ilmu, bimbingannya dan nasihat dalam penelitian dan penulisan skripsi.
2. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan ilmu, waktu, tenaga dan motivasi serta arahan dalam penelitian dan penulisan skripsi.
3. Bapak Arif Surtono, S.Si, M.Si, M.Eng selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan koreksi sehingga penulisan skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
4. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung
5. Seluruh dosen Jurusan Fisika atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa di Universitas Lampung



6. Para staff dan karyawan Jurusan Fisika yang telah membantu memenuhi kebutuhan administrasi penulis.
7. Orang tua Bapak Alexander Irvan dan Ibu Nani Sumiati yang selalu memberi semangat, dan kasih sayang kepada penulis.
8. Kakak dan Adikku Rizky Irvana dan Rahmah Khadijah Irvani yang selalu memberikan motivasi dan dorongan kepada penulis.
9. Salah satu penyemangat saya dalam kuliah Nindya Fajrina Febriani.
10. Sahabat-sahabatku yang sangat berhati baik Rizky Esa Ramadhan, Hauzan Khoirullah Miftah, Herlambang Sihombing. Terima kasih untuk segala bantuan kalian baik dari segi kehangatan, kebersamaan dan kesusahan serta kesenangan dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman dan keluarga besar Himafi yang telah memberikan pengalaman yang sangat luar biasa.
12. Serta berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi penulis.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	ix
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	x
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>SANWACANA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	5

2.2 Arduino Uno .....	6
2.3 Motor <i>Stepper</i> .....	8
2.4 Lapisan Tipis .....	11
2.5 Sensor Termokopel.....	12
2.6 <i>Keypad</i> .....	14
2.7 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> .....	15
2.8 Arduino IDE .....	16
2.9 <i>Meyer rod coating</i> .....	17
2.10 <i>Spin Coating</i> .....	18
2.11 <i>Spray Coating</i> .....	19
2.12 <i>Dip Coating</i> .....	20
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	22
3.3 Prosedur Penelitian.....	23
3.4 Pengujian Alat .....	31
3.5 Rancangan Data Hasil Penelitian dan Perhitungan .....	31
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Rancang Bangun Alat <i>Meyer rod coating</i> .....	34
4.2 Sistem Kontrol Penggerak Alat <i>Meyer Rod Coating</i> .....	34
4.3 Jalur Penggerak Alat <i>Meyer Rod Coating</i> .....	35
4.4 Sistem Kontrol Pemanas Alat <i>Meyer Rod Coating</i> .....	36
4.5 Alat <i>Meyer Rod Coating</i> .....	37
4.6 Program <i>Keypad</i> .....	38
4.7 Program LCD I2C .....	40
4.8 Program Termokopel Tipe-K dan Modul MAX6675 .....	41
4.9 Motor <i>Stepper</i> dan <i>Driver</i> TB6560 .....	42
4.10 Pengambilan dan Analisis Data.....	43
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran .....	49

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Arduino Uno .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Motor stepper variable reluctance. ....	9
<b>Gambar 2.3</b> Skematik Motor Stepper permanent magnet .....	10
<b>Gambar 2.4</b> Skematik Motor Stepper hybrid .....	11
<b>Gambar 2. 5</b> Skematik Termokopel.....	14
<b>Gambar 2.6</b> Skematik Keypad.....	14
<b>Gambar 2.7</b> Skematik LCD .....	16
<b>Gambar 2.8</b> Metode Meyer rod coating.....	18
<b>Gambar 2.9</b> Metode Spin Coating .....	19
<b>Gambar 2.10</b> Metode Spray Coating .....	20
<b>Gambar 2.11</b> Metode Dip Coating .....	21
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian.....	24
<b>Gambar 3. 2</b> Desain Alat Penelitian .....	25
<b>Gambar 3. 3</b> (a). Desain Sistem Gerak, (b). Skematik Sistem Gerak.....	26
<b>Gambar 3. 4</b> Skematik Sistem Panas .....	27
<b>Gambar 3. 5</b> Rancangan Elektronika.....	29
<b>Gambar 3. 6</b> Diagram Blok Perancangan Sistem .....	30
<b>Gambar 3. 7</b> Grafik Hasil Penelitian .....	33
<b>Gambar 4.1</b> Rancang Bangun Alat <i>Coating</i> .....	34

<b>Gambar 4.2</b> Sistem Kontrol Penggerak .....	35
<b>Gambar 4.3</b> Jalur Penggerak.....	36
<b>Gambar 4.4</b> Sistem Kontrol Pemanas.....	37
<b>Gambar 4.5</b> Alat Meyer Rod Coating.....	38
<b>Gambar 4.6</b> Tampilan pada LCD .....	40
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Kalibrasi Kecepatan .....	44
<b>Gambar 4.8</b> Grafik data kontrol suhu .....	45
<b>Gambar 4.9</b> Grafik Kalibrasi Waktu Tempuh .....	46
<b>Gambar 4.10</b> Grafik Kenaikan Suhu Terhadap Waktu.....	47



## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Alat Penelitian .....	22
<b>Tabel 3.2</b> Bahan Penelitian.....	22
<b>Tabel 3.3</b> Tabel Data Hasil Penelitian.....	31
<b>Tabel 4.1</b> Bagian dan Fungsi Tombol pada Keypad .....	39
<b>Tabel 4.2</b> Konversi Kecepatan Motor Stepper .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Hasil kalibrasi motor stepper.....	L-1
<b>Tabel 2.</b> Hasil perhitungan akurasi dan error dari kalibrasi motor stepper .....	L-1
<b>Tabel 3.</b> Hasil perhitungan presisi dari kalibrasi motor stepper .....	L-2
<b>Tabel 4.</b> Nilai sistem kontrol suhu alat meyer rod coating.....	L-6
<b>Tabel 5.</b> Hasil Perhitungan akurasi dan error dari sistem kontrol suhu.....	L-6
<b>Tabel 6.</b> Hasil perhitungan presisi dari sistem kontrol suhu .....	L-7
<b>Tabel 7.</b> Hasil Kalibrasi Waktu Tempuh.....	L-10
<b>Tabel 8.</b> Hasil perhitungan akurasi dan error dari kalibrasi waktu tempuh.....	L-10
<b>Tabel 9.</b> Hasil Perhitungan presisi dari kalibrasi waktu tempuh.....	L-11
<b>Tabel 10.</b> Data Kenaikan Suhu Terhadap Waktu .....	L-16

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di era modern ini ilmu dan teknologi pelapisan material memiliki peranan yang penting dalam industri elektronika. Teknologi pelapisan material terus dikembangkan sampai sekarang dengan menggunakan proses modifikasi terbaru. Tujuan utama dari pengembangan teknologi pelapisan material adalah untuk memenuhi kebutuhan rangkaian dalam industri elektronika, terlebih lagi setelah digunakannya deposisi material tertentu pada substrat dan pembuatan lapisan dengan ketebalan yang diinginkan (Santoso, 2016). Salah satu yang menjadi prioritas utama yang dikembangkan ialah tentang lapisan tipis.

Lapisan tipis adalah suatu lapisan yang melapisi suatu substrat dengan ketebalan tidak lebih dari 10  $\mu\text{m}$  dan terbuat dari bahan organik, inorganik, logam maupun campuran metal organik dan memiliki sifat-sifat konduktor, semikonduktor maupun isolator (Amanati & Sutanto, 2015). Lapisan tipis telah menjangkau berbagai bidang ilmu. Dalam bidang konstruksi terutama yang berkaitan dengan bahan logam, lapisan tipis juga digunakan sebagai bahan untuk meningkatkan daya tahan bahan terhadap korosi (Sari, 2013).

Lapisan tipis memiliki dimensi rendah yang terbentuk melalui proses kondensasi ion/molekul/atom suatu materi (Susanto & Wibowo, 2015). Ciri-ciri lapisan tipis

yaitu memiliki permukaan seragam yang melapisi permukaan substrat secara merata dengan cacat yang minim, dan memiliki suhu permukaan yang stabil serta memiliki ketelitian yang tinggi. Lapisan tipis juga memiliki daya rekat antar molekul yang kuat, dan mempunyai struktur kristal.

Banyak metode yang dapat digunakan untuk membuat lapisan tipis, diantaranya adalah *spin coating*, *dip coating* dan *meyer rod coating*. metode yang digunakan pada skripsi ini yaitu metode *meyer rod coating*. Metode penumbuhan lapisan tipis pada suatu substrat kaca yang memiliki permukaan yang halus dan rata. Cara kerja dari metode ini yaitu bahan pelapis mengalir melalui alur batang dan lilitan kawat hingga terbentuk lapisan tipis. Untuk mengontrol dan menentukan ketebalan dari lapisan yang dilapisi bahan pelapis bergantung pada diameter lilitan kawat (Cohen & Gutoff, 1992). Metode ini cukup dikenal pada industri lapisan tipis untuk fabrikasi dikarenakan fleksibilitas dan konduktivitas lapisan, serta kesederhanaan strukturnya. Kelebihan metode ini yaitu deposisi dilakukan dengan proses yang terukur, sederhana, dan murah, serta dapat meningkatkan kinerja elektroda transparan (Liu & Yu, 2011). Hasil deposisi dengan menggunakan metode *meyer rod coating* ditentukan dari ukuran *wire*, tekanan batang pada permukaan substrat, dan kekentalan dari larutan. Penggulung batang dikenal sebagai batang *meyer* yang berfungsi agar bahan kimia yang berlebih tetap berada pada substrat.

Selama ini metode *meyer rod coating* banyak digunakan secara manual, dengan menggeser batang *meyer*, setelah itu memindahkan substrat ke tempat pemanas. Oleh karena itu dibutuhkan suatu alat yang memiliki sistem gerak dan pemanas otomatis serta dapat mengontrol ketebalan lapisan tipis sehingga lebih memudahkan dalam penggunaan alat *meyer rod coating*.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, penelitian ini difokuskan untuk mendesain dan merealisasi alat *coating* menggunakan metode *meyer rod coating*. Komponen yang digunakan dalam pembuatan alat ini yaitu Arduino uno sebagai sistem kendali, motor *stepper* NEMA-17 sebagai sistem penggerak utama, *driver* TB6560 untuk pengendali motor, pelat pemanas (*heater*) untuk mengeringkan bahan substrat, sensor termokopel untuk mengukur suhu pada pelat pemanas, *printed circuit board* (PCB) berfungsi untuk merangkai semua komponen yang digunakan, *relay* berfungsi mengalirkan dan mematikan arus listrik, *liquid crystal display* (LCD) untuk mengeluarkan hasil dari proses arduino, dan *keypad* berfungsi untuk memasukan nilai suhu maupun kecepatan kepada mikrokontroler. Pembuatan alat ini berbasis arduino dengan menggunakan inovasi dari segi otomatisasi pergerakan batang *meyer* dan juga pemanas yang langsung tersedia pada alat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana desain sistem kontrol suhu dan sistem gerak batang pada alat *meyer rod coating*?
- b. Bagaimana akurasi kecepatan alat *meyer rod coating*?
- c. Berapa lama alat *meyer rod coating* mampu mencapai suhu sebesar 100 °C?
- d. Bagaimana akurasi yang diberikan dari sensor termokopel pada alat *meyer rod coating*?



### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuannya dilakukannya penelitian ini adalah:

- a. Merancang sistem kontrol suhu dan kecepatan batang *meyer* untuk alat *meyer rod coating*.
- b. Mengetahui berapa akurasi kecepatan yang didapatkan pada alat *meyer rod coating*.
- c. Mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan alat *meyer rod coating* mampu mencapai suhu 100 °C.
- d. Mengetahui nilai akurasi yang dihasilkan dari sensor termokopel yang digunakan pada alat *meyer rod coating*.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

- a. Didapatkannya alat pembuat lapisan tipis otomatis yang menggunakan metode *meyer rod coating* dengan kecepatan dan pemanas yang bisa diatur secara otomatis.
- b. Mempermudah pembuatan lapisan tipis *silver nanowire*.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Penelitian ini menggunakan arduino uno, pelat pemanas, dan juga sensor termokopel tipe-K.
- b. Sensor termokopel digunakan untuk membaca suhu pada pelat pemanas.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Junaidi *et al.*, (2017) telah melakukan penelitian pembuatan lapisan AgNWs dengan menggunakan metode *meyer rod coating*. Pembuatan lapisan AgNWs dilakukan dengan beberapa tahapan, pertama substrat polikarbonat di ultrasonikasi dalam etanol pada suhu kamar selama 30 menit dan kemudian dibilas dengan air deionisasi. substrat polikarbonat kemudian dikeringkan pada suhu kamar. AgNWs yang digunakan pada penelitian ini memiliki diameter ( $\Phi$ ) dan panjang ( $l$ ) berturut-turut sebesar 500 nm dan 10  $\mu\text{m}$ . Kemudian AgNWs dikeringkan untuk menguapkan etanol pada suhu 60 °C. Selanjutnya AgNWs didispersikan lagi dalam larutan etanol dengan konsentrasi berat 10%. Tahap Selanjutnya yaitu larutan dispersi AgNWs dilapisi ke substrat polikarbonat dengan ukuran 25 mm x 25 mm dan memvariasi jumlah lapisan menggunakan *bar coater* (RDS-20). Setelah melapisi AgNWs, sampel dikeringkan di atas pelat pemanas pada suhu 90 °C selama 15 menit.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Junaidi dkk, pada satu lapisan menghasilkan transmitansi dan resistansi berturut-turut 89,5% dan 1470,5  $\Omega \cdot \text{sq}^{-1}$ . Pada dua lapisan menghasilkan transmitansi dan resistansi berturut-turut sebesar 87,7% dan 454,2  $\Omega \cdot \text{sq}^{-1}$ . Pada tiga lapisan menghasilkan transmitansi dan resistansi

berturut-turut sebesar 85,4% dan  $43,9 \Omega \cdot sq^{-1}$ . Pada lima lapisan menghasilkan transmitansi dan resistansi berturut-turut sebesar 70,7% dan  $12,1 \Omega \cdot sq^{-1}$ . Berdasarkan hasil diatas yaitu semakin banyak jumlah lapisan maka transmitansi dan resistansi semakin kecil. Semakin kecil nilai resistansi maka konduktivitas yang dihasilkan akan semakin baik (Junaidi *et al.*, 2017).

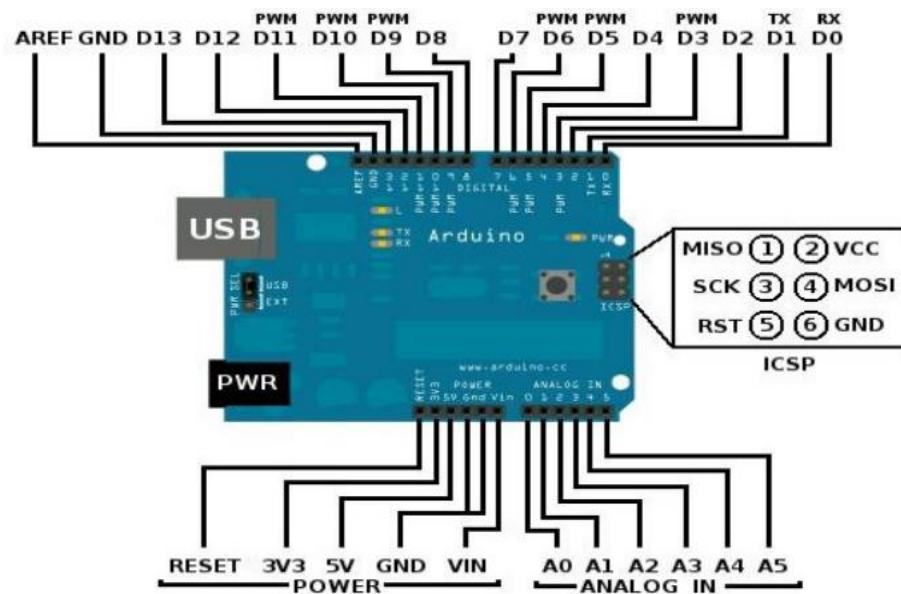
## 2.2 Arduino Uno

Mikrokontroler arduino adalah sebuah platform komputasi fisik *open source* berbasis rangkaian *input/output* sederhana (I/O) dan lingkungan pengembangan yang mengimplementasikan bahasa *processing*. Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan obyek interaktif mandiri atau dapat dihubungkan ke perangkat lunak pada komputer. Mikrokontroler arduino uno digunakan untuk mengontrol semua komponen baik itu komponen masukan dan komponen keluaran (Anantama *et al.*, 2020).

Arduino juga merupakan platform *hardware* terbuka sehingga dapat membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware dan software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan Bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C++. Karena sifatnya yang terbuka, maka dapat mengunduh skema *hardware* arduino dan membangunnya dengan mudah.

Arduino uno adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega 328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Peranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik

yang sederhana hingga yang kompleks. Pengendalian *light emitor diode* (LED) hingga pengontrolan robot dapat diimplementasikan dengan menggunakan papan yang berukuran relatif kecil (Novaria, 2017). Gambar arduino uno ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** Arduino Uno (Dahlan, 2017)

Arduino uno memiliki 14 kaki digital *input/output*, dimana 6 kaki digital diantaranya dapat digunakan sebagai sinyal *pulse with modulation* (PWM). Sinyal PWM berfungsi untuk mengatur kecepatan perputaran motor. Arduino uno memiliki 6 kaki analog *input*, kristal osilator dengan kecepatan jam 16 MHz, sebuah koneksi *universal serial bus* (USB), sebuah konektor listrik, sebuah kaki *header* dari *in circuit serial programming* (ICSP), dan sebuah tombol *reset* yang berfungsi untuk mengulang program. Kelebihan arduino diantaranya adalah tidak memerlukan perangkat *chip* programmer karena didalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer. Arduino sudah memiliki

sarana komunikasi *universal serial bus* (USB), sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki *port serial/RS323* bisa menggunakannya. Bahasa pemrograman yang digunakan relatif mudah karena perangkat lunak arduino dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap. Arduino memiliki modul siap pakai yang bisa ditancapkan pada papan arduino, misalnya *shield global positioning system* (GPS), *Ethernet*, *secure digital* (SD) *card*, (Silvia *et al.*, 2014).

Arduino uno dilengkapi dengan *static random-access memory* (SRAM) berukuran 2 kilobyte untuk memegang data *flash memory* berukuran 32 KB, dan *electrically erasable programmable read-only memory* (EEPROM) untuk menyimpan program. Pemrograman cukup menggunakan koneksi USB tipe A to tipe B sama seperti yang digunakan pada USB *printer* (Suardiana *et al.*, 2017).

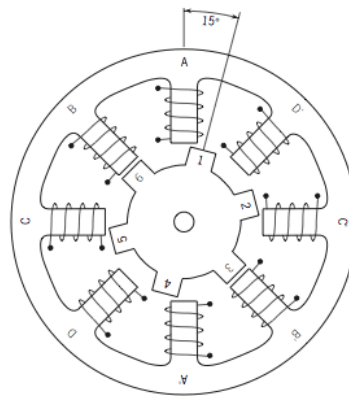
### **2.3 Motor Stepper**

Motor *stepper* adalah suatu motor listrik yang dapat mengubah pulsa listrik yang diberikan menjadi gerakan motor *discret* (terputus) yang disebut *step* (langkah). Satu putaran motor memerlukan  $360^\circ$  dengan jumlah langkah yang tertentu perderajatnya. Ukuran kerja dari motor *stepper* biasanya diberikan dalam jumlah langkah per-putaran per-detik. Motor *stepper* bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor *stepper* diperlukan pengendali motor *stepper* yang membangkitkan pulsa – pulsa periodik. pada dasarnya terdapat 3 tipe motor *stepper* yaitu:



a. Motor *stepper* tipe *variable reluctance* (VR)

Motor *stepper* jenis ini telah lama ada dan merupakan jenis motor yang secara struktural paling mudah untuk dipahami. Motor ini terdiri atas sebuah rotor besi lunak dengan beberapa gerigi dan sebuah lilitan stator. Ketika lilitan stator diberi energi dengan arus DC, kutub-kutubnya menjadi termagnetasi. Perputaran terjadi ketika gigi – gigi rotor tertarik oleh kutub – kutub stator. Skematik motor *stepper* VR dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.

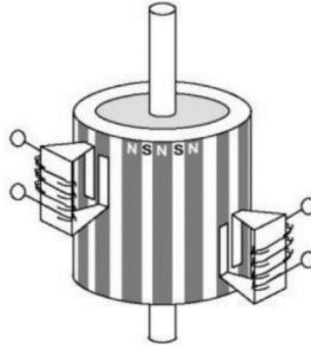


**Gambar 2.2** Motor *stepper variable reluctance* (Wibowo & Nugraha, 2021).

b. Motor *stepper* tipe *permanent magnet* (PM)

Motor *stepper* jenis ini memiliki rotor yang berbentuk seperti kaleng bundar yang terdiri atas lapisan magnet *permanent* yang diselang-seling dengan kutub yang berlawanan. Dengan adanya magnet *permanent*, maka intensitas fluks magnet dalam motor ini akan meningkat sehingga dapat menghasilkan torsi yang lebih besar. Motor jenis ini biasanya memiliki resolusi langkah (*step*) yang rendah yaitu antara  $7,5^\circ$  hingga  $15^\circ$  per langkah atau 48 hingga 24

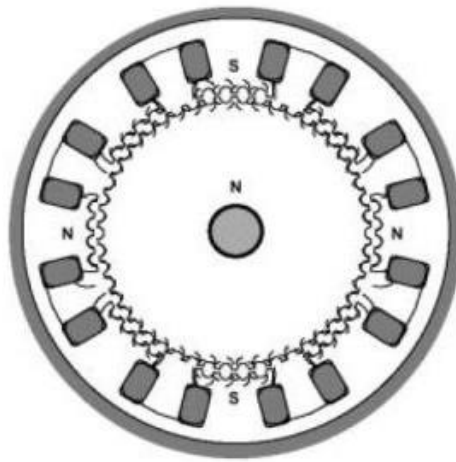
langkah setiap putarannya. Skematik motor *stepper* PM dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** Skematik Motor *Stepper permanent magnet* (Wibowo & Nugraha, 2021).

c. Motor *stepper* tipe *hybrid* (HB).

Motor *stepper* tipe *hybrid* memiliki struktur yang merupakan kombinasi dari kedua tipe motor *stepper* sebelumnya. Motor *stepper* tipe *hybrid* memiliki gerigi seperti pada motor tipe VR dan juga memiliki magnet *permanent* yang tersusun secara aksial pada batang porosnya seperti motor tipe PM. Motor tipe ini paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena kinerja lebih baik. Motor tipe *hybrid* dapat menghasilkan resolusi langkah yang tinggi yaitu antara  $3,6^\circ$  hingga  $0,9^\circ$  per langkah atau 100-400 langkah setiap putarannya (Aji, 2017). Putaran motor *stepper* akan menghasilkan pergerakan linier secara berkala dan dapat dikontrol kecepatannya serta memiliki resolusi yang tinggi (Halim *et al.*, 2016). Skematik motor *stepper* tipe *hybrid* ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.4** Skematik Motor *Stepper hybrid* (Wibowo & Nugraha, 2021).

## 2.4 Lapisan Tipis

Lapisan tipis merupakan salah satu bentuk pengembangan yang dihasilkan dari adanya kemajuan teknologi dalam kehidupan manusia. Lapisan ini dapat berupa senyawa organik ataupun anorganik yang sifatnya semikonduktor (Luo *et al.*, 2019). Lapisan tipis biasa dibuat dengan mendeposisikan suatu senyawa di atas suatu media yang disebut substrat (Abegunde *et al.*, 2019). Pengembangan lapisan tipis dalam penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menemukan suatu teknologi nanopartikel yang dapat mempermudah aktivitas manusia dan tentunya memiliki kualitas yang baik. Salah satu bidang yang menjadi perhatian terkait dengan penelitian tentang lapisan tipis adalah bidang energi.

Lapisan tipis merupakan material dengan ketebalan tidak lebih dari 10  $\mu\text{m}$  yang melapisi suatu substrat. Pembuatan lapisan tipis semikonduktor pada suatu substrat merupakan inovasi untuk mendapatkan semikonduktor fotokatalis yang mudah ditangani dalam aplikasi fotokatalis. Keuntungan dari lapisan tipis ini adalah tidak mengalami kesulitan ketika dilakukan pemisahan lapisan tipis semikonduktor dari

larutan zat yang didegradasi, sehingga lapisan tipis dapat digunakan lebih dari satu kali pakai (Amanati & Sutanto, 2015).

Lapisan tipis dibentuk pada permukaan substrat dengan cara membasahi permukaan tersebut dengan cairan yang mengandung bahan terhidrolisis atau sol. Bila pelarut menguap maka lapisan tipis akan tertinggal pada substrat dan mengalami reaksi kondensasi yang berupa gel. Lapisan logam oksida yang diinginkan dapat diperoleh dengan mengkalsinasi lapisan tipis tersebut (Setiawati *et al.*, 2014).

Bahan-bahan lapisan tipis akan memperlihatkan sifat khusus, yaitu mempunyai sifat bahan unik yang diakibatkan oleh proses pertumbuhan lapisan tipis. Dalam pembuatan lapisan tipis suatu pereaksi kimia direaksikan dengan cara dideposisikan di atas suatu bahan yang disebut substrat yang berbentuk keping, sehingga sifat bahan awalnya akan sama dengan hasil deposisi lapisan tipis yang terbentuk (Lestari, 2016).

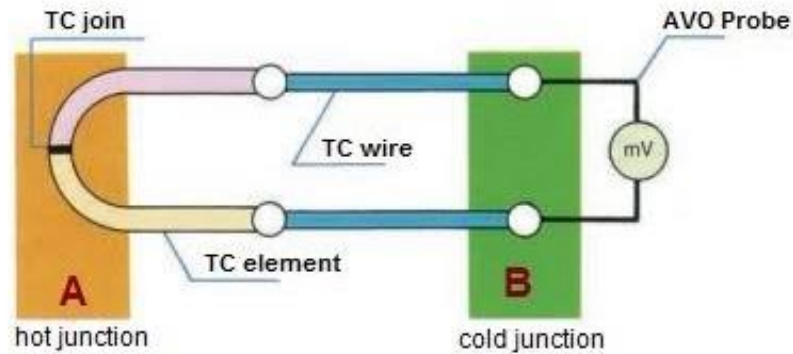
## **2.5 Sensor Termokopel**

Sensor termokopel dibuat berdasarkan pada sifat-sifat termal logam. Jika sebuah batang logam dipanaskan pada salah satu ujungnya maka elektron-elektron pada ujung logam tersebut akan bergerak semakin aktif dan akan menempati ruang yang semakin luas, elektron-elektron saling berdesakan dan bergerak ke arah ujung batang yang tidak dipanaskan. Dengan demikian pada ujung batang yang dipanaskan akan terjadi muatan positif dan yang tidak dipanaskan menjadi muatan negatif. Termokopel merupakan sensor suhu yang mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan, hal ini disebabkan oleh perbedaan kerapatan yang

dimiliki oleh masing-masing logam yang bergantung pada massa jenis logam. Jika dua buah logam disatukan kedua ujungnya kemudian dipanaskan maka elektron yang mempunyai kerapatan yang tinggi akan bergerak ke arah logam yang mempunyai kerapatan yang lebih rendah. Dengan demikian terjadilah perbedaan tegangan antara kedua ujung termokopel, hubungan antara tegangan dengan perubahan suhu hampir linier dalam rentang suhu tertentu, hubungan nonlinier antara perubahan suhu dengan tegangan keluaran dari termokopel dapat didekati dengan persamaan interpolasi polinomial. Sambungan logam pada termokopel terdiri dari dua sambungan, yaitu pertama *reference junction (cold junction)*, merupakan sambungan acuan yang suhunya dijaga konstan dan biasanya diberi suhu yang dingin, kedua *measuring junction (hot junction)*, merupakan sambungan yang dipakai untuk mengukur suhu. Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1° C. Pada banyak aplikasi, salah satu sambungan (sambungan yang dingin) dijaga sebagai temperatur referensi, sedang yang lain dihubungkan pada objek pengukuran.

Ada banyak jenis termokopel, bergantung pada aplikasi penggunaannya, yang pertama yaitu tipe K. Termokopel jenis ini digunakan untuk tujuan umum tersedia untuk rentang suhu -200 °C hingga +1200 °C. Kedua yaitu Tipe J (*Iron/Constantan*). Termokopel yang rentangnya terbatas (-40 hingga +750 °C) membuatnya kurang populer dibanding tipe K. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar ~52  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . Ketiga yaitu Tipe N, termokopel dengan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum

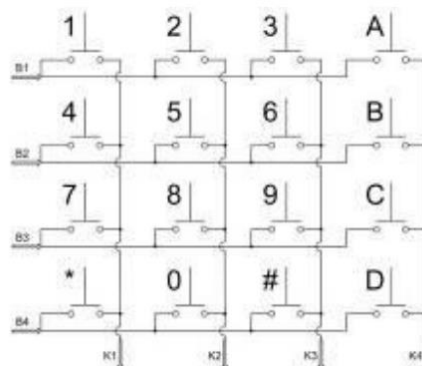
yang dapat mengukur suhu di atas 1200 °C, sensitifitasnya sekitar 39  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  pada 900 °C, sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K (Rosman N., 2018). Skematik termokopel ditunjukkan pada **Gambar 2.5**



**Gambar 2.5** Skematik Termokopel (Pertiwi, 2017).

## 2.6 Keypad

*Keypad* adalah saklar-saklar *push button* yang disusun secara matriks yang berfungsi untuk memasukkan data. Saklar-saklar *push button* yang menyusun *keypad* yang digunakan umumnya mempunyai 3 kaki dan 1 kondisi, kondisi pada saat saklar tidak ditekan, maka antara kaki 1, 2 dan 3 tidak terhubung (berlogika 1), (Maryandika, 2012). Skematik *keypad* ditunjukkan pada **Gambar 2.6**



**Gambar 2.6** Skematik *Keypad* (Saiyar & Noviansyah, 2019).

*Keypad* juga merupakan jenis perangkat *input* yang berfungsi sebagai *interface* antara perangkat (mesin) elektronik dengan manusia atau dikenal dengan istilah *human machine interface* (HMI). Masukan perangkat ini akan dibaca oleh mikrokontroler dengan membedakan *byte* yang terdiri dari bit-bit yang beragam untuk jenis tombol-tombol yang ada (Nantan & Alaydrus, 2014).

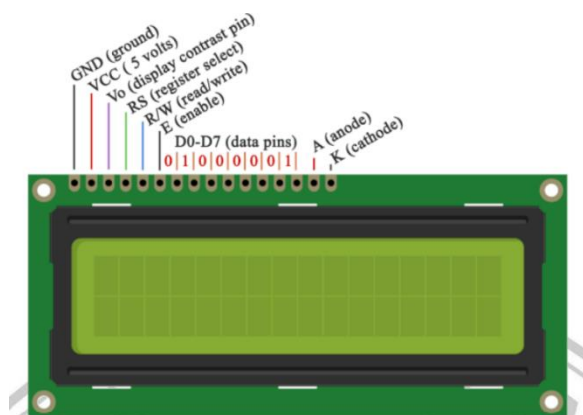
### **2.7 Liquid Crystal Display (LCD)**

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki polarisasi cahaya vertikal depan dan polarisasi cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan (Bawotong *et al.*, 2015).

Walau disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri, sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah sebuah lampu neon di bagian belakang susunan kristal cair tersebut. Titik cahaya inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnet yang timbul. Oleh karena itu, hanya beberapa warna saja yang diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring. Dalam hal ini digunakan LCD dengan banyak karakter 2x16. Karena LCD ini biasa

digunakan sebagai penampil karakter atau data pada sebuah rangkaian digital atau mikrokontroler. Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter dilengkapi dengan memori dan *register*. Pada modul LCD juga terdapat pin, yang salah satunya berfungsi untuk jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan (Widodo *et al.*, 2020).

Salah satu jenis modul LCD ada LCD I2C, yaitu modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan menggunakan protokol (*inter integrated circuit*) I2C atau *two wire interface* (TWC). Normalnya modul LCD dikendalikan secara paralel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. LCD I2C ini mempunyai 4 kaki pin, yaitu pin GND atau *Ground*, pin VCC 5 V, pin *control* SCL dan pin *control* SDA. Skematik LCD ditunjukkan pada **Gambar 2.7**



**Gambar 2.7** Skematik LCD (Laksono, 2019).

## 2.8 Arduino IDE

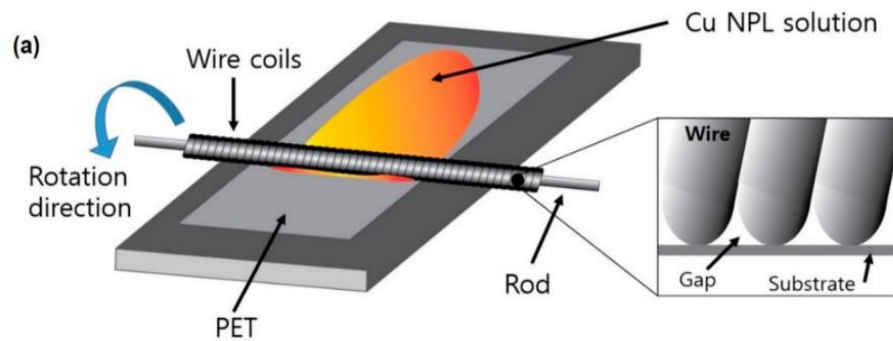
Arduino *integrated development environment* (IDE) merupakan sebuah *software* aplikasi bawaan dari arduino yang berguna untuk perancangan, membuat, membuka, dan mengedit *sketch* dalam arduino. *Sketch* merupakan skrip program



(*source code*) yang berisi logika dan algoritma yang akan di unggah ke dalam IC arduino (Soedjarwanto, 2021).

## **2.9 Meyer rod coating**

Metode *meyer rod coating* mudah dilakukan dan lebih terkontrol. Batang pelapis terdiri dari batang *stainless steel* yang dililitkan kawat baja *stainless*. Substrat yang digunakan adalah substrat kaca yang memiliki permukaan yang halus dan rata. Bahan pelapis mengalir melalui alur batang dan lilitan kawat hingga terbentuk lapisan tipis. Diameter lilitan kawat mengontrol dan menentukan ketebalan dari lapisan yang dilapisi bahan pelapis (Cohen & Guttoff, 1992). Teknik ini dapat digunakan untuk melapisi langsung pada *polyethylene terephthalate* (PET), kaca, dan substrat lainnya pada temperatur ruang. Aspek terpenting pada proses *meyer rod coating* adalah cairan pelapis yang digunakan. Cairan pelapis harus memiliki kepadatan yang cukup untuk membuat lapisan homogen. Tegangan permukaan cairan pelapis harus cukup rendah untuk membuat cairan pelapis menyebar luas setelah proses pelapisan, viskositas cairan pelapis harus cukup tinggi untuk membuat aliran sekunder lambat yang memungkinkan lapisan mengering tanpa mengalir (Dan *et al.*, 2009). Metode *meyer rod coating* ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.

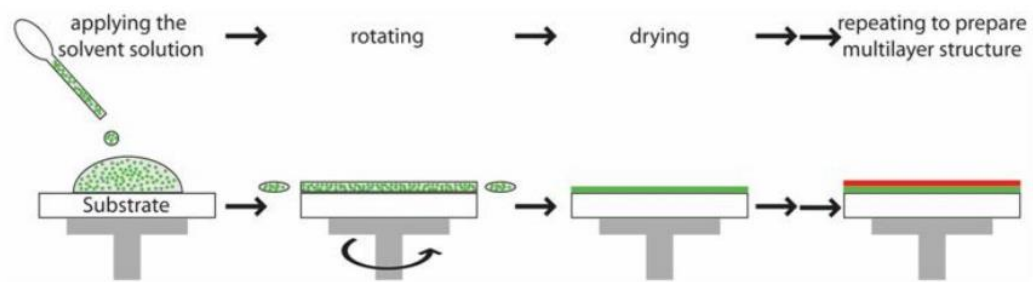


**Gambar 2.8** Metode *Meyer rod coating* (Go *et al.*, 2020).

## 2.10 Spin Coating

*Spin Coating* berasal dari dua kata yaitu ‘*spin*’ dan ‘*coating*’. Bila diterjemahkan dalam bahasa Indonesia, ‘*spin*’ berarti putaran dan ‘*coating*’ berarti lapisan. Maka secara singkat *spin coating* diartikan sebagai suatu metode pelapisan dengan menggunakan putaran (Girsang, 2012). *Spin coating* merupakan prosedur yang digunakan untuk membuat *thin film* seragam untuk substrat datar. Sejumlah bahan pelapis ditempatkan pada substrat, yang kemudian diputar dengan kecepatan tinggi untuk menyebarkan cairan dengan gaya sentrifugal. Mesin yang digunakan untuk *spin coating* disebut *coaterspin* atau *spinner*. Metode *spin coating* adalah suatu proses yang mudah dan umum dilakukan untuk pelapisan polimer atau *photoresist* pada wafer silikon. Setelah penetesannya pelapisan pada wafer, tingkat pelapisan dikendalikan oleh gaya sentrifugal dari putaran yang tegak lurus dengan wafer. Pada kecepatan putaran yang rendah, bahan pelapis menyebar pada wafer, pada kecepatan putaran yang tinggi (2000-4000 RPM) akan membentuk *thin film* (Girsang, 2012).

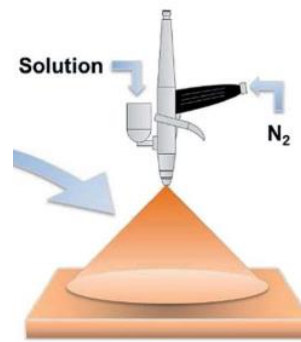
Metode *spin coating* adalah suatu cara yang sederhana dan efektif untuk membuat *thin film* dengan variasi ketebalan dikendalikan parameter waktu dan kecepatan putaran juga kekentalan dan kerapatan dari bahan pelapis yang digunakan. Semakin tinggi kecepatan sudut putar, lapisan yang diperoleh akan semakin tipis. Ketebalan lapisan ini juga tergantung pada konsentrasi larutan. *Spin coating* secara luas digunakan dalam *microfabrication*, dimana dapat digunakan untuk membuat *thin film* dengan ketebalan di bawah 10 nm. Hal ini digunakan secara insentif dalam *photolithographic*, untuk lapisan *photorisest* dengan tebal sekitar 1 mm (Mukri, 2015). Langkah-langkah metode *spin coating* ditunjukkan pada **Gambar 2.9**.



**Gambar 2.9** Metode *Spin Coating* (Kandjani *et al.*, 2015).

### 2.11 *Spray Coating*

*Spray coating* merupakan pelapisan yang dilakukan dengan cara menyemprotkan bahan pelapis pada substrat, di bawah ini ialah gambar teknik *spray coating* yang ditunjukkan pada **Gambar 2.10**.



**Gambar 2.10** Metode *Spray Coating* (Hsu & Liu, 2014).

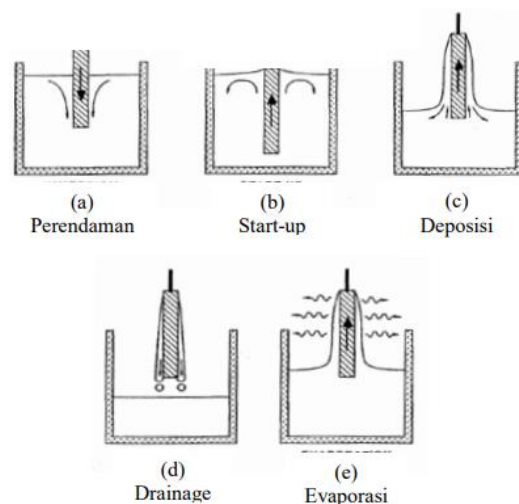
Teknik *spray coating* merupakan proses dimana material pelapis (*feedstock*) sebagai partikel individu didorong dengan aliran gas bertekanan ke suatu permukaan (substrat). Partikel tersebut menabrak substrat, menempel, dan membentuk permukaan tipis yang sesuai (Durri & Sutanto, 2015). Pada saat penyemprotan tekanan nosel, diameter nosel, dan laju kecepatan penyemprotan ditetapkan sesuai dengan kebutuhan, semakin tinggi tekanan maka akan mendorong fragmentasi cairan menjadi lebih kecil. Apabila diameter nosel yang digunakan semakin kecil, maka butiran cairan yang keluar semakin kecil.

Aplikasi *spray coating* sangat bervariasi, kategori penggunaannya bertujuan untuk meningkatkan ketahanan aus atau korosi suatu permukaan. Aplikasi lain sebagai hambatan termal, konduktor termal, konduktor listrik atau resistor, perisai elektromagnetik, dan untuk meningkatkan radiasi (Tucker, 1993).

### **2.12 Dip Coating**

Teknik *dip coating* digambarkan sebagai suatu proses dimana material yang akan dilapisi dicelupkan ke dalam suatu larutan dan kemudian ditarik kembali dengan

kecepatan penarikan konstan dengan menggunakan pelarut yang mudah menguap seperti alkohol. Proses *dip coating* secara *batch* terbagi menjadi lima tahapan yang diantaranya, perendaman (*Immersion*), pelapisan (*Start-up*), deposisi, pentirisan (*Drainage*), evaporasi. Tahapan tersebut ditunjukkan pada **Gambar 2.11**



**Gambar 2.11** Metode *Dip Coating* (Imansari & Mahardana, 2018).

Metode pencelupan (*dipping*) merupakan metode yang paling banyak digunakan terutama pada sayuran, buah, daging, dan ikan, dimana produk dicelupkan ke dalam larutan yang digunakan sebagai bahan *coating*. Hal ini dikarenakan metode pencelupan (*dipping*) mempunyai keuntungan seperti ketebalan materi *coating* yang lebih besar serta memudahkan pembuatan dan pengaturan viskositas larutan. (Miskiyah *et al.*, 2016).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Ruang *Workshop* Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung dari bulan Maret-September 2022.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.1**

**Tabel 3.1** Alat Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	Gunting	Memotong kabel tembaga
2	Kamera	Mengambil dokumentasi saat penelitian
3	Multimeter	Mengukur tegangan, arus, dan hambatan
4	Mesin Bor	Membuat lubang pada <i>body</i> mesin
5	Solder	Untuk merakit dan membongkar rangkaian

Selanjutnya, bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.2**

**Tabel 3.2** Bahan Penelitian

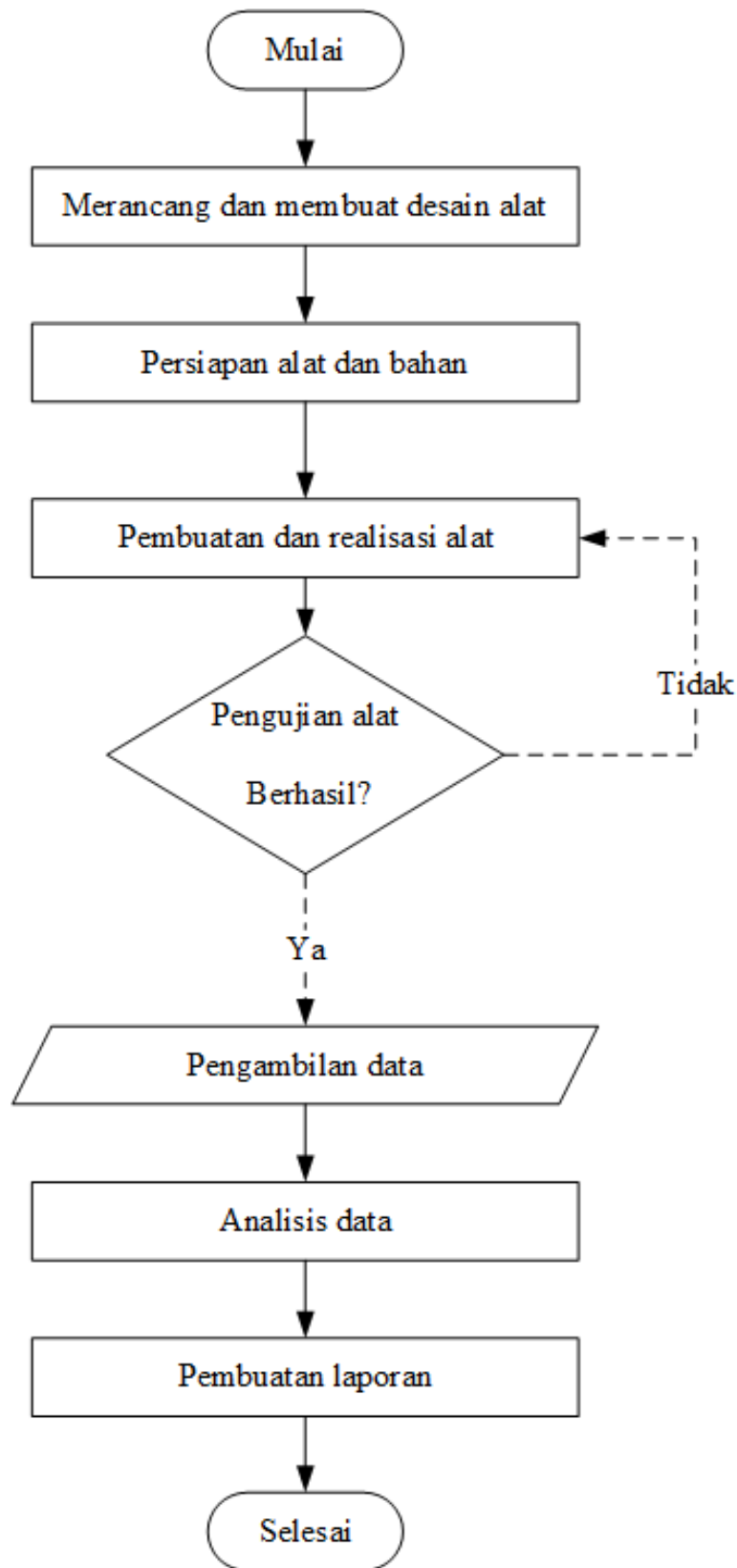
No	Nama Bahan	Fungsi
1	Arduino uno	Untuk mengendalikan dan memproses data dari perangkat <i>input</i> lalu meneruskannya ke alat <i>output</i>
2	Motor <i>stepper</i>	Untuk mengubah tenaga listrik menjadi mekanik
3	Sensor termokopel	Sebagai sensor suhu
4	TB6560	Sebagai <i>driver</i> untuk motor <i>stepper</i>
5	LCD 12C	Sebagai penampil hasil dari sensor

**Tabel 3.2 Bahan Penelitian**

6	<i>Keypad</i>	Untuk memasukkan angka
7	<i>Protoboard</i>	Sebagai wadah untuk merangkai komponen-komponen elektronika
8	Timah	Sebagai lapisan maupun penyambung antar komponen
9	Pelat pemanas	Sebagai pemanas substrat
10	<i>Relay</i>	Untuk mengendalikan dan mengalirkan arus listrik
11	Saklar	Untuk memutus atau menyambungkan arus listrik
12	Batang <i>meyer</i>	Untuk mengalirkan bahan kimia
13	Kabel penghubung	Sebagai penghubung antar komponen

### 3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 5 tahapan untuk memperoleh dan menganalisa data pengamatan yaitu desain alat, perancangan sistem gerak alat, perancangan sistem pemanas, perancangan elektronik, dan perancangan sistem, serta pengujian alat dan pengambilan data. Prosedur penelitian ini disajikan dalam **Gambar 3.1**

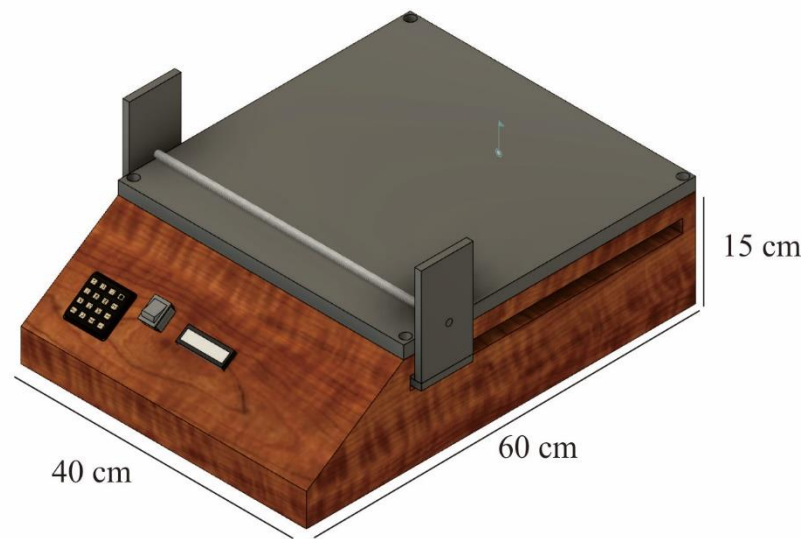


**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian



### 3.3.1 Desain Alat

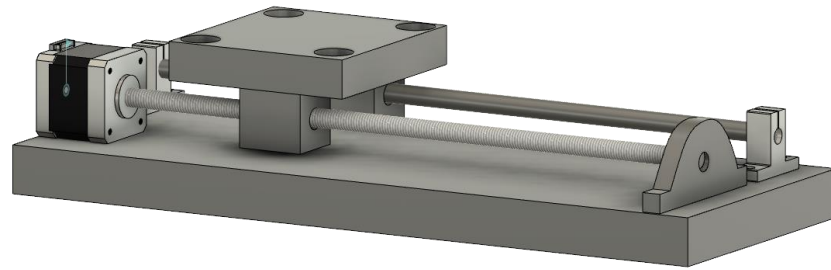
Desain sistem kontrol ketebalan menggunakan prinsip *meyer rod coating* yang digunakan sebagai alat perata lapisan tipis. Alat ini menggunakan *body* dari kayu, pada bagian atas menggunakan *stainless steel*, kemudian bagian depan terdapat LCD I2C dan *keypad*. Desain alat penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.2**



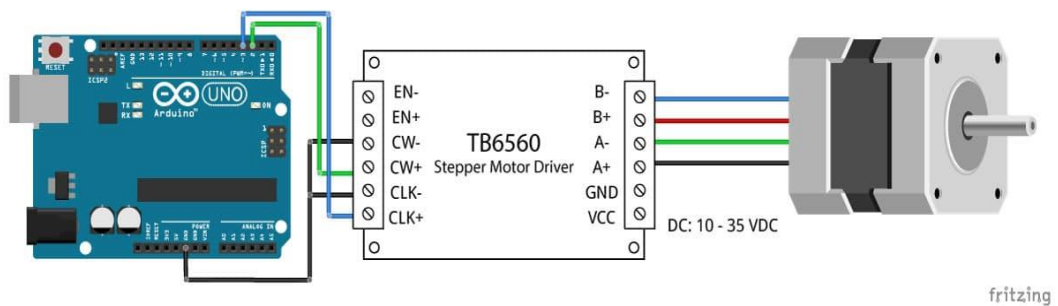
**Gambar 3. 2** Desain Alat Penelitian

### 3.3.2 Perancangan Sistem Gerak Alat

Komponen yang digunakan di sistem gerak *meyer rod coating* adalah motor *stepper* dan bagian *slider*. Desain rancangan sistem gerak ditunjukkan pada **Gambar 3.3**



(a)



fritzing

(b)

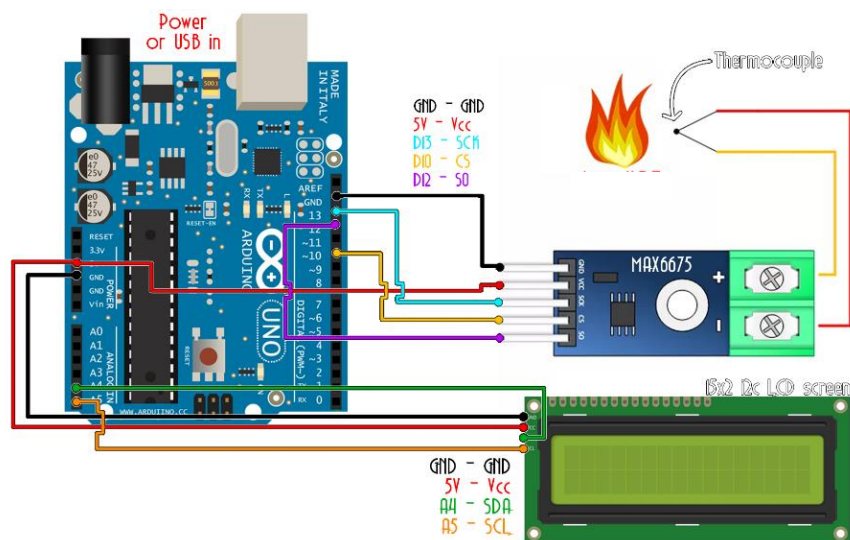
**Gambar 3.3** (a). Desain Sistem Gerak, (b). Skematik Sistem Gerak

- a. Motor *stepper* : Motor ini mempunyai kecepatan tinggi dan torsi yang cukup untuk sebuah alat *coating*. Kecepatan motor dapat mencapai 1200 RPM Ketika tidak ada beban. Tegangan yang digunakan sangat kecil yaitu sebesar 12 V DC/1.2 A.
- b. Batang berulir : Sebagai jalur yang akan disambungkan ke motor *stepper*.
- c. *Bearing holder* : Alat ini digunakan untuk menahan batang berulir.
- d. *Driver* TB6560 : Berfungsi untuk mengatur motor *stepper*.

- e. *Power supply* : Untuk menurunkan tegangan dari 220 V menjadi 24 V dan juga sebagai penyuplai tegangan.

### 3.3.3 Perancangan Sistem Pemanas

Bagian-bagian dari perancangan sistem pemanas yaitu pelat pemanas (*heater*), sensor termokopel, dan modul MAX6675. Desain perancangan sistem pemanas ditunjukkan pada **Gambar 3.4**



**Gambar 3.4** Skematik Sistem Panas

- Pelat pemanas : Sebagai pemanas setelah zat kimia pada substrat diratakan oleh batang *meyer* menggunakan metode pemanasan konduksi. Pelat pemanas akan ditempelkan pada *stainless steel*, sehingga setelah zat kimia selesai diratakan, bisa langsung dipanaskan melalui alat tersebut.
- Sensor termokopel : Berfungsi untuk mengukur perbedaan suhu pada alat *coating*, saat alat diinialisasi menggunakan *keypad*, nilai *input* suhu akan

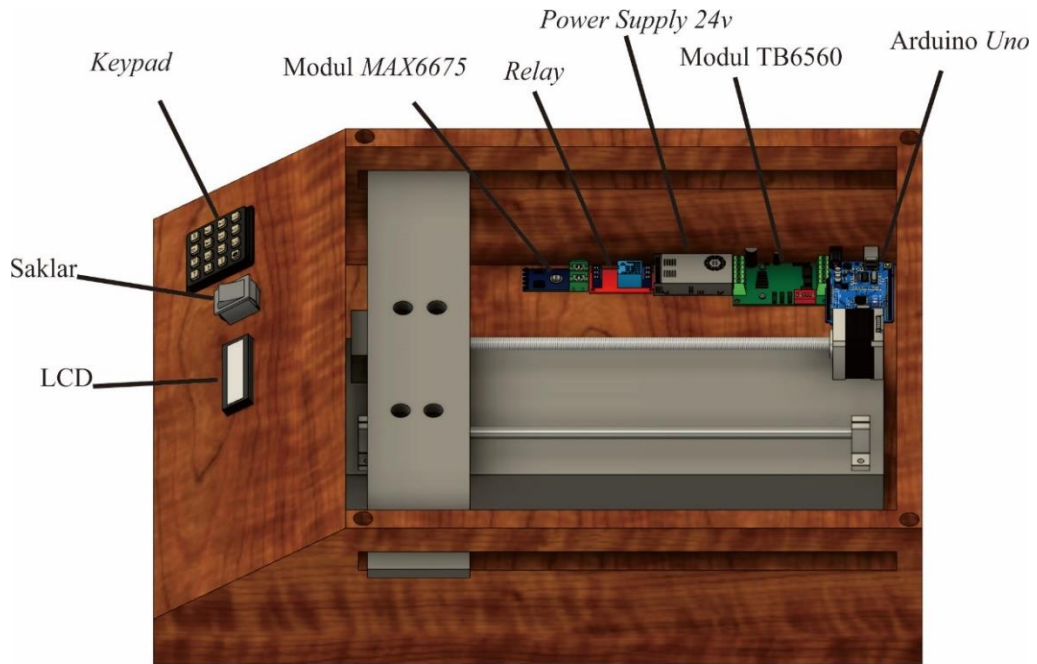
diproses oleh arduino dan akan dikirim sinyal keluaran oleh sensor termokopel, kemudian ditampilkan ke dalam LCD.

- c. Modul termokopel MAX6675 : Modul ini berfungsi untuk mengirim data dari sensor termokopel terhadap arduino uno, terdapat 8 kaki pada modul MAX6675, yaitu *ground* yang berfungsi untuk menghubungi bagian bagian konduktif, kaki termokopel positif yang dimana akan dipasangkan kaki modul MAX6675 positif, kaki termokopel negatif yang akan dipasang kaki negatif dari modul MAX6675, dan kaki  $V_{cc}$  untuk masuknya tegangan.
- d. *Relay* : Berfungsi untuk mengendalikan dan mengalirkan listrik kepada pemanas, dikarenakan pada alat ini menggunakan perbedaan suhu.

### 3.3.4 Perancangan Elektronik

Bagian-bagian dari perancangan elektronik *meyer rod coating* adalah mikrokontroler arduino uno, *driver* TB6560, LCD, *keypad*, saklar, dan *relay*.

Desain perancangan sistem elektronik ditunjukkan pada **Gambar 3.5**



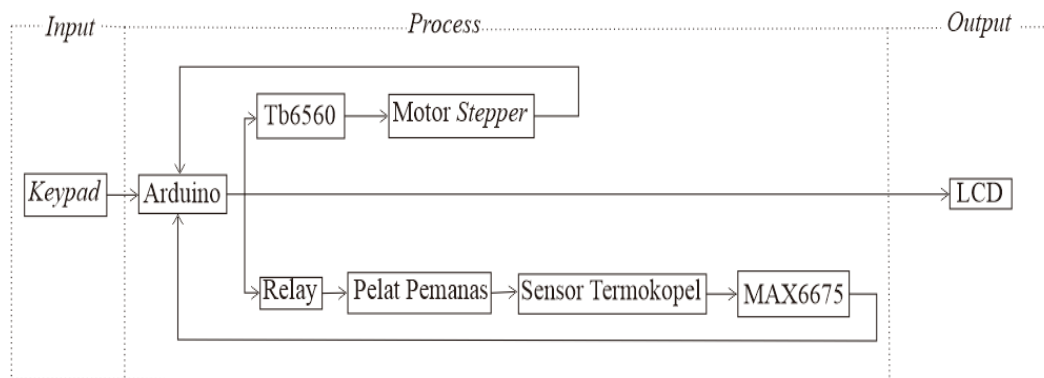
**Gambar 3.5** Rancangan Elektronika

- a. Mikrokontroler arduino uno : Rancangan bangun ini menggunakan satu buah rangkaian mikrokontroler. Mikrokontroler ini bertugas sebagai penghasil sinyal PWM, sinyal tersebut sebagai modal awal untuk mengendalikan motor *stepper*, sebagai penghasil pulsa PWM, sebagai pengendali motor dan pengendali *relay*. Rangkaian pengendali motor menggunakan sebuah mikrokontroler ATmega16 sebagai pusat pengendalinya. Mikrokontroler ini bertugas sebagai penghasil sinyal PWM, sinyal tersebut sebagai modal awal untuk mengendalikan motor *stepper*.
- b. LCD : Fungsi LCD adalah sebagai tampilan kecepatan motor, suhu dan untuk memasukkan nilai kecepatan yang diinginkan. LCD ini akan menampilkan: kecepatan, waktu dan *value keypad*.

- c. *Keypad* : Digunakan sebagai suatu masukan pada beberapa peralatan yang berbasis mikroprosesor atau mikrokontroler. *Keypad* terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan.

### 3.3.5 Perancangan Sistem

Diagram blok perancangan sistem ditampilkan pada **Gambar 3.6**



**Gambar 3.6** Diagram Blok Perancangan Sistem

Sistem menerima nilai dari *keypad*, kemudian mikrokontroler menerima dan mengolah nilai yang ada dan langsung menampilkan nilai ke LCD yang di masukkan dari *keypad*. Disaat itu juga mikrokontoler mengeluarkan sinyal yang dikirimkan ke rangkaian pengendali batang *meyer* atau pemanas. Sinyal akan dikirimkan kepada *driver* TB6560 maupun *relay* yang berfungsi sebagai dan pengatur suhu maupun kecepatan sesuai *input* yang dimasukkan. Mikrokontroler bertugas mengeluarkan nilai kecepatan dan juga suhu pada layar LCD. Nilai suhu tersebut ditampilkan secara *real time* dimulai saat posisi terendah hingga pada saat posisi yang ingin diinginkan.

Untuk mengetahui perubahan suhu secara langsung digunakan sensor termokopel. Termokopel bertugas sebagai *feedback* ke pengendali *heater*, di dalam rangkaian

pengendali tersebut nilai yang berubah menjadi tegangan. Pada sensor kemudian diolah dan di proses oleh modul MAX6675 yang nantinya dikirimkan kepada mikrokontroler untuk ditampilkan melalui LCD secara langsung.

### 3.4 Pengujian Alat

Proses pengambilan data ini dilakukan secara manual, yaitu dengan memasukkan nilai RPM dan suhu. Sistem yang dibuat menggunakan 3 kali percobaan. Setiap percobaan dalam pengujian alat, RPM dan perbedaan suhu dapat dipilih sesuai yang diinginkan dengan menggunakan sistem yang telah dirancang.

### 3.5 Rancangan Data Hasil Penelitian dan Perhitungan

Data yang diperoleh pada penelitian ini yaitu data tentang perbandingan kecepatan dengan waktu yang diperlukan hingga batang *meyer* berhenti, rancangan data hasil penelitian akan disajikan pada **Tabel 3.3**

**Tabel 3.3** Tabel Data Hasil Penelitian

No	Set Point	Alat Kalibrasi			Rata Rata
		1	2	3	
1					
2					
.					
.					
.					
12					

Data hasil penelitian yang diperoleh akan dihitung nilai akurasi, presisi dan *error* menggunakan **Persamaan 3.1** sampai dengan **Persamaan 3.3**

$$error = \left| \frac{Y - x_n}{Y} \right| \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

$$Akurasi = \left[ 1 - \left| \frac{Y - x_n}{Y} \right| \right] \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

$$Presisi = \left[ 1 - \left| \frac{x - \bar{x}_n}{\bar{x}_n} \right| \right] \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

dengan  $Y$  adalah nilai parameter referensi,  $x_n$  adalah nilai terukur dan juga  $\bar{x}_n$  adalah nilai rata rata dari parameter terukur.

Data hasil kecepatan motor *stepper* akan dikonversikan terhadap kecepatan batang *meyer* menggunakan rumus di bawah ini

$$\omega = \frac{v}{r} \times \frac{60}{2\pi} \dots \dots \dots (3.4)$$

dengan  $\omega$  adalah kecepatan sudut,  $V$  adalah kecepatan linier, dan  $r$  adalah diameter batang *meyer*.

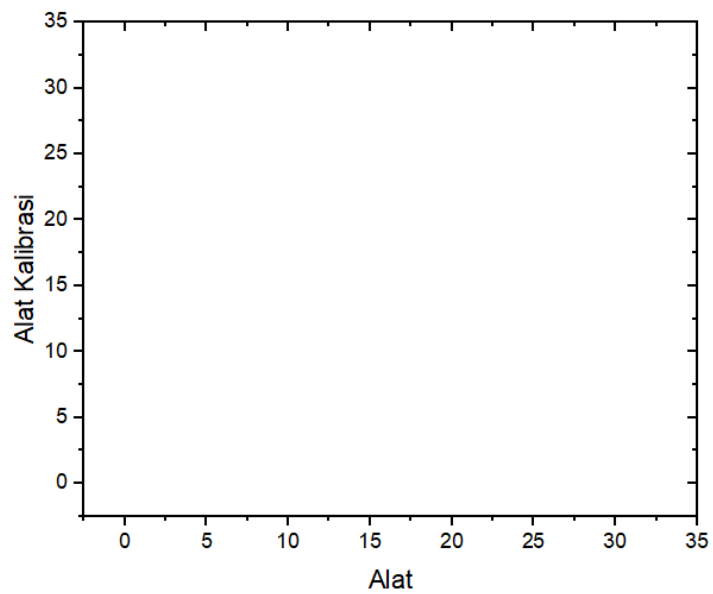
Rancangan data hasil penelitian akan disajikan pada **Tabel 3.4**



**Tabel 3.4** Tabel Hasil Perhitungan

No	Set Point	Presisi/Akurasi			Error
		1	2	3	
1					
2					
.					
.					
.					
12					

Analisis data berupa grafik hasil penelitian diperoleh dari pengujian alat menggunakan beberapa alat seperti *tachometer* dan termometer digital ditunjukkan pada **Gambar 3.7**

**Gambar 3.7** Grafik Hasil Penelitian

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan, pengukuran dan pengujian pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian diperoleh bahwa akurasi motor *stepper* dengan tachometer yaitu sebesar 99,09%, dan *error*nya sebesar 0,91%.
2. Pengujian diperoleh bahwa pelat pemanas elektrik membutuhkan waktu hingga 09 menit 45 detik untuk mencapai 100 °C.
3. Pengujian diperoleh bahwa akurasi sensor termokopel dengan alat ukur yaitu sebesar 88,43%, dan *error*nya sebesar 11,57%.

### 5.2. Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Dalam perancangan alat *meyer rod coating*, disarankan untuk menggunakan pemanas yang berukuran hampir sama dengan pelat *stainless steel* yang digunakan.
2. Disarankan agar membuat kotak terpisah dari alat *coating* untuk komponen seperti Arduino dan sensor agar komponen tidak terkena panas dari pelat pemanas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abegunde, O. O., Akinlabi, E. T., Oladijo, O. P., Akinlabi, S., & Ude, A. U. (2019). Overview of thin film deposition techniques. *AIMS Materials Science*, *6*, 174–199. <https://doi.org/10.3934/matserci.2019.2.174>.
- Aji, R. P. (2017). *Analisis Daya Pada Panel Surya Menggunakan Motor Stepper Sebagai Penggerak Panel Surya Dengan Mengikuti Sinar Matahari*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Amanati, W., & Sutanto, H. (2015). Analisis Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO, TiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan Tanpa Lapisan Penyangga yang Dideposisikan Menggunakan Metode Sol-Gel Spray Coating. *Jurnal Fisika Indonesia*, *19*, 41–44. <https://doi.org/10.22146/jfi.24372>.
- Anantama, A., Apriyantina, A., Samsugi, S., & Rossi, F. (2020). Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, *1*, 29–34. <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.712>.
- Bawotong, V. T., Mamahit, D. J., & Somppie, S. R. U. A. (2015). Rancang Bangun Uninterruptible Power Supply Menggunakan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, *1*, 1–7. <https://doi.org/10.35793/jtek.4.2.2015.6805>.
- Cohen, E., & Gutoff, E. (1992). *Modern Coating And Drying Technology*. New Jersey. Wiley Interscience.
- Dahlan, B. Bin. (2017). Sistem Kontrol Penerangan Menggunakan Arduino Uno Pada Universitas Ichsan Gorontalo. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, *9*(3), 282–289. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v9i3.158.282-289>.
- Dan, B., Irvin, G. C., & Pasquali, M. (2009). Continuous and Scalable Fabrication of Transparent Conducting Carbon Nanotube Films. *ACS Nano*, *3*, 835–843. <https://doi.org/10.1021/nn8008307>.
- Durri, S., & Sutanto, H. (2015). Karakterisasi Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO doping Al yang di Deposisi diatas Kaca dengan Metode Sol-Gel Teknik Spray-Coating. *Jurnal Fisika Indonesia*, *19*, 38–40. <https://doi.org/10.22146/jfi.24371>.
- Girsang, A. A. (2012). *Preparasi dan Karakterisasi Sifat Optik Film ZnO Dengan Metode SOL-GEL Spin Coating*. Skripsi, Medan: Universitas Negeri Medan.

- Go, M., Alam, A., Choie, H. K., Zhong, Z., Lee, K. H., Seo, Y., Hwang, B., Woo, K., Kim, T.-W., & Lim, S. (2020). *Meyer-Rod Coated 2D Single-Crystalline Copper Nanopelate Film with Intensive Pulsed Light for Flexible Electrode. Coatings, 10*, 1–10. <https://doi.org/10.3390/coatings10010088>.
- Halim, F. R., Suwandi, & Suhendi, A. (2016). Rancang Bangun Syringe Pump Menggunakan Motor Stepper. *E-Proceeding of Engineering, 3*, 2078–2075.
- Hsu, H.-W., & Liu, C.-L. (2014). Spray-coating semiconducting conjugated polymers for organic thin film transistor applications. *RSC Advances, 4*, 30145–30149. <https://doi.org/10.1039/C4RA03726J>.
- Imansari, M. B., & Mahardana, N. S. (2018). *Pengaruh Rasio H<sub>2</sub>O: Natrium Silikat dan Konsentrasi Katalis NH<sub>4</sub>OH pada Membran Komposit Silika Hidrofobik dalam Pemisahan CPO-Air*. Skripsi, Malang: Universitas Brawijaya.
- Jr, R. C. T. (1994). Thermal Spray Coatings. *Journal of Surface Engineering, 5*, 497–509.
- Junaidi, Triyana, K., Harsojo, & Suharyadi, E. (2017). High-Performance Silver Nanowire Film on Flexible Substrate Prepared by Meyer-rod Coating. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 202*, 1–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/202/1/012055>.
- Kandjani, S. A., Mirershadi, S., & Nikniaz, A. (2015). Inorganic–Organic Perovskite Solar Cells. Croatia: InTech <https://doi.org/10.5772/58970>.
- Laksono, D. P. (2019). *Rancang Bangun Alat Uji Thrust Force Multicopter Berbasis Mikrokontroler Dengan Variasi BLDC Motor dan Propeller*. Skripsi, Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Lestari, W. (2016). *Preparasi dan Karakterisasi Lapisan Tipis Sn(S<sub>0,5</sub> Te<sub>0,5</sub>) Dengan Teknik Evaporasi Vakum*. Skripsi, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Liu, C.-H., & Yu, X. (2011). Silver nanowire-based transparent, flexible, and conductive thin film. *Nanoscale Research Letters, 6*, 1–8. <https://doi.org/10.1186/1556-276X-6-75>
- Luo, M., Xie, H., Wei, M., Liang, K., Shao, S., Zhao, J., Gao, T., Mo, L., Chen, Y., Chen, S., Lee, C., & Cui, Z. (2019). High-Performance Partially Printed Hybrid CMOS Inverters Based on Indium-Zinc-Oxide and Chirality Enriched Carbon Nanotube Thin-Film Transistors. *Advanced Electronic Materials, 5*, 1–10. <https://doi.org/10.1002/aelm.201900034>
- Maryandika, A. I. (2012). *Sistem Proteksi Brankas Berpassword Menggunakan Magnetic Doorlock Sebagai Penggerak Doorstrike Berbasis Mikrokontroler* [Universitas Negeri Semarang]. <http://lib.unnes.ac.id/18969/>
- Miskiyah, Widaningrum, & Winarti, C. (2016). Aplikasi Edible Coating Berbasis Pati Sagu dengan Penambahan Vitamin C pada Paprika: Preferensi Konsumen dan Mutu Mikrobiologi. *Jurnal Hortikultura, 21*, 68. <https://doi.org/10.21082/jhort.v21n1.2011.p68-76>

- Mukri, M. (2015). *Fabrikasi Prototype Touchscreen Dengan Lapisan Nano Film Seng Oksida Menggunakan Metode Spin Coating*. Jember: Universitas Jember.
- Nantan, A., & Alaydrus, M. (2014). Perancangan Kunci Elektrik Dengan Enkripsi Melalui Bluetooth Pada Ponsel. *Jurnal Teknologi Elektro*, 5, 106–162. <https://doi.org/10.22441/jte.v5i3.766>
- Novaria, M. (2017). *Rancangan Bangun Alat Anti Kebisingan Suara Guna Mendukung Etika Berkunjung Ke Rumah Sakit Berbasis Arduino Uno*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Pertiwi, P. K. (2017). *Termokopel*. Surabaya: Insitut Teknologi Surabaya. <https://doi.org/10.2307/j.ctt46nrzt.12>
- Rosman N., A. (2018). Perancangan Termokopel Berbahan Besi (Fe) dan Tembaga (Cu) Untuk Sensor Temperatur. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 4, 120–127. <https://doi.org/10.26858/ijfs.v4i2.7640>
- Saiyar, H., & Noviansyah, M. (2019). Sistem Informasi Keamanan Brankas Dengan Mikrokontroler ATMEGA 16. *Akrab Juara*, 4, 16–25.
- Santoso. (2016). *Rancang Bangun Alat Ukur Ketebalan Lapisan Tipis Dengan Prinsip Kapasitif*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Sari, D. P., Rasyad, S., Amperawan, A., & Muslimin, S. (2018). Kendali Suhu Air Dengan Sesor Termokopel TIPE-K Pada Simulator Sistem Pengisian Botol Otomatis. *Jurnal Ampere*, 3, 128–134. <https://doi.org/10.31851/ampere.v3i2.2393>
- Sari, D. Y. (2013). *Persiapan Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> Dengan Metode Dip Coating Sebagai Fungsi Waktu*. Lampung: Universitas Lampung.
- Setiawati, A., Yuliani, S. H., Gani, M. R., Veronica, E. F., Putri, D. C. A., Putra, R. E., Putra, D. C., Kurniawan, A. M., & Istyastono, E. P. (2014). Analisis Kuantitatif Isoflavon Tempe Secara Cepat DAN Sederhana Menggunakan Metode Kromatografi Lapis Tipis- Densitometri. *Jurnal Farmasi Sains Dan Komunitas*, 11, 13–17. <https://doi.org/10.24071/jpsc.0080>
- Silvia, A. F., Haritman, E., & Muladi, Y. (2014). Rancang Bangun Akses Kontrol Pintu Gerbang Berbasis Arduino Dan Android. *Electrans 2014*, 13, 1–10.
- Soedjarwanto, N. (2021). Prototipe Smart Door Lock Menggunakan Motor Stepper Berbasis Iot (Internet Of Things). *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 15, 73–82. <https://doi.org/10.23960/elc.v15n2.2167>
- Susanto, H., & Wibowo, S. (2015). *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania*. Semarang: Telescope. Wendri, N., Supardi, I. W., Suarbawa, K. N., & Yuliantini, N. M. (2012). Alat Pencatat Temperatur Otomatis Menggunakan Termokopel Berbasis Mikrokontroler AT89S51. *Buletin Fisika*, 13, 29–33.
- Wibowo, B. C., & Nugraha, F. (2021). Stepper Motor Speed Control Using Start-Stop Method Based On PLC. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 10, 213–220. <https://doi.org/10.35793/jtek.10.3.2021.35623>

Widodo, T., Irawan, B., Prastowo, A. T., & Surahman, A. (2020). Sistem Sirkulasi Air Pada Teknik Budidaya Bioflok Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3. *JTIKOM*, 1, 34–39. <https://doi.org/10.33365/jtikom.v1i2.12>