

**RANCANG BANGUN ALAT *SPIN COATING* BERBASIS  
ARDUINO UNO**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains*



**Oleh :**

**IZZATIL WAHYUNI**

**14034028 / 2014**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2018**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN ALAT *SPIN COATING* BERBASIS ARDUINO UNO**

Nama : Izzatil Wahyuni  
NIM : 14034028  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 13 Agustus 2018

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Yohandri, M.Si, Ph.D  
NIP. 19780725 200604 1 003

Pembimbing II



Dr. Ramli, M.Si  
NIP. 19730204 200112 1 002

Ketua Jurusan



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si  
NIP. 19690120 199303 2 002

## HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Izzatil Wahyuni  
NIM : 14034028  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

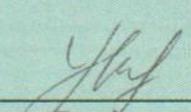
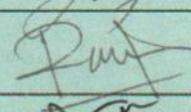
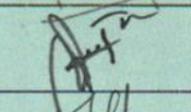
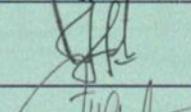
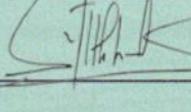
dengan judul

### RANCANG BANGUN ALAT *SPIN COATING* BERBASIS ARDUINO

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 13 Agustus 2018

Tim Penguji

|            | Nama                          | Tanda Tangan   |
|------------|-------------------------------|--|
| Ketua      | : Yohandri, M.Si, Ph.D        | 1.  |
| Sekretaris | : Dr. Ramli, S.Pd, M.Si       | 2.  |
| Anggota    | : Dr. Hamdi, M.Si             | 3.  |
| Anggota    | : Drs. Hufri, M.Si            | 4.  |
| Anggota    | : Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si | 5.  |

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya yang berjudul "Rancang Bangun Alat *Spin Coating* Berbasis Arduino Uno", adalah karya saya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali pembimbing;
3. Karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasi orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas tercantum pada keputusan;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam penelitian ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa gelar yang telah diperoleh karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 13 Agustus 2018

Yang membuat pernyataan



Izzatil Wahyuni

NIM. 14034028

## ABSTRAK

**Izzatil Wahyuni:** Rancang Bangun Alat *Spin Coating* Berbasis Arduino Uno

Saat ini, ilmu dan teknologi mengenai material lapisan tipis berkembang dengan pesat. Mahasiswa fisika yang mengambil konsentrasi bidang material sedang gencar untuk melakukan penelitian mengenai lapisan tipis, untuk itu diperlukan alat *spin coating* untuk membuat lapisan tipis tersebut. Di Laboratorium Material dan Biofisika, Jurusan Fisika, UNP sudah terdapat alat *spin coating*. Namun, masih terdapat banyak kekurangan pada alat tersebut, diantaranya motor yang digunakan adalah motor untuk pompa air, sehingga getaran dari alat cukup kuat. Kecepatan maksimal dari alat hanya 3.000 RPM. Penggunaan *double tip* yang sulit diangkat untuk menempelkan substrat material. *Timer* alat *spin coating* tidak otomatis atau harus dihentikan secara manual. Tujuan dari penelitian ini untuk merancang dan membuat alat *spin coating* berbasis arduino uno, alat ini dirancang minim getaran dengan kecepatan maksimal 7.000 RPM yang dapat diinput melalui *keypad* dan ditampilkan pada LCD, selain itu alat *spin coating* juga dilengkapi dengan timer otomatis dan vakum.

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa. Teknik pengukuran yang digunakan adalah pengukuran secara langsung dan tidak langsung pengukuran secara langsung dilakukan terhadap nilai kecepatan putar motor *brushless* dan *timer* dari alat *spin coating*. Sedangkan pengukuran secara tidak langsung dilakukan terhadap ketepatan dan ketelitian dari kecepatan motor *brushless*.

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan dapat diungkapkan dua hasil penting dari penelitian ini. Pertama, spesifikasi peformansi dari alat *spin coating* yang terdiri dari rangkaian *power supply*, rangkaian motor *brushless*, rangkaian LCD dan *keypad*. Kedua, spesifikasi desain dari alat *spin coating* ini memiliki ketepatan maksimum 99,9 % dan ketelitian maksimum 100%. Untuk *timer* dari alat *spin coating* bekerja dengan baik karna hasil pengukuran sama dengan *stopwatch* dan vakum bekerja dengan baik untuk ukuran substrat 1x1 cm<sup>2</sup>.

Kata Kunci : *Spin Coating*, *Brushless Motor DC*, Mikrokontroler

## KATA PENGANTAR



Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat dan karuniaNya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini. Sebagai judul penelitian ini adalah “Rancang Bangun Alat *Spin Coating* Berbasis Arduino Uno”.

Tidak lupa pula peneliti mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan kepada peneliti dalam menyusun skripsi ini, terutama kepada :

1. Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D dan Bapak Dr. Ramli, M.Si sebagai Pembimbing I dan Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran kepada peneliti dengan ikhlas dan penuh kesabaran.
2. Bapak Drs. Hufri, M.Si selaku Penguji pada skripsi ini dan juga selaku Pembimbing Akademik
3. Bapak Dr. Hamdi, M.Si dan Bapak Zuhendri Kamus, S.Pd, M.Si sebagai Penguji pada skripsi ini.
4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si, selaku ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D selaku ketua Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Ibunda Sesfi Efrion dan Ayahanda Anrinal selaku orang tua tercinta yang telah memberikan dukungan baik berupa moril maupun spiritual kepada penulis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA UNP

8. Staf Administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika FMIPA UNO
9. Rekan-rekan ELIN 16 dan Fisika 14 telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Peneliti menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu peneliti mengharapkan masukan yang bersifat membangun untuk kesempurnaan laporan selanjutnya. Semoga laporan skripsi ini membantu menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca.

Padang, Agustus 2018

Peneliti

## DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| ABSTRAK.....  | i   |
| KATA PENGANTAR .....                                  | ii  |
| DAFTAR ISI.....                                       | iv  |
| DAFTAR TABEL.....                                     | vi  |
| DAFTAR GAMBAR .....                                   | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                  | ix  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                               | 1   |
| A. Latar Belakang .....                               | 1   |
| B. Rumusan Masalah.....                               | 3   |
| C. Pertanyaan Penelitian.....                         | 3   |
| D. Tujuan Penelitian .....                            | 3   |
| BAB II KAJIAN TEORI.....                              | 5   |
| A. <i>Spin Coating</i> .....                          | 5   |
| B. Pembuatan Lapisan dengan Metoda Spin Coating ..... | 6   |
| C. <i>Brushless</i> Motor DC .....                    | 8   |
| D. Rangkaian Catu Daya .....                          | 10  |
| E. Arduino Uno .....                                  | 12  |
| F. LCD.....   | 14  |
| G. KeyPad.....  | 15  |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                        | 19  |
| A. Tempat dan Waktu Penelitian.....                   | 19  |
| B. Alat dan Bahan.....                                | 19  |
| C. Jenis Penelitian.....                              | 19  |
| D. Data dan Variabel Penelitian .....                 | 20  |
| E. Desain Penelitian .....                            | 20  |
| F. Perancangan Alat .....                             | 25  |
| G. Prosedur Penelitian .....                          | 26  |
| H. Teknik Pengumpulan Data.....                       | 28  |
| I. Teknik Analisis Data.....                          | 28  |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... | 31 |
| A. Hasil Penelitian .....         | 31 |
| B. Pembahasan.....                | 47 |
| BAB V PENUTUP.....                | 50 |
| A. Kesimpulan .....               | 50 |
| B. Saran .....                    | 50 |
| DAFTAR PUSTAKA .....              | 52 |
| LAMPIRAN.....                     | 55 |

## DAFTAR TABEL

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabel 1.  | Data karakteristik motor <i>brushless</i> .....   | 38 |
| Tabel 2.  | Pengukuran ketepatan kecepatan putar piringan substrat .....  | 42 |
| Tabel 3.  | Pengukuran ketelitian kecepatan putar piringan substrat.....  | 43 |
| Tabel 4.  | Perbandingan kecepatan <i>set point</i> alat <i>spin coating</i> dengan yang diukur menggunakan <i>tachometer</i> ..... | 44 |
| Tabel 5.  | Data pengujian <i>timer</i> .....   | 45 |
| Tabel 6.  | Data pengujian vakum .....  | 46 |
| Tabel 7.  | Data pengukuran kecepatan motor <i>bushless</i> tanpa piringan menggunakan <i>tachometer</i> .....                      | 56 |
| Tabel 8.  | Data pengukuran kecepatan putar motor <i>brushless</i> dengan piringan menggunakan <i>tachometer</i> .....              | 56 |
| Tabel 9.  | Pengkuran kecepatan putar piringan substrat menggunakan <i>tachometer</i> .....   | 57 |
| Tabel 10. | Pengukuran ketepatan dan ketelitian kecepatan putar piringan .....  | 58 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1. Proses sederhana <i>spin coating</i> .....  | 7  |
| Gambar 2. Struktur motor BLDC.....  | 9  |
| Gambar 3. Blok diagram catu daya.....   | 10 |
| Gambar 4. Modul LCD 2x16 .....  | 15 |
| Gambar 5. (a) Bentuk Fisik (b) Rangkaian dasar <i>keypad 4x4</i> .....  | 16 |
| Gambar 6. Motor <i>brushless</i> yang digunakan .....   | 21 |
| Gambar 7. <i>Board</i> Arduino Uno R3 Tipe USB.....   | 22 |
| Gambar 8. <i>Electronic Speed Controller</i> (ESC).....   | 22 |
| Gambar 9. Rangkaian pengontrolan motor <i>brushless</i> menggunakan ESC ke arduino.....                                     | 23 |
| Gambar 10. Rangkaian LCD dan arduino.....   | 24 |
| Gambar 11. Rangkaian <i>Keypad 4x4</i> ke arduino.....  | 24 |
| Gambar 12. Blok diagram sistem.....   | 25 |
| Gambar 13. Rancangan alat (a) tampilan luar dan (b) tampilan dalam .....  | 26 |
| Gambar 14. Diagram alir penelitian.....   | 26 |
| Gambar 15. Alat <i>Spin Coating</i> .....   | 32 |
| Gambar 16. <i>Box</i> sistem dari alat <i>spin coating</i> .....  | 34 |
| Gambar 17. Rangkaian elektronika pembangun alat <i>spin coating</i> .....   | 34 |
| Gambar 18. Osiloskop yang digunakan dalam penelitian.....   | 35 |
| Gambar 19. Tampilan <i>input</i> alat <i>spin coating</i> .....   | 35 |
| Gambar 20. Tampilan selama proses <i>spin coating</i> .....   | 36 |
| Gambar 21. Tampilan saat proses selesai .....   | 36 |
| Gambar 22. Perbandingan sinyal PWM motor <i>brushless</i> untuk masing masing <i>input</i> .....                            | 37 |
| Gambar 23. Grafik hubungan <i>input</i> dengan <i>duty cycle</i> .....  | 38 |
| Gambar 24. Perbandingan <i>input</i> motor <i>brushless</i> dengan kecepatan motor tanpa piringan dan dengan piringan ..... | 39 |
| Gambar 25. Perbandingan <i>input</i> motor dengan kecepatan putar piringan substrat .....                                   | 41 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 26. Grafik perbandingan <i>set point</i> dengan hasil pengukuran menggunakan <i>tachometer</i> ..... | 44 |
| Gambar 27. Pengambilan data alat <i>spin coating</i> .....  | 60 |
| Gambar 28. Pemotongan akrilik untuk <i>box</i> alat <i>spin coating</i> .....                               | 60 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1. <i>Flow chart</i> untuk program alat <i>spin coating</i> . ..... | 55 |
| Lampiran 2. Data Pengukuran .....  | 56 |
| Lampiran 3. Dokumentasi.....   | 60 |
| Lampiran 4. Program Alat <i>Spin Coating</i> .....                           | 61 |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Saat ini, ilmu dan teknologi mengenai material lapisan tipis berkembang dengan pesat. Hal itu dikarenakan lapisan tipis memiliki banyak manfaat, khususnya dalam bidang material, lapisan tipis dimanfaatkan sebagai pelapisan bahan untuk menutupi kelemahan dari bahan yang dilapisi seperti anti korosi, pelapisan material baru sebelum difabrikasi serta dalam pengembangan material baru. Sedangkan dalam dunia optik lapisan tipis umumnya digunakan dalam teknologi laser, LED, dan sel surya. Untuk menghasilkan lapisan tipis dapat digunakan berbagai teknik, seperti PVD (*Physical Vapour Deposition*) yang meliputi *evaporasi*, *sputtering* dan *ion planting*, CVD (*Chemical Vapour Deposition*) yang meliputi *thermal CVD*, *Plasma-Activated CVD*, *Photon-Activated CVD*, dan *Laser-Induced CVD*, deposisi elektro-kimia, deposisi dan emulsi atau pasta yang meliputi teknik mekanik, termal, dan semprotan (*spray*), serta teknik pelapisan (*plating*) yang meliputi teknik *casting* (*spin coating* dan *dip coating*), teknik *screen printing* dan *doctor blade*.

*Spin coating* merupakan salah satu teknik yang sedang berkembang dalam pembuatan lapisan tipis pada material keramik dan polimer. Teknik ini memanfaatkan fenomena gaya sentrifugal. Reaksi dari gaya ini menyebabkan fluida yang dideposisikan pada substrat akan tersebar ke seluruh permukaan substrat dan membentuk lapisan dengan ketebalan yang merata.

Teknik *spin coating* dilakukan dengan meneteskan larutan ke pusat substrat, ketika alat *spin coating* berada pada kecepatan putar yang konstan,

sebagian larutan yang berlebihan akan terlepas dari substrat sehingga lapisan yang terbentuk pada substrat akan semakin tipis. Teknik *spin coating* dapat menghasilkan lapisan tipis milimeter hingga nanometer. Selain itu, kualitas dari lapisan juga ditentukan oleh kecepatan putar dari motor dan waktu dari proses pemutaran substrat.

Mahasiswa jurusan fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, yang mengambil konsentrasi bidang material sedang gencar untuk melakukan penelitian mengenai lapisan tipis, untuk itu diperlukan alat *spin coating* untuk membuat lapisan tipis tersebut. Di Laboratorium Material dan Biofisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Padang sudah terdapat alat *spin coating*. Namun, alat *spin coating* yang terdapat di laboratorium tersebut masih terdapat banyak kekurangan, diantaranya motor yang digunakan adalah motor untuk pompa air, sehingga getaran dari alat cukup kuat. Kecepatan maksimal dari alat hanya 3.000 RPM. Penggunaan *double tip* yang sulit diangkat untuk menempelkan substrat material. *Timer* alat *spin coating* tidak otomatis atau harus dihentikan secara manual sehingga proses *spin coating* harus ditunggu. Selain itu, alat *spin coating* yang dijual dipasaran juga mahal, sehingga memerlukan biaya yang besar untuk membeli alat *spin coating*.

Berdasarkan keterbatasan dan kekurangan yang telah diuraikan, penulis tertarik untuk mengembangkan alat *spin coating* yang minim getaran dengan kecepatan putar mencapai 7.000 RPM yang dapat diinput melalui *keypad*. Alat juga dilengkapi dengan vakum sebagai pengganti dari *double tip* dan *timer* yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, sehingga alat *spin coating* akan mati secara

otomatis jika *timer* sudah habis. Untuk menghasilkan alat yang minim getaran dan kecepatan mencapai 7.000 RPM penulis menggunakan *Brushless motor DC* (BLDC), yang mana motor tersebut biasa digunakan pada *drone*.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, pada penelitian ini dikaji tentang bagaimana menghasilkan alat *spin coating* dengan kecepatan mencapai 7.000 RPM berbasis arduino uno, dengan kecepatan dan waktu yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Disamping itu, alat ini juga dilengkapi vakum.

## **C. Pertanyaan Penelitian**

1. Bagaimana spesifikasi performansi dari Rancang Bangun Alat *Spin Coating* Berbasis Arduino Uno.
2. Bagaimana Spesifikasi desain dari Rancang Bangun Alat *Spin Coating* Berbasis Arduino Uno.

## **D. Tujuan Penelitian**

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat *spin coating* berbasis arduino uno. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menjelaskan spesifikasi performansi dari Rancang Bangun Alat *Spin Coating* Berbasis Arduino Uno.
2. Mendeskripsikan spesifikasi desain dari Rancang Bangun Alat *Spin Coating* Berbasis Arduino Uno.

## **E. Manfaat Penelitian**

1. Pengguna alat, dapat digunakan untuk kegiatan penelitian yang berkaitan dengan pembuatan lapisan tipis.

2. Kelompok bidang kajian elektronika dan instrumentasi, berguna untuk mengembangkan instrumentasi berbasis elektronika.
3. Pembaca, untuk memperluas wawasan dan menambah pengetahuan bidang kajian elektronika dalam upaya pengembangan instrumentasi berbasis elektronika.
4. Peneliti lain, sebagai sumber referensi dalam pengembangan penelitian tentang elektronika dan instrumentasi.

## BAB II KAJIAN TEORI

### A. *Spin Coating*

*Spin coating* adalah metode yang digunakan untuk membuat lapisan tipis pada substrat yang biasanya digunakan pada bidang industri. *Spin coating* memiliki dua proses dasar antara lain, cairan atau larutan diletakkan di pusat substrat dan substrat siap diputar. Setelah substrat diputar dengan kecepatan konstan larutan akan menyebar ke tepi substrat. *Spin coating* dapat diartikan sebagai pembentukan lapisan melalui proses pemutaran (*spin*). Bahan yang akan dibentuk lapisan dibuat dalam bentuk larutan (*gel*) kemudian diteteskan di atas suatu substrat yang disimpan diatas piringan yang dapat berputar, karena adanya gaya sentrifugal ketika piringan berputar, maka bahan tersebut dapat ditarik ke pinggir substrat dan tersebar merata (Putra, S.Z: 2014).

Besarnya gaya sebar ini akan ditentukan oleh laju rotasi dari putaran piringan, menurut persamaan (1) :

$$F = m.a$$

$$F = m \frac{v^2}{r}$$

$$F = m \frac{(\check{S}r)^2}{r}$$

$$F = m \frac{\check{S}^2 r^2}{r}$$

$$F_s = m\check{S}^2 r \tag{1}$$

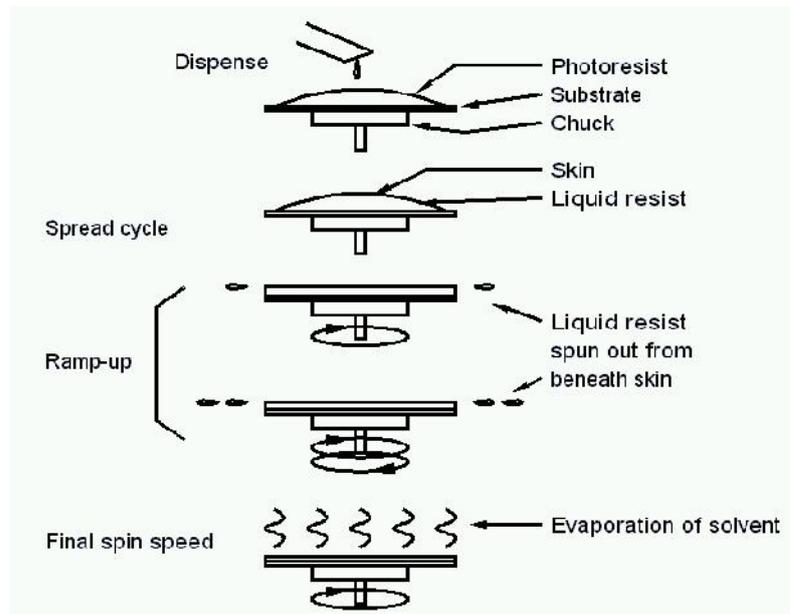
Dimana  $F_s$  adalah gaya sentrifugal,  $m$  adalah massa partikel,  $S$  adalah laju angular piringan dan  $r$  adalah jarak yang diukur dari pusat piringan secara radial ke arah luar.

Metode *spin coating* merupakan metode yang paling mudah dan cepat dalam penumbuhan lapisan tipis. Lapisan tipis yang dihasilkan dengan metode ini memiliki tingkat kehomogenan yang cukup tinggi. Ketebalan lapisan yang diinginkan bisa dikontrol berdasarkan waktu dan kecepatan putaran dari alat *spin coater* (Luurtsema, 1997). Muhlis (2013), mengatakan bahwa lapisan tipis yang dihasilkan dari metode *spin coating* akan menghasilkan lapisan tipis dengan kualitas yang cukup tinggi dan juga biaya pembuatan yang relatif murah.

Ketebalan film dan properti lainnya akan tergantung pada sifat dari larutan tersebut (viskositas, laju pengeringan, tegangan permukaan, dll) dan parameter yang dipilih pada saat proses *spin coating*. Faktor-faktor seperti kecepatan putaran, percepatan, dan pembuangan berkontribusi terhadap bagaimana sifat lapisan tipis (Labranie, 2011).

## **B. Pembuatan Lapisan dengan Metoda *Spin Coating***

Proses *spin coating* dibagi menjadi empat yaitu tahap deposisi, *spin-up*, *spin-off*, dan evaporasi. Proses sederhana dari proses *spin coating* dapat digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses sederhana *spin coating*

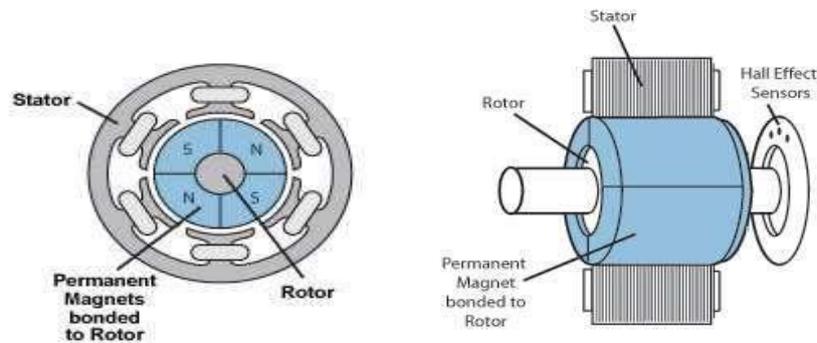
Berdasarkan Gambar 1, proses sederhana *spin coating* dimulai dari ditetaskan atau dialirkannya cairan pelapis berupa *gel* di atas substrat. Pada tahap deposisi substrat belum diputar. Kemudian pada tahap berikutnya substrat mulai diputar. Akibat gaya sentrifugal cairan menjadi tersebar secara radial keluar dari pusat putaran menuju tepi piringan. Pada tahap ini substrat mengalami percepatan. Sedangkan pada kedua tahap berikutnya laju putaran mulai konstan, artinya tidak ada percepatan sudut pada substrat. Pada tahap *spin-off* sebagian cairan yang berlebih akan menuju ke tepi substrat dan akhirnya terlepas dari substrat membentuk tetesan-tetesan. Semakin menipis lapisan yang terbentuk semakin berkurang tetesan-tetesan yang terbuang. Hal ini dipengaruhi oleh adanya penambahan hambatan alir dan viskositas pada saat lapisan semakin tipis. Tahap terakhir evaporasi, merupakan mekanisme utama dari proses penipisan lapisan (Rustami, 2008). Ketebalan yang dihasilkan lapisan sedikit terpengaruh oleh

proses deposisi dan *spin-up*. Walaupun proses yang sangat mempengaruhi dalam proses *spin coating* adalah tahap *spin-off* (Scriven, 2011).

Azka Sariroh (2018) telah meneliti pengaruh kecepatan putar *spin coating* terhadap ketebalan lapisan tipis material berbasis polimer PMMA (*Polymethyl Methacrylate*). PMMA sering digunakan pada biomaterial dibidang kesehatan dan beberapa sistem optik. PMMA memiliki transparansi yang baik, yaitu mencapai 96% serta dapat mentransmisikan cahaya tampak sampai 93%. Penelitiannya dilakukan dengan memvariasikan kecepatan *spin coating* mulai dari 1.000 rpm hingga 3.000 rpm dengan rentang 500 rpm dan waktu putar 60 detik. Dari penelitian tersebut didapatkan ketebalan lapisan tipis PMMA untuk kecepatan 1.000 rpm yaitu mendekati 82,5 nm. Untuk kecepatan putar 1.500 rpm yaitu mendekati 82,3 nm. Untuk kecepatan putar 2.000 rpm didapatkan lapisan tipis PMMA dengan tebal 81,7 nm. Untuk kecepatan putar 2500 yaitu 81,5 nm, dan untuk kecepatan putar 3000 rpm didapatkan lapisan tipis dengan ketebalan hingga hampir mendekati 81,2 nm.

### **C. *Brushless Motor DC***

Motor DC tanpa sikat atau yang biasa disebut *Brushless Motor DC* (BLDC) merupakan salah satu jenis motor-sinkron. BLDC memiliki efisiensi dan densitas energi yang sangat tinggi. Tidak adanya sikat juga membuat motor BLDC cukup handal, pemeliharaan yang sangan murah dan dapat digunakan untuk kecepatan tinggi (Sujanarko, B: 2013). Motor BLDC memiliki struktur seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur motor BLDC

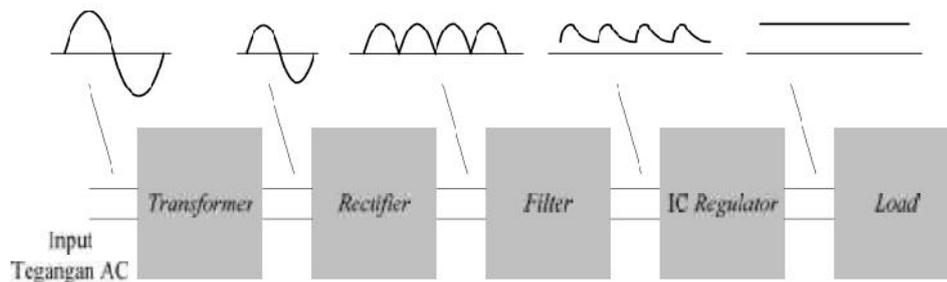
Pada rotor terdapat magnet permanen dengan kutub yang berselang-seling, sementara stator tersusun dari kumparan yang terbagi dalam tiga bagian dan dengan pola yang sesuai dengan pola magnet permanen. Ketiga bagian kumparan tersebut kemudian akan dibentuk menjadi sambungan bintang atau delta.

Pengaturan arus pada BLDC dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian yang terintegrasi dengan komputer. Pada BLDC, medan magnet yang dihasilkan pada bagian stator dan rotor bekerja pada frekuensi yang sama. Pada BLDC tidak terjadi slip seperti pada motor induksi (Putra, S.Z, dkk: 2014).

Prinsip kerja *brushless* DC motor adalah sebagai pengendali EMF memanfaatkan umpan balik melalui tahap utama sambungan dari pada sensor efek *Hall* yang dapat untuk menentukan posisi dan kecepatan. Koil dari motor ini dihubungkan dengan stator, dan komutatornya dikontrol oleh elektronik. Saat motor ini diberi tegangan, stator akan menerima tegangan, sehingga magnet permanen pada rotor akan membentuk gaya gerak listrik, dan rotor dikendalikan oleh elektronik dan sensor efek *hall* akan bekerja sehingga motor pun akan berputar (Putra, S.Z, dkk: 2014).

## D. Rangkaian Catu Daya

Catu daya berfungsi untuk memberikan tegangan listrik ke modul-modul *hardware* yang membutuhkannya. Hampir semua rangkaian elektronik memerlukan sumber tegangan searah (DC) dalam beroperasi. Rangkaian catu daya terdiri dari transformator (transformer), penyearah arus listrik (*rectifier*), penyaring (*filter*), dan *voltage regulator*. Adapun blok diagram yang menunjukkan bagian-bagian dari catu daya terlihat dalam Gambar 3 (Gunawan, dkk: 2013).



Gambar 3. Blok diagram catu daya

### 1. Transformator

Transformator merupakan komponen utama pada *power supply*. Transformator digunakan untuk menurunkan tegangan 220 V dari PLN. Transformator terdiri dari 2 lilitan yaitu lilitan primer ( $N_1$ ) dan lilitan sekunder ( $N_2$ ) yang dililitkan pada satu inti yang saling terisolasi. Besar tegangan pada lilitan primer dan sekunder ditentukan oleh jumlah lilitan. Dengan demikian transformator digunakan untuk memindahkan daya listrik dari lilitan primer ke lilitan sekunder tanpa adanya pengurangan daya (Andi rosman, 2017).

### 2. Rectifier

*Rectifier* merupakan rangkaian yang digunakan untuk menyearahkan gelombang bolak balik (AC) yang berasal dari PLN atau dengan kata lain

*rectifier* adalah mengkonversi sinyal bolak balik (AC) menjadi sinyal searah (DC). Pada penyearah gelombang penuh, sinyal bolak-balik yang disearahkan adalah setengah periode positif dan setengah periode negatif dari sinyal masukan bentuk gelombang-gelombang keluaran dari penyearah gelombang penuh (Andi rosman, 2017).

### 3. *Filter*

*Filter* digunakan untuk meratakan atau meminimalkan *ripple* yang masih tinggi dari penyearah (dioda). Agar tegangan penyearahan gelombang AC lebih rata dan menjadi tegangan DC maka dipasang *filter* kapasitor pada bagian *output* rangkaian penyearah. Dengan *filter* ini bentuk gelombang tegangan keluarannya bisa menjadi rata dengan tegangan *ripple* yang kecil. Semakin besar nilai kapasitor semakin baik pula untuk memfilter gelombang penuh dari diode (Andi rosman, 2017).

### 4. *Regulator*

IC *regulator* berfungsi untuk menghasilkan tegangan DC yang diinginkan dengan *ripple* tegangan sangat kecil dan juga untuk mempertahankan nilai tegangan DC meskipun masukan tegangan DC atau beban berubah-ubah. IC yang digunakan adalah IC LM78XX yang merupakan salah satu jenis IC *positive voltage regulator* yang memiliki tegangan keluaran stabil. Baik tegangan *input* maupun tegangan *output* dari IC *regulator* ini merupakan tegangan searah (DC) (Gunawan, dkk: 2013).

## **E. Arduino Uno**

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau IC (*Integrated Circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. Secara umum, Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu:

1. *Hardware* berupa papan *input/output (I/O)* yang *open source*.
2. *Software* Arduino yang juga *open source*, meliputi *software* Arduino IDE untuk menulis program dan *driver* untuk koneksi dengan komputer.

Banyak bahasa yang bisa digunakan untuk program mikrokontroler, misalnya bahasa *assembly*. Namun dalam pemrograman arduino bahasa yang dipakai adalah bahasa C. Akar bahasa C adalah bahasa BCPL yang dikembangkan oleh Martin Richards pada tahun 1967. Bahasa C adalah bahasa standar, artinya suatu program yang ditulis dengan versi bahasa C tentu akan dapat dikompilasikan dengan versi bahasa C yang lain dengan sedikit modifikasi.

### **Analog Input dan Output Pada Arduino**

Pada dasarnya dalam menggunakan komponen yang dihubungkan dengan Arduino. Arduino hanya mengeluarkan tegangan 0 Volt dan 5 Volt saja kepada komponen tersebut. Kondisi *input* yang demikian dikenal sebagai *digital input* dengan logika 1 dan 0, dimana 1 untuk tegangan *HIGH* atau 5 volt dan 0 untuk tegangan *LOW* atau 0 volt.

## 1. Analog *Input*

Arduino khusus menyediakan 6 kanal untuk difungsikan sebagai *analog input*. Analog ke digital konverternya menggunakan resolusi 10 bit yang berarti range nilai analog dari 0 volt sampai 5 volt akan dirubah kenilai integer 0 sampai 1023, atau resolusinya adalah  $5 \text{ volt}/1024 = 4,9 \text{ mV}$  per unit dimana itu berarti nilai digital yang dihasilkan akan berubah setiap perubahan 4,9 mV dari tegangan *input* analognya. Akan tetapi *range input* analog dan resolusi tersebut dapat dirubah dengan fungsi *analog Reference*.

- a. *Analog Read* (pin) : berfungsi untuk membaca nilai analog pada *input* pin yang akan menghasilkan nilai integer antara 0-1023.
- b. *Analog Reference* (parameter) : berfungsi untuk menentukan referensi yang digunakan.

## 2. Analog *Output*

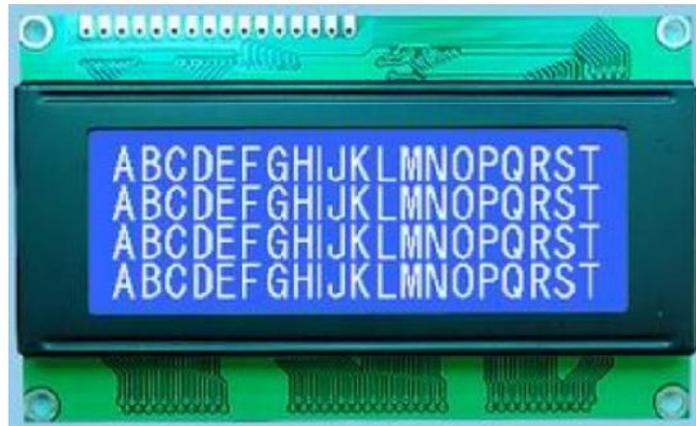
Arduino menggunakan cara *Pulse Wide Modulation* (PWM) atau modulasi lebar pulsa untuk menghasilkan *analog output* yang dikehendaki. Metode PWM ini menggunakan pendekatan perubahan lebar pulsa untuk menghasilkan nilai tegangan analog yang diinginkan. Pin yang difungsikan sebagai PWM *analog output* akan mengeluarkan sinyal pulsa digital dengan frekuensi 490 Hz, dimana nilai tegangan analog diperoleh dengan merubah *Duty Cycle* atau perbandingan lamanya pulsa *HIGH* terhadap periode (T) dari sinyal digital tersebut. Jika pulsa *HIGH* muncul selama setengah dari periode sinyal maka akan menghasilkan *duty cycle* 50 % yang berarti sinyal analog yang dihasilkan sebesar setengah dari tegangan analog maksimal yaitu 1/2

dari 5 V atau sama dengan 2,5 V begitu juga halnya jika pulsa *HIGH* hanya seperempat bagian dari periode sinyal maka tegangan analog identik yang dihasilkan adalah  $1/4$  dari  $5V = 1,25 V$  dan seterusnya (Windarto, dkk: 2012).

#### **F. LCD**

Pada modul LCD penggunaannya telah distandarisasi oleh perusahaan pembuatnya. Hal ini terkait dengan *chips* kontroler yang telah dipasang dan berfungsi untuk mengontrol pada penulisan karakter dalam LCD tersebut, sehingga masalah intinya adalah menjalankan *chips* kontroler di dalam perangkat tersebut yang instruksinya telah ditetapkan. Pada perkembangannya konfigurasi pin dan sistem komunikasi data pada modul LCD menuju standarisasi umum sehingga dari berbagai jenis modul LCD yang ada memiliki konfigurasi dan sistem instruksi yang sama.

Sedikitnya diperlukan 10 bit yang diperlukan untuk menjalankan modul LCD. Pin-pin tersebut dapat dihasilkan melalui mikrokontroler atau *interfacing* melalui *port-port* di komputer. Untuk pengontrolan melalui komponen diskrit (TTL atau CMOS) jarang dilakukan mengingat diperlukannya variasi instruksi dan pewaktuan instruksi yang harus terukur. Dari 10 bit tersebut 2 pin digunakan untuk mengendalikan status (RS dan E) dan 8 bit untuk instruksi atau data karakter. Untuk aplikasi LED *back-light* (lampu latar) diaktifkan dengan menghubungkan A ke  $V_{cc} = 5$  volt dan K dihubungkan ke *ground* atau diberi logika '0'. Pada pengoperasian LCD pin R/W diberikan '0' ke *ground* karena LCD selalu ditulisi data. Gambar 4 menunjukkan sebuah LCD untuk tipe LCD 20x4 yaitu LCD dengan 4 baris dan 20 kolom.

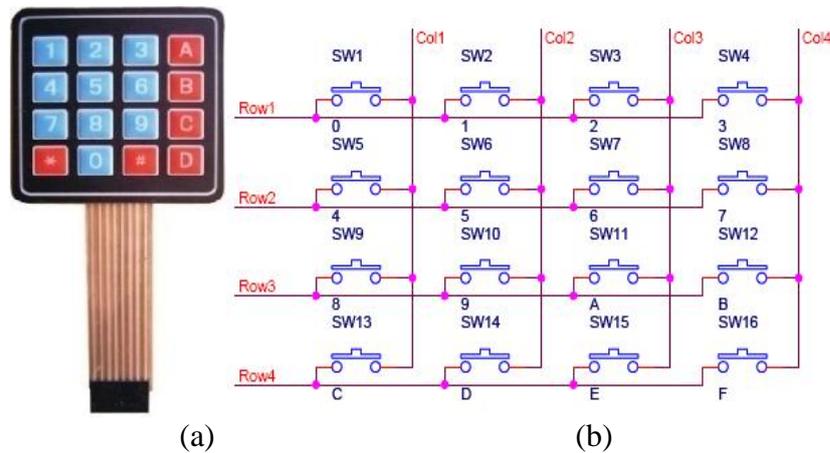


Gambar 4. Modul LCD 2x16  
(Sumber: <http://lampatronics.com/>)

Tampilan karakter (huruf dan angka) pada LCD merupakan dikirim pada CGRAM yang terdapat pada LCD tersebut. Dalam LCD telah terdapat CGROM (*Character generator read only memory*), CGRAM (*Character generator random access memory*) dan DDRAM (*Display data random access memory*) (Sulistyan: 2011).

### G. Keypad

*Keypad* sering digunakan sebagai suatu *input* pada beberapa peralatan yang berbasis mikroprosesor atau mikrokontroler. *Keypad* terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Agar mikrokontroler dapat melakukan *scan keypad*, maka *port* mengeluarkan salah satu bit dari 4 bit yang terhubung pada kolom dengan logika low “0” dan selanjutnya membaca 4 bit pada baris untuk menguji jika ada tombol yang ditekan pada kolom tersebut. Sebagai konsekuensi, selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroler akan melihat sebagai logika *high* “1” pada setiap pin yang terhubung ke baris.



Gambar 5. (a) Bentuk Fisik (b) Rangkaian dasar keypad 4x4

Proses *scanning* untuk membaca penekanan tombol pada matrix keypad 4x4 pada Gambar 5(b) dilakukan secara bertahap kolom demi kolom, dari kolom pertama sampai kolom ke 4 dan baris pertama hingga baris ke 4. Misal kita asumsikan keypad aktif *LOW* dan dihubungkan ke *port* mikrokontroler dengan jalur kolom adalah jalur *input* dan jalur baris adalah jalur *output* maka proses *scanning* matrix keypad 4x4 diatas dapat dituliskan sebagai berikut (wijanarko, 2017):

- 1) Mengirimkan logika *Low* untuk kolom 1 (Col1) dan logika *HIGH* untuk kolom yang lain kemudian membaca data baris, misal tombol SW1 ditekan maka data baris pertama (Row1) akan *LOW* sehingga data baris yang dibaca adalah 0111, atau tombol yang ditekan tombol SW5 maka data pada baris ke 2 akan *LOW* sehingga data yang terbaca 1011, atau tombol SW9 yang ditekan sehingga data yang terbaca 1101, atau tombol SW13 yang ditekan maka data yang dibaca adalah 1110 dan atau tidak ada tombol pada kolom pertama yang di tekan maka data pembacaan baris akan 1111 (wijanarko, 2017).

- 2) Mengirimkan logika *Low* untuk kolom 2 (Col2) dan logika *HIGH* untuk kolom yang lain kemudian membaca data baris, misal tombol SW1 ditekan maka data baris pertama (Row1) akan *LOW* sehingga data baris yang dibaca adalah 0111, atau tombol yang ditekan tombol SW5 maka data pada baris ke 2 akan *LOW* sehingga data yang terbaca 1011, atau tombol SW9 yang ditekan sehingga data yang terbaca 1101, atau tombol SW13 yang ditekan maka data yang dibaca adalah 1110 dan atau tidak ada tombol pada kolom pertama yang di tekan maka data pembacaan baris akan 1111 (wijanarko, 2017).
- 3) Mengirimkan logika *Low* untuk kolom 3 (Col3) dan logika *HIGH* untuk kolom yang lain kemudian membaca data baris, misal tombol SW1 ditekan maka data baris pertama (Row1) akan *LOW* sehingga data baris yang dibaca adalah 0111, atau tombol yang ditekan tombol SW5 maka data pada baris ke 2 akan *LOW* sehingga data yang terbaca 1011, atau tombol SW9 yang ditekan sehingga data yang terbaca 1101, atau tombol SW13 yang ditekan maka data yang dibaca adalah 1110 dan atau tidak ada tombol pada kolom pertama yang di tekan maka data pembacaan baris akan 1111 (wijanarko, 2017).
- 4) Mengirimkan logika *Low* untuk kolom 4 (Col4) dan logika *HIGH* untuk kolom yang lain kemudian membaca data baris, misal tombol SW1 ditekan maka data baris pertama (Row1) akan *LOW* sehingga data baris yang dibaca adalah 0111, atau tombol yang ditekan tombol SW5 maka data pada baris ke 2 akan *LOW* sehingga data yang terbaca 1011, atau tombol SW9 yang ditekan sehingga data yang terbaca 1101, atau tombol SW13 yang ditekan maka data

yang dibaca adalah 1110 dan atau tidak ada tombol pada kolom pertama yang di tekan maka data pembacaan baris akan 1111 (wijanarko, 2017).

Kemudian data pembacaan baris ini diolah sebagai pembacaan data penekanan tombol *keypad*. Sehingga tiap tombol pada matrix *keypad* 4×4 dengan teknik *scanning* tersebut akan menghasilkan data penekanan tiap-tiap tombol sebagai berikut (wijanarko, 2017):

|                |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| SW1= 0111 0111 | SW2=1011 0111  | SW3=1101 0111  | SW4=1110 0111  |
| SW5= 0111 1011 | SW6=1011 1011  | SW7=1101 1011  | SW8=1110 1011  |
| SW9= 0111 1101 | SW10=1011 1101 | SW11=1101 1101 | SW12=1110 1101 |
| SW13=0111 1110 | SW14=1011 1110 | SW15=1101 1110 | SW16=1110 1110 |

## **BAB V PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian analisis data serta pembahasan terhadap alat *spin coating* berbasis arduino uno maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan.

#### 1. Spesifikasi performansi alat *spin coating*

Spesifikasi ini terdiri dari rangkaian *power supply*, rangkaian motor *brushless*, rangkaian LCD, dan *keypad* yang masing-masing terhubung ke arduino. Rangkaian *power supply* berfungsi sebagai catu daya bagi motor *brushless*, rangkaian motor *brushless* berfungsi untuk memutar piringan substrat, serta rangkaian *keypad* dan LCD berfungsi sebagai *input* dan *display* kecepatan motor dan *timer*.

#### 2. Spesifikasi desain alat *spin coating*

Hasil spesifikasi desain alat *spin coating* ini sebagai berikut :

pada alat *spin coating* ini untuk persentase ketepatan dan ketelitian dari alat *spin coating* adalah 99,99 % dan 100 %. Untuk *timer* dari alat *spin coating* bekerja dengan baik karna hasil pengukuran sama dengan *stopwatch*, dan vakum bekerja dengan baik untuk substrat ukuran 1x1 cm<sup>2</sup>.

### **B. Saran**

Berdasarkan pembahsan yang telah dipaparkan, maka sebagai saran dalam tindak lanjut pengembangan penelitian tentang sistem ini adalah :

1. Dalam pembuatan alat *spin coating* ini masih terdapat keterbatasan dalam pengontrolan kecepatan motor yang dapat diinput hanya pada nilai tertentu saja, hal ini disebabkan oleh pemrograman untuk mengontrol motor *brushless* yang cukup rumit. Oleh sebab itu, diperlukan pemrograman yang lebih mendalam terhadap motor *brushless*.
2. Dalam pembuatan ini perbandingan *pulley* motor dengan *pulley* piringan substrat adalah 1:2, sehingga kecepatan putar piringan substrat adalah setelah dari kecepatan putar motor *brushless*. Untuk itu diperlukan pengukuran yang lebih teliti untuk desain *pulley* motor dan piringan substrat.
3. Dalam pembuatan alat *spin coating* belum dilengkapi dengan sensor untuk mengukur kecepatan motor *brushless*.
4. Substrat yang dapat digunakan hanya ukuran  $1 \times 1 \text{ cm}^2$ .
5. Piringan alat *spin coating* tidak dilengkapi dengan *socket* yang berfungsi agar substrat berada pada posisi yang tepat saat diletakkan diatas piringan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrad, La. 2016. *Rancang Bangun Spin Coater Untuk Penumbuhan Material Lapisan Tipis* [Skripsi]. Kendari : Pogram Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo
- Gunawan, Wijono Sigit, dan Utama Hadian Satria. 2013. *Alat Pencatat Notasi Langkah dan Waktu Berjalan pada Pertandingan Catur dengan Tampilan Secara Wireless*. Jurusan Teknik elektro: Universitas Tarumanegara
- Janner, simarmata. 2010. *Rekayasa Perangkat Lunak*. Yogyakarta: ANDI OFFSET
- Kirkup, L. 1994. *Experimental Method An Introduction to The Analysis and Presentation of Data*. John Willey & Sons: Singapore
- Labranie A. *Rancang Bangun Spin Coater Terkendali Kecepatan Putar dan Waktu Berbasis Microcontroller* [Skripsi]. Depok (ID): Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam S1 Ekstensi Fisika, Instrumentasi Elektronika Departemen Fisika, Universitas Indonesia (2011)
- Luurtsema, G.A. 1997. *Spin Coating for Rectangular Substrates* (Thesis). University of California. Barkeley. hal. 4-7.
- Muhlis, dkk. 2013. *Studi Penumbuhan Lapisan Tipis PZT dengan Metode Spin Coating*. Malang : Universitas Brawijaya.
- N. Andi rosman. 2017. *Perancangan Power Supply 4.5 dan 11.5 Volt Menggunakan Rangkaian Regulator Zener Follower*. Jurnal Scientific Pinisi, Volume 3, Nomor 1
- Putra, Septia Zul, dkk. 2014. *Rancang Bangun Spin Coater Berbasis Mikrocontroller*. Depok (ID): Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam S1 Ekstensi Fisika, Instrumentasi Elektronika Departemen Fisika, Universitas Indonesia
- Rustami, S. 2008. *Sistem Kontrol Kecepatan Putar Spin Coating Berbasis Mikrokontroler ATmega8535*. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Sariroh A, Asnawi. 2018. *Pengaruh kecepatan dan waktu putar spin coating terhadap ketebalan lapisan tipis material berbasis polimer PMMA (Polymethyl methacrylate)*. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI), Volume 07, Nomor 01
- Scriven, L. E. *Physics And Applications Of Dip Coating And Spin Coating*. University of Minnesota, 421 Washington Ave. S.E., Minneapolis, MN 55455

Sujanarko, Bambang. *Desain Kontrol PWM Pengatur Kecepatan Motor BLDC Untuk Mobil Listrik*. Jurnal Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan (2013)

- Sulistiyawan, Yudhi. 2011. *Kendali Kelembaban Otomatis Dengan Sensor Kelembaban SHT11 Berbasis Mikrokontroler Atmega8535*. Semarang: UNNES [skripsi]
- Wijanarko, B. 2017. *Alat Penyangri Kacang Otomatis Untuk Bahan Sambel Pecel Ponorogo Berbasis Mikrokontroler Atmega16*. Ponorogo: Universitas Muhammadiyah Ponorogo [Skripsi]
- Windarto Dan Haekal Muhammad. 2012. *Aplikasi Pengatur Lampu Lalu Lintas Berbasis Arduino Mega 2560 Menggunakan Light Dependent Resistor (LDR) Dan Laser*. Universitas Budi Luhur. Jakarta Selatan
- Sumber, [http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/528/jbptunikompp-gdl-andriyanan-26373-4-unikom\\_a-i.pdf](http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/528/jbptunikompp-gdl-andriyanan-26373-4-unikom_a-i.pdf)