

**DESAIN DAN REALISASI ALAT KONTROL *VACUUM PUMP*
BERBASIS NODEMCU UNTUK APLIKASI *SPIN COATING*
MENGUNAKAN SENSOR HX710B**

(Skripsi)

Oleh

**RAZKA WILDAN
NPM 1957041009**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**DESAIN DAN REALISASI ALAT KONTROL *VACUUM PUMP*
BERBASIS NODEMCU UNTUK APLIKASI *SPIN COATING*
MENGUNAKAN SENSOR HX710B**

Oleh

RAZKA WILDAN

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

DESAIN DAN REALISASI ALAT KONTROL *VACUUM PUMP* BERBASIS NODEMCU UNTUK APLIKASI *SPIN COATING* MENGUNAKAN SENSOR HX710B

Oleh

RAZKA WILDAN

Desain alat kontrol *vacuum pump* berbasis NodeMCU ESP32 telah berhasil direalisasikan. Penelitian bertujuan untuk membuat rancangan alat kontrol *vacuum pump* yang dimanfaatkan dalam proses penumbuhan lapisan tipis menggunakan metode *spin coating*. Penggunaan metode *spin coating* manual memiliki nilai *error* yang tinggi. Oleh karena itu, alat *spin coating* dalam penelitian ini dibuat untuk menghasilkan tekanan dengan akurasi tinggi. Instrumen kendali yang digunakan pada alat menggunakan sensor HX710B yang diatur oleh sistem berupa *keypad* dan *liquid crystal display* (LCD) dan dikendalikan oleh NodeMCU ESP32. Pengambilan data dilakukan dengan variasi tekanan 10 – 40 kPa. Dari penelitian ini didapatkan nilai rata-rata akurasi 91,92% dan *error* 8,2%. Rata-rata nilai akurasi waktu 96,6% dan *error* 3,31%. Dari hasil yang didapatkan, alat yang dibuat masih memerlukan pengujian untuk mengetahui kualitas lapisan tipis yang terbentuk.

Kata kunci: HX710B, Lapisan Tipis, *Spin Coating*, *Vacuum Pump*

ABSTRACT

DESIGN AND REALIZATION OF VACUUM PUMP BASED ON NODEMCU FOR SPIN COATING USED SENSOR HX710B

By

RAZKA WILDAN

The design of a NodeMCU ESP32-based vacuum pump control device has been successfully realized. This research aims to create a vacuum pump control system for the process of growing thin layers using the spin coating method. Using the manual spin coating method has a high error rate. Therefore, the spin coating device in this research was designed to achieve highly accurate rotation. The control instrument utilized in the device HX710B regulated by an input system consisting of a keypad and a liquid crystal display (LCD) and controlled by the NodeMCU ESP32. Data collection was conducted with pressure variations ranging from 10-40 kPa. The research results showed an average rotation accuracy of 91,92% and error 8,2%. The average time accuracy was 96,6% and error 3,31%. Despite these promising results, further testing is required to determine the quality of the thin layers formed.

Keywords : HX710B, Spin Coating, Thin Film, Vacuum Pump

Judul Skripsi : Desain dan Realisasi Alat Kontrol *Vacuum Pump*
Berbasis NodeMCU Untuk Aplikasi *Spin Coating*
Menggunakan Sensor HX710B

Nama Mahasiswa : **Razka Wildan**

NPM : 1957041009

Program Studi : Fisika

Bidang Keahlian : Instrumentasi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.
NIP. 198206182008121001

Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.
NIP. 199011252019032018

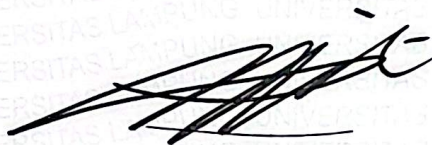
2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.
NIP. 199011252019032018

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

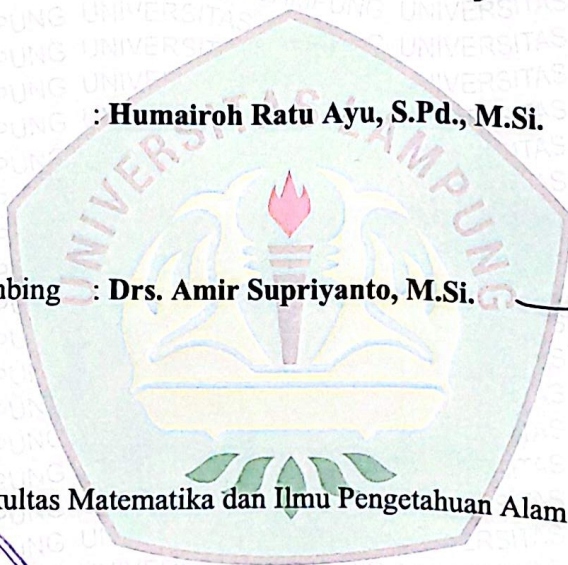
Ketua : Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.



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



Penguji
Bukan Pembimbing : Drs. Amir Supriyanto, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 04 Maret 2026

PERNYATAAN

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

Apabila terdapat pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 4 Maret 2026



Razka Wildan
NPM. 1957041009

RIWAYAT HIDUP



Penulis skripsi ini bernama Razka Wildan, lahir di Kota Serang pada tanggal 06 Februari 2001. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Hudri dan Ibu Sri Nuranggraeni. Penulis menyelesaikan Pendidikan di SD Negeri Serang 10 tahun 2013, MTS Nurul Islam Kota Serang tahun 2016, dan MAN 1 Kota Serang tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA

Universitas Lampung melalui Jalur MANDIRI pada tahun 2019.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung Organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota Sosial dan Kemasyarakatan 2019-2020 dan sebagai Ketua Sosial dan Kemasyarakatan tahun 2021. Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (P3TEK KEBTKE), Tangerang Selatan. Penulis telah menyelesaikan laporan PKL dengan judul “**Pra Studi Kelayakan Pembangunan PLTS Apung di Waduk Jatiluhur Menggunakan Software PVSYST**”. Penulisan melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung pada tahun 2022 di Desa Sidomulyo, Kec. Sumberejo, Tanggamus. Penulis telah menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan Judul “**Desain dan Realisasi Alat Kontrol *Vacuum Pump* Berbasis NodeMCU Untuk Aplikasi *Spin Coating* Menggunakan Sensor HX710B**”.

MOTTO

“Go, fight, and win! Don’t stop until you proud.”

“Jangan membandingkan dirimu dengan siapapun di dunia ini. Karena ketika kamu membandingkannya, kamu sedang menghina dirimu sendiri”

(Bill Gates)

“Semua mimpi kita dapat terwujud jika kita berani untuk mewujudkannya”

(Walt Disney)

“Yakinkan dengan Iman, Usahakan dengan Ilmu, Sampaikan dengan Amal”

PERSEMBAHAN

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

Bapak Hudri dan Ibu Sri Nuranggraeni

Yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materill serta doa yang tiada henti.

Razki Wildan dan Fina Najma Amalia

Yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, senyum, dan doanya untuk keberhasilan ini.

Bapak/Ibu Dosen Fisika FMIPA Unila

Terima kasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan.

Serta Almamater Hijau 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 Alat Kontrol *Vacuum Pump* Berbasis NodeMCU ESP32 Pada Aplikasi *Spin Coating* Menggunakan Sensor HX710B”. 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, 28 Maret 2026

Penulis

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas karunia yang telah dilimpahkan oleh Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Desain dan Realisasi Alat Kontrol *Vacuum Pump* Berbasis NodeMCU Untuk Aplikasi *Spin Coating* Menggunakan Sensor HX710B”. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan nasihatnya 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 Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan koreksi sehingga penulisan skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
4. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. 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 Hudri dan Ibu Sri Nuranggraeni yang selalu memberi dukungan moril maupun materi serta doa yang tiada henti untuk kesuksesan penulis, karena tiada kata indah lantunan doa dan tiada doa yang paling khusyuk selain doa yang terucap dari orang tua.

8. Kembaranku Razki Wildan dan Kakaku Fina Najma Amalia yang selalu memberikan motivasi dan dorongan kepada penulis, semoga kita semua menjadi anak yang membanggakan kedua orang tua.
9. Teman-teman Fisika 2019 yang telah memberikan pengalaman yang sangat luar biasa.
10. Serta berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 Lapisan Tipis	5
2.3 <i>Spin Coating</i>	6

2.5 NodeMCU ESP32	9
3.5 Sensor HX710B.	11
2.6 <i>Relay</i>	12
2.7 <i>Pressure Gauge</i>	14
2.8 <i>Vacuum Pump</i>	15
2.9 <i>Power Supply</i>	16
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.2.1 Alat.....	17
3.2.2 Bahan	18
3.3 Prosedur Penelitian	18
3.4 Desain Alat Penelitian.....	19
3.5 Perancangan Alat Penelitian	21
3.6 Pengujian dan Pengambilan Data Penelitian	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Realisasi Alat Kontrol <i>Vacuum Pump</i>	24
4.2 Sistem <i>Vacuum</i> Alat Penelitian.....	27
4.2.1 Realisasi Sistem <i>Output</i> Alat	28
4.2.2 Program Deklarasi Variabel.....	29
4.2.3 Program Kalibrasi Sensor	30
4.2.4 Program Deklarasi <i>State</i>	30
4.2.5 Program <i>State Input/Output</i>	31
4.2.6 Program <i>Relay</i>	32
4.2.7 Program Membaca Nilai Sensor dan Memperbaharui	33
4.2.8 Program <i>Handle State Machine</i>	34
4.2.9 Program <i>State Setting</i>	35
4.2.10 Program <i>State Vacuum Running</i>	36
4.2.11 Program <i>Stepper Running</i>	37
4.2.12 Program <i>State Complete</i>	37
4.3 Pengambilan Data Uji Alat Penelitian	38
4.3.1 Uji Tekanan Alat.....	38
4.3.2 Pengambilan Data Uji Waktu	40
V. SIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Simpulan	43
5.2 Saran	43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Lapisan Tipis	6
2.2 Prinsip Pelapisan Pada <i>Spin Coating</i>	7
2.3 Metode <i>Spin Coating</i>	8
2.4 NodeMCU ESP32	9
2.5 NodeMCU ESP 32 DEVKIT V1	10
2.6 Skematik Sensor Tekanan HX710B.....	11
2.7 Grafik Perbandingan V_{out} Dengan Tekanan.....	12
2.8 Sensor HX710B	12
2.9 Simbol <i>Relay</i>	13
2.10 <i>Pressure Gauge</i>	15
2.11 <i>Vacuum Pump</i>	15
2.12 <i>Port Power Supply 24 volt</i>	16
3.1 Diagram Alir Penelitian	19
3.2 Desain Alat Penelitian.....	20
3.3 Badan Alat Penelitian.....	20
3.4 Sisi Atas Alat Penelitian.....	21
3.5 Skematik Rangkaian Alat Penelitian.....	21
3.6 Diagram Blok Perancangan Sistem.....	22
4.1 Realisasi Alat Kontrol <i>Vacuum Pump</i>	24
4.2 Bagian Atas Alat (a) Bagian Luar (b) Bagian Atas Samping	25
4.3 Realisasi Alat Kontrol <i>Vacuum Pump</i> Tampak Dalam.....	26
4.4 Bagian Depan Alat Kontrol <i>Vacuum Pump</i>	28
4.5 Program Deklarasi Variabel.....	29
4.6 Program Kalibrasi Sensor	30
4.7 Program Deklarasi <i>State</i>	30
4.8 Program Setting <i>Input/Output</i>	31
4.9 Program <i>Relay</i>	32
4.10 Program Membaca Nilai Sensor dan Memperbarui Nilai Sensor	33
4.11 Program <i>Handle State Machine</i>	34
4.12 Program <i>State Setting</i>	35

4.13 Program <i>State Vacuum Running</i>	36
4.14 Program <i>State Stepper Running</i>	37
4.15 Program <i>State Complete</i>	38
4.16 Grafik Perbandingan Tekanan Alat Penelitian.....	39
4.17 Grafik Perbandingan Waktu Alat Penelitian.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	17
3.2 Alat Penelitian.....	18
3.3 Bahan Penelitian.....	18
3.4 Tabel Data Uji Tekanan Alat	23
3.5 Hasil Perhitungan Data Uji Tekanan Alat.....	23
4.1 Data Uji Tekanan Alat Penelitian	38
4.2 Hasil Perhitungan Data Uji Tekanan Alat Penelitian.....	40
4.3 Data Uji Waktu	40
4.4 Hasil Perhitungan Data Uji Waktu.....	42

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi alat instrumentasi merupakan salah satu pendukung dari pada keberhasilan suatu pekerjaan di laboratorium (Andriani, 2016). Penggunaan alat laboratorium dalam proses pembelajaran dapat mempermudah peserta didik dan tenaga pendidik untuk memahami konsep sains (Arsyad, 2011). Sebagai salah satu faktor penting, kualitas dari alat laboratorium tentunya harus diperhatikan. Sebagian besar alat laboratorium terbuat dari bahan yang rentan korosi maupun rusak akibat gesekan. Untuk mengurangi karat dan degradasi komponen mesin, meningkatkan daya tahan serta meningkatkan efisiensi energi, dapat digunakan *thin film* atau lapisan tipis (Mukhsinin dkk., 2019).

Lapisan tipis adalah suatu lapisan yang melapisi suatu *substrate* dengan ketebalan tidak lebih dari 10 μm dan terbuat dari bahan organik, non-organik, logam maupun campuran metal organik dan memiliki sifat-sifat konduktor, semikonduktor maupun isolator (Amanati dan Sutanto, 2014). Selain itu lapisan tipis memiliki dimensi rendah yang terbentuk melalui proses kondensasi ion/molekul/atom suatu materi (Sutanto dan Wibowo, 2015). Ciri-ciri lapisan tipis yaitu memiliki permukaan seragam yang melapisi permukaan *substrate* secara merata dengan cacat yang minim, memiliki suhu permukaan yang stabil, memiliki ketelitian yang tinggi, memiliki daya rekat antar molekul yang kuat, dan mempunyai struktur kristal (Sari, 2013). Untuk menghasilkan kualitas lapisan tipis yang baik, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan yaitu dengan metode logam uap organik, kimia basah, *chemical vapor deposition*, pelapisan laser, *sputtering*, *screen coating*, *dip coating*, *spray coating* dan *spin coating* (Fitria dan Yohandri, 2019). Diantara banyaknya metode pelapisan menggunakan material, metode *spin coating* merupakan

an metode yang paling mudah, aman, sederhana, serta paling sering digunakan (Hidayat dkk., 2014).

Spin coating merupakan teknik khusus yang menggunakan deposit cairan dalam jumlah yang kecil yang kemudian diputar pada kecepatan tinggi dalam suatu bidang datar. Gaya sentrifugal akan menyebabkan cairan tersebut melebar menjauhi pusat sumbu putaran yang akhirnya akan terbentuk lapisan tipis yang mengikuti bentuk permukaan bidang putar. Ketebalan lapisan dan sifat-sifat lainnya bergantung pada sifat alami cairan yang meliputi viskositas, daya evaporasi, persentase larutan, tegangan permukaan, dan sifat-sifat lainnya. Selain itu, juga dipengaruhi oleh parameter-parameter yang dipilih dalam proses *spin* yang meliputi kecepatan akhir putaran, percepatan, dan juga proses penguapan cairan menentukan karakteristik dari lapisan yang dihasilkan (Hudha dkk., 2013). Teknik *spin coating* memiliki lebih banyak kelebihan dibanding dengan teknik lain yang sudah ada. Teknik *spin coating* ini menggabungkan teknik fisika dan kimia, sangat mudah dan efektif dengan hanya mengatur parameter waktu, kecepatan putar serta viskositas larutan melalui pengukuran temperatur pemanasan. Lapisan tipis yang dihasilkan bersifat homogen karena larutan yang ditetaskan di atas *substrate* diputar dengan kecepatan tertentu dan adanya pengaruh gaya sentrifugal yang arahnya menjauhi pusat putaran. Penumbuhan lapisan tipis ini dapat dilakukan menggunakan beberapa metode *vacuum* dan metode non *vacuum* (Mukhsinin dkk., 2019).

Vacuum pump adalah suatu kondisi tanpa udara dan alat untuk mengeluarkan sebuah molekul gas dari sebuah ruangan tertutup ke area luar guna mencapai suatu tekanan *vacuum* tertentu dibawah tekanan atmosfer (Cunningham, 1995). Pengurangan tekanan ini dicapai dengan cara memindahkan molekul gas menggunakan cara mekanis atau dengan mengembunkannya ke tekanan yang lebih rendah (Dey, 2023). Dalam penumbuhan lapisan tipis, kondisi *vacuum* diperlukan untuk meningkatkan kualitas lapisan tipis yang terbentuk. Lapisan tipis yang tumbuh pada ruangan terbuka memiliki hasil yang kurang bagus. Hal ini karena pada ruangan terbuka terdapat banyak molekul-molekul gas sembarang. Molekul-molekul gas tersebut dapat mempengaruhi kualitas lapisan tipis dan menyebabkan lapisan yang terbentuk tidak seragam (Wiliastuti, 2006).

Berdasarkan pemaparan di atas, maka dipandang perlu untuk merancang dan membuat suatu rangkaian *vacuum pump* pada aplikasi *spin coating*. Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah NodeMCU ESP32 yang berfungsi sebagai komponen pengontrolannya. NodeMCU ESP32 dalam pengontrolannya akan diprogram menggunakan *software* Arduino IDE. *Output* dari alat yang akan dirancang menggunakan LCD 20x4. Sistem *vacuum* alat menggunakan *vacuum pump*, sensor HX710B, dan *relay*. *Relay* digunakan sebagai pengontrol pompa *vacuum*. Alat yang dibuat akan dikalibrasi dan diuji menggunakan Barometer. Data yang didapatkan dari hasil pengujian akan dianalisis persentase *error* dan akurasi menggunakan metode grafik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang alat kontrol *vacuum pump* pada aplikasi *spin coating*?
2. Bagaimana menguji dan mengetahui nilai akurasi dan *error* sensor HX710B pada aplikasi *spin coating*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Membuat rancangan alat kontrol *vacuum pump* pada aplikasi *spin coating*.
2. Menguji dan mengetahui nilai akurasi dan *error* dari tekanan dan waktu pada aplikasi *spin coating*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini sebagai berikut.

1. Terealisasikannya alat kontrol *vacuum pump* pada aplikasi *spin coating*.
2. Didapatkannya nilai akurasi sensor HX710B pada aplikasi *spin coating*.
3. Sebagai referensi untuk pengembangan alat *spin coating* kedepannya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Penelitian ini menitikberatkan pada uji tekanan udara pada alat.
2. Pengontrolan alat menggunakan NodeMCU ESP32.
3. Sistem tekanan udara memanfaatkan sensor HX710B, *relay*, dan *vacuum pump* sebagai komponen utamanya.
4. Nilai tekanan udara dipengaruhi dari lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

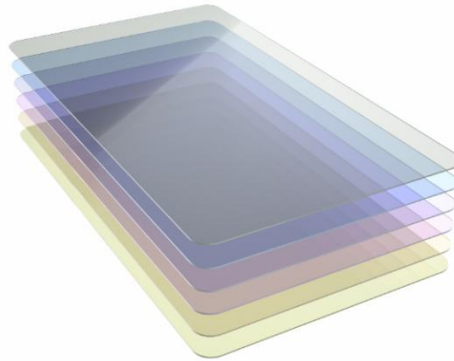
2.1 Penelitian Terkait

Wiliastuti (2006) melakukan penelitian yang berjudul “Study Penumbuhan Membran *Polyvinyl Alcohol* (PVA) Dengan Variasi Konsentrasi PVA Menggunakan Metode *Spin Coating* Di Atas Lapisan Elektroda Platinum”. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan lapisan tipis yang baik sebagai elektroda. Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah *Polyvinyl Alcohol* (PVA). Pada penelitian ini divariasikan perbandingan massa PVA dengan air. Prosesnya memanfaatkan metode *vacuum evaporator* pada *spin coating*. Pada proses *vacuum*, tekanan *vacuum* dikaitkan dengan lamanya pengoperasian pompa *vacuum*. Dari penelitian tersebut, didapatkan hasil bahwa pompa mekanik mampu memvakumkan sampai orde 10^{-5} torr dalam waktu 2 jam menggunakan nitrogen cair. Penelitian ini menyebutkan bahwa pembuatan lapisan tipis yang dilakukan pada ruangan terbuka memiliki pertumbuhan yang kurang bagus sebab terdapat banyak molekul gas sisa di dalamnya. Gas-gas ini mempengaruhi kualitas lapisan tipis yang terbentuk. Hal ini menyebabkan lapisan yang terbentuk tidak seragam. Untuk mengurangi molekul-molekul yang mempengaruhinya, maka pembuatan perlu dilakukan pada suatu ruang *vacuum*.

2.2 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 (Liu and Yu, 2011). Lapisan tipis biasa dibuat dengan mendeposisikan suatu senyawa di atas suatu media yang disebut *substrate* (Abegunde *et al.*, 2019). *Thin film* merupakan

material dengan ketebalan tidak lebih dari 10 μm yang melapisi suatu *substrate*. Pembuatan lapisan tipis semikonduktor pada suatu *substrate* merupakan inovasi untuk mendapatkan semikonduktor fotokatalis yang mudah ditangani dalam aplikasi fotokatalis (Amanati dan Sutanto, 2014). Bentuk lapisan tipis dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Lapisan Tipis (Smith, 2019).

Lapisan tipis dibentuk pada permukaan *substrate* dengan cara membasahi permukaan tersebut dengan cairan yang mengandung bahan terhidrolisis atau sol. Bila pelarut menguap maka lapisan tipis akan tertinggal pada *substrate* dan mengalami reaksi kondensasi yang berupa gel. Lapisan logam oksida yang diinginkan dapat diperoleh dengan mengkalsinasi lapisan tipis tersebut. 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 *substrate* yang berbentuk keping, sehingga sifat bahan awalnya akan sama dengan hasil deposisi lapisan tipis yang terbentuk (Lestari, 2016).

2.3 *Spin Coating*

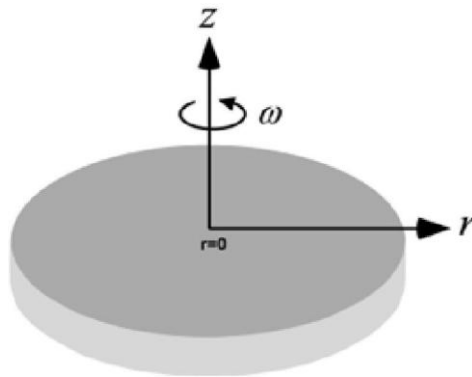
Spin coating adalah sebuah prosedur yang digunakan untuk teknik pelapisan material. Teknik ini biasa digunakan dalam industri *microfabrication*. *Spin coating* dapat diartikan sebagai pembentukan lapisan melalui proses pemutaran (*spin*). Secara lebih spesifik tingkat kecepatan putar yang tinggi menentukan ketebalan lapisan yang terbentuk. Bahan yang akan dibentuk lapisan dibuat dalam

bentuk larutan kemudian diteteskan diatas suatu *substrate* yang disimpan di atas piringan yang dapat berputar karena adanya gaya sentrifugal ketika piringan berputar, maka bahan tersebut dapat tertarik ke pinggir *substrate* dan tersebar merata. Besarnya gaya sebar ini akan ditentukan oleh laju rotasi dari putaran piringan dengan **Persamaan (2.1)** dan **Persamaan (2.2)**.

$$F = m \frac{v^2}{r} \quad (2.1)$$

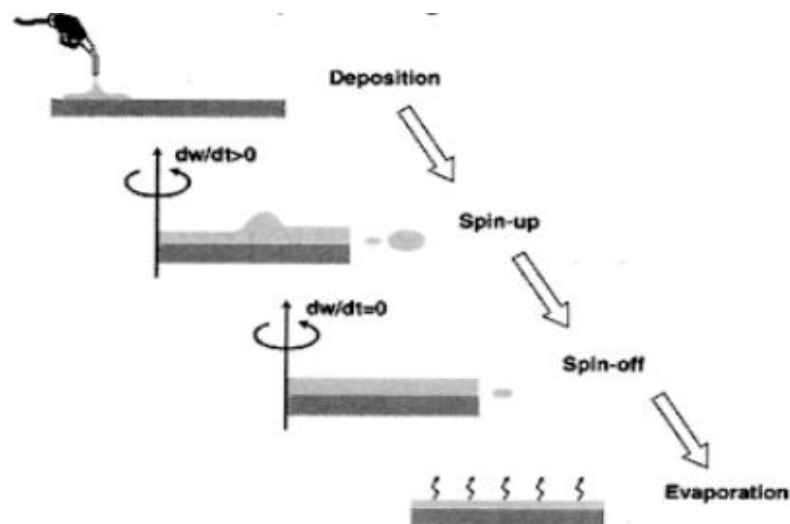
$$F = m\omega^2 r \quad (2.2)$$

dimana F adalah gaya sentrifugal, m adalah massa partikel, ω adalah laju *angular* piringan dan r adalah jarak diukur dari pusat piringan secara radial ke arah luar (Labanie, 2011). Prinsip pelapisan material pada *spin coating* dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Prinsip Pelapisan Pada *Spin Coating* (Labanie, 2011).

Proses *spin coating* dibagi menjadi empat yaitu tahap deposisi, *spin-up*, *spin-off*, dan evaporasi. Tahap pertama dimulai dari diteteskan atau dialirkannya cairan pelapis berupa gel di atas *substrate*. Kemudian pada tahap berikutnya *substrate* mulai diputar. Adanya gaya sentrifugal cairan menjadi tersebar secara radial keluar dari pusat putaran menuju tepi piringan. Pada tahap ini *substrate* mengalami percepatan. Pada tahap *spin-off* sebagian cairan yang berlebih akan menuju ke tepi *substrate* dan akhirnya terlepas dari *substrate* membentuk tetesan-tetesan. Semakin menipis lapisan yang terbentuk semakin berkurang tetesan-tetesan yang terbuang. Tahap terakhir yaitu evaporasi, merupakan mekanisme utama dari proses penipisan lapisan (Sahu *et al.*, 2009). Langkah-langkah metode *spin coating* ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Metode *Spin Coating* (Sahu *et al.*, 2009).

Metode *spin coating* adalah suatu cara yang sederhana dan efektif untuk membuat *thin film* dengan variasi ketebalan yang dikendalikan oleh parameter waktu dan kecepatan putaran. Penelitian yang telah dilakukan menemukan bahwa nilai ketebalan lapisan tipis mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kecepatan dan waktu putar *spin coating* (Atsaurry dkk., 2016). Ketebalan lapisan ini juga tergantung pada konsentrasi larutan pelapis yang digunakan. *Spin coating* secara luas digunakan dalam *microfabrication*, dimana dapat digunakan untuk membuat *thin film* dengan ketebalan dibawah 10 nm (Mukri dkk., 2015).

Teknik *spin coating* memiliki keuntungan dapat menghasilkan lapisan tipis dalam area yang cukup luas, adanya kemudahan dalam mengontrol tingkat doping, konsentrasi dan kehomogenan larutan, dan dalam prosesnya tidak menggunakan peralatan yang kompleks dan mahal (Suhandi, 2014). Metode pelapisan menggunakan *spin coating* merupakan metode yang paling mudah, aman, sederhana, serta paling sering digunakan karena jika dibandingkan dengan metode pelapisan *thin film* lainnya, teknik *spin coating* dapat memberikan homogenitas yang lebih baik dan ketebalan dapat diatur. Hal ini sulit didapatkan ketika menggunakan metode pelapisan sederhana lainnya, seperti metode *spray coating* maupun *screen printing* (Hidayat dkk., 2014).

2.4 NodeMCU ESP32

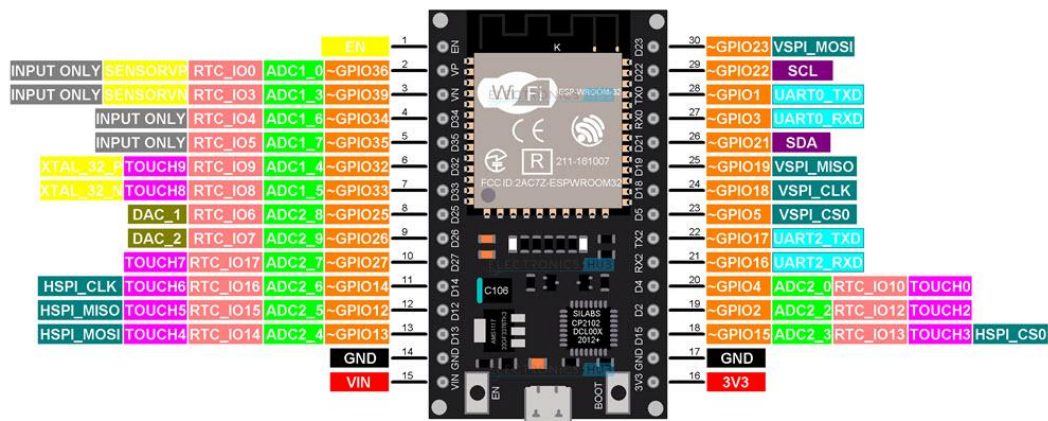
Mikrokontroler memiliki jenis yang beragam salah satunya NodeMCU. NodeMCU merupakan sebuah *platform module Internet of Things (IoT)* yang bersifat *opensource* (Efendi dan Chandra, 2019). NodeMCU merupakan perkembangan dari perangkat keras Arduino. Perangkat keras NodeMCU memiliki modul *wifi* yang telah tertanam langsung pada papan sirkuitnya, sehingga dapat terkoneksi dengan *wifi* tanpa harus menambah perangkat tambahan modul *wifi* (Alamsyah dkk., 2015). Istilah NodeMCU secara *default* mengacu pada *firmware* yang digunakan daripada perangkat keras *development kit*. NodeMCU ESP32 adalah sebuah *board* elektronik yang berbasis *chip* ESP32 dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (*WiFi*). Alasan pemilihan NodeMCU ESP32 karena mudah untuk diprogram dan memiliki *General Pin Input/Output* (GPIO) yang memadai dan dapat mengakses jaringan internet untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi *WiFi* (Dewi dkk., 2019). Selain itu, NodeMCU ESP32 juga sudah dilengkapi dengan pin *analog to digital converter* (ADC) (Sumadikarta dan Isro'i, 2020). Bentuk mikrokontroler NodeMCU dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 NodeMCU ESP32.

Pada dasarnya NodeMCU merupakan pengembangan dari ESP32 dengan *firmware* e-Lua (Ashari dan Lidyawati, 2019). Selain dengan bahasa Lua, NodeMCU juga support dengan *software* Arduino IDE dengan melakukan sedikit perubahan pada *board manager* yaitu dengan mengunduh *board* khusus NodeMCU pada *board manager* Arduino IDE (Efendi dan Chandra, 2019). NodeMCU ESP32 adalah sistem berdaya rendah pada seri *chip* (SoC) dengan Wi-Fi dan kemampuan

bluetooth dua mode. ESP32 menggunakan mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6 *dual-core* atau *single-core* dengan *clock rate* hingga 240 MHz. ESP32 merupakan penerus dari ESP8266 yang cukup populer untuk aplikasi IoT. Pada ESP32 terdapat inti CPU serta *WiFi* yang lebih cepat, GPIO yang lebih banyak, dan mendukung *bluetooth low energy* (Sanaris dan Suharjo, 2020). Pin pada NodeMCU ESP32 dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 NodeMCU ESP 32 DEVKIT V1 (Pradana, 2019).

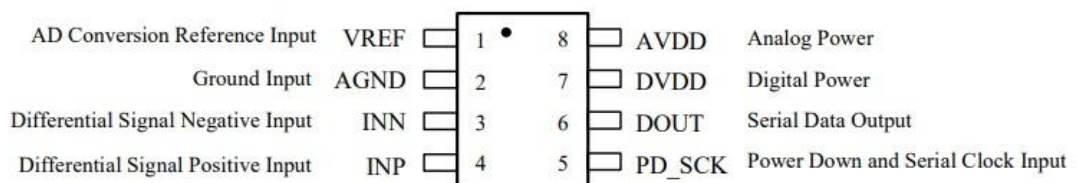
Berikut ini adalah spesifikasi NodeMCU ESP32 DEVKIT V1:

- Tegangan *input*: 3,3 – 5 V.
- Tegangan operasi: 3,3 V.
- Jumlah pin: 30 meliputi pin tegangan dan GPIO.
- 15 pin ADC (*Analog to Digital Converter*).
- 3 UART *Interface*.
- 3 SPI *Interface*.
- 2 I2C *Interface*.
- 16 pin PWM (*Pulse Width Modulation*).
- 2 pin DAC (*Digital to Analog Converter*).
- Flash memory: 4MB.
- Clock speed: 240 MHz.
- Frekuensi: 2,4 Ghz – 22,5 GHz.

(Indrawan dkk, 2021).

2.5 Sensor HX710B

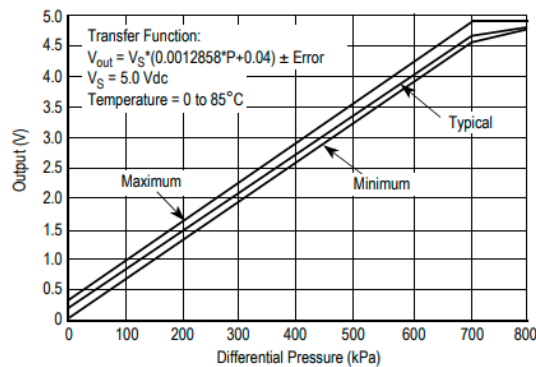
Sensor HX710B merupakan sensor tekanan dengan *output analog*. HX710B dapat mengukur tekanan udara, oli maupun cairan lain dengan batas tekanan maksimum sebesar 40 kPa. Sensor HB710B dapat mengukur tekanan dengan 2 macam mode pengukuran yaitu *low speed mode* dan *high speed mode*. Pada mode *low speed* digunakan untuk akurasi tinggi cocok untuk pengukuran yang stabil. Sedangkan mode *high speed* digunakan untuk respon cepat, tetapi dengan resolusi lebih rendah dan banyak noise. Jenis sensor tekanan pada HX710B adalah sensor tekanan *piezorestif*. Sensor HX710B adalah port tunggal, mutlak silikon sensor tekanan terintegrasi dalam paket SIP 6 pin yang merupakan sei *Maifold Absolute Pressure* (MAP) yaitu sensor tekanan yang dapat membaca tekanan udara dalam suatu *manifold*. Sensor HX710B dilengkapi oleh rangkaian pengkondisian sinyal dan temperatur kalibrator. Pengolahan bipolar di dalam transistor memberikan tingkat analog sinyal keluaran yang akurat dan tinggi sehingga sensor HX710B memiliki 2,5% kesalahan maksimum lebih dari 0 °C hingga 85 °C dan rentang tekanan berkisar 0 kPa ke 40 kPa. Skematik dari Sensor Tekanan HX710B dapat terlihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Skematik Sensor Tekanan HX710B.

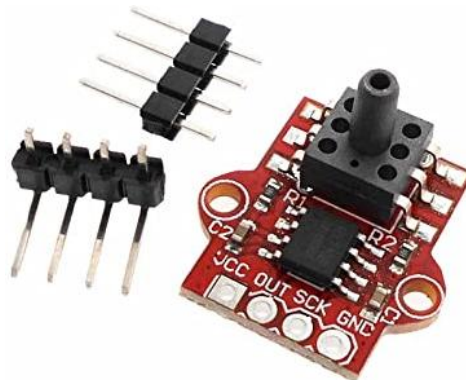
Konfigurasi pin sensor HX710B terdiri dari 8 pin, yaitu Pin 1 sebagai *VCC* dengan fungsi menyediakan tegangan ke modul. Pin 2 sebagai *ground* dengan fungsi utama sebagai ground sistem. Pin 3 sebagai data/*dout* dengan fungsi utama keluaran digital 24-bit dengan terhubung ke pin *input* digital mikrokontroler. PIN 4 sebagai SCK dengan fungsi memberi sinyal *clock* saat membaca data dan mengatur mode. Dari spesifikasi, sensor HX710B bekerja pada tegangan 2,6 - 5 volt. Tingkat sensitivitas dari sensor sebesar 1 mV/kPa dengan tegangan *output* dari 0 mV hingga maksimum 40 mV. Grafik perbandingan tegangan *output* dengan tekanan dalam satuan kPa

ditunjukkan oleh **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Grafik Perbandingan V_{out} Dengan Tekanan (Supriadi, 2013).

Sensor HX710B digunakan untuk mengetahui tekanan udara dalam sebuah benda baik itu didalam ban, botol, dan lainnya. Sensor ini bisa mengukur dengan rentang 0 hingga 40 kPa (2,18 sampai 5,081 psi), serta tegangan keluarannya berada di rentang 0,2 hingga 4,7 volt (Aritonang dkk., 2021). Bentuk dari sensor HX710B dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Sensor HX710B.

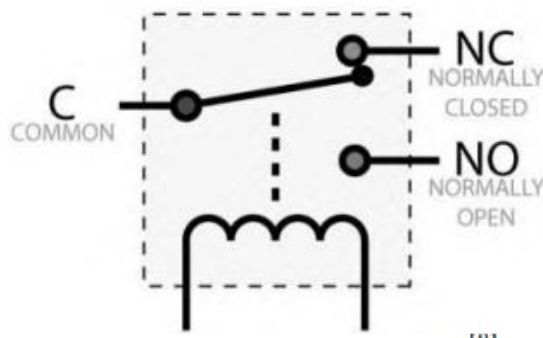
2.6 Relay

Relay adalah alat yang dioperasikan dengan listrik yang secara mekanis mengontrol perhubungan rangkaian listrik dengan kumparan diberi tegangan. *Relay* adalah bagian terpenting dari banyak sistem kontrol, bermanfaat untuk kontrol jarak jauh dan untuk pengontrolan alat tegangan dan arus tinggi dengan sinyal kontrol tegangan arus rendah. *Relay* menggunakan prinsip Elektromagnetik menggunakan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat

menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi (Sudaryana, 2015).

Kontak poin (*Contact Point*) relay terdiri dari 2 jenis yaitu:

- Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *close* (tertutup).
- Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *open* (terbuka).



Gambar 2.9 Simbol *Relay* (Yudha, 2010).

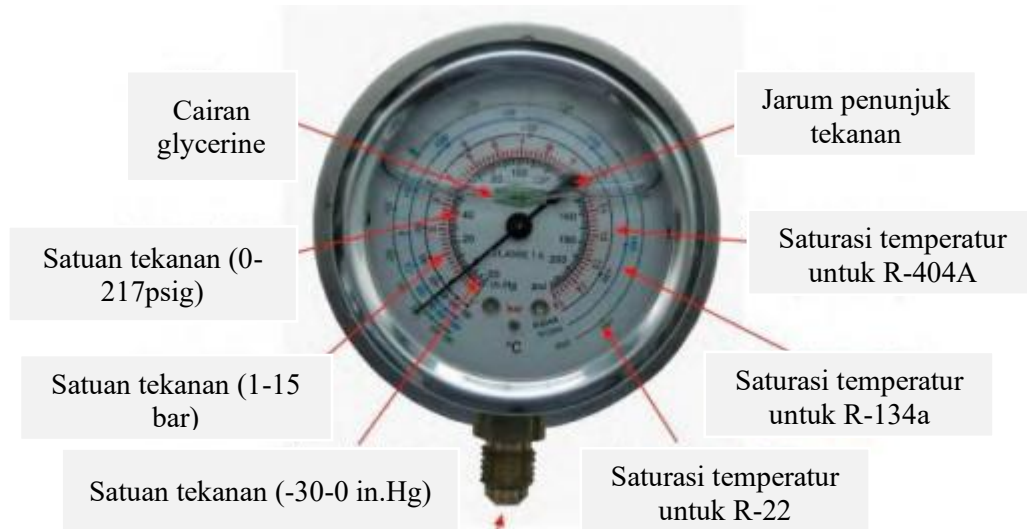
Berdasarkan **Gambar 2.9**, sebuah besi (*Iron Core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *coil* yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila kumparan *coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana *armature* tersebut berada pada posisi sebelumnya (NC) akan menjadi open atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *armature* akan kembali lagi ke posisi awal (NC) (Yudha, 2010).

Relay Delay Timer atau *relay* penunda batas waktu banyak digunakan dalam instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. Peralatan kontrol ini dapat dikombinasikan dengan peralatan kontrol lain, contohnya dengan MC (*Magnetic Contractor*), *Thermal overload relay* dan lain-lain. Fungsi dari peralatan kontrol ini adalah sebagai pengatur waktu hidup atau mati dari kontraktor atau untuk merubah sistem bintang ke segitiga dalam delay waktu tertentu. *Timer* dapat dibedakan dari cara kerjanya yaitu *timer* yang menggunakan induksi motor dan menggunakan rangkaian elektronik. *Timer* yang bekerja dengan prinsip induksi

motor dan menggunakan rangkain elektronik. *Timer* dengan bekerja dengan prinsip induksi motor akan bekerja bila motor mendapat tegangan AC sehingga memutar gigi mekanis dan menarik serta menutup kontak secara mekanis dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan *relay* yang menggunakan prinsip elektronik, terdiri dari rangkain R dan C yang dihubungkan seri atau paralel. Bila tegangan sinyal telah mengisi penuh kapasitor, maka *relay* akan terhubung. Lamanya waktu tunda diatur berdasarkan besarnya pengisian kapasitor. Bagian *input timer* biasanya dinyatakan sebagai kumparan (*coil*) dan bagian *outputnya* sebagai kontak NO atau NC. Kumparan pada *timer* akan bekerja selama mendapatkan arus. Apabila telah mencapai batas waktu yang diinginkan, maka secara otomatis *timer* akan mengunci dan membuat NO menjadi NC dan NC menjadi NO. Pada saat *timer* diberi tegangan, maka *timer* akan mulai menghitung. Ketika jumlah hitungan sama dengan *setting* pada *timer*, maka kontak keluaran *timer* akan bekerja/beroperasi. Kontak *timer* berupa NO dan NC (Apriandi, 2018).

2.7 Pressure Gauge

Pressure gauge berfungsi untuk membaca tekanan dengan pengamatan langsung. *Pressure gauge* adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau liquid) dalam tabung tertutup. Satuan dari alat ukur tekanan ini berupa psi (*pound per square inch*), psf (*pound per square foot*), mmHg (*millimeter of mercury*), inHg (*inch of mercury*), bar, atm (*atmosphere*). Cara kerja *pressure gauge* biasanya menggunakan elemen sensing, yaitu berupa *bourdon tube*. Bentuk dari *pressure gauge* seperti pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 *Pressure Gauge* (Pratiwi, 2016).

2.8 Vacuum Pump

Vacuum pump adalah suatu kondisi tanpa udara dan alat untuk mengeluarkan sebuah molekul gas dari sebuah ruangan tertutup ke area luar guna mencapai suatu tekanan *vacuum* tertentu dibawah tekanan atmosfer. Pompa *vacuum* banyak digunakan diberbagai industri misalnya perusahaan pelapisan tipis, pabrik lampu dan pabrik elektronik lainnya. *Vacuum pump* membuat komponen *vacuum* pada bagian kondenser, yaitu ketika turbin dan generator pada keseluruhan mesin tersebut sedang beroperasi. Uap yang bersifat bekas karena telah digunakan sebagai tenaga pemutar turbin akan bergerak dari sisi yang satu ke sisi lainnya. Bentuk dari *vacuum pump* dapat terlihat pada **Gambar 2.11**.

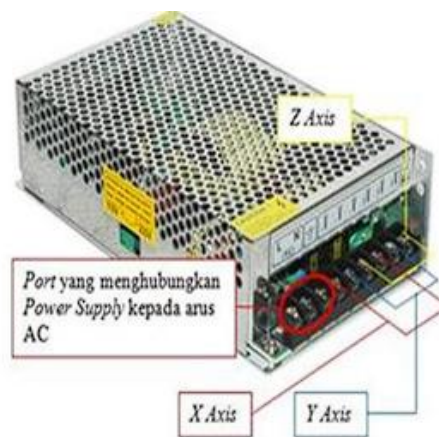


Gambar 2.11 *Vacuum Pump* (Salugiasih, 2023).

Prinsip kerja pompa *vacuum* terbagi menjadi dua jenis yaitu *dynamic pump* dan *positive displacement pump*. Prinsip *dynamic pump* ialah dengan meningkatkan besarnya tekanan menggunakan putaran dari *impeller* untuk meningkatkan laju kecepatan aliran. Sedangkan *positive displacement pump* meningkatkan besarnya tekanan dengan menggunakan volume cairan yang tetap pada ruangan yang terbatas (Cunningham, 1995).

2.9 Power Supply

Power Supply adalah perangkat yang berfungsi sebagai penyedia utama daya tegangan arus searah seperti untuk sumber daya *spindle*. Fungsi dasar dari *power supply* adalah merubah tegangan arus bolak balik menjadi arus searah. Daya yang dihasilkan oleh *power supply* ini dijaga konstan agar memberikan suplai yang optimal bagi *spindle*. Adapaun besarnya tegangan yang terdapat pada terminal *power supply* arus searah ini adalah 24 VDC *Ampere* (Jufrizalddy dan Ilyas, 2020). Berikut merupakan **Gambar 2.12** yang menunjukan *port* dari *power supply*.



Gambar 2.12 Port Power Supply 24 volt (Jufrizalddy dan Ilyas, 2020).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2025 sampai Januari 2026 dengan rentang waktu yang mencakup beberapa bulan untuk menjamin keakuratan dan kelengkapan proses penelitian. Kegiatan penelitian ini terdiri dari perancangan alat, persiapan alat dan bahan, pembuatan dan realisasi alat, pengujian alat, pengambilan data, dan analisis data dengan waktu seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Program Kerja	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1.	Perancangan alat						
2.	Persiapan alat dan bahan						
3.	Pembuatan dan realisasi						
4.	Pengujian alat						
5.	Pengambilan data						
6.	Analisis hasil						

Tahap pembuatan alat dan pengambilan data akan dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan oleh **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Alat Penelitian

No	Alat	Fungsi
1	Arduino IDE	Memprogram NodeMCU. Berfungsi sebagai <i>text editor</i> untuk mengedit, membuat, dan memvalidasi kode pemrograman pada NodeMCU
2	<i>Sketch Up</i>	Menggambar desain 3D kerangka <i>spin coating</i>
3	<i>Eagle</i>	Membuat skema rangkaian <i>spin coating</i>
4	<i>Personal Computer</i>	Mengolah dan menganalisis data
5	<i>Barometer</i>	Mengukur tekanan sensor
6	<i>Solder</i>	Untuk merakit dan membongkar rangkaian

3.2.2 Bahan

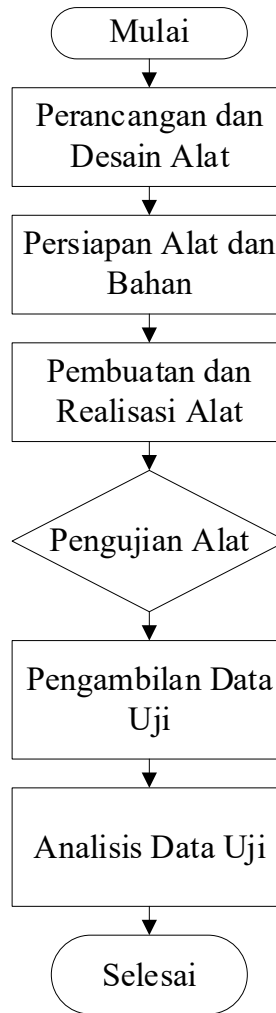
Bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Fungsi
1	NodeMCU ESP32 DEVKIT V1	Mengendalikan dan memproses data dari perangkat <i>input</i> lalu meneruskannya ke alat <i>output</i>
2	<i>Printed Circuit Board (PCB)</i>	Sebagai wadah untuk merangkai komponen-komponen elektronika
3	Kabel <i>Jumper</i>	Menghubungkan antar komponen
4	<i>Vacuum Pump</i>	Sebagai penyedot udara pada alat
5	HX710B	Mengukur tekanan udara pada alat
6	<i>Relay</i>	Sebagai penghubung dan pemutus aliran listrik

3.3 Prosedur Penelitian

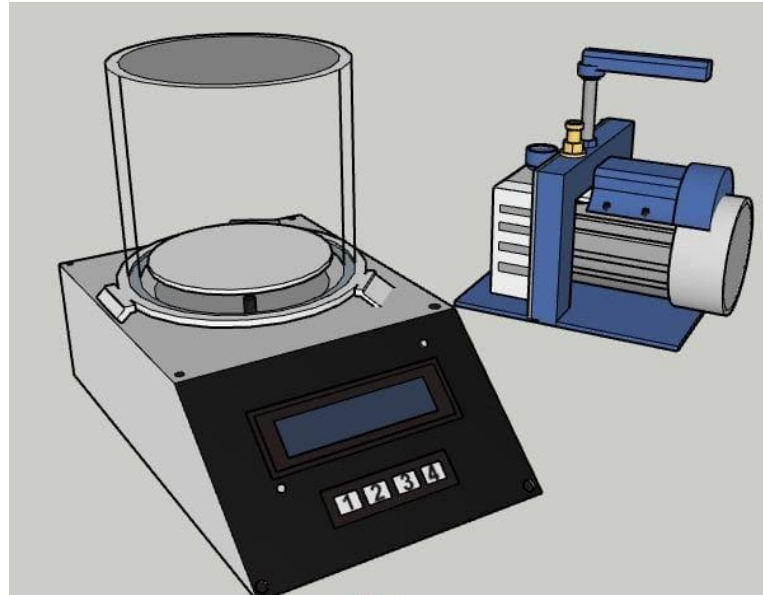
Penelitian ini dilakukan dengan 5 tahapan utama untuk memperoleh dan menganalisa data pengamatan yaitu merancang dan mendesain alat, pembuatan dan realisasi alat, pengujian alat, pengambilan data, serta analisa data pengamatan. Prosedur penelitian ini disajikan dalam **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.

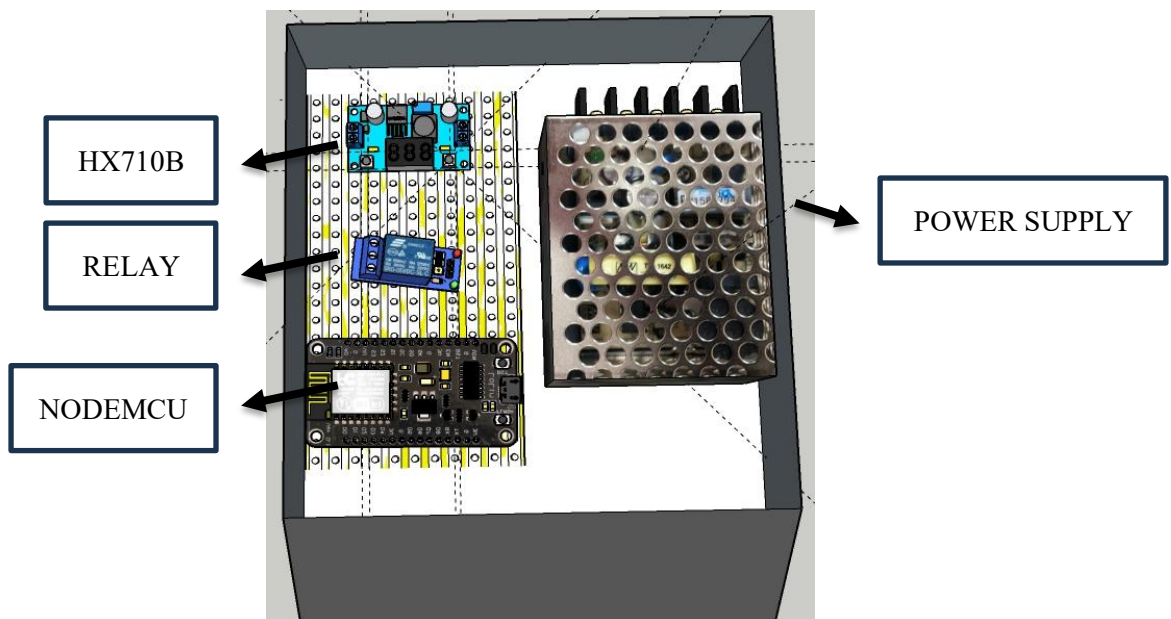
3.4 Desain Alat Penelitian

Rancang alat kontrol *vacuum pump* pada alat *spin coating*. Penggunaan sensor HX710B pada alat penelitian ini bertujuan untuk mengambil data tekanan alat sebagai masukan. NodeMCU ESP32 akan memproses data masukan dan meneruskannya ke komponen pendukung pada alat. Tekanan yang tidak sesuai akan menyebabkan relay mengirimkan sinyal dan *vacuum* menyala. Pembuatan desain alat dilakukan menggunakan *software sketch up*. Desain alat penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



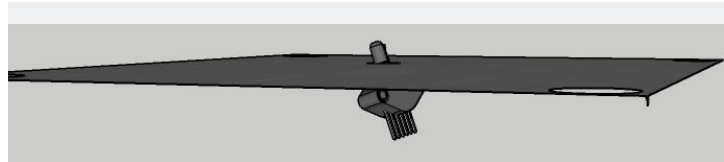
Gambar 3.2 Desain Alat Penelitian.

Rancangan alat yang akan dibuat memiliki dimensi panjang 21 cm, lebar 14,5 cm, serta tinggi 8 cm. Badan alat dan sisi atas alat penelitian akan dirancang terpisah yang nantinya akan disatukan dengan menggunakan baut mur. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses perombakan apabila terdapat kesalahan pada saat perancangan alat. Badan alat penelitian ditunjukkan oleh **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Badan Alat Penelitian.

Komponen yang digunakan seperti NodeMCU ESP32, *relay*, serta *power supply* dipasangkan pada bagian dalam alat penelitian. Pin pada NodeMCU akan disambungkan dengan komponen lain menggunakan *jumper*. Penggunaan *power supply* bertujuan untuk mengubah tegangan AC menjadi DC karena komponen yang digunakan akan bekerja pada arus searah.

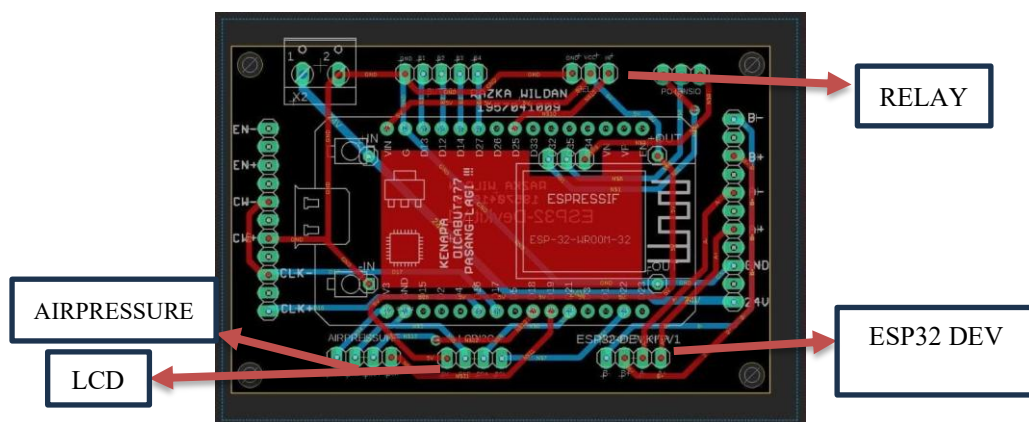


Gambar 3.4 Sisi Atas Alat Penelitian.

Penutup bagian atas alat penelitian ditunjukkan pada **Gambar 3.4**. Bagian ini memiliki bentuk persegi dengan lebar 14,5 cm. Sensor HX710B digunakan untuk mengontrol tekanan udara alat.

3.5 Perancangan Alat Penelitian

Perancangan sistem *vacuum spin coating* menggunakan NodeMCU ESP32, sensor HX710B, *relay*, *vacuum pump* serta *power supply*. Perancangan dan pengujian sistem dilakukan pada aplikasi Eagle sedangkan pembuatan program pada mikrokontroler akan dilakukan menggunakan *software* Arduino IDE. Desain rancangan sistem gerak ditunjukkan pada **Gambar 3.5**.

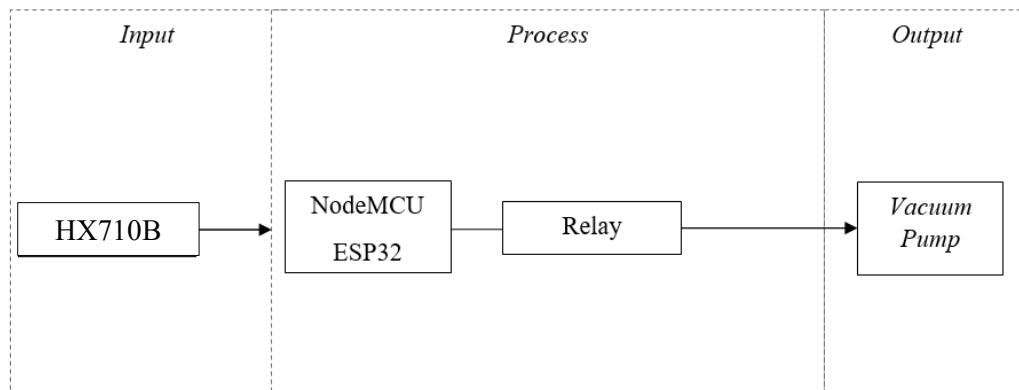


Gambar 3.5 Skematik Rangkaian Alat Penelitian.

NodeMCU ESP32 akan berfungsi sebagai pengontrol kerja dari sensor HX710B dan *relay*. Pin pada *relay* akan disambungkan dengan pin GPIO pada *board* NodeMCU

ESP32. *Relay* digunakan sebagai saklar yang akan memutus dan menyambungkan arus listrik dengan *vacuum pump*.

Tahap selanjutnya yaitu perancangan sistem pada alat kontrol *vacuum pump* yang dilengkapi dengan program pengendali NodeMCU ESP32 dan perangkat lunak Arduino IDE. Secara umum, rancangan sistem yang akan ditunjukkan pada diagram blok pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6. Diagram Blok Perancangan Sistem.

Sistem pengendali utama pada penelitian ini menggunakan *board* NodeMCU ESP32. Sistem pengendali ini digunakan untuk mengendalikan *relay*. Sistem akan bekerja ketika *input* tekanan dari sensor HX710B didapatkan. Mikrokontroler menerima dan mengolah nilai yang ada dan mengeluarkan sinyal yang dikirimkan ke rangkaian *relay*. Ketika tekanan tidak sesuai, *relay* akan menyambungkan arus listrik yang membuat *vacuum pump* bekerja. Tekanan pada alat akan dideteksi oleh sensor HX710B untuk selalu memastikan bahwa tekanan sesuai dan *vacuum pump* tetap bekerja.

3.6 Pengujian dan Pengambilan Data Penelitian

Proses pengambilan data dilakukan menggunakan barometer dilakukan sebanyak 4 kali dengan pengulangan masing-masing tekanan sebanyak 5 kali untuk memperbesar tingkat akurasi sensor. Data yang diperoleh pada penelitian ini yaitu data tentang perbandingan tekanan yang dihasilkan oleh sensor HX710B dengan data tekanan aktual yang diberikan oleh barometer, rancangan data hasil penelitian akan disajikan pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Tabel Data Uji Tekanan Alat

No	Set Point	Alat Uji					Rata - rata
		1	2	3	4	5	
1							
2							
3							
4							

Data uji tekanan dilakukan mulai dari rentang 10 – 40 kPa. Data hasil penelitian yang diperoleh akan dihitung untuk menentukan nilai akurasi dan *error* menggunakan **Persamaan (3.1)** dan **Persamaan (3.2)**.

$$E = \left| \frac{Y - \bar{X}_n}{Y} \right| \times 100\% \quad (3.1)$$

$$A = \left[1 - \left| \frac{Y - \bar{X}_n}{Y} \right| \right] \times 100\% \quad (3.2)$$

dengan E = Nilai *error* (%), A = Nilai akurasi (%), Y = Nilai parameter *input*, X_n = Nilai parameter terukur ke-n, $\bar{X}_n$ = Rata-rata nilai parameter terukur.

Rancangan data hasil perhitungan yang sudah didapatkan akan disajikan pada **Tabel 3.5**.

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Data Uji Tekanan Alat

No	Set Point (kPa)	Rata-Rata (kPa)	Akurasi (%)	Error (%)
1				
2				
3				
4				

Data pengamatan dibuat ke dalam grafik dan dianalisis bagaimana tekanan yang didapatkan oleh sensor HX710B terhadap nilai yang sebenarnya barometer.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

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

1. Rancang bangun alat kontrol *vacuum pump* berbasis NodeMCU pada aplikasi *spin coating* telah berhasil direalisasikan.
2. Rancang bangun alat kontrol *vacuum pump* berbasis NodeMCU pada aplikasi *spin coating* memiliki akurasi tekanan rata-rata sebesar 91,9% dan *error* 8,2% serta waktu rata-rata sebesar 96,6% dan *error* 3,3%.

5.2 Saran

Saran dari penelitian yang dapat digunakan untuk perkembangan riset selanjutnya sebagai berikut.

1. Memperhatikan lubang yang berpotensi mengalirkan udara kembali masuk ke dalam alat.
2. Peningkatan sensor dengan menggunakan sensor yang lebih sensitif seperti MPX5700AP.
3. Kalibrasi sistem melakukan kalibrasi yang lebih komprehensif menggunakan standar referensi untuk meningkatkan pengukuran absolut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abegunde, O. O., Akinlabi, E. T., Oladijo, O. P., Akinlabi, S., and Ude, A. U. 2019. Overview of thin film deposition techniques. *AIMS Materials Science*, 6(2), 174–199.
- Alamsyah, Ardi, A., dan Faisal, N. 2015. Perancangan dan Penerapan Sistem Kontrol Peralatan Elektronik Jarak Jauh Berbasis Web. *Jurnal Mekanikal*, 6(2), 577-584.
- Amanati, W., dan Sutanto, H. 2014. Analisis Sifat Optik Lapisan Tipis Bilayer ZnO / TiO₂ yang Dideposisikan Menggunakan Metode Sol-Gel *Spray Coating*. *Youngster Physic Journal*, 3(3), 41–44.
- Andriani, R. 2016. Pengenalan Alat-alat Laboratorium Mikrobiologi Untuk Mengatasi Keselamatan Kerja dan Keberhasilan Praktikum. *Jurnal Mikrobiologi*, 1(1), 1-7.
- Apriandi, M. E. 2018. Analisis Perhitungan Arus Daya dan Kecepatan Pada Rangkaian Motor Listrik 3 Phase Dengan Menggunakan Time Delay Relay (TDR) dan Tanpa Menggunakan Time Delay Relay (TDR). *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Aritonang, W., Bangsa, I, A., dan Lidyawati, L. 2019. IoT Berbasis Sistem Smart Home Menggunakan NodeMCU V3. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 3(2), 67-172.
- Arsyad, A. 2011. *Media Pembelajaran*. Rajawali Press. Jakarta.
- Ashari, M. A., dan Lidyawati, L. 2019. Iot Berbasis Sistem Smart Home Menggunakan Nodemcu V3. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 3(2), 67–172.
- Atsaurry, S. S., Islam, H. I., Nabilah, N., Saputra, D. H., Pradipta, G. M., Kurniawan, A., Syafutra, H., Arif, A., dan Irzaman, I. 2016. Pembuatan Alat Spin Coater Berkecepatan Sudut Tinggi Berbasis Arduino Uno. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 5, 137-140.
- Cunningham, R, G. 1995. Liquid Jet Pump for Two Phase Flows. *ASME Journal Fluids Engineering*, 117(2), 309-316.
- Dewi, N. H. L., Rohmah, M. F., dan Zahara, S. 2019. Prototype Smart Home dengan

Modul NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of Things (Iot). *Jurnal Teknik Informatika*, 11(1), 1-9.

Dey, A. K. 2023. *What is A Vacuum Pump? Its Working, Type, Applications. Mechanical. What is Pipping.* <https://whatispipping.com/vacuum-pumps-working-types-applications/?expand-article=1>. Diakses Pada 20 September 2023 Pukul 16.24.

Efendi, M. Y., dan Chandra, J. E. 2019. Implementasi Internet of Things Pada Sistem Tenaga. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 19(1), 532–538.

Fitria, R., dan Yohandri. 2019. Screen Coating Untuk Membuat Lapisan Tipis Berbasis Arduino. *Pillar of Physich*, 12, 39–46.

Hidayat, A. S., Rokhmat, M., Si, M., dan Qurthobi, A. 2014. Pengaruh Suhu dan Kecepatan Putar Spin Coating Terhadap Kinerja Sel Surya Organik Berbahan Dasar TiO₂. *Proceeding of Engineering*, 1(1), 497–510.

Hudha, L. S., Setyawan, P. S., dan Masruroh. 2013. Rancang Bangun Mini System Spin Coating untuk Pelapisan Sensor QCM (Quartz Crystal Microbalance). *Physics Student Journal*, 1(1), 1–5.

Indrawan, A. S., Rokhmat, M., Si Purwito, P., A.R, A., Sultan, A. R., dan Kautsar, I. AI. 2021. Perancangan ATS/AMF Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Elektronika*, 18(1), 27-34.

Jufrizaldy, M., dan Ilyas, M. 2020. Rancang Bangun Mesin CNC Milling Menggunakan System Kontrol GRBL untuk Pembuatan Layout PCB. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 4(1), 37-44.

Labanie, A. 2011. Rancang Bangun Spin Coater Terkendali Kecepatan Putar dan Waktu Berbasis Microcontroller. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.

Lestari, W. 2016. Preparasi dan Karakterisasi Lapisan Tipis Sn(S_{0,5} Te_{0,5}) dengan Teknik Evaporasi Vakum. *Skripsi*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

Liu, C. H., and Yu, X. 2011. Silver Nanowire-Based Transparent, Flexible, and Conductive Thin Film. *Nanoscale Research Letters*, 6(1), 2–9.

Mukhsinin, A., Nehru., dan Afrianto, M. F. 2019. Rancang Bangun Alat Pembuat Lapisan Tipis Metode Dip Coating Berbasis Arduino Uno. *JIFP*, 3(2), 76-83.

Mukri, M., Kristianta, F. X., dan Sutjahjono, H. 2015. Fabrikasi Prototype Touchscreen Dengan Lapisan Nano Film Seng Oksida Menggunakan Metode Spin Coating. *Jurnal ROTOR*, 8(2), 6–9.

- Pradana, R., A. (2019). Perancangan Trainer Interface Mikrokontroler Berbasis ESP32 Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Interfacing. *Skripsi*. Universitas Raharja. Tangerang.
- Pratiwi, R, K, K. 2016. Rancang Bangun Sistem Pengendalian Pressure Pada Tabung Penyimpanan dari Hasil Pencampuran Gas Hidrogen dengan Gas Sebagai Sumber Energi Genset. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Sahu, N., Parija, B., and Panigrahi, S. 2009. Fundamental understanding and modeling of spin coating process: A review. *Indian Journal of Physics*, 83(4), 493–502.
- Salugiasih, I. 2023. *Vacuum pump: Fungsi, Cara Kerja dan Jenisnya. Peralatan Industri*. Indonetnetwork. <http://blog.indonetnetwork.co.id/vacuum-pump-fungsi-cara-kerja-dan-jenisnya/>. Diakses pada 20 September 2023 Pukul 16.24.
- Sanaris, A., dan Suharjo, I. 2020. Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT). *Jurnal Prodi Sistem Informasi*, 8(4), 17–24.
- Sari, D. Y. 2013. Persiapan Lapisan Tipis TiO_2 dengan Metode Dip Coating Sebagai Fungsi Waktu. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Smith, B. 2019. *How are Thin Film Sensors Created. Editorial Feature*. <https://azosensors.com/article.aspx?ArticleID=1833>. Diakses pada 20 September 2023 Pukul 15.35.
- Sudaryana, I. G. S. 2015. Pemanfaatan Relai Tunda Waktu dan Kontraktor Pada Panel Hubung Bagi Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta. *Journal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 12(2), 131-142.
- Suhandi, A. 2014. Penumbuhan dan karakterisasi film tipis ZnO yang Dideposisi dengan Teknik Spin Coating di Atas Substrat Silikon Bahan dan Alat. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(3), 133–137.
- Sumadikarta, I., dan Isro'I, M.M. 2020. Perancangan Smartphone Berbasis NodeMCU ESP8266. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 16(1), 27-36.
- Supriadi, D. 2013. Rancang Bangun Manometer Digital Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8. *Skripsi*. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Sutanto, H., dan Wibowo, S. 2015. *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania : Sintesis, Deposisi dan Aplikasi*. Teleskop. Semarang.
- Wiliastuti, R., A. 2006. Study Penumbuhan Membran Polyvinyl Alcohol (PVA) dengan Variasi Konsentrasi PVA Menggunakan Metode Spin Coating di Atas Lapisan Elektroda Platinum. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Yudha, F. 2010. Otomatisasi Kran dan Penampung Air Pada Tempat Wudhu Berbasis Mikrokontroler. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.