

***PROTOTYPE ALAT METAL EVAPORATOR PHYSICAL
VAPOUR DEPOSITION (PVD) UNTUK MENGHASILKAN
LAPISAN FILM TIPIS ALUMINIUM (Al) PADA SUBSTRAT
KACA***

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Muhammad Lukman Sudirman

219411015



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

*PROTOTYPE ALAT METAL EVAPORATOR PHYSICAL VAPOUR
DEPOSITION (PVD) UNTUK MENGHASILKAN LAPISAN FILM TIPIS
ALUMINIUM (Al) PADA SUBSTRAT KACA*

Oleh:

Muhammad Lukman Sudirman
219411015

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 31 Agustus 2023

Disetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Otto Purnawarman ST., MT.

NIP.196207101989031002

Dhion Khairul Nugraha ST., MT.

NIP.199003102022031002

Disahkan,

Ketua Penguji,

Penguji I,

Penguji II,

Iwan Harianton BSME., M.Eng
NIP.196405071992011001

Antonius Adi Soetopo SST., MT.
NIP.196506102003121001

Nandang Rusmana ST., MT.
NIP.197206181998031003

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	Muhammad Lukman Sudirman
NIM	:	219411015
Jurusan	:	Teknik Manufaktur
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	<i>Prototype Alat Metal Evaporator Physical Vapour Deposition (PVD) Untuk Menghasilkan Lapisan Film Tipis Aluminium (Al) Pada Substrat Kaca</i>

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : Agustus 2023
Yang Menyatakan,

(Muhammad Lukman Sudirman)
NIM 219411015

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Lukman Sudirman
NIM : 219411015
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : *Prototype Alat Metal Evaporator Physical Vapour Deposition (PVD) Untuk Menghasilkan Lapisan Film Tipis Aluminium (Al) Pada Substrat Kaca*

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : Agustus 2023
Yang Menyatakan,

(Muhammad Lukman Sudirman)
NIM 219411015

MOTO PRIBADI

"Bagi saya, hidup terlalu singkat untuk dilewatkan dengan biasa-biasa saja."-

Kugy (Perahu Kertas, Dewi Dee Lestari)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan bagi Allah SWT yang hanya kepada-Nya penulis memohon pertolongan, rahmat dan ampunan. Shalawat serta salam penulis curahkan kepada Rasulullah SAW, keluarga, sahabat-sahabat, beserta umatnya hingga akhir zaman.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “*Prototype Alat Metal Evaporator Physical Vapour Deposition (PVD) Untuk Menghasilkan Lapisan Film Tipis Aluminium (Al) Pada Substrat Kaca*”.

Tugas akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung. Penulisan tugas akhir ini juga ditunjukkan untuk memberikan pengembangan bagi ilmu manufaktur terutama material.

Tugas akhir ini dapat terselesaikannya berkat bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang penulis hormati:

1. Ketua Jurusan Teknik Manufaktur, Bapak Jata Budiman, S.ST., M.T.
2. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak Bapak Haris Setiawan, S.ST., M.T.
3. Pembimbing 1 tugas akhir Bapak Otto Purnawarman, S.T., M.T.
4. Pembimbing 2 tugas akhir Bapak Dhion Khairul Nugraha, S.T., M.T.
5. Guru Besar KK Fisika Material Elektronik Prof. Dr.Eng. Yudi Darma, S.Si., M.Si.
6. Ketua panitia Tugas Akhir Risky Ayu Febriani, S.Tr., M.Sc.
7. Kepada orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberikan dukungan dan pengorbanannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Untuk kakak-kakak penulis yang telah membantu dan mendukung dalam pembuatan tugas akhir ini.
9. Pak Wasis, Kak Jufri, Kak Jessy, Kak Yasmin, Nathan, Ridwan dan teman-teman lainnya dari Kelompok Keahlian Fisika Material Elektronik ITB, yang telah menemani dan membimbing penulis saat menguji coba alat TA ini di lab.
10. Rhama Anugrah Putra selaku rekan seperjuangan tugas akhir yang telah berusaha untuk membuat alat *metal* evaporator.
11. Rakyat MED 2019 tercinta yang selalu membantu, mensupport dan menjadi keluarga selama menjalani perkuliahan selama 4 tahun ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua.

Bandung, Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

Lapisan film tipis banyak digunakan untuk berbagai hal seperti meningkatkan kinerja benda dengan memberikan sifat-sifat baru pada permukaannya. Salah satu material yang bisa digunakan sebagai material pelapis adalah aluminium. Politeknik Manufaktur Bandung bekerjasama dengan Insistut Teknologi Bandung berencana mengembangkan *prototype* alat metal evaporator melalui tugas akhir ini. Salah satu faktor yang penting dari kualitas lapisan film tipis logam yang baik adalah kinerja alat metal evaporator itu sendiri, termasuk kemampuan alat dalam menghasilkan uap logam dari aluminium pada substrat kaca. Untuk mengetahui keberhasilan proses pengendapan atau deposisi material pelapis pada material substrat maka diperlukan pengujian pada alat metal evaporator yang akan dibuat yang kemudian akan di karakterisasi morfologi menggunakan *scanned electron microscope*. Ukuran grain lapisan film tipis aluminium yang terbentuk masih berukuran mikro dan beragam mulai dari 7,44 hingga 24,8 μm sehingga kekuatan lapisan film tipis yang terbentuk kurang baik. Analisis komposisi menggunakan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) menyoroti variasi dalam komposisi unsur-unsur dalam lapisan film tipis aluminium pada ketiga substrat kaca. Perbandingan antara berbagai area pengukuran pada berbagai sampel mengindikasikan variasi yang signifikan dalam persentase berat oksigen, aluminium, dan tungsten. Hasil lapisan film tipis juga belum konsisten walaupun menggunakan parameter pengujian yang sama, hal ini diakibatkan oleh sistem pemanas yang hanya mampu memanaskan dengan range suhu sebesar 50-340°C pada kondisi tidak vakum.

Kata Kunci: *Metal Evaporation*, Lapisan Film Tipis Aluminium, Nanomaterial

ABSTRACT

Thin film coatings are widely used for various purposes, such as enhancing the performance of objects by imparting new properties to their surfaces. One of the materials that can be used as a coating material is aluminum. Bandung Manufacturing Polytechnic, in collaboration with the Bandung Institute of Technology, plans to develop a prototype of a metal evaporator device through this final project. One crucial factor affecting the quality of a good thin metal film coating is the performance of the metal evaporator device itself, including its ability to generate metal vapor from aluminum onto glass substrates. To determine the effectiveness of the deposition process of the coating material onto the substrate material, testing is required on the metal evaporator device that will be created. Subsequently, the morphology will be characterized using a scanning electron microscope. The grain size of the formed aluminum thin film layer is micro-sized and varies, ranging from 7.44 to 24.8 μm , resulting in a less optimal strength of the formed thin film layer. The results of the thin film coating are also inconsistent, even when using the same testing parameters. This is due to the heating system's limited capability to heat within a temperature range of 50-340°C under non-vacuum conditions.

Keywords: *Metal Evaporator, Aluminium thin film, nanomaterial.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah	I-2
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-3
I.5 Sistematika Penulisan	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1 Pelapisan Material	II-1
II.1.1 <i>Physical Vapor Deposition</i> (PVD)	II-2
II.1.2 Film Tipis Aluminium	II-4
II.2 Vakum	II-6
II.2.1 Teknik Evaporasi Vakum	II-8
II.2.2 Hukum Gas Dalam Teknologi Vakum	II-11
II.2.3 Daerah Tekanan Operasi Pompa dan Laju Pemompaan	II-11
II.2.4 Alat Pengukur Kevakuman.....	II-12
II.3 Konduksi.....	II-13
II.4 Uji Keseragaman Data.....	II-14
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	III-1
III.2 Sistematika Penelitian	III-1
III.3 Bahan dan Alat Penelitian.....	III-2
III.3.1 Bahan-bahan Penelitian.....	III-2
III.3.2 Alat Penelitian.....	III-3

III.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	III-3
III.5 Tinjauan Alat Pengujian.....	III-4
III.5.1 Protipe Alat <i>Metal</i> Evaporator Yang Dibuat.....	III-4
III.5.2 <i>Scanned Electron Microscope</i> (SEM) & <i>Energy Dispersive X-ray</i> (EDX)	III-5
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1 Uji Pengendapan Lapisan Film Tipis Aluminium	IV-1
IV.1.1 Tahap Persiapan Evaporasi	IV-1
IV.1.2 Deposisi Lapisan Film Tipis Aluminium pada Substrat Kaca	IV-3
IV.2 Uji Morfologi Hasil Lapisan Film Tipis dengan SEM	IV-5
IV.2.1 Morfologi Sampel 1	IV-5
IV.2.2 Morfologi Sampel 2	IV-7
IV.2.3 Morfologi Sampel 3	IV-10
IV.3 Uji Komposisi Hasil Lapisan Film Tipis Aluminium dengan EDS	IV-13
IV.3.1 Komposisi pada Sampel 1	IV-13
IV.3.2 Komposisi pada Sampel 2	IV-16
IV.3.3 Komposisi pada Sampel 3	IV-20
IV.4 Perbandingan Ukuran Grain Pada Lapisan Film Tipis Aluminium Yang dihasilkan Menggunakan <i>Prototype metal</i> evaporator.....	IV-26
BAB V PENUTUP	i
V.1 Kesimpulan.....	i
V.2 Saran	i
DAFTAR PUSTAKA	ii
LAMPIRAN	4

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Macam-macam proses coating atau pelapisan material [8]	II-1
Tabel II.2 Pembagian metode PVD [9].....	II-2
Tabel II.3 Karakteristik aluminium [12]	II-5
Tabel II.4 Sifat Fisik Aluminium [13]	II-5
Tabel II.5 Macam-macam tingkat kevakuman [16] [9]	II-7
Tabel II.6 Tekanan dalam beberapa satuan [17]	II-7
Tabel IV.1 Tahapan Persiapan Sebelum Deposisi Lapisan Film Tipis.....	IV-2
Tabel IV.2 Parameter Deposisi Lapisan Film Tipis Aluminium pada substrat kaca	IV-4
Tabel IV.3 Ukuran Grain yang terdapat pada sampel 1	IV-6
Tabel IV.4 Ukuran grain pada sampel 2	IV-8
Tabel IV.5 Ukuran grain pada sampel 3	IV-11
Tabel IV.6 Komposisi Elemen dalam <i>selected area 1</i> di sampel 1.....	IV-14
Tabel IV.7 Komposisi Elemen dalam <i>selected area 2</i> di sampel 1.....	IV-15
Tabel IV.8 Komposisi Elemen dalam <i>selected area 1</i> di sampel 2.....	IV-17
Tabel IV.9 Komposisi Elemen dalam <i>selected area 2</i> di sampel 2.....	IV-19
Tabel IV.10 Komposisi Elemen dalam <i>selected area 1</i> di sampel 3.....	IV-21
Tabel IV.11 Komposisi Elemen dalam <i>selected area 2</i> di sampel 3.....	IV-22
Tabel IV.12 Perbandingan Komposisi Berat pada ketiga sampel	IV-23
Tabel IV.13 Perbandingan komposisi berat pada ketiga sampel	IV-24
Tabel IV.14 Perbandingan komposisi interferensi bersih pada ketiga sampel.....	IV-25
Tabel IV.15 Keterangan Studi Literatur.....	IV-27
Tabel IV.16 Tabel Komparasi Beberapa Parameter Pengujian dengan Studi Literatur.....	IV-28
Tabel IV.17 Pengujian Suhu terhadap Nilai Ampere	IV-30
Tabel IV.18 Data Hasil Keseluruhan Pengujian Nilai Suhu Terhadap Ampere	IV-30

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 (1a) <i>Vacuum Evaporation</i> , (1b dan 1c) deposisi <i>sputter</i> pada lingkungan plasma, (1d) deposisi <i>sputter</i> dalam <i>vacuum</i> , (1e) <i>ion plating</i> dalam lingkungan plasma dengan <i>sputtering source</i> , (1g) <i>ion plating</i> dengan <i>arc vaporation source</i> dan (1h) <i>Ion Beam Assisted Deposition</i> (IBAD) dengan <i>thermal evaporation source</i> dan <i>ion bombardment</i> dari sebuah tembakan ion. [10].....	II-3
Gambar II.2 Skema sistem evaporasi vakum [19]	II-9
Gambar II.3 Skema pompa rotari [18]	II-10
Gambar II.4 Skema pompa difusi [18].....	II-11
Gambar II.5 Daerah tekanan operasi untuk berbagai jenis pompa [21].....	II-12
Gambar II.6 Daerah pengukuran berbagai jenis manometer	II-13
Gambar III.1 Alat <i>prototype metal</i> evaporator yang dibuat.....	III-5
Gambar III.2 Prinsip kerja <i>scanning electron microscope</i> [28].....	III-6
Gambar III.3 Berkas elektron yang dihasilkan kemudian dipantulkan oleh sampel	III-7
Gambar IV.1 Diagram Alir Penelitian	III-2
Gambar IV.2 Substrat kaca preparat	IV-1
Gambar IV.3 Grafik Arus Listrik yang diberikan terhadap waktu dalam pengujian	IV-4
Gambar IV.4 (a) Hasil Pencitraan SEM pada sampel 1 sebelum dilapisi aluminium, (b) Hasil Pencitraan SEM pada sampel 1 setelah dilapisi aluminium	IV-5
Gambar IV.5 Hasil Pencitraan SEM pada sampel 1 dengan perbesaran 200x.....	IV-5
Gambar IV.6 Uji Keseragaman Ukuran Grain pada Sampel 1	IV-7
Gambar IV.7 (a) Hasil Pencitraan SEM pada sampel 2 sebelum dilapisi aluminium, (b) Hasil Pencitraan SEM pada sampel 2 setelah dilapisi aluminium	IV-7
Gambar IV.8 Hasil Pencitraan SEM pada sampel 2 dengan perbesaran 200x.....	IV-8
Gambar IV.9 Uji Keseragaman Ukuran Grain pada Sampel 2	IV-9
Gambar IV.10 (a) Hasil Pencitraan SEM pada sampel 3 sebelum dilapisi aluminium, (b) Hasil Pencitraan SEM pada sampel 3 setelah dilapisi aluminium	IV-10
Gambar IV.11 Hasil Pencitraan SEM pada sampel 3 dengan perbesaran 200x.....	IV-11
Gambar IV.12 Uji Keseragaman Ukuran Grain pada Sampel 3	IV-12
Gambar IV.13 Area yang dilakukan pengujian komposisi pada sampel 1	IV-13
Gambar IV.14 Komposisi yang terdapat pada <i>selected area</i> 1 pada sampel 1 ..	IV-14
Gambar IV.15 Komposisi yang terdapat pada <i>selected area</i> 2 pada sampel 1 ..	IV-15
Gambar IV.16 Perbandingan sampel 1 dengan <i>selection area</i> 1 dan 2.....	IV-16
Gambar IV.17 Area yang dilakukan pengujian komposisi pada sampel 2	IV-17
Gambar IV.18 Komposisi yang terdapat pada <i>selected area</i> 1 pada sampel 2 ..	IV-17
Gambar IV.19 Komposisi yang terdapat pada <i>selected area</i> 2 pada sampel 2 ..	IV-18
Gambar IV.20 Perbandingan sampel 2 dengan <i>selection area</i> 1 dan 2.....	IV-20

Gambar IV.21 Area yang dilakukan pengujian komposisi pada sampel 3	IV-20
Gambar IV.22 Komposisi yang terdapat pada <i>selected area</i> 1 pada sampel 3 ..	IV-21
Gambar IV.23 Komposisi yang terdapat pada <i>selected area</i> 2 pada sampel 3 ..	IV-22
Gambar IV.24 Perbandingan sampel 2 dengan <i>selection area</i> 1 dan 2	IV-23
Gambar IV.25 Hasil diagram perbandingan berat ketiga sampel dalam setiap elementnya	IV-24
Gambar IV.26 Hasil diagram perbandingan atom ketiga sampel dalam setiap elementnya	IV-25
Gambar IV.27 Hasil diagram perbandingan interferensi bersih pada ketiga sampel dalam setiap elementnya.	IV-26
Gambar IV.28 Sisa aluminium yang belum teruapkan pada tungsten <i>boat</i> ...	IV-29
Gambar IV.29 Thermo Gun Sanfix IT-1500.....	IV-29
Gambar IV.30 Perbandingan suhu dalam celcius yang dihasilkan oleh inverter las 450 watt dan 900 watt.....	IV-31
Gambar IV.31 Hubungan antara tekanan udara dengan suhu pada evaporasi pada beberapa material [29].....	IV-32

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Teknologi saat ini telah berkembang pesat, salah satunya adalah teknologi *coating* atau pelapisan bahan. Penggunaan material yang digunakan saat ini sangat erat kaitannya dengan nanoteknologi, seperti penggunaan lapisan film tipis. Lapisan tipis adalah sebuah lapisan yang memiliki ketebalan yang berkisar 1 hingga 10^6 nm [1]. Lapisan film tipis banyak digunakan untuk berbagai hal seperti meningkatkan kinerja benda dengan memberikan sifat-sifat baru pada permukaannya seperti lapisan anti gores, lapisan tahan aus, dan lapisan konduktif tanpa harus mempengaruhi bentuk dan dimensi benda kerja.

Salah satu material yang bisa digunakan sebagai material pelapis adalah aluminium. Aluminium merupakan material yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pesawat terbang, kaleng minuman, IC film tipis interkoneksi, transistor film tipis, *solar energy*, layar panel datar, cermin optik dan lain-lain [2] [3] [4]. Hal ini disebabkan oleh kemampuan aluminium yang sangat baik, seperti keringanannya, kemampuan untuk memantulkan cahaya yang baik, daya rekat yang baik terhadap kaca, sifat mekanik yang baik, ketahanan terhadap korosi, dan kemudahan dalam proses daur ulang. Aluminium juga memiliki titik leleh yang rendah, yaitu sekitar 600°C dibandingkan dengan perak yang memiliki 961°C dan tembaga sekitar 1085°C . Terdapat beberapa metode untuk mengendapkan Al pada substrat kaca, seperti *sputtering*, *electron beam evaporation*, *thermal evaporation*, dan *plasma-assisted atomic layer deposition* [5]. Metode *thermal vacuum evaporation* atau *metal evaporator* sangat cocok untuk mengendapkan material Al pada substrat kaca jika dibandingkan dengan beberapa metode *Physical Vapor Deposition* (PVD) lainnya, seperti *sputtering*, *ion plating*, dan *ion beam sputtering* [6].

Pada proses *Physical Vapor Deposition* (PVD), *metal evaporator* digunakan untuk menghasilkan uap logam dari material pelapis yang kemudian mengendap pada permukaan substrat dan membentuk lapisan tipis. Proses pelapisan menggunakan metode PVD ini dilakukan melalui metode penguapan vakum (*vacuum evaporation*)

dengan besaran vakum yang digunakan adalah vakum medium yang berkisar $1 - 10^{-3}$ torr atau vakum tinggi yang berkisar $10^{-4} - 10^{-7}$ torr [7]. Politeknik Manufaktur Bandung bekerjasama dengan Insistut Teknologi Bandung berencana membuat *prototype* alat *metal* evaporator melalui tugas akhir ini yang akan dilakukan secara tim, untuk keperluan laboratorium material yang ada di perguruan tinggi di Indonesia. Salah satu faktor yang penting dari kualitas lapisan film tipis logam yang baik adalah kinerja alat *metal* evaporator itu sendiri, termasuk kemampuan alat dalam menghasilkan uap logam dari aluminium pada substrat kaca. Untuk mengetahui keberhasilan proses pengendapan atau deposisi material pelapis pada material substrat maka diperlukan pengujian pada *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat.

Penelitian ini akan berfokus pada pengujian fungsi *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat dan melakukan studi kasus dengan mengendapkan material aluminium pada substrat kaca.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan–rumusan masalah yang telah didapatkan dari pemaparan masalah yaitu:

1. Bagaimana kemampuan *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat dalam mengendapkan material pelapis aluminium ke dalam substrat?
2. Apakah *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat dapat menghasilkan lapisan film tipis aluminium yang konsisten?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini memfokuskan pada pengujian kemampuan *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat dalam menghasilkan lapisan film tipis dan pengaruhnya pada kualitas lapisan film tipis yang dihasilkan.
2. Penelitian ini tidak membahas rancangan dan cara pembuatan *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat.

3. Pengujian dilakukan pada kemampuan *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat dalam mengembunkan material aluminium dan membentuk lapisan film tipis pada substrat kaca.
4. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk melihat struktur dan ukuran grain yang dihasilkan.
5. Penelitian ini tidak membahas tentang penggunaan bahan atau logam lainnya selain aluminium.
6. Penelitian ini tidak membahas tentang pengaruh parameter lain seperti tekanan vakum untuk proses evaporasi, laju evaporasi, dan jenis gas dalam chamber vakum terhadap kualitas film tipis yang dihasilkan.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui konsistensi hasil lapisan film tipis aluminium yang diendapkan menggunakan *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat.
2. Menguji kemampuan *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat dalam mengendapkan aluminium ke dalam substrat kaca.

Adapun manfaat dari pembuatan media pembelajaran ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kinerja *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat untuk proses PVD sehingga dapat dioptimalkan untuk pembuatan lapisan film tipis.
2. Mengetahui kualitas lapisan film tipis yang dihasilkan oleh *prototype* alat *metal* evaporator yang dibuat sehingga dapat sesuai dengan yang dilaporkan oleh K.M. Wibowo.
3. Memberikan kontribusi pada bidang teknik manufaktur terutama dalam pengembangan proses produksi lapisan film tipis menggunakan *prototype* alat *metal* evaporator dengan proses PVD.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi dasar-dasar teori atau hal yang mendukung penelitian, seperti PVD, evaporator, tekanan udara, dan pelapisan film tipis.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil penelitian dari pengujian kinerja alat *metal* evaporator.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan hasil dari pengujian dan penelitian yang telah dilakukan serta saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.