

**PERANCANGAN *METAL THERMAL EVAPORATOR* UNTUK
PELAPISAN MATERIAL DENGAN FILM TIPIS
MENGUNAKAN METODE VDI 2222**

Tugas Akhir

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

Oleh

Muhammad Farzan Azilan

219411014



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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

Perancangan *Metal Thermal Evaporator* Untuk Pelapisan Material Dengan Film Tipis Menggunakan Metode VDI 2222

Oleh:

Muhammad Farzan Azilan

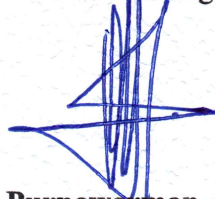
219411014

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

Bandung, 1 September 2023

Disetujui,

Pembimbing I




Otto Purnawarman, S.T., M.T.
NIP. 196207101989031004

Pembimbing II



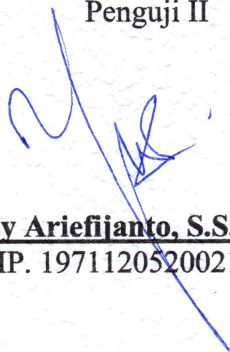
Dinny Indrian, S.Tr., M.T.
NIP. 199201062018032001

Disahkan,
Penguji I



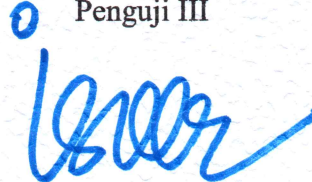
Dede Buchori Muslim, Masch.Ing.HTL., M.T.
NIP. 196405241994031002

Penguji II



Dedy Ariefijanto, S.S.T., M.T.
NIP. 197112052002121001

Penguji III



Iwan Gunawan, S.T., M.T.
NIP. 196001031985031002

PERNYATAAN ORSINALITAS

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

Nama : Muhammad Farzan Azilan
NIM : 219411014
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Perancangan Metal Thermal Evaporator Untuk Pelapisan Material Dengan Film Tipis Menggunakan Metode VDI 2222

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: 1 Sepetember 2023
Yang Menyatakan,



Muhammad Farzan Azilan
NIM. 219411014

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL

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

Nama : Muhammad Farzan Azilan
NIM : 219411014
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Perancangan Metal Thermal Evaporator Untuk Pelapisan Material Dengan Film Tipis Menggunakan Metode VDI 2222

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaannya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir saya tersebut. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalih media/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: 1 Sepetember 2023
Yang Menyatakan,



Muhammad Farzan Azilan
NIM. 219411014

HALAMAN MOTTO

Berangkat dengan penuh keyakinan. Berjalan dengan penuh keikhlasan dan *Istiqomah* dalam menghadapi cobaan. Hanya kepada Allah saya mengabdikan, memohon ampunan dan pertolongannya.

Keberhasilan bukanlah milik orang pintar. Namun keberhasilan itu adalah milik mereka yang senantiasa berusaha.

Belajarlah mengucapkan syukur dari hal-hal baik di hidupmu. Belajarlah menjadi kuat dari hal-hal buruk di hidupmu.

(B. J. Habibie)

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak dan adik saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini. *Jazakallahu Khairan Katsira*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan memohon ampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kekejian dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalan-Nya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tidak sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba-Nya dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: **“Perancangan *Metal Thermal Evaporator* Untuk Pelapisan Material Dengan Film Tipis Menggunakan Metode VDI 2222”**.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.AB.
2. Ketua Jurusan Teknik Manufaktur, Bapak Jata Budiman, S.S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak Haris Setiawan, S.S.T., M.T.
4. Pembimbing tugas akhir, Bapak Otto Purnawarman, S.T., M.T. dan Ibu Dinny Indrian, S.Tr., M.T.
5. Penguji sidang tugas akhir, Bapak Dede Buchori Muslim, Masch.Ing.HTL., M.T., Bapak Dedy Ariefijantio, S.S.T., M.T., dan Bapak Iwan Gunawan, S.T., M.T.

6. Panitia tugas akhir, Ibu Risky Ayu Febriani, S.Tr., M.Sc.
7. Seluruh Dosen, Instruktur dan Staff Jurusan Teknik Manufaktur Politeknik Manufaktur Bandung.
8. Teristimewa kepada Orang Tua penulis, Ibu Yuyun Yuningsih dan Bapak Mumud Mochamad Syafei yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Kakak dan adik penulis, Nifah Lestari Pratiwi dan Niswa Saidah Pratiwi yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat mahasiswa kelas MED 2019 yang telah memberikan dukungan, kerja sama dan bersama-sama berjuang dalam menyelesaikan pendidikan di Politeknik Manufaktur Bandung.
11. Rekan-rekan mahasiswa jurusan Teknik Manufaktur Bandung
12. Serta seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

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 semua.

Aamiin Ya Robbal Alaamiin.

Bandung, 1 September 2023

Penulis

ABSTRAK

Teknologi pelapisan film tipis merupakan teknologi yang telah banyak digunakan terutama untuk melapisi material sehingga mendapat mendapat hasil yang berbeda pada permukaan material awal. Salah satu alat bantu yang digunakan dalam pelapisan film tipis adalah *Metal Thermal Evaporator* (MTE). Fungsi dari pelapisan film tipis ini adalah untuk meningkatkan kualitas permukaan material, mengubah sifat material sehingga permukaan material memiliki sifat material pelapis. Syarat pelapisan film tipis dengan cara evaporasi material pelapis dalam kondisi tekanan vakum. Penelitian ini bertujuan untuk merancang konstruksi mesin MTE dalam skala prototipe sebagai tahap pengembangan sebelum diimplementasi dalam skala sebenarnya. Perancangan mesin ini menggunakan metode VDI 2222 yang terdiri dari tahapan merencana, mengonsep, merancang dan penyelesaian. Berdasarkan tahapan perancangan tersebut, maka diperoleh rancangan konstruksi mesin MTE dengan dimensi luas maksimal substrat 80x30 [mm] dengan tekanan vakum hingga 1×10^{-3} Torr dan kemampuan suhu pemanas hingga 1500°C serta material pelapis yang digunakan yaitu aluminum dengan waktu evaporasi sekitar 2 menit sehingga dihasilkan lapisan film tipis dengan ketebalan berkisar antara skala mikrometer hingga nanometer. Hasil analisis tegangan pada ruang vakum sekitar 9,78 [MPa] dengan defleksi maksimal 0,016 [mm] dan defleksi pada rangka mesin sebesar 0,035 [mm] sehingga mesin MTE mampu menahan beban dan tekanan vakum. Penilaian terhadap rancangan ini menunjukkan bahwa mesin telah memenuhi tuntutan secara teknis dan menghasilkan hasil yang baik pada perhitungan statis.

Kata kunci : Pelapisan, Film Tipis, *Metal Thermal Evaporator*, VDI2222

ABSTRACT

Thin film coating technology is a technology that has been widely used, especially for coating materials so as to get different results on the surface of the initial material. One of the tools used in thin film coating is the Metal Thermal Evaporator (MTE). The function of this thin film coating is to improve the surface quality of the material, change the material properties so that the surface of the material has the properties of the coating material. Terms of thin film coating by evaporating the coating material under vacuum pressure conditions. This research aims to design the MTE machine construction on a prototype scale as a development stage before being implemented on an actual scale. The design of this machine uses the VDI 2222 method which consists of the stages of planning, conceptualizing, designing and completing. Based on these design stages, the MTE machine construction design was obtained with a maximum substrate dimension of 80x30 [mm] with a vacuum pressure of up to 1×10^{-3} Torr and a heating temperature capability of up to 1500°C and the coating material used is aluminum with an evaporation time of about 2 minutes so that a thin film layer with a thickness ranging from micrometers to nanometers is produced. The results of the stress analysis in the vacuum chamber are about 9.78 [MPa] with a maximum deflection of 0.016 [mm] and a deflection in the machine frame of 0.035 [mm] so that the MTE machine is able to withstand the load and vacuum pressure. Assessment of the design showed that the machine met the technical requirements and produced good results in static calculations.

Keywords : *Coating, Thin film, Metal Thermal Evaporator, VDI 2222,*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORSINALITAS	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL	iii
HALAMAN MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Ruang Lingkup Kajian	I-3
I.4 Batasan Masalah	I-3
I.5 Tujuan Penelitian	I-4
I.6 Sistematika Penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Lapisan Film Tipis	II-1
II.2 <i>Physical Vapor Deposition</i> (PVD)	II-2
II.3 <i>Metal Thermal Evaporation</i>	II-3
II.4 Sistem Vakum	II-5
II.5 Kalor Spesifik	II-9
II.6 Kalor Laten	II-9
II.7 Perpindahan Panas Konduksi	II-10
II.8 Kalor Listrik	II-11
II.9 Wadah Material Pelapis	II-11
II.10 Metode Perancangan VDI 2222	II-12
II.10.1 Merencana	II-13

II.10.2	Mengonsep	II-13
II.10.3	Merancang.....	II-14
II.10.4	Penyelesaian.....	II-14
II.11	Metode Penilaian VDI 2225.....	II-15
II.12	<i>Computer Aided Design</i>	II-15
II.13	<i>Computer Aided Engineering</i>	II-16
II.14	Finite Element Method.....	II-16
II.15	Baut Pengikat	II-18
II.16	Kekuatan Material.....	II-18
II.17	Ruang Vakum (<i>Chamber</i>).....	II-20
II.18	Teori Dasar Kegagalan.....	II-22
BAB III	METODE PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Merencana	III-2
III.1.1	Studi Literatur	III-2
III.1.2	Identifikasi Masalah.....	III-7
III.1.3	Merumuskan Daftar Tuntutan	III-9
III.2	Mengkonsep	III-10
III.2.1	Black Box.....	III-10
III.2.2	Diagram Fungsi.....	III-11
III.2.3	Alternatif Fungsi	III-12
III.2.4	Kotak Morfologi.....	III-20
III.2.5	Alternatif Fungsi Kombinasi.....	III-21
III.2.6	Penilaian Alternatif Fungsi	III-23
III.3	Merancang.....	III-24
III.4	Penyelesaian.....	III-25
III.4.1	Draft Rancangan.....	III-25
III.4.2	Dokumentasi Teknik	III-25
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Perhitungan Berat Mesin.....	IV-1
IV.1.1	Berat Komponen Tabung Ruang Vakum.....	IV-1
IV.1.2	Berat Komponen Ruang Vakum Keseluruhan.....	IV-1
IV.1.3	Perhitungan Seluruh Berat Mesin	IV-2

IV.2	Perhitungan Waktu Vakum	IV-3
IV.3	Perhitungan Pemanasan Wadah	IV-4
IV.3.1	Pemilihan Wadah Pemanas Material Pelapis	IV-4
IV.3.2	Waktu Pemanasan Wadah Material Pelapis	IV-5
IV.4	Perhitungan Kekuatan Ruang Vakum	IV-6
IV.4.1	Perhitungan Tabung Pipa Tee	IV-6
IV.4.2	Perhitungan Penutup Bagian Atas	IV-8
IV.4.3	Perhitungan Alas Chamber	IV-9
IV.4.4	Perhitungan Jendela Ruang Vakum	IV-10
IV.5	Perhitungan Simulasi menggunakan FEA	IV-11
IV.6	Perhitungan Kekuatan Ruang Vakum	IV-11
IV.7	Hasil Perhitungan Ruang Vakum	IV-14
IV.8	Perhitungan Pembebanan Rangka <i>Metal Thermal Evaporator</i>	IV-15
IV.9	Prosedur Pengoperasian Pelapisan Film Tipis	IV-18
BAB V	PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA	1
LAMPIRAN	3

DAFTAR TABEL

Tabel II-1 Perbandingan metode PVD [6]	II-2
Tabel II-2 Konversi tekanan dalam teknologi vakum [8]	II-6
Tabel II-3 Klasifikasi tingkat vakum [9].....	II-6
Tabel II-4 Material properties tungsten [11]	II-12
Tabel II-5 Metode penilaian VDI 2225.....	II-15
Tabel III-1 Penelitian terdahulu	III-2
Tabel III-2 Spesifikasi <i>Small Evaporation Coating Machine</i>	III-4
Tabel III-3 Spesifikasi <i>Small High Vacuum Thermal Evaporation</i>	III-5
Tabel III-4 Spesifikasi <i>Four Sources Thermal Evaporator System</i>	III-6
Tabel III-5 Daftar tuntutan	III-9
Tabel III-6 Kotak morfologi.....	III-20
Tabel III-7 Penilaian aspek teknis.....	III-23
Tabel III-8 Penilaian aspek ekonomis.....	III-23
Tabel III-9 Penilaian alternatif kombinasi	III-24
Tabel IV-1 Temperatur material	IV-4
Tabel IV-2 Perhitungan ruang vakum <i>chamber</i> dengan FEA.....	IV-12
Tabel IV-3 Perbandingan hasil analisis tegangan pada pipa.....	IV-14
Tabel IV-4 Hasil simulasi defleksi bagian ruang vakum	IV-15

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1 Klasifikasi metode <i>Physical Vapor Deposition</i> (PVD).....	II-2
Gambar II-2 <i>Thermal Evaporation Physical Vapor Deposition</i> [6]	II-3
Gambar II-3 Skema proses pelapisan film tipis	II-4
Gambar II-4 Pompa vakum <i>Rotary Vane</i>	II-8
Gambar II-5 Pompa vakum <i>Turbomolecular Pump</i>	II-8
Gambar II-6 Konduksi melalui padatan.....	II-10
Gambar II-7 <i>General approach to design VDI 2222</i>	II-13
Gambar II-8 Tipe elemen FEA	II-17
Gambar II-9 Simbol kekuatan baut pengikat	II-18
Gambar II-10 Jenis pembebanan dan tegangan yang terjadi	II-20
Gambar II-11 Gaya kompresi pada dinding ruang vakum.....	II-21
Gambar III-1 Diagram alir proses perancangan.....	III-1
Gambar III-2 Diagram suhu dan waktu dalam perubahan fase.....	III-3
Gambar III-3 <i>Small Evaporation Coating Machine CY-EVP180-LV</i>	III-4
Gambar III-4 <i>Small High Vacuum Thermal Evaporation</i>	III-5
Gambar III-5 <i>Four Sources Thermal Evaporator System</i>	III-6
Gambar III-6 Studi produk pelapisan film tipis	III-8
Gambar III-7 <i>Black Box</i> mesin <i>metal thermal evaporator</i>	III-10
Gambar III-8 Diagram fungsi mesin <i>metal thermal evaporator</i>	III-11
Gambar III-9 Alternatif fungsi kombinasi 1	III-21
Gambar III-10 Alternatif fungsi kombinasi 2	III-22
Gambar III-11 Rakitan rancangan mesin <i>metal thermal evaporator</i>	III-24
Gambar IV-1 Komponen tabung ruang vakum.....	IV-1
Gambar IV-2 Komponen ruang tabung keseluruhan	IV-2
Gambar IV-3 Keseluruhan komponen <i>metal thermal evaporator</i>	IV-2
Gambar IV-4 Desain ruang vakum	IV-6
Gambar IV-5 Tabung pipa tee.....	IV-7
Gambar IV-6 Diagram alir proses simulasi FEA.....	IV-11
Gambar IV-7 Rangka meja mesin.....	IV-15

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : RINCIAN KRITERIA PENILAIAN VDI 2225

LAMPIRAN B : BERAT KOMPONEN

LAMPIRAN C : SPESIFIKASI MATERIAL

LAMPIRAN D : SPESIFIKASI KOMPONEN STANDAR

LAMPIRAN E : HASIL SIMULASI PERHITUNGAN TEKANAN VAKUM

LAMPIRAN F : HASIL SIMULASI PERHITUNGAN RANGKA MEJA

LAMPIRAN G : DRAFT RANCANGAN

LAMPIRAN H : DOKUMENTASI TEKNIK

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

PVD	:	<i>Physical Vapor Deposition</i>
MTE	:	<i>Metal Thermal Evaporator</i>
3D	:	<i>3 Dimension / 3 Dimensi</i>
CAD	:	<i>Computer Aided Design</i>
CAE	:	<i>Computer Aided Engineering</i>
FEM	:	<i>Finite Element Method</i>
FEA	:	<i>Finite Element Analysis</i>
VDI	:	<i>Verein Deutcher Ingenieure / Persatuan Insinyur Jerman</i>

BAB I

PENDAHALUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi memiliki peran penting dalam setiap aspek kehidupan manusia. Melihat kebutuhan manusia pada saat ini terhadap teknologi, maka dibutuhkan pengembangan teknologi untuk menunjang aktivitas manusia. Salah satu pengembangan teknologi yang banyak dilakukan para peneliti adalah pengembangan teknologi dalam bidang material. Dengan berkembangnya teknologi khususnya dalam bidang pelapisan material maka didapatkan material dengan karakteristik baru sesuai dengan yang dibutuhkan. Material terbaru erat kaitannya dengan teknologi nano dan perangkat-perangkat canggih yang memiliki fungsi luar biasa, salah satunya adalah teknologi lapisan film tipis.

Lapisan film tipis merupakan suatu lapisan tipis yang terbuat dari bahan organik, anorganik, metal, maupun campuran metal organik serta memiliki sifat-sifat konduktor, semikonduktor maupun isolator [1]. Lapisan tipis pada umumnya memiliki ketebalan dengan skala ukuran mikrometer hingga nanometer. Lapisan film tipis dibuat dengan cara mendeposisikan material pelapis pada permukaan material yang dilapisinya, yang disebut dengan substrat.

Salah satu metode yang umum digunakan dalam pelapisan film tipis adalah metode *Physical Vapor Deposition* (PVD). PVD adalah suatu proses pelapisan material yang melibatkan perubahan fase material dari keadaan padat menjadi fase uap dan kemudian mengendapkan pada permukaan substrat untuk membentuk lapisan tipis. Metode ini melibatkan penggunaan alat yang disebut *Metal Thermal Evaporator* (MTE). MTE merupakan alat yang digunakan untuk membuat lapisan film tipis dengan mengubah fase material pelapis menjadi uap (gas) dengan cara memanaskannya dalam kondisi ruang vakum. Salah satu material pelapis yang umum digunakan yaitu *metal non-ferrous* seperti aluminium dan material yang memiliki titik leleh dibawah aluminium.

Dengan metode *physical vapor deposition* (PVD) dan penggunaan *metal thermal evaporator* (MTE), pelapisan film tipis menjadi proses yang sederhana dalam

pengembangan pelapisan material film tipis. Proses PVD memungkinkan peneliti untuk menghasilkan lapisan film tipis yang memiliki ketebalan yang sangat tipis, memberikan lapisan anti gores, lapisan tahan aus, dan lapisan konduktif tanpa mempengaruhi bentuk dan dimensi substrat. Keberhasilan pengembangan lapisan film tipis melalui metode PVD membawa dampak yang signifikan dalam berbagai bidang teknologi. Salah satunya adalah industri elektronika, dimana lapisan film tipis digunakan dalam produksi komponen semikonduktor seperti transistor, mikroprosesor dan perangkat elektronik lainnya.

Dalam hal pendidikan dan penelitian, Politeknik Manufaktur Bandung bekerja sama dengan Institut Teknologi Bandung untuk mengembangkan mesin *metal thermal evaporator* yang akan digunakan sebagai alat penelitian tentang pelapisan film tipis, alat tersebut akan digunakan sebagai media penelitian pendidikan untuk mahasiswa program studi fisika, sehingga mahasiswa mampu menambah ilmu pengetahuan mahasiswa terhadap teknologi pelapisan.

Kepentingan dalam pengembangan mesin ini sejalan dengan visi Politeknik Manufaktur Bandung yaitu menjadi institusi terdepan dalam pendidikan, pengembangan dan penerapan teknologi manufaktur yang diakui dunia. Oleh karena itu, penelitian ini merupakan langkah awal pengembangan prototipe mesin pelapisan material yang diberi judul **“Perancangan *Metal Thermal Evaporator* Untuk Pelapisan Material Dengan Film Tipis Menggunakan Metode VDI 2222”**.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis dapat merumuskan beberapa rumusan masalah yang meliputi:

1. Bagaimana prinsip kerja dari *metal thermal evaporator* untuk pelapisan material dengan film tipis?
2. Bagaimana rancangan konstruksi mesin *metal thermal evaporator* untuk pelapisan film tipis?
3. Bagaimana analisis kekuatan konstruksi mesin *metal thermal evaporator*?

I.3 Ruang Lingkup Kajian

Pada pembuatan karya tulis ini, penulis membuat ruang lingkup kajian yang meliputi:

1. Prinsip kerja dari mesin *metal thermal evaporator* untuk pelapisan material dengan film tipis.
2. Proses perancangan mesin *metal thermal evaporator* untuk pelapisan material dengan film tipis.
3. Proses analisis kekuatan konstruksi mesin *metal thermal evaporator* untuk pelapisan material dengan film tipis.

I.4 Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan *metal thermal evaporator* dengan metode pelapisan *physical vapor deposition (PVD)*.
2. Perancangan mesin *metal thermal evaporator* mengacu pada panduan metode VDI 2222.
3. Perancangan mencakup seluruh konstruksi mesin *metal thermal evaporator*, kecuali bagian sistem kontrol.
4. Perancangan *metal thermal evaporator* berupa prototipe.
5. Material pelapis yang digunakan adalah *metal non-ferrous* seperti aluminium, dan material dengan titik leleh lebih rendah dari aluminium.
6. Substrat yang digunakan berupa kepingan kaca preparat dengan ukuran 75 x 25 [mm] sehingga mempengaruhi diameter ruang vakum sekitar Ø168 [mm].
7. Analisis kekuatan rancangan konstruksi mesin *metal thermal evaporator* dilakukan dengan perhitungan manual dan simulasi menggunakan *software solidworks*.

I.5 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui prinsip kerja dari *mesin metal thermal evaporator* untuk pelapisan material dengan film tipis.
2. Membuat rancangan konstruksi mesin *metal thermal evaporator* untuk pelapisan material dengan film tipis.
3. Melakukan analisis kekuatan konstruksi serta spesifikasi pada rancangan mesin *metal thermal evaporator*.

Adapun manfaat dari pembuatan perancangan mesin *metal thermal evaporator* sebagai berikut:

1. Menambah wawasan pengetahuan mengenai perancangan *metal thermal evaporator* khususnya untuk pelapisan film tipis.
2. Sebagai sarana referensi pembuatan mesin *metal thermal evaporator*.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup kajian, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang dasar teori dari topik yang dikaji dan digunakan sebagai landasan teori yang meliputi konsep-konsep yang relevan dengan permasalahan yang akan diteliti dalam memecahkan masalah.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil dan perhitungan terhadap pemilihan komponen-komponen penunjang fungsi terhadap kekuatan bahan.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan dari tujuan yang dicapai, serta saran-saran.