

**PENGEMBANGAN DAN RANCANG BANGUN SISTEM
PEMANAS MESIN *METAL THERMAL EVAPORATOR***

Tugas Akhir

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

Oleh

Rasyid Bimanto Adi

220411020



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

PENGEMBANGAN DAN RANCANG BANGUN SISTEM PEMANAS MESIN *METAL THERMAL EVAPORATOR*

Oleh:

Rasyid Bimanto Adi

220411020

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

Bandung, 6 Agustus 2024

Disetujui,

Pembimbing I,



Dhion Khairul Nugraha, S.T., M.T.

NIP. 199003102022031002

Pembimbing II,

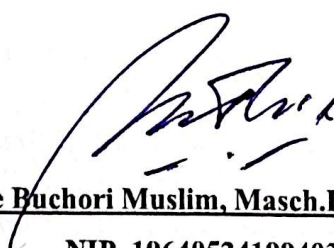


Otto Purnawarman, S.T., M.T.

NIP. 196207101989031004

Disahkan,

Penguji I,



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

NIP. 196405241994031002

Penguji II,



Iwan Harianton, BSME. M.Eng.

NIP. 196405071992011001

Penguji III,



Rani Nopriyanti, S.Si., M.T.

NIP. 199011032022032008

PERNYATAAN ORSINALITAS

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

Nama : Rasyid Bimanto Adi
NIM : 220411020
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Dan Rancang Bangun Sistem Pemanas Mesin
Metal Thermal Evaporator

Menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir ini adalah hasil karya 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 : 6 Agustus 2024
Yang Menyatakan,

Rasyid Bimanto Adi
NIM. 220411020

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL

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

Nama : Rasyid Bimanto Adi
NIM : 220411020
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Dan Rancang Bangun Sistem Pemanas Mesin
Metal Thermal Evaporator

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 yang berlaku.
2. Memberikan kepada Pliteknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif(*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir saya tersebut. Besserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihkan media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasi 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 : 6 Agustus 2024
Yang Menyatakan,

Rasyid Bimanto Adi
NIM. 220411020

ABSTRAK

Kemajuan teknologi memainkan peran krusial dalam sektor pengolahan non-migas di Indonesia, yang mencapai 17,90% dari PDB nasional pada 2021. Salah satu contohnya adalah pengembangan teknologi pelapisan material. Penelitian ini fokus pada pengembangan teknologi lapisan film tipis yang dihasilkan melalui evaporasi material menggunakan mesin *metal thermal evaporator* pada ruang vakum dengan suhu tinggi. Pengendalian suhu dan tekanan vakum adalah kunci untuk memastikan kualitas produk yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini adalah mengatasi masalah sistem pemanas yang belum tersedia serta belum mencapai suhu target dan pengembangan mesin untuk mengatasi kebocoran sistem vakum pada mesin *metal thermal evaporator*. Untuk pengembangan pada sistem vakum, digunakan metode *air leak test* untuk mengetahui titik kebocoran sehingga bisa dilakukan perbaikan. Pada rancang bangun sistem pemanas, digunakan metode VDI 2222 yang terdiri dari beberapa tahapan: merencanakan, mengonsep, merancang, dan penyelesaian. Hasil pengembangan pada sistem vakum yang dilakukan, menunjukkan nilai kevakuman sebesar 70 cmHg atau sekitar 92,11% dengan menggunakan pompa jenis rotary vane yaitu Oerlikon Leybold Vacuum Trivac D 2,5 E. Dari hasil uji coba mesin, hasil lapisan masih belum murni dan masih memiliki kandungan oksigen. Kandungan oksigen yang dihasilkan dari 3 sampel rata-rata menghasilkan kandungan oksigen sebesar 72,16% yang diukur dengan menggunakan mesin energy dispersive spectrometry (EDS) dengan pengambilan tiga kali sampel substrat. Berdasarkan metode rancang bangun sistem pemanas, sumber arus listrik yang digunakan adalah *voltage regulator* yang dipadukan dengan *heater* jenis *tungsten boat*. Hasil analisis yang dilakukan dengan *solidwork* menunjukkan suhu pada permukaan luar *chamber* mencapai suhu 34°C pada suhu evaporasi 660°C dan 65°C pada suhu evaporasi 1400°C.

Kata kunci : Teknologi Pelapisan Material, *Metal Thermal Evaporator*, Lapisan Film Tipis, *Air Leak Test Metode*, VDI 2222.

ABSTRACT

Technological advancements play a crucial role in Indonesia's non-oil and gas processing sector, which accounted for 17.90% of the national GDP in 2021. One example is the development of material coating technology. This research focuses on the development of thin film coating technology produced through material evaporation using a metal thermal evaporator in a high-temperature vacuum chamber. Controlling the temperature and vacuum pressure is key to ensuring the quality of the resulting product. The aim of this research is to address the issues related to the heating system, which is currently unavailable and has not yet reached the target temperature, and to develop the machine to address vacuum system leaks in the metal thermal evaporator. For the development of the vacuum system, an air leak test method was used to identify leakage points, enabling repairs. In the design and development of the heating system, the VDI 2222 method was employed, consisting of several stages: planning, conceptualizing, designing, and finalizing. The results of the vacuum system development showed a vacuum level of 70 cmHg, or approximately 92.11%, using a rotary vane pump, specifically the Oerlikon Leybold Vacuum Trivac D 2.5 E. From the machine trials, the coating results were not yet pure and still contained oxygen. The oxygen content from three samples averaged 72.16%, as measured using energy dispersive spectrometry (EDS) with three substrate samples. Based on the heating system design method, the power source used was a voltage regulator combined with a tungsten boat heater. The analysis results using SolidWorks indicated that the outer chamber surface temperature reached 34°C at an evaporation temperature of 660°C and 65°C at an evaporation temperature of 1400°C.

Keywords : Material Coating Technologi, Metal Thermal Evaporator, Thin Film, Air Leak Test Method, VDI 2222.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kemajuan bidang inovasi memainkan peran krusial pada berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam sektor pengolahan non-migas di Indonesia yang mencapai 17,90% dari PDB nasional pada tahun 2021[1]. Fakta tersebut menunjukkan potensi besar bagi bangsa Indonesia untuk mengembangkan teknologi pengolahan sektor migas, terutama dengan dukungan dari perkembangan industri 4.0 yang mendorong inovasi teknologi di berbagai sektor. Salah satu bidang penelitian yang banyak dilakukan adalah pengembangan teknologi pelapisan material. Dengan berkembangnya teknologi pelapisan material, muncul karakteristik material baru yang sesuai dengan kebutuhan. Perkembangan itu sangat terkait dengan kemajuan teknologi nano dan perangkat canggih lainnya, seperti teknologi lapisan film tipis. Lapisan film tipis merupakan lapisan yang dihasilkan melalui evaporasi sumber material dengan menggunakan mesin *metal thermal evaporator* pada ruang vakum dengan suhu yang tinggi, lapisan tersebut menghasilkan ketebalan dengan skala mikrometer hingga nanometer. Sumber material yang digunakan dapat berupa logam murni, paduan, maupun senyawa logam, hal tersebut dapat mempengaruhi karakteristik dari lapisan yang dihasilkan. Aplikasi utama pada industri semikonduktor dan elektronik. Keunggulan dari teknologi ini mampu menciptakan lapisan dengan sifat seperti mekanik, listrik dan optik serta fleksibilitas dalam pengaplikasiannya[2].

Salah satu cara yang umum dipakai dalam pelapisan film tipis adalah metode Deposisi uap fisik (PVD). Metode ini melibatkan penggunaan mesin yang disebut *Metal Thermal Evaporator* (MTE). *Metal thermal evaporator* (MTE) merupakan mesin yang dapat menghasilkan lapisan film tipis dengan mengubah fase material pelapis menjadi uap melalui proses pemanasan pada ruang vakum. Tekanan vakum yang digunakan merupakan tekanan vakum medium yang berkisar $1 - 10^{-3}$ torr atau vakum tinggi yang berkisar $10^{-4} - 10^{-7}$ torr [3]. Proses tersebut memungkinkan uap dari material tersebut menempel pada substrat dengan

efisiensi. Lapisan yang dihasilkan memiliki keunggulan memberikan lapisan anti gores, lapisan tahan aus, dan lapisan konduktif tanpa mempengaruhi bentuk serta dimensi substrat. Oleh karena itu, pengendalian suhu saat proses pemanasan dan pengaturan tekanan vakum menjadi poin krusial untuk memastikan kualitas produk yang dihasilkan.

Menurut data Kementrian Perindustrian, pada tahun 2018 terdapat 3.465 unit *evaporator* yang diimpor untuk memenuhi pasar, sedangkan produksi dalam negeri hanya menyentuh angka 14,93% dengan produksi 1.044 unit dari kapasitas produksi di Indonesia sebesar 6.993 unit[4]. Insitut Teknologi Bandung (ITB) bersama dengan Polman Bandung berkolaborasi untuk membuat dan mengembangkan *prototype* alat *metal thermal evaporator* berskala laboratorium. Pada penelitian sebelumnya masih terdapat kekurangan pada sistem vakum dan juga sistem pemanas yang dihasilkan belum berjalan sesuai mestinya. Oleh karena itu, beberapa alasan utama untuk melanjutkan penelitian lebih lanjut adalah :

- a) Pada penelitian sebelumnya masih belum terdapat sistem pemanas pada chamber mesin *metal thermal evaporator*.
- b) Pada penelitian sebelumnya, masih terjadi banyak kebocoran pada sistem vakum, yang mengakibatkan ketidakmampuan chamber untuk mencapai kevakuman.

Diharapkan bahwa penelitian ini akan mencapai spesifikasi yang diinginkan untuk sistem pemanas dan sistem vakum, baik dalam perancangan maupun spesifikasi. Melalui penelitian ini, diharapkan sistem pemanas dapat mencapai suhu 1400°C . Selain itu, pada sistem vakum, diharapkan dapat terjadi kevakuman. Dengan demikian penelitian mengenai judul **“Pengembangan Dan Rancang Bangun Sistem Pemanas Metal Thermal Evaporator”** semoga dapat membantu memecahkan masalah pada penelitian sebelumnya.

I.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengujian dan pengembangan untuk mengantisipasi kebocoran pada sistem vakum pada *metal thermal evaporator* sehingga memastikan sistem dalam keadaan vakum?
2. Bagaimana perancangan konfigurasi sistem pemanas pada *metal thermal evaporator*?
3. Bagaimana simulasi rancangan sistem pemanas pada *metal thermal evaporator* terhadap suhu permukaan *chamber*?
4. Bagaimana pengaruh tingkat kevakuman terhadap hasil lapisan yang dihasilkan?

I.3 Ruang Lingkup Kajian

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

1. Pengembangan serta pengujian kebocoran pada sistem vakum mesin *metal thermal evaporator* untuk pelapisan material dengan film tipis.
2. Proses perancangan sistem pemanas pada mesin *metal thermal evaporator* untuk pelapisan material dengan film tipis.
3. Proses pengimplementasian rancangan sistem pemanas pada *metal thermal evaporator* untuk pelapisan material dengan film tipis.
4. Simulasi konfigurasi rancangan sistem pemanas pada *metal thermal evaporator* terhadap suhu permukaan *chamber*.

I.4 Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem vakum serta perancangan sistem pemanas *metal thermal evaporator* pada metode pelapisan *physical vapor deposition* (PVD).
2. Pengembangan pada penelitian kali ini untuk memastikan bahwa sistem vakum pada mesin *metal thermal evaporator* dapat mencapai kondisi vakum.

3. Perancangan sistem pemanas pada mesin *metal thermal evaporator* mengacu pada panduan metode VDI 2222.
4. Pengujian penentuan kebocoran pada sistem vakum mesin *metal thermal evaporator* menggunakan metode *air leak test*.
5. Material pelapis yang digunakan adalah *metal non-ferrous* seperti aluminium, dan material dengan titik leleh lebih rendah dari tembaga.
6. Substrat yang digunakan berupa kepingan kaca preparat dengan ukuran 75 x 25 [mm] dengan diameter ruang vakum Ø168 [mm].
7. Aplikasi yang digunakan untuk melakukan simulasi konfigurasi rancangan sistem pemanas pada *metal thermal evaporator* terhadap suhu permukaan *chamber* adalah solidwork 2020.

I.5 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui pengujian dan pengembangan pada sistem vakum dari mesin *metal thermal evaporator* sehingga sistem dapat terjadi kevakuman.
2. Mengetahui pengaruh tingkat kevakuman terhadap hasil lapisan yang dihasilkan.
3. Mengetahui kontruksi pada sistem pemanas dari mesin *metal thermal evaporator* untuk pelapisan material dengan film tipis.
4. Mengetahui hasil *touch temperature* pada area dinding *chamber* luar pada saat proses evaporasi.

Adapun manfaat dari pengembangan dan pembuatan sistem pemanas mesin *metal thermal evaporator* sebagai berikut:

1. Menambah wawasan pengetahuan mengenai *metal thermal evaporator* khususnya untuk pelapisan film tipis.
2. Mengetahui kontruksi pada komponen *chamber* mesin *metal thermal evaporator* sehingga dapat berfungsi dengan baik.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan 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.