

Perancangan dan Pembuatan *Spin Coater* Motor Servo AC Daya 400 Watt

*Fachrizal Radya Mahendra¹, Sulistyo², Agus Suprihanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin , Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: mahendaradya@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi material lapisan tipis saat ini berkembang dengan baik. Aplikasi lapisan tipis dilakukan diberbagai industri seperti pelapis anti korosi, sel surya, semikonduktor, dan transistor. Lapisan tipis adalah lapisan material dengan ketebalan berkisar dari pecahan nanometer hingga mikrometer. Lapisan tipis merupakan teknik material yang melibatkan pelapisan atau film material yang sangat tipis pada substrat. Lapisan tipis dapat dibuat menggunakan beberapa metode seperti *spin coating*, *dip coating*, dan *spray coating*. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan membuat *spin coater* sederhana, praktis dan murah untuk membuat lapisan tipis. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu merancang *spin coater* menggunakan motor servo ac daya 400 Watt dan melakukan pemilihan konsep desain dengan menggunakan matriks pemilihan. Penelitian ini memiliki 2 konsep alat *spin coater* yang berbeda. Berdasarkan dari beberapa matriks pemilihan konsep yang dipilih pada penelitian ini adalah konsep ke 2. Komponen kontrol pada *spin coater* terdiri dari *Programmable Logic Controller* (PLC), motor servo, dan push button

Kata kunci: lapisan tipis; motor servo; *spin coater*

Abstract

The development of thin layer material technology is currently developing well. Thin layer applications are carried out in various industries such as anti-corrosion coatings, solar cells, semiconductors and transistors. A thin layer is a layer of material with a thickness ranging from fractions of a nanometer to a micrometer. Thin coating is a material technique that involves coating or filming a very thin material on a substrate. Thin layers can be made using several methods such as spin coating, dip coating, and spray coating. This research aims to design and make a simple, practical and cheap spin coater to make thin layers. The method used in this research is designing a spin coater using a 400 Watt AC servo motor and selecting a design concept using a selection matrix. This research has 2 different spin coater tool concepts. Based on the value of the selection matrix, the concept chosen in this research is concept 2. The control component in the spin coater consists of a Programmable Logic Controller (PLC), servo motor, power supply, and push button.

Keywords: servo motor; *spin coater*; thin film

1. Pendahuluan

Penggunaan lapisan tipis sangat beragam dan terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi di bidang material. lapisan tipis dapat diaplikasikan pada beberapa industri seperti pelapis anti korosi, sel surya, semikonduktor, transistor, dan banyak lainnya. Dengan mengontrol sifat dan ketebalan film tipis, memungkinkan untuk pembuatan bahan dengan sifat spesifik yang berguna untuk berbagai aplikasi dalam teknologi moderen [1]. Teknologi film tipis seperti logam dan semikonduktor pada lapisan organik, dapat dibuat menggunakan beberapa metode pengendapan seperti pengendapan uap fisik (*sputtering*), deposisi uap kimia, deposisi lapisan atom, deposisi ablasi laser, deposisi elektrokimia, *spin coating* dan sol-gel [2].

Lapisan tipis yang dihasilkan dengan metode *spin coating* memiliki tingkat kehomogenan yang cukup tinggi. Ketebalan dan kualitas lapisan yang diinginkan dapat dikontrol berdasarkan viskositas atau kekentalan larutan, kandungan material, waktu, dan kecepatan putaran dari alat *spin coater*. Selain itu, metode ini akan menghasilkan lapisan tipis dengan sifat fisik yang berbeda diantara dua daerah yang berbeda, yaitu substrat dan udara [3].

Metode pelapisan *spin coating* adalah salah satu teknik pelapisan bahan material dengan memanfaatkan gaya sentripetal untuk mendeposikan lapisan tipis dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat. Reaksi dari gaya ini menyebabkan fluida yang dideposikan pada substrat akan tersebar ke seluruh permukaan substrat dan membentuk lapisan dengan ketebalan yang merata [4]. Secara umum karakteristik dan ketebalan hasil lapisan ditentukan oleh kecepatan putaran dan kekentalan larutan. Substrat diputar dengan kecepatan konstan tertentu agar diperoleh endapan lapisan tipis di atas substrat. Mesin yang digunakan untuk membentuk lapisan tipis ini disebut *spin coater* [5].

Mesin *spin coater* adalah alat yang digunakan dalam mendepositi lapisan tipis dengan cara memutar susbtrat dengan kecepatan tertentu untuk membuat lapisan tersebut secara merata dan tipis di atas susbtrat. Mesin ini terdiri dari motor dan beberapa rangkaian elektronik yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor serta penampil kecepatan putaran motor. Mesin komersial *spin coater* yang dibuat pabrik harganya relatif mahal yaitu mulai dari USD 2000 sampai USD 5000 [6].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat mesin *spin coater* yang sederhana dan harganya relatif murah. Dengan adanya alat *spin coater* yang praktis dan murah, diharapkan dapat melakukan pengujian pelapisan untuk membuat lapisan tipis. Pengujian ini dapat meningkatkan pemahaman tentang pelapisan material dan mampu diaplikasikan penggunaannya di berbagai bidang.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Komponen

Pada perancangan *spin coater* terdapat beberapa komponen kontrol yang penting dalam proses pembuatannya. Berikut adalah beberapa komponen yang digunakan tersebut.

2.1.1 Programable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) mampu untuk meningkatkan akurasi, fleksibilitas, dan efisiensi operasional *spin coater* [7]. Dalam penelitian ini PLC dengan kapasitas program 32 Kb berfungsi sebagai otak pengendali yang memastikan operasional perangkat dengan presisi. Penggunaan PLC juga memungkinkan pengaturan parameter operasional seperti kecepatan putaran dan durasi *spin* dengan mudah. Selain itu, PLC memungkinkan integrasi logika dan pemrograman untuk proses yang kompleks.



Gambar 1. Programable Logic Controller (PLC)

2.1.2 Motor Servo 400 Watt

Motor servo AC memegang peranan penting dalam *spin coater* dengan memberikan gerakan rotasi yang presisi dan terkontrol [8]. Pada penelitian ini motor servo berfungsi untuk menghasilkan putaran yang halus dan stabil. Motor servo AC memiliki karakteristik khusus, seperti respon yang cepat terhadap perubahan posisi dan kecepatan yang dapat diatur dengan presisi. Pada *spin coater*, motor servo AC menggerakkan pemutar dengan akurasi tinggi, serta memastikan distribusi cairan yang merata pada substrat.



Gambar 2. Motor Servo

2.1.3 Push Button

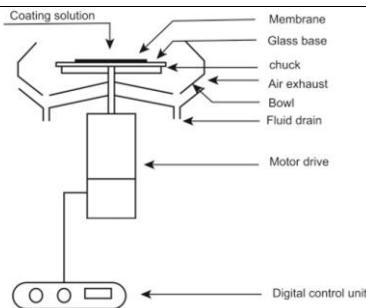
Push Button adalah tombol tekan yang digunakan untuk mengaktifkan atau memutuskan rangkaian listrik ketika diketekan. Dalam penelitian ini *push button* berfungsi sebagai alat untuk menjalankan, menghentikan, dan mereset *spin coater*.



Gambar 3. Push Button

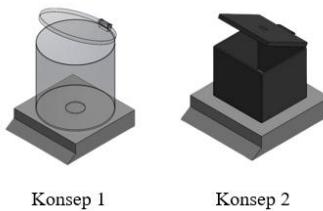
2.2. Konsep Desain

Setiap mesin yang bekerja dengan dimensi skala nano harus dirancang dengan ketelitian yang tinggi. *spin coater* harus bebas dari efek getaran untuk mendapatkan film dengan homogenitas tinggi, berapapun jumlah lapisan pelapisnya. *Spin coater* sendiri dirancang dengan wadah dan ukuran yang disesuaikan dengan kebutuhan. Skema pembuatan *spin coater* dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Skema Pembuatan *Spin Coater* [9]

Dalam penelitian ini, tahap konsep design dilakukan dengan membuat beberapa alternatif yang dapat dijadikan pertimbangan dalam melakukan perancangan *spin coater*. Tahap konsep desain bertujuan untuk menentukan alternatif konsep desain mana yang paling efektif dan efisien dalam perancangan *spin coater* yang akan dibuat. Pada tahap ini konsep desain yang dibuat yaitu ada 2 konsep desain. Kedua konsep tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:



Konsep 1 Konsep 2

Gambar 5. Konsep Desain

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Matriks Keputusan

Berdasarkan konsep desain yang terdapat pada Gambar 5 terdapat 2 alternatif desain yang akan dipilih berdasarkan matriks keputusan bentuk *casing body* atas, matriks keputusan material untuk *casing body* atas, matriks keputusan material untuk *casing body* bawah, dan matriks keputusan material yang akan digunakan untuk pemutar pada *spin coater*. Berikut adalah hasil dari matriks keputusan dari kedua konsep tersebut.

Tabel 1. Matriks Keputusan Bentuk *Casing Body* Atas

Bentuk <i>Casing Body</i> Atas <i>Spin coater</i>					
Pertimbangan	Bobot	Bentuk			
		Kubus		Silinder	
		Skor	Total	Skor	Total
Kemudahan Pembuatan	4	5	20	4	16
Lama Pembuatan	3	4	12	4	12
Estetika	1	4	4	4	4
Total			36		32

Berdasarkan Tabel 1 matriks keputusan *casing body* atas *spin coater* dapat dilihat bahwa nilai tertinggi terdapat pada bentuk kubus dengan nilai 36. Bentuk kubus memiliki nilai kemudahan pembuatan lebih tinggi dari bentuk silinder karena bentuk kubus lebih mudah karena memiliki area permukaan yang lebih kecil dibanding bentuk silinder yang memiliki area permukaan lebih besar jika menggunakan volume yang sama. Kemudahan pembuatan pada bentuk kubus lama pembuatannya lebih cepat dibandingkan dengan bentuk silinder akibat penataan tepi dan penghalusan permukaan pada silinder yang memakan waktu lebih lama karena kompleksitas geometrianya. Kemudian untuk pertimbangan nilai estetika, bentuk balok / kubus lebih memiliki sudut-sudut tegas yang memberikan kekuatan dan kestabilan visual.

Tabel 2. Matriks Keputusan Material *Casing Body* Atas

Material Untuk <i>Casing Body</i> Atas <i>Spin Coater</i>						
Pertimbangan	Bobot	Bahan				
		Kaca		Akrilik		Polimer (PC)
		Skor	Total	Skor	Total	Skor
Ringan	3	5	15	5	15	5
Kekuatan	4	3	12	4	16	5
Transparansi Optik	5	5	25	5	25	4

Estetika	1	4	4	5	5	4	4
Harga	3	2	8	4	12	4	12
Total			64		73		71

Dari Tabel 2 matriks keputusan material yang digunakan pada *casing body* atas *spin coater* dapat dilihat bahwa akrilik merupakan material yang memiliki nilai paling tinggi diantara kaca dan polimer yaitu dengan nilai 73. Material akrilik dan polimer diketahui memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan kaca sehingga dinilai lebih fleksibel. Akrilik memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingan dengan kaca yang mana akrilik memiliki nilai 80 Mpa untuk kekuatan tarik dan 120 Mpa untuk kekuatan lentur, namun polimer memiliki niali lebih tinggi karena sedikit lebih kuat daripada akrilik dan kaca [10]. Nilai transparansi optik akrilik dan kaca tinggi karena memiliki kejernihan yang baik dan unggul dalam transmisi cahaya. Akrilik juga memiliki permukaan halus dan berkilau sehingga membuat nilai estetiknya lebih baik. Harga akrilik umumnya lebih tinggi dibandingkan polimer, tetapi lebih rendah daripada kaca.

Tabel 3. Matriks Keputusan Casing Body Bawah Spin Coater

Pertimbangan	Bobot	Material Untuk Casing Body Bawah Spin Coater							
		Bahan							
		Baja SS400		Alumunium 2024		Stainless Steel 304		Polimer (PC)	
Skor	Total	Skor	Total	Skor	Total	Skor	Total	Skor	Total
Tahan Korosi	3	3	9	4	12	5	15	5	15
Mampu Menahan Getaran	5	5	25	3	15	3	15	1	5
Lama Pembuatan	3	4	12	4	12	4	12	4	12
Estetika	1	4	4	4	4	5	5	5	5
Harga	3	3	9	4	12	2	6	5	15
Total			59		55		53		52

Dari Tabel 3 matriks keputusan material yang digunakan pada pemutar dapat dilihat bahwa baja SS400 merupakan material yang paling memenuhi spesifikasi dengan nilai 59. Ketahanan korosi baja SS400 sedikit lebih rendah karena tidak memiliki lapisan kromium yang melindungi perumkaanya seperti *stainless steel* 304, namun pelapisan menggunakan cat dapat dilakukan untuk melindungi baja SS400 terhadap korosi. Baja SS400 mampu menahan getaran dengan baik karena memiliki kekuatan mekanis, kekakuan, dan ketangguhan yang memungkinkan penyerapan terhadap energi getaran secara efektif tanpa deformasi signifikan [11]. Penilaian pada lama pembuatan baja SS400 memiliki nilai yang baik dilihat dari efisiensi proses produksi kualitas material yang baik. Pada material *stainless steel* 304 dan polimer (PC) sedikit lebih tinggi nilai estetikanya karena tampilan pada permukaan permukaan yang lebih halus, mengkilap, tahan korosi, dan dapat dibentuk serta diwarnai dengan fleksibilitas tinggi. Harga baja SS400 masih lebih tinggi dibandingkan dengan polimer, namun hal tersebut tidak menjadi masalah karena baja SS400 memiliki spesifikasi yang mumpuni untuk pembuatan *casing body* bawah *spin coater*.

Tabel 4. Matriks Keputusan Material Untuk Pemutar

Pertimbangan	Bobot	Material Untuk Pemutar (<i>Spinner</i>)					
		Bahan					
		Baja SS400		Alumunium 2024		Stainless Steel 304	
Skor	Total	Skor	Total	Skor	Total	Skor	Total
Tahan Korosi	3	3	9	4	12	5	15
Ringan	3	3	9	4	12	4	12
Kemudahan Pembuatan	4	4	16	4	16	4	16
Perawatan	2	2	4	3	6	4	8
Harga	3	4	12	4	12	3	9
Total			47		58		60

Dari Tabel 4 matriks keputusan material yang digunakan pada *cassing body* bawah *spin coater* dapat dilihat bahwa *stainless steel* 304 memenuhi standar spesifikasi dengan memperoleh nilai 60. Ketahanan korosi *stainless steel* 304 merupakan material yang paling baik yang dapat menahan korosi dibanding kedua material yang lain karena stainless steel 304 memiliki lapisan oksida kromium yang melindungi pada permukaan logamnya. *stainless steel* 304 memiliki densitas sekitar 7.93 g/cm³ yang membuat *stainless steel* 304 dinilai tidak terlalu ringan dan tidak terlalu berat untuk pemutar *spin coater*. *Stainless steel* 304 lebih mudah dibuat dibandingkan dengan baja SS400 dan aluminium 204 karena memiliki sifat yang memudahkan proses fabrikasi, seperti kekuatan yang baik, kemampuan pembentukan yang baik, dan ketangguhan yang tinggi, serta dapat diolah dengan berbagai metode seperti pemotongan, pembentukan, dan pengelasan dengan relatif mudah [12]. Ketahanan korosi dan oksidasi yang tinggi membuat stainleess steel 304 hanya memerlukan

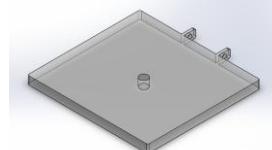
sedikit perawatan, perumkaan yang halus dan tidak reaktif juga memudahkan *stainless steel* 304 untuk dibersihkan. Harga dari *stainless steel* 304 memang lebih mahal namun kemudahan perawatan serta pertimbangan dari densitasnya memenuhi untuk pembuatan *spinner spin coater*.

3.2. Hasil desain akhir

Spin coater membutuhkan beberapa komponen seperti *casing* dan pemutar untuk menjalankan fungsinya secara maksimal. Berikut adalah penjelasan lebih detail mengenai komponen pendukung *spin coater*.

3.3.1 Tutup Casing Body Atas

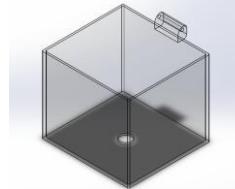
Tutup *casing body* atas *spin coater* pada didesain dengan menggunakan engsel untuk memudahkan melakukan pelapisan material. Tutup ini terbuat dari akrilik dan berfungsi sebagai media untuk melakukan aktifitas pelapisan, pergantian komponen pemutar, dan pembersihan pada dinding akrilik. Desain tutup *casing body* bawah dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Tutup Casing Body Atas

3.3.2 Casing Body Atas

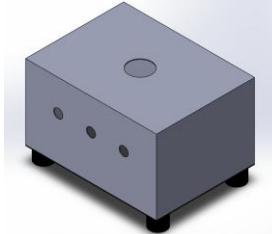
Casing body atas *spin coater* digunakan untuk menutup bagian pemutar (*spinner*) agar cairan untuk pelapisan material tipis nantinya tidak tersemprot keluar dari *spin coater* serta melindungi jika terdapat bahaya pada gaya sentripetal yang dihasilkan pemutar atau spesimen yang dijepit. Desain *casing body* atas dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Casing Body Atas

3.3.3 Casing Body Bawah

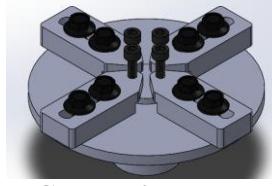
Casing body bawah *spin coater* digunakan untuk melindungi komponen mesin seperti PLC, servo, dan *push button*. *Casing* dipasangi *ruber foot* untuk menahan getaran saat *spin coater* dijalankan. Desain *casing body* bawah dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Casing Body Bawah

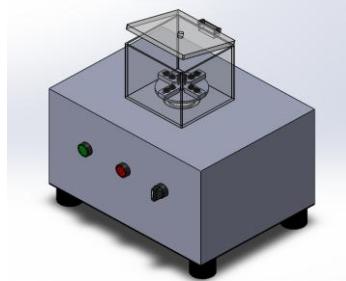
3.3.4 Pemutar

Pemutar digunakan untuk meletakkan spesimen agar tidak terpental dan dapat menahan spesimen terus berada pada sisi center saat pelapisan material. Pemutar ini dilengkapi 4 pencengkam yang dapat diatur penempatanya pada arah horizontal. Konsep desain pemutar dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Pemutar

Setelah semua komponen-komponen yang dibutuhkan oleh *spin coater* tersedia, langkah selanjutnya adalah pembuatan dan perakitan *spin coater*. Proses perakitan dilakukan dengan menggunakan software solidworks 2020. Assembly final *spin coater* dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Hasil *Assembly* Konsep Desain *Spin Coater*

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan judul “Perancangan dan Pembuatan *Spin Coater* Motor Servo AC Daya 400 Watt” diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Terdapat 2 konsep *spin coater* pada penelitian ini. Dari kedua konsep tersebut dilakukan pemilihan dengan menggunakan 4 matriks keputusan. Hasil matriks keputusan tersebut berupa bentuk kubus untuk *casing body* atas, material akrilik sebagai bahan utama untuk pembuatan *casing body* atas, material plat baja SS400 sebagai bahan utama untuk pembuatan *casing body* bawah, dan material *stainless steel* 304 sebagai bahan utama pembuatan pemutar. Dari beberapa hasil matriks keputusan tersebut menunjukkan bahwa konsep 2 yang dipilih serta dikembangkan desainnya karena memiliki kesesuaian lebih tinggi dibanding konsep 1 untuk menjadi acuan pembuatan *spin coater*.
2. Dari konsep 2 yang telah dipilih dan dibuat detail desainnya maka proses dilanjutkan ke tahap pembuatan. Dari tahap ini dihasilkan pembuatan *casing body* atas *spin coater*, *casing body* bawah *spin coater*, dan pemutar *spin coater*. *Casing body* bawah dibuat sebagai tempat untuk meletakan komponen kontrol *spin coater* seperti *Programable Logic Controller* (PLC), motor servo, dan *push button*.

5. Daftar Pustaka

- [1] Ramanujam J, Bishop DM, Todorov TK, Gunawan O, Rath J, Nekovei R, et al. Flexible CIGS, CdTe and a-Si:H based thin film solar cells: A review. *Prog Mater Sci*. 2020;110(October 2019):1–20.
- [2] Zafer G, Mürsel A, Cengiz A, M Cüneyt H. Design and Construction of Home-Made Spin Coater for OLED Production. *Int J Electron Device Phys*. 2021;5(1).
- [3] Yuliantono FD, Rosita AM, Asrori MZ. Analisa dan Fabrikasi Lapisan Tipis TiO₂ dengan Metode Spin Coating. 2023;(March).
- [4] Labanie A. Rancang Bangun Spin Coater Terkendali Kecepatan Putar dan Waktu Berbasis Microcontroller. Skripsi. 2011;
- [5] Hamid N, Mansur A. Penalaan Parameter PID dengan Metode Ziegler-Nichols untuk Optimasi Kontrol Kecepatan Motor pada Alat Spin Coater. *Pros Semin Nas Tek Elektro dan Inform*. 2021;(September):315–9.
- [6] Firmansyah. Perancangan Spin Coater Menggunakan Motor Dc Brushless. 2021;7(1):1–11.
- [7] Ardianto R, Arifin B, Budisusila EN. Rancang Bangun Sistem Pengisian dan Penutup Botol Otomatis Berdasarkan Tinggi Botol Berbasis Programmable Logic Controller. *JTEV (Jurnal Tek Elektro dan Vokasional)*. 2021;7(1):114.
- [8] Yufrida AA, Rahayu LP, Syahbana DF. Implementasi Kontrol Torsi Motor Servo Menggunakan Metode PI pada Sistem Automatic Pallet Dispenser. *J Tek ITS*. 2021;10(2).
- [9] Basile A, Annesini M, Piemonte V, Charcosset C. Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes: Membrane Applications in Artificial Organs and Tissue Engineering, Elsevier. 2019.
- [10] Nugraha N, Marwan RAR, Saputra WA. Pembuatan Pisau Dan Pengujian Mesin Pencacah Limbah Akrilik Tipe Crusher 9 Pisau. *Fti [Internet]*. 2022;X(X):1–11. Available from: <https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/fti/article/view/973%0Ahttps://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/fti/article/download/973/949>
- [11] Perdana S, Budiarto U, Wibawa A, Santosa B. Pengaruh Variasi Waktu Penahanan (Holding Time) pada Perlakuan Panas Normalizing Setelah Pengelasan Submerged Arc Welding (SAW) pada Baja SS400 terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Mikrografi. *Tek Perkapalan [Internet]*. 2020;8(1):21–30. Available from: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/download/25259/24109>
- [12] Gao D, Li C, Zhang C, Yang B, Lin T, Chen L, et al. Microstructure and wettability of the micro-laminated Ti6Al4V/304 stainless steel composite fabricated by diffusion bonding. *J Mater Res Technol [Internet]*. 2023;27(November):3788–96. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.10.219>