

Studi Pengembangan Pembuatan *Spin Coater* Untuk Penumbuhan Material *Aldrich* Lapisan Tipis

Dana Laksono^[1], Toto Winata^[2], Deska Lismawenning P^[3], Mahardika Yoga^[4]

^[1]Mahasiswa Program Studi Fisika Institut Teknologi Sumatera
^[2,3,4]Dosen Program Studi Fisika Institut Teknologi Sumatera

Program Studi Fisika, Jurusan Sains, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan
Jalan Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan 35365

^[1]danalaksono2@gmail.com, ^[2]toto@fi.itb.ac.id, ^[3]dldeskalisma@gmail.com, ^[4]mahardika.yoga@itera.ac.id

Abstrak

Penelitian tugas akhir ini berfokus pada studi pengembangan pembuatan *spin coater* yang digunakan untuk menumbuhkan material lapisan tipis. *Spin coater* dibuat dari rangkaian catu daya DC linier dengan nilai tegangan keluaran variabel menggunakan IC LM317T sebagai peregulator untuk menggerakkan motor DC tipe fan merk NIHON. Nilai tegangan keluaran dari catu daya diukur dan ditampilkan oleh avometer dengan modul DSN VC-288. *Spin coater* yang telah dibuat kemudian diidentifikasi kinerjanya berdasarkan kestabilan dan kecepatan putaran *spinner* serta dengan menumbuhkan larutan TiO₂ merk Aldrich diatas permukaan substrat kaca preparat yang kemudian dilakukan pengukuran ketebalan lapisan tipis yang dihasilkan. Hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan bahwa alat *spin coater* yang telah dibuat dapat menghasilkan kecepatan putaran maksimum dalam keadaan yang stabil selama dua menit pengukuran hingga 3478 rpm pada tegangan masukan sebesar 24 VDC. Ketebalan lapisan tipis TiO₂ yang telah ditumbuhkan menurun seiring bertambahnya tegangan masukan yang diberikan dimana nilainya berturut-turut adalah 585.25 μm, 447.82 μm dan 380.19 μm pada tegangan masukan 12 volt, 15 volt dan 18 volt.

Kata Kunci: Material lapisan tipis, Rangkaian catu daya, *Spin coater*, TiO₂.

Abstract

This final project research focuses on the development study of the *spin coater* making which is used to grow thin film material. *Spin coater* is made from a linear DC power supply circuit with a variable output voltage value using IC LM317T as a regulator to drive a DC motor the fan type of NIHON brand. The output voltage value of the power supply is measured and displayed by the avometer with the VC-288 DSN module. The *spin coater* that has been made is then identified based on the stability and *spinner* rotation speed and by grow the Aldrich brand TiO₂ solution on the surface of the preparat glass substrate which is then measured the thickness of the thin film produced. The test results in this study indicate that the *spin coater* that has been made can produce a maximum rotation speed in a stable state for two minutes of measurement up to 3478 rpm at an input voltage of 24 VDC. The thickness of the TiO₂ thin film that grow decreases with increasing input voltage given where the respectively values are 585.25 μm, 447.82 μm and 380.19 μm at 12 volt, 15 volt and 18 volt.

Keywords: Power supply circuit, *Spin coater*, Thin film material, TiO₂.

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam bidang material berhubungan erat terhadap pengembangan pada divais optoelektronik

maupun elektronik. Material lapisan tipis telah banyak diaplikasikan dalam berbagai disiplin ilmu, seperti dalam bidang mekanika, optik, elektronika dan industri [1]. Material lapisan tipis merupakan suatu material yang memiliki ketebalan dalam orde mikrometer hingga nanometer [2,3]. Diantara beberapa

metode yang telah ada, metode pelapisan menggunakan metode *spin coating* merupakan metode yang cukup sederhana dan prosesnya cepat dalam menumbuhkan material lapisan tipis [4]. Alat *spin coater* yang digunakan dalam metode ini memiliki komponen-komponen listrik yang sederhana dan murah. Tetapi hal ini tidak bersesuaian dengan harga alat *spin coater* dipasaran yang terbilang cukup mahal [4].

Berdasarkan hal tersebut dan mengingat pentingnya peralatan ini dalam penelitian kelompok keahlian bidang fisika material serta mempertimbangkan belum tersedia alat *spin coater* di dalam Laboratorium Fisika Institut Teknologi Sumatera, maka dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan pembuatan alat *spin coater* sederhana dan relatif murah secara mandiri. Alat *spin coater* yang akan dibuat dalam penelitian tugas akhir ini menggunakan rangkaian catu daya DC linier dengan nilai tegangan keluaran yang bervariasi sebagai penyedia arus dan tegangan listrik untuk menggerakkan motor listrik DC. Nilai tegangan keluaran diukur dan ditampilkan menggunakan avometer dengan modul DSN VC-288. Alat *spin coater* yang akan dibuat ini diharapkan memiliki kecepatan putaran hingga 3000 rpm dengan tingkat kestabilan putaran yang tinggi dalam durasi tertentu dan dapat digunakan untuk menumbuhkan material lapisan tipis TiO₂ merk *Aldrich* pada permukaan substrat kaca preparat.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- 1) Membuat alat *spin coater* yang dapat digunakan untuk menumbuhkan material lapisan tipis TiO₂ merk *Aldrich* dengan ketebalan yang seragam dalam orde antara mikrometer hingga nanometer pada permukaan substrat kaca preparat
- 2) Mengidentifikasi kinerja dari alat *spin coater* yang telah dibuat berdasarkan kestabilan masukan yang berasal dari keluaran catu daya DC linier dengan nilai yang bervariasi, kestabilan dan kecepatan putaran alat *spin coater* serta ketebalan material lapisan tipis TiO₂ merk *Aldrich* yang ditumbuhkan pada permukaan substrat kaca preparat dalam orde mikrometer hingga nanometer.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Lapisan Tipis

Material lapisan tipis merupakan material yang memiliki ketebalan dalam orde mikrometer hingga nanometer. Secara umum lapisan tipis terbagi menjadi dua daerah utama yaitu lapisan tipis pada daerah bebas dan daerah substrat [2,3]. Dalam penumbuhannya, suhu operasi dan proses deposisi menjadi parameter yang berpengaruh terhadap karakteristik dan ketebalan lapisan tipis yang ditumbuhkan [5]. Penumbuhan lapisan tipis dengan metode *spin coating* merupakan salah satu metode yang sederhana untuk dilakukan terutama untuk bahan material yang berbentuk larutan [4].

2.2 Metode *Spin Coating*

Metode *spin coating* digunakan untuk mendeposisikan lapisan tipis dengan cara

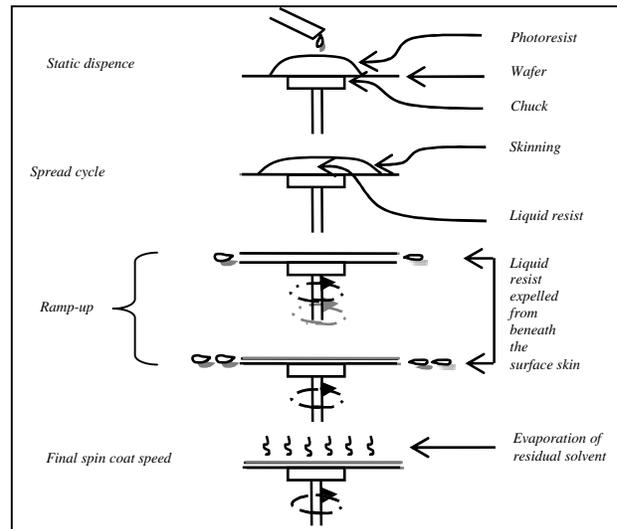
meneteskan material dalam bentuk larutan ke pusat-atas permukaan substrat yang tersimpan diatas piringan yang dapat berputar baik secara manual ataupun dengan bantuan robot. Larutan dapat tertarik ke pinggir substrat dan tersebar merata dengan memanfaatkan gaya sentripetal yang muncul ketika substrat diputar dengan laju putaran tinggi. Ketika alat *spin coater* berada pada laju putaran yang konstan, sebagian larutan yang berlebih akan menuju tepi substrat dan akan terlepas dari substrat sehingga lapisan larutan pada substrat akan semakin menipis [6,7].

Konsep gerak dalam metode *spin coating* merupakan konsep gerak melingkar. Pada saat suatu objek bergerak secara melingkar, terdapat gaya sentripetal dan gaya khayal sentrifugal pada arah horizontal. Sedangkan pada arah vertikal terdapat gaya berat yang akan menghasilkan gaya gesek antara substrat dengan larutan yang dapat muncul ketika terjadi percepatan putaran pada alat *spin coater*, dimana arah gaya gesek searah dengan perputaran larutan yang sedang mengalami proses *spin coating*. Pada metode *spin coating*, gaya gesek merupakan gaya sekunder yang nilai dan pengaruhnya dapat diabaikan [2]. Besarnya gaya sentripetal yang muncul pada proses *spin coating* akan ditentukan oleh laju rotasi dari putaran *spinner* sesuai dengan persamaan berikut [8]:

$$F_{sp} = m\omega^2 r \quad (2.1)$$

Dimana F_{sp} adalah gaya sentripetal, m adalah massa, ω adalah laju angular dan r adalah jarak yang diukur dari pusat piringan secara radial kearah luar.

Metode *spin coating* dibagi menjadi empat tahapan yaitu tahap deposisi atau pengendapan, *spin-up*, *spin-off* dan evaporasi atau penguapan pelarut [9,10]. **Gambar 2.1** menunjukkan skema tahapan pada metode *spin coating*.



Gambar 2.1 Skema tahapan metode *spin coating* [11]

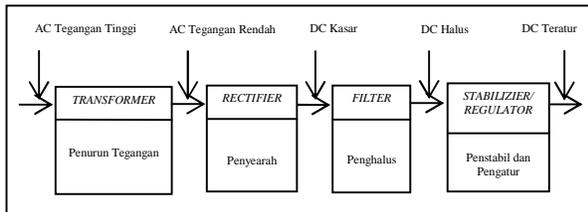
Ketebalan dan kualitas lapisan tipis yang dihasilkan bergantung pada beberapa parameter seperti komposisi material, viskositas material, durasi putaran, laju putaran, dan kestabilan putaran alat *spin coater* [1,3].

2.3 Catu Daya (*Power Supply*)

Catu daya merupakan perangkat elektronika yang memiliki fungsi sebagai sumber penyedia daya listrik atau energi dalam suatu rangkaian listrik atau perangkat lain [12]. Berdasarkan teknik regulasi, terdapat dua jenis catu daya distabilkan atau catu daya DC yaitu dengan regulasi pensaklaran (*switching*) dan dengan regulasi linier [13]. Pada catu daya DC dengan regulasi linier, masukan berupa tegangan tinggi AC diturunkan menjadi tegangan AC yang lebih rendah

dengan bantuan transformer yang kemudian disearahkan oleh rangkaian penyearah untuk menghasilkan tegangan keluaran DC. Catu daya DC linier dapat menghasilkan tegangan keluaran DC yang bervariasi antara 0-60V dengan arus listrik antara 0-10A [14].

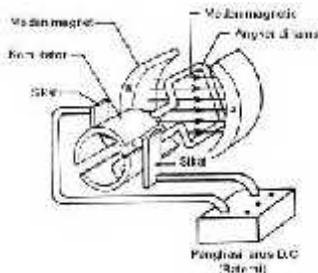
Catu daya DC linier memiliki empat bagian utama untuk menghasilkan keluaran yang stabil yaitu transformer, penyearah, penyaring, dan penstabil atau pengatur [13]. Diagram blok dari sebuah catu daya DC linier dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Diagram blok catu daya DC linier [15]

2.4 Motor *Direct Current* (DC)

Motor DC merupakan perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik searah pada kumparan menjadi energi mekanik [6].



Gambar 2.3 Bagan sederhana motor DC [6]

Kumparan medan pada motor DC disebut *stator* (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut *rotor* (bagian yang berputar). Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan

yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen [6].

2.5 Sensor

Sensor merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik seperti tegangan, arus dan lainnya. Pada perhitungan nilai kecepatan putaran, sensor yang dapat digunakan diantaranya adalah *optocoupler*, *photodiode* dan *encoder*. Masing-masing komponen memiliki kelebihan dan kekurangan dilihat dari sisi ketepatan, ketelitian, ataupun ekonomi [16].

2.6 Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium dioksida (TiO₂) merupakan bahan semikonduktor yang dapat menghantarkan listrik, memiliki sifat logam yang kuat, ringan, sifat optik yang baik dan memiliki kerapatan yang rendah. Pada umumnya, TiO₂ memiliki tiga fasa yaitu *rutile* (tetragonal), *anatase* (tetragonal) dan *brookite* (orthorombik) [10]. TiO₂ merupakan suatu bahan semikonduktor yang keberadaannya melimpah di bumi, harganya relatif murah dan tidak menimbulkan efek yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan [17].

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini mulai dilaksanakan pada bulan Januari 2018 dan bertempat di Laboratorium Program Studi Fisika dan Kimia Institut Teknologi Sumatera.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian tugas akhir ini adalah penelitian eksperimental yang meliputi perancangan, pembuatan, pengujian serta analisis data hasil pengujian dengan bidang kajian Fisika Instrumentasi dan Fisika Material.

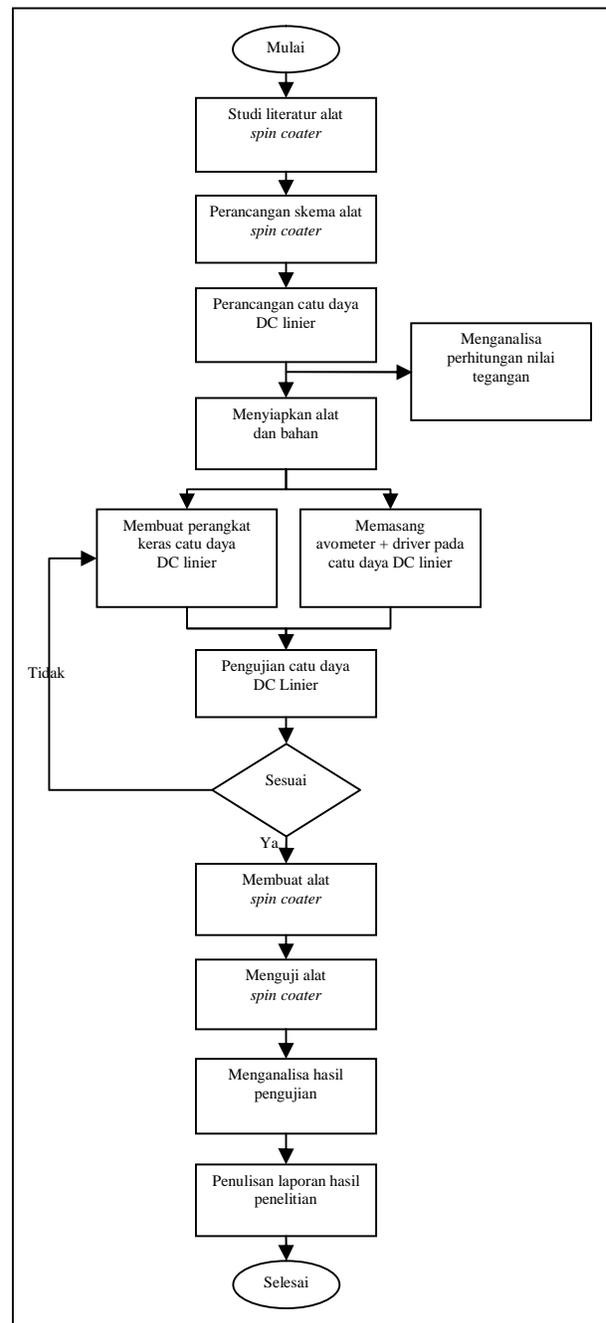
3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah multimeter digital, solder, penyedot timah, laptop, gunting, neraca digital, *magnetic stirrer*, *handphone*, *oven*, tachometer “DT-2334C+”, peralatan mekanik, peralatan kimia dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah komponen catu daya DC linier, piringan aluminium, timah solder “Paragon”, *aquades*, serbuk TiO_2 “Aldrich”, *ethanol* 96%, papan *triplex*, plat besi, masker, sarung tangan karet, kabel penghubung, substrat kaca preparat (*microscope slide cat no. 7105*), PCB (*Printed Circuit Board*), *heatsink*, skrup, baut, mur, wadah *CD room*, *double tape*, lakban hitam, *aluminium foil*, motor DC tipe *fan*, avometer disertai *driver* “DSN-VC288”.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dalam enam tahapan penelitian yaitu perancangan skema alat *spin coater*, perancangan catu daya, pembuatan catu daya, pengujian catu daya, pembuatan alat *spin coater* serta pengujian alat *spin coater* yang diperlihatkan pada diagram alir yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.1**.

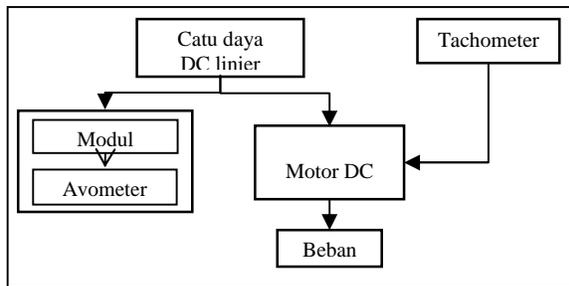


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.4.1 Perancangan skema alat *spin coater*

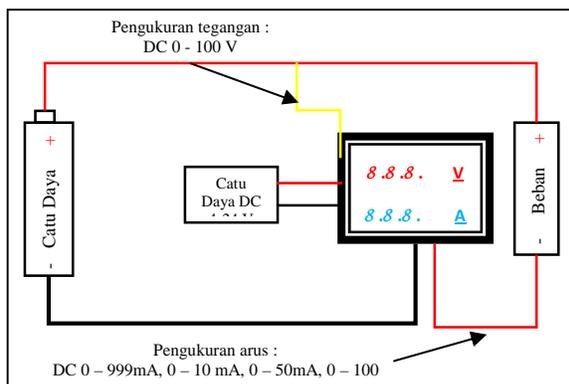
Pada tahap ini dilakukan perancangan bagian utama penyusun alat *spin coater* yaitu catu daya DC linier, avometer dan

motor DC dalam bentuk diagram blok yang diperlihatkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Diagram blok alat *spin coater*

Tachometer model DT 2334C+ digunakan untuk mengukur kecepatan putaran *spinner*. Motor DC yang digunakan merupakan motor DC tipe *fan* merk “NIHON”. Tegangan keluaran variabel dari catu daya diukur dan ditampilkan menggunakan avometer yang dilengkapi dengan *driver* tipe “DSN-VC288”. Skema pemasangan avometer dengan perangkat keras catu daya DC linier ditunjukkan pada **Gambar 3.3** [18].

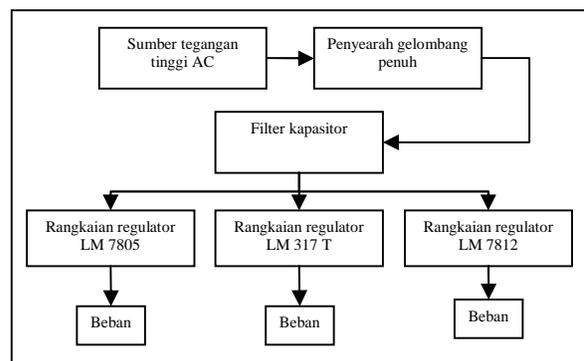


Gambar 3.3 Skema pemasangan avometer dengan modul DSN-VC288 [18]

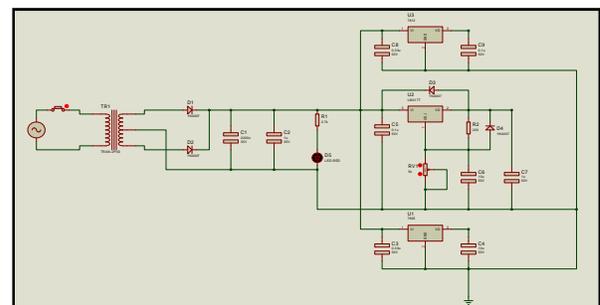
3.4.2 Perancangan catu daya DC linier

Pembuatan alat *spin coater* pada penelitian tugas akhir ini menggunakan catu daya dengan tiga buah tegangan keluaran yaitu tegangan keluaran tetap +5 VDC dan +12 VDC serta tegangan

keluaran variabel 0-30 VDC. Keluaran tetap +5 VDC digunakan sebagai masukan pada *driver* avometer. Sedangkan keluar variabel 0-30 VDC digunakan sebagai masukan untuk menggerakkan motor DC. Skema catu daya dirancang menggunakan *software* Proteus 8 Professional. **Gambar 3.4** dan **Gambar 3.5** memperlihatkan rancangan catu daya yang akan dibuat pada penelitian tugas akhir ini.



Gambar 3.4 Diagram blok catu daya DC linier



Gambar 3.5 Skema rangkaian catu daya DC linier

Komponen rangkaian catu daya DC linier yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

R1.....2.7 K /0.25 Watt	D1, 2, 3, 4.....1N4007
R2.....20 /0.5 Watt	D5.....LED Merah
C1.....1000 µF/35V	U1.....LM 7805 F
C2, 7.....1 µF/35V	U2.....LM 317T
C3, 8.....0.33 µF/50V	U3.....LM 7812A
C4, 6.....10 µF/50V	RV.....B5K
C5, 9.....0.1 µF/50V	TR1.....CT 3A

3.4.3 Pembuatan catu daya DC linier

Pada tahap ini dilakukan pembuatan perangkat keras catu daya DC linier diatas papan PCB (*Printed Circuit Board*) seperti skema yang diperlihatkan pada **Gambar 3.5**.

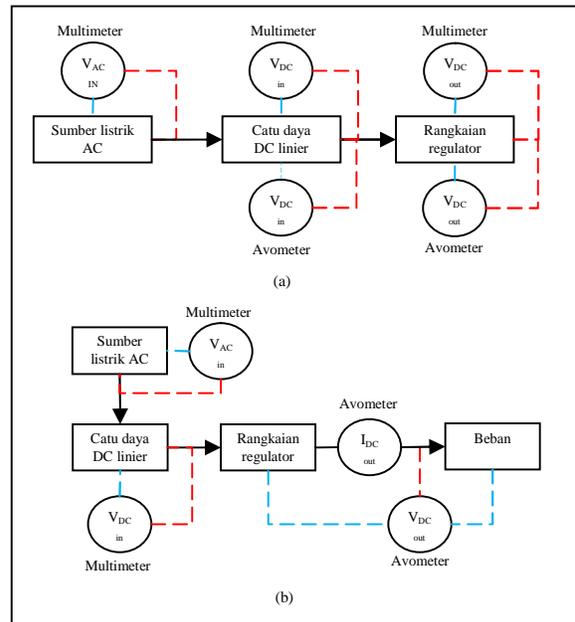
3.4.4 Pengujian catu daya DC linier

Pengujian kestabilan pada tiap nilai tegangan keluaran dari catu daya DC linier yang telah dibuat ketika catu daya tidak diberi beban dan diberi beban. Pengujian dengan tidak diberi beban dilakukan dengan cara mengukur nilai tiap tegangan keluaran sebanyak sepuluh kali pengulangan selama lima jam. Data pengukuran diambil dalam setiap interval 30 menit seperti penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya [19].

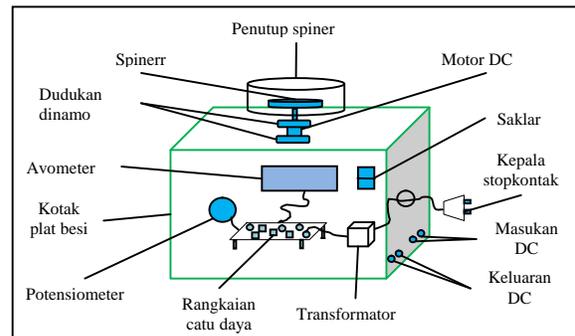
Pengujian dengan diberikan beban dilakukan dengan cara menghubungkan secara seri rangkaian catu daya dengan beban berupa motor DC *fan* yang akan digunakan sebagai pemutar *spinner* pada alat *spin coater* yang akan dibuat pada penelitian tugas akhir ini. Pengujian dengan diberikan beban dilakukan dengan sekali pengukuran untuk tiap nilai tegangan keluaran. Data pengukuran pengujian diambil setelah rangkaian catu daya terbebani selama sepuluh menit. Skema pengujian nilai tegangan keluaran pada catu daya DC linier diperlihatkan pada **Gambar 3.6**.

3.4.5 Pembuatan alat *spin coater*

Pembuatan alat *spin coater* secara menyeluruh diperlihatkan pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.6 Skema pengujian nilai tegangan keluaran pada catu daya yang telah dibuat
(a) Tanpa beban (b) Dengan beban



Gambar 3.7 Skema alat *spin coater* yang akan dibuat

3.4.6 Pengujian alat *spin coater*

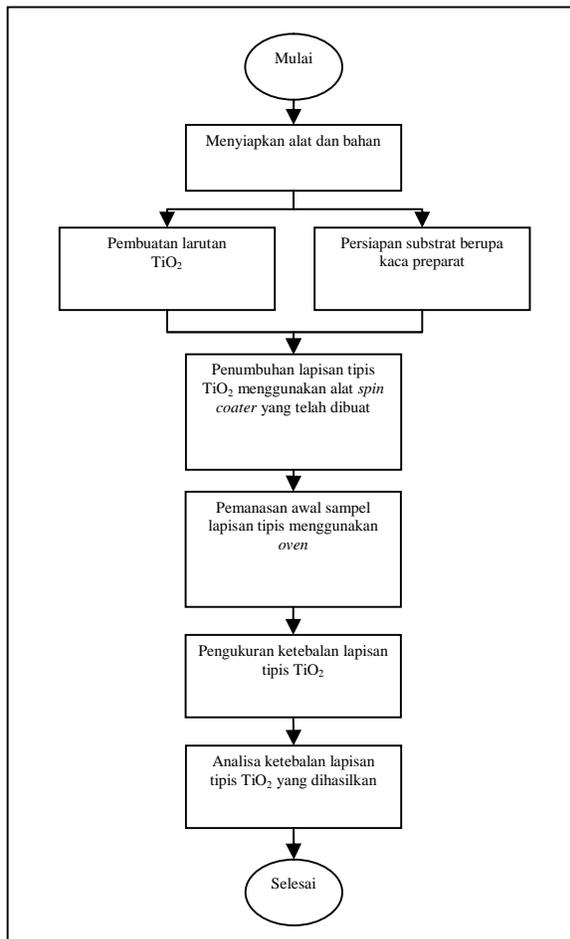
- 1) Pengaruh tegangan masukan terhadap nilai kecepatan putaran

Pada pengujian ini, alat *spin coater* dijalankan dengan variasi nilai tegangan masukan 3-24 VDC dengan durasi dua menit untuk tiap nilai tegangan masukan. Sehingga diperoleh perbandingan nilai kecepatan putaran terhadap variasi tegangan masukan yang diberikan. Dapat diketahui pula kestabilan kecepatan

putaran untuk tiap nilai tegangan masukan.

2) Penumbuhan material lapisan tipis TiO₂

Penumbuhan material lapisan tipis TiO₂ terdiri dari beberapa tahapan seperti yang tunjukkan pada **Gambar 3.8**.



Gambar 3.8 Tahapan penumbuhan material lapisan tipis TiO₂ dengan alat *spin coater* yang telah dibuat

Pembuatan larutan TiO₂ menggunakan metode *sol-gel* dimana serbuk TiO₂ merk *Aldrich* sebanyak 3.5 gram dicampur dengan *ethanol* 96% sebanyak 15 ml dalam *beaker glass* dan ditutup menggunakan *aluminium foil* untuk

menghindari kontaminasi material lain dan mengurangi penguapan pada saat dilakukan pengadukan. Campuran tersebut kemudian diletakkan di atas *stirrerplate* dan diaduk rata dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama satu jam dengan laju putaran 350 rpm pada suhu ruang. Larutan yang terbentuk didiamkan selama 24 jam agar mengalami penuaan (*aging*) sehingga didapatkan kondisi optimal dari larutan sebelum dideposisikan pada substrat. Substrat yang digunakan berupa kaca preparat. Persiapan substrat berupa pembersihan untuk menghilangkan kotoran atau debu pada permukaan substrat menggunakan *aquades* dan *ethanol* 96% dan kemudian dikeringkan menggunakan *tissue* [20].

Proses penumbuhan diawali dengan meletakkan substrat preparat di bagian atas *spinner* dengan bantuan *double tape* agar posisinya tidak berpindah-pindah. Larutan TiO₂ kemudian dideposisikan pada substrat dengan cara meneteskan larutan menggunakan pipet tetes sebanyak tiga tetes di pusat permukaan substrat. Kemudian substrat diputar menggunakan alat *spin coater* selama dua menit dan setelah selesai sampel didiamkan selama sepuluh menit [20]. Proses ini dilakukan sebanyak tiga kali dengan tiga buah sampel dengan variasi nilai tegangan masukan tiap sampel sebesar 12 volt (2714.54 rpm), 15 volt (2909.02 rpm) dan 18 volt (3210.49 rpm).

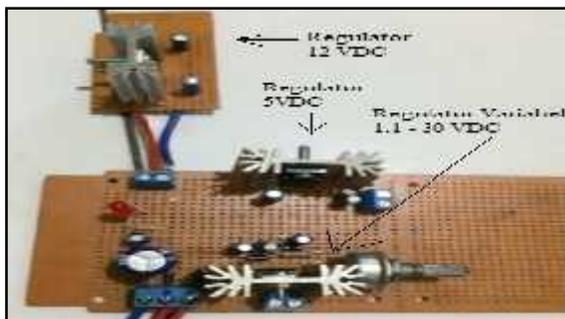
Selanjutnya dilakukan pemanasan awal (*pre-annealing*) menggunakan oven pada ketiga sampel TiO₂ yang telah terdeposisi pada substrat dengan suhu 120°C selama 60 menit. Hal ini dimaksudkan agar molekul oksida saling mengikat sempurna dan molekul pelarut seperti *ethanol* dapat menguap. Setelah selesai, dilakukan

pengukuran ketebalan lapisan pada ketiga sampel. Penampang lintang ketiga sampel tersebut difoto menggunakan kamera *handphone* dan dilakukan perhitungan ketebalan lapisan tipis yang terbentuk dengan bantuan *software Adobe Photoshop CS 4* dan selanjutnya dianalisa kehomogenitasan ketebalan yang dihasilkan dengan variasi nilai tegangan masukan yang diberikan.

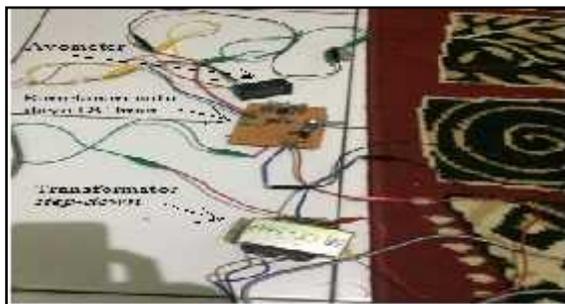
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan Catu Daya DC Linier

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat perangkat keras catu daya DC linier dengan tiga buah tegangan keluaran yaitu tegangan keluaran tetap +5 dan +12 volt dan tegangan keluaran variabel +1.1-30 volt yang dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Catu daya yang telah berhasil dibuat



Gambar 4.2 Rangkaian catu daya DC linier yang telah terhubung dengan avometer

Perangkat keras tersebut kemudian dihubungkan dengan avometer seperti skema yang ditunjukkan pada **Gambar 3.3** yang dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.

4.2 Hasil Pengujian Kestabilan Tegangan Keluaran Catu Daya DC Linier

Data hasil pengukuran kestabilan tegangan keluaran catu daya tanpa diberikan beban diperlihatkan pada **Tabel 4.1**. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dilihat bahwa nilai tegangan keluaran pada catu daya yang telah dibuat sebesar +1.1-30 volt. Nilai tegangan keluaran maksimum yang didapatkan dari hasil pengukuran ini sesuai dengan perhitungan secara teoritis menggunakan **Persamaan 4.1**.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian nilai tegangan keluaran tanpa beban pada catu daya DC linier yang telah dibuat

Pengukuran	Tegangan keluaran rata-rata (volt)		Kesalahan mutlak	% Kesalahan
	Multimeter	Avometer		
1	1.101	1.1	0.001	0.091
2	8.004	8.0	0.004	0.050
3	16.015	16	0.015	0.094
4	24.010	24	0.010	0.042
5	30.010	30	0.010	0.033

$$V_o = V_{ref} \times \left(1 + \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \right) + i_{adj} \cdot R_2 \quad (4.1)$$

$$V_o = 1.25 \times \left(1 + \left(\frac{5000}{220} \right) \right) + 10^{-4} \times 5000$$

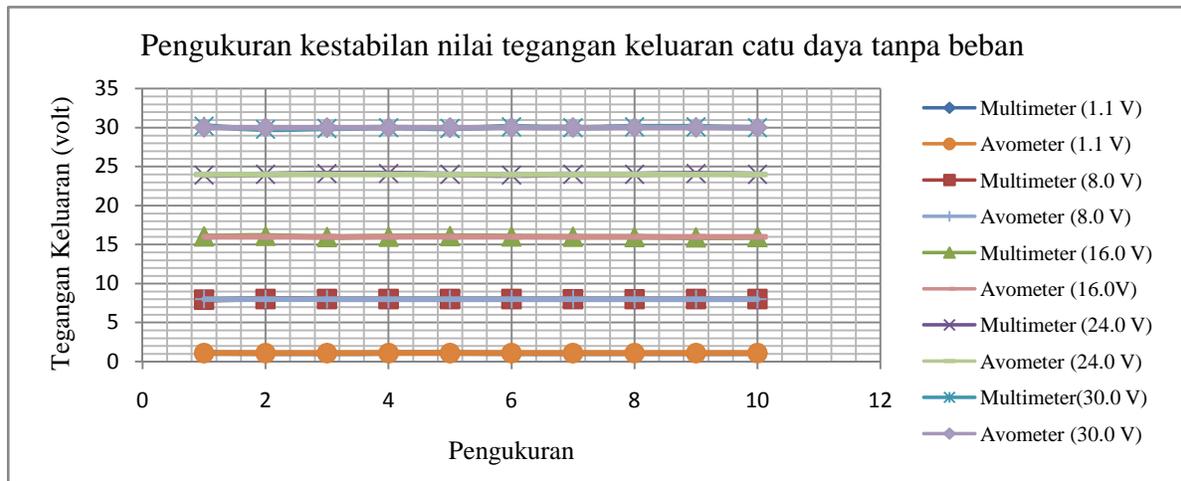
$$= 30.16 \text{ VDC}$$

Nilai tegangan keluaran minimum dapat diturunkan menjadi 0 volt dengan menghubungkan rangkaian dengan sumber tegangan negatif yang nilainya mendekati nilai tegangan referensi (V_{ref}) [21]. Terdapat perbedaan nilai tegangan keluaran yang diukur menggunakan multimeter dan avometer dalam orde milivolt. Hal tersebut dipengaruhi oleh

kurang tepatnya peletakan *probe* multimeter dan terdapat rugi-rugi yang timbul karena persambungan antar tiap komponen, serta kesalahan pembacaan pada *driver* avometer.

Perbedaan nilai tegangan keluaran yang tersebut masih dapat ditoleransi dikarenakan perbedaan nilai tersebut

masih berada dalam batas toleransi kesalahan pengukuran nilai tegangan avometer DSN-VC288 yaitu sebesar $\pm 0.1\%$ [18]. **Gambar 4.3** menunjukkan kestabilan nilai tiap tegangan keluaran yang diukur menggunakan multimeter ataupun avometer.



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian kestabilan tegangan keluaran tanpa beban pada catu daya yang telah dibuat

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan beban yang dihubungkan secara seri terhadap catu daya dan kemudian diberikan nilai tegangan dari nilai minimum hingga maksimum pada motor DC. Data hasil pengujian nilai tegangan keluaran catu daya dengan beban diperlihatkan pada **Tabel 4.2**.

Berdasarkan data yang diperoleh, terlihat bahwa ketika rangkaian catu daya diberikan beban terjadi penurunan nilai tegangan maksimum yang dapat diberikan dibandingkan ketika tidak diberikan beban yang disebut dengan regulasi beban. Regulasi beban merupakan parameter yang menunjukkan besar perubahan tegangan pada beban apabila terjadi perubahan arus. Regulasi

beban (RB) pada catu daya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [22] :

$$RB = \frac{V_{tanpa\ beban} - V_{beban(maks)}}{V_{beban(maks)}} \times 100\% \quad (4.2)$$

$$RB = \frac{30 - 27}{27} \times 100\% = 11.1\%$$

Dengan menggunakan **Persamaan 4.2** diperoleh nilai regulasi beban pada rangkaian catu daya yang telah dibuat ini sebesar 11.1%. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa beban berupa motor DC tepat akan berputar ketika diberikan tegangan masukan sebesar +3 volt. Pada saat tegangan masukan 1.1 dan 3 volt nilai arus beban tidak terbaca dikarenakan skala pada avometer yang digunakan berada dalam orde ampere sedangkan

nilai arus beban pada saat tegangan masukan bernilai 1.1 dan 3 volt dalam orde miliampere. Arus beban tersebut dapat dibaca menggunakan avometer dengan cara melakukan pemutaran *trimpot* yang terdapat pada driver avometer DSN-VC288 [18].

Tabel 4.2 Data hasil pengujian nilai tegangan keluaran dengan beban berupa motor DC fan

Pengukuran	V _{AC IN} (V)	V _{DC IN} (V)	V _{DC} Beban (V)	I _{DC} Beban (A)	P Beban (watt)
1	220	35.7	1.1	Tidak Terbaca	-
2	219	35.6	3.0	Tidak Terbaca	-
3	219	35.6	6.0	0.01	0.06
4	219	35.7	9.0	0.04	0.36
5	220	35.7	12	0.08	0.96
6	220	35.7	15	0.12	1.80
7	221	35.7	18	0.15	2.70
8	220	35.7	21	0.17	3.57
9	220	35.6	24	0.20	4.80
10	219	35.6	27	0.22	5.94

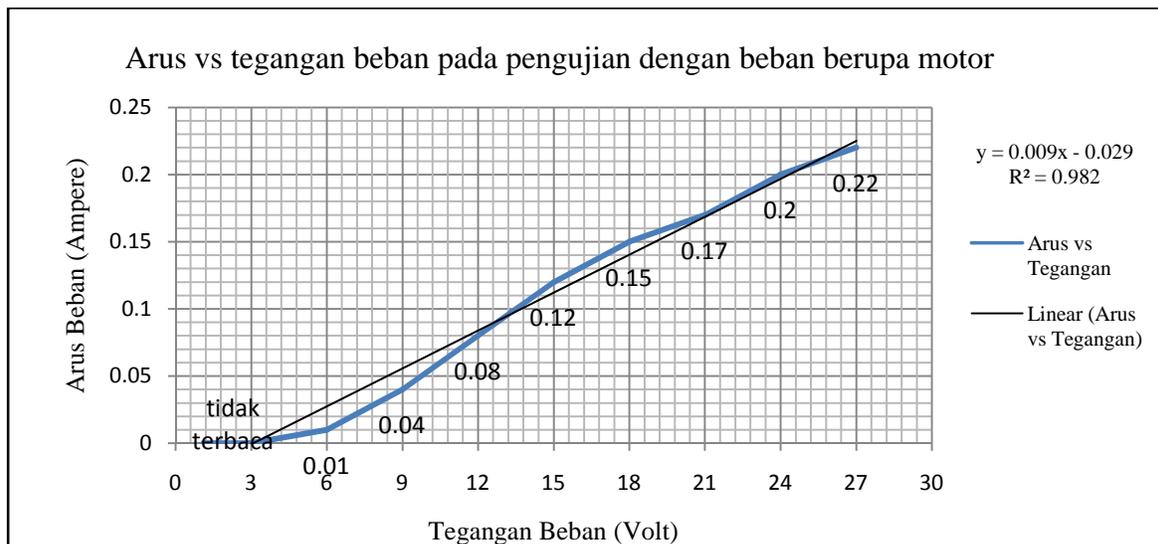
Dari data yang diperoleh dalam **Tabel 4.2** dapat dibuat hubungan antara tegangan

masukan terhadap arus beban dalam bentuk grafik yang diperlihatkan dalam **Gambar 4.4**.

Dari **Gambar 4.4** terlihat bahwa arus beban berbanding lurus secara linier terhadap tegangan keluaran. Semakin besar tegangan masukan maka semakin besar pula arus beban. Hal ini bersesuaian dengan hukum Ohm [7,8], dimana :

$$V = I \cdot R \quad (4.3)$$

Saat arus pembebanan memiliki nilai diatas 2.0 ampere, nilai tegangan masukan dari catu daya mulai menjadi tidak stabil dan akan menjadi lebih tidak stabil ketika nilai arus pembebanan bertambah besar. Sehingga diketahui bahwa catu daya yang telah dibuat memiliki nilai kestabilan tegangan ketika pembebanan pada nilai tegangan kurang dari sama dengan 24 volt.



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara arus beban terhadap tegangan masukan pada pengujian dengan beban

4.3 Hasil Pembuatan Alat Spin Coater

Alat *spin coater* yang telah dibuat pada penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Alat *spin coater* yang telah dibuat
(a) Tampak depan (b) Tampak belakang

Alat *spin coater* yang telah dibuat memiliki massa ± 2.2 kg dan dimensi $17 \times 15 \times 10$ cm. Alat tersebut bekerja berdasarkan prinsip konversi energi listrik menjadi energi mekanik [19]. Energi listrik masukan yang berasal dari catu daya digunakan untuk menggerakkan motor DC dimana besarnya dapat diatur dengan memutar potensiometer sehingga laju putaran dari motor DC dapat diatur sesuai dengan yang dibutuhkan. Dengan berputarnya motor tersebut, maka *spinner* yang telah terhubung dengan motor akan ikut berputar. Kecepatan putaran serta torsi motor dapat diatur berdasarkan hukum induksi Faraday dengan persamaan sebagai berikut [4,11]:

$$V_{ggl} = B \cdot l \cdot v \quad (4.4)$$

Dimana V_{ggl} adalah tegangan masukan (*volt*), B adalah medan magnet (*tesla*) dan v adalah kecepatan translasi (*m/s*). Hubungan antara kecepatan translasi dengan kecepatan putaran adalah sebagai berikut [4,8]:

$$v = \omega \cdot r \quad (4.5)$$

Sehingga **Persamaan 4.4** dapat dituliskan kembali dalam bentuk berikut:

$$V_{ggl} = B \cdot l \cdot \omega \cdot r \quad (4.6)$$

Dimana ω adalah kecepatan putaran motor DC (*rpm*), dan r adalah jari-jari poros motor, l adalah panjang kawat (*m*).

Berdasarkan **Persamaan 4.6**, dapat diasumsikan medan magnet dan panjang kawat memiliki nilai yang konstan karena menggunakan motor DC yang sama, sedangkan tegangan masukan memiliki nilai yang variabel. Kecepatan putaran motor yang dihasilkan bergantung pada nilai tegangan masukan dari catu daya. Ketika kecepatan putaran motor bertambah besar, gaya sentripetal yang timbul semakin besar sesuai dengan **Persamaan 2.1**. Gaya sentripetal akan membuat larutan tertarik ke pinggir substrat dan tersebar secara merata ke segala arah [6,7,23].

4.4 Hasil Pengujian Alat Spin Coater

Pengujian terbagi menjadi dua macam yaitu pengujian pengaruh tegangan masukan terhadap nilai dan kestabilan kecepatan putaran serta pengujian dengan mendeposisikan larutan TiO_2 diatas permukaan substrat kaca preparat menggunakan alat *spin coater* yang telah dibuat.

4.4.1 Hasil pengujian pengaruh tegangan masukan terhadap kecepatan putaran

Pengukuran kecepatan putaran alat *spin coater* dilakukan pada saat diberikan tegangan masukan sebesar 3-24 volt. Data hasil pengujian pengaruh tegangan masukan terhadap rata-rata nilai

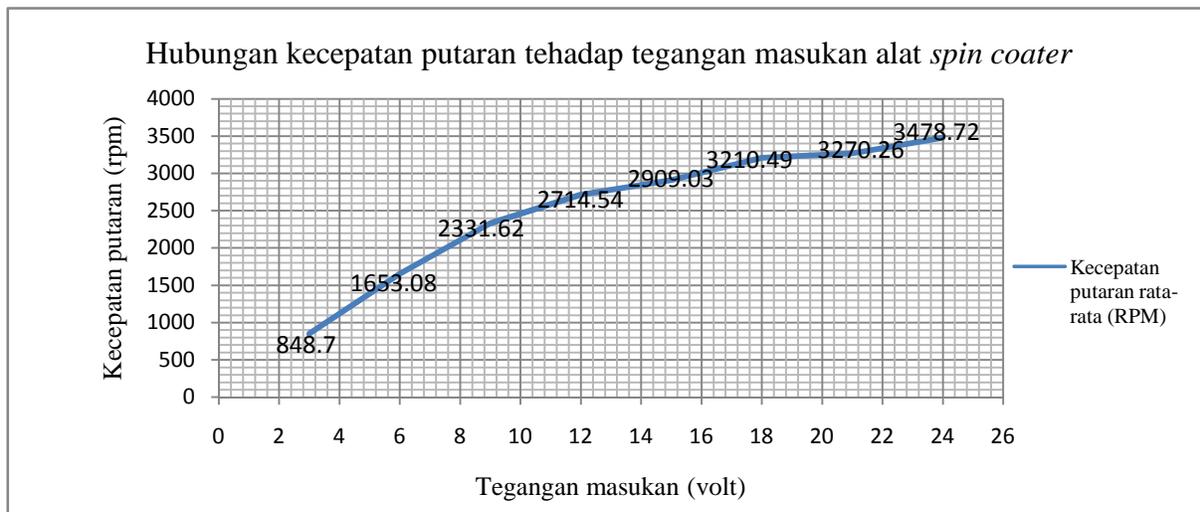
kecepatan *spin coater* dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Berdasarkan pengujian dan data yang diperoleh dari hasil pengujian dalam **Tabel 4.3**, alat *spin coater* yang telah dibuat memiliki nilai kecepatan putaran sebesar 848.70-3478.72 rpm pada nilai tegangan masukan 3-24 volt. Kecepatan putaran alat *spin coater* berbanding lurus terhadap tegangan masukan yang diberikan. Hal tersebut bersesuaian dengan Hukum induksi Faraday dalam **Persamaan 4.6** dimana semakin besar tegangan masukan yang diberikan maka semakin besar pula kecepatan putaran *spinner* pada alat *spin coater* [6,7]. Selain itu, hasil pengujian ini bersesuaian pula dengan penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya dimana nilai kecepatan putaran akan berbanding lurus dengan tegangan masukan yang diberikan [2]. Dari data yang diperoleh dalam **Tabel 4.3** dapat dibuat hubungan antara tegangan masukan terhadap kecepatan putaran *spinner* dalam bentuk grafik yang diperlihatkan dalam **Gambar 4.6**.

Tabel 4.3 Data hasil pengujian pengaruh tegangan masukan terhadap rata-rata nilai kecepatan putaran

Pengukuran	V _{DC IN} rata - rata (V)	I _{DC} Beban rata -rata (A)	Kecepatan putaran rata - rata (rpm)
1	3	Tidak Terbaca	848.70
2	6	0.01	1653.08
3	9	0.04	2331.62
4	12	0.08	2714.54
5	15	0.12	2909.03
6	18	0.15	3210.49
7	21	0.17	3270.26
8	24	0.20	3478.72

Pengujian nilai kecepatan putaran pada tiap nilai tegangan masukan dilakukan secara berulang dalam durasi dua menit untuk mengetahui tingkat kestabilan kecepatan putaran dari alat *spin coater* yang telah dibuat pada tiap nilai tegangan masukan. **Gambar 4.7** memperlihatkan kestabilan nilai kecepatan putaran untuk tiap tegangan masukan pada alat *spin coater* yang telah dibuat.



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara kecepatan putaran terhadap tegangan masukan alat spin coater



Gambar 4.7 Grafik kestabilan nilai kecepatan putaran alat *spin coater* pada tiap nilai tegangan masukan dengan durasi pengukuran selama dua menit

Pada nilai tegangan masukan 24 volt terjadi penurunan tegangan yang cukup signifikan selama dilakukan pengujian. Hal ini dikarenakan arus pembebanan pada motor DC telah mencapai 2.0 ampere, sehingga terjadi penurunan tegangan yang akan menyebabkan penurunan kecepatan putaran alat *spin coater*. Berdasarkan pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa alat *spin coater* yang telah dibuat memiliki kestabilan putaran yang cukup tinggi pada rentang nilai tegangan masukan sebesar 3-24 volt dengan nilai kecepatan putaran rata-rata maksimum sebesar 3478.72 rpm. Sehingga alat *spin coater* ini dapat melakukan proses penumbuhan material dalam rentang kecepatan putaran 848.70 hingga 3478.72 rpm. Nilai tersebut sudah cukup untuk digunakan sebagai alat penumbuhan material lapisan tipis, hal ini dikarenakan batas ideal kecepatan putaran pada alat *spin coater* untuk menumbuhkan material lapisan tipis adalah 2000 rpm [23]

4.4.2 Hasil pengujian penumbuhan lapisan tipis TiO₂ menggunakan alat *spin coater*

Pada pengujian ini dilakukan pengujian kehomogenitasan ketebalan lapisan tipis TiO₂, merk *Aldrich* yang telah ditumbuhkan diatas permukaan substrat kaca preparat menggunakan alat *spin coater* yang telah dibuat selama dua menit waktu pemutaran dengan variasi tiga nilai tegangan masukan yang berbeda yaitu 12 volt (2714.54 rpm), 15 volt (2909.02 rpm) dan 18 volt (3210.49 rpm) dan pemanasan awal menggunakan oven dengan suhu 120°C selama 60 menit.

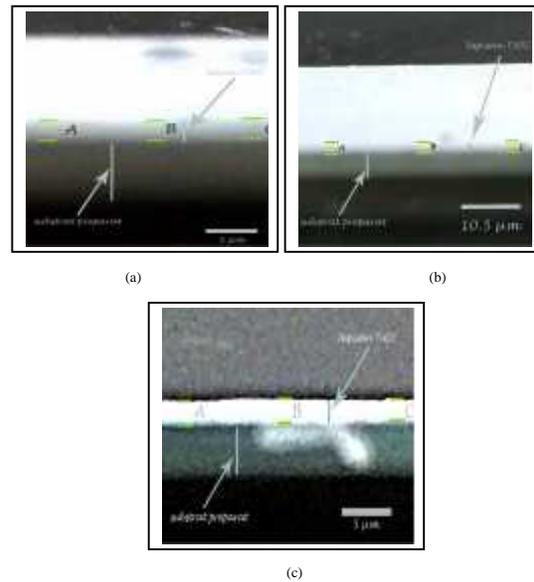
Material TiO₂ dipilih sebagai material sampel pada pengujian kali ini dikarenakan telah tersedianya material TiO₂ *Aldrich* yang akan digunakan. Selain itu, pemilihan material TiO₂ dikarenakan keberadaannya melimpah sehingga mudah didapatkan, harganya relatif murah dan tidak menimbulkan efek yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan [17]. Nilai tegangan masukan pada alat *spin coater* yang akan

digunakan untuk menumbuhkan material TiO_2 Aldrich dipilih dengan mempertimbangkan hasil pengujian sebelumnya dimana pada nilai tegangan tersebut, kecepatan putaran dari alat *spin coater* cukup stabil.

Selain itu pemilihan nilai tegangan berdasarkan batas ideal kecepatan putaran pada alat *spin coater* untuk menumbuhkan material lapisan tipis adalah 2000 rpm serta berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait penumbuhan material lapisan tipis dengan alat *spin coater* [1,23,24]. Hasil pengujian penumbuhan lapisan TiO_2 Aldrich menggunakan alat *spin coater* yang telah dibuat berupa citra penampang lintang yang didapat dari pemotretan menggunakan kamera *hanphone* ditunjukkan pada **Gambar 4.8**.

Kemudian dilakukan pengukuran ketebalan lapisan tiap sampel dalam tiga titik tinjauan yaitu pada bagian kanan, tengah dan kiri hasil citra penampang sampel tersebut untuk mengetahui kehomogenitasan ketebalan lapisan yang dihasilkan. Data hasil pengukuran ketebalan lapisan tiap sampel diperlihatkan pada **Tabel 4.5**.

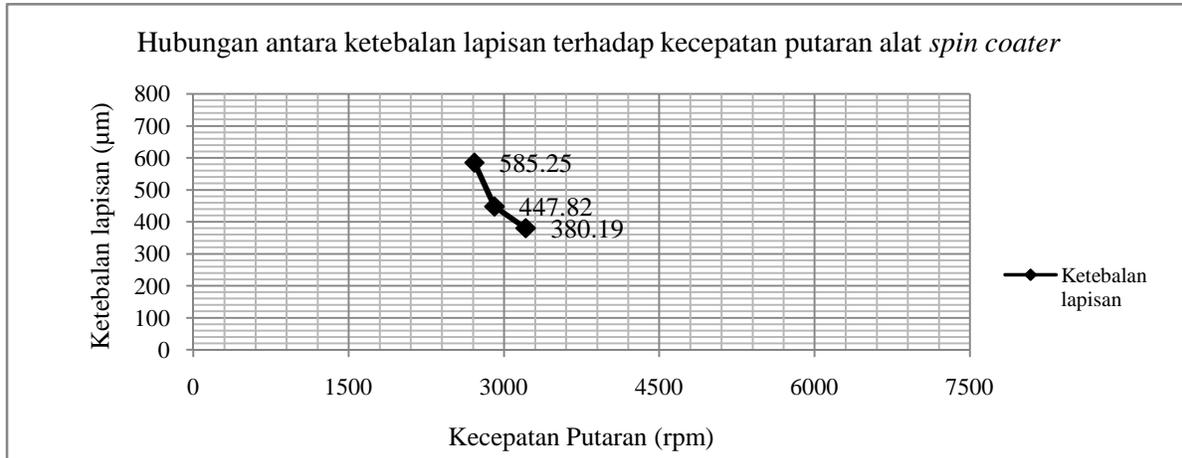
Berdasarkan data pada **Tabel 4.5** dapat diperoleh hubungan antara ketebalan lapisan terhadap kecepatan putaran alat *spin coater* seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4.8 Citra penampang lintang hasil deposisi lapisan TiO_2 diatas permukaan substrat preparat menggunakan alat *spin coater* yang telah dibuat dengan nilai tegangan masukan (a) 12 volt (b) 15 volt (c) 18 volt

Tabel 4.5 Data hasil pengukuran nilai ketebalan lapisan TiO_2 yang dideposisikan diatas substrat preparat dengan alat *spin coater* yang telah dibuat dengan memberikan variasi nilai tegangan masukan 12 volt, 15 volt, 18 volt

No	V_{IN} rata - rata (V)	Kecepatan putaran rata - rata (rpm)	Ketebalan lapisan TiO_2 (μm)			
			A	B	C	Rata - rata
1	12	2714.54	576.23	589.76	589.76	585.25
2	15	2909.03	474.48	431.83	437.15	447.82
3	18	3210.49	398.57	402.80	339.20	380.19



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara ketebalan lapisan terhadap kecepatan putaran

Berdasarkan data pengujian yang diperoleh pada **Tabel 4.5**, terlihat bahwa terjadi pengurangan ketebalan sampel ketika diberikan nilai tegangan masukan yang lebih besar pada alat *spin coater* yang telah dibuat sehingga menghasilkan nilai kecepatan putaran yang lebih tinggi. Semakin cepat putaran *spinner* maka gaya sentripetal yang dihasilkan akan semakin besar sehingga larutan akan menyebar dan semakin menipis. Hal ini bersesuaian dengan konsep dimana ketebalan lapisan yang terbentuk ditentukan oleh beberapa parameter utama yaitu viskositas larutan, durasi pemutaran, suhu pemanasan serta kecepatan putaran [11].

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

- 1) Telah berhasil dibuat alat *spin coater* menggunakan rangkaian catu daya DC linier dengan keluaran berupa tegangan variabel 1.1-27 VDC sebagai masukan pada motor DC fan

merk NIHON untuk menggerakkan *spinner*

- 2) Alat *spin coater* yang telah dibuat dapat menghasilkan kecepatan putaran maksimum dalam keadaan yang stabil hingga 3478 rpm pada tegangan masukan sebesar 24 VDC
- 3) Telah berhasil dilakukan penumbuhan tiga sampel lapisan tipis dengan material TiO_2 merk *Aldrich* diatas permukaan substrat preparat menggunakan alat *spin coater* yang telah dibuat dengan nilai tegangan masukan 12 volt, 15 volt, dan 18 volt
- 4) Ketebalan rata-rata tiga sampel material lapisan tipis TiO_2 yang telah ditumbuhkan berturut-turut yaitu 585.25 μm pada tegangan masukan 12 volt, 447.82 μm pada tegangan masukan 15 volt, dan 380.19 μm pada tegangan masukan 18 volt.

5.2 Saran

1. Dilakukan pengujian yang lebih akurat terhadap ketebalan, morfologi, dan porositas lapisan tipis yang

dihasilkan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

2. Dilakukan penumbuhan material lain menggunakan alat *spin coater* yang telah dibuat untuk mengetahui ketebalan lapisan tipis yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulastri, S. 2010. *Pengukuran Sebaran Ketebalan Lapisan Tipis Hasil Spin Coating dengan Metode Interferometrik* [Skripsi]. Surakarta(ID): Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.
- [2] Alim, MI, dkk. 2017. *Pengaruh Kecepatan Putar Terhadap Tebal Lapisan dengan Metode Spin Coating* [Laporan]. Surabaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [3] Asrofi, Huda, K. 2015. *Penerapan Spin Coating Untuk Pembuatan Lapisan Tipis dengan MMA* [Laporan]. Surabaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [4] Arfad, LA. 2016. *Rancang Bangun Spin Coater Untuk Penumbuhan Material Lapisan Tipis* [Skripsi]. Kendari: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo.
- [5] Sujarwata, Marwoto, P. 2014. *Karakterisasi Film Tipis (Teori, Penerapan dan Analisis Hasil Deposisi Film Tipis)*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [6] Labanie, A. 2011. *Rancang Bangun Spin Coater Terkendali Kecepatan Putar dan Waktu Berbasis Microcontroller* [Skripsi]. Depok (ID): Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam S1 Ekstensi Fisika Instrumentasi Elektronika Departemen Fisika, Universitas Indonesia.
- [7] Atsaurry, Islam, dkk. 2016. *Pembuatan Alat Spin Coater Berkecepatan Sudut Tinggi Berbasis Arduino Uno*. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Fisika. DOI: doi.org/10.21009/0305020126.
- [8] Halliday, D, Resnick, R. 1978. *Physics: 3rd Edition*. Jhon Wiley & Sons, Inc. New York.
- [9] Muhlis, dkk. Tanpa Tahun. *Studi Penumbuhan Lapisan Tipis PZT dengan Metode Spin Coating*. Malang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya.
- [10] Fitriana, V. N. 2014. *Sintesis dan Karakterisasi Superkapasitor Berbasis Nanokomposit TiO₂/C* [Skripsi]. Malang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang.
- [11] Rustami, E. 2008. *Sistem Kontrol Kecepatan Putar Spin Coating Berbasis Mikrokontroler ATmega8535* [Skripsi]. Bogor (ID): Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- [12] Setyawan, D. 2017. *Rancang Bangun Sistem Pengisian Baterai Secara Cepat dan Pemutus Arus Otomatis dengan Regulator LM338K*. Fakultas Teknik. Program Studi Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [13] Mike Tooley, 2002. *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*, 107.
- [14] Bawotong, Mamahit, dkk. 2015. *Rancang Bangun Uninterruptible Power Supply Menggunakan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler*. E-Jurnal Teknik Elektro dan komputer. ISSN: 2301-8402.
- [15] Suwitno. 2016. *Mendisain Rangkaian Power Supply Pada Rancang Bangun Miniatur Pintu Garasi Otomatis*.
- [16] Rahardjo, P. 2015. *Catu Daya Tetap +5V dan +12V Untuk Laboratorium Elektronika*. Laporan Akhir Penelitian Mandiri. Fakultas Teknik. Jurusan Teknik Elektro dan Komputer. Universitas Udayana.

- [17] Ardhiarisca, O. 2013. *Karakteristik Optik dan Struktur kristal Film Tipis TiO₂ Au Ditumbuhkan dengan Metode Spin Coating* [Skripsi]. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Jember.
- [18] Datasheet DSN VC-288.
Diakses di: <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/DSN-VC288.pdf> pada tanggal 8 Agustus 2018
- [19] Setiani, A. 2015. *Rancang Bangun Power Supply Untuk Mesin Electrical Discharge Machining (EDM)* [Skripsi]. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.
- [20] Nadeak, Susanti. 2012. *Variasi Temperatur dan Waktu Tahan Kalsinasi terhadap Unjuk Kerja Semikonduktor TiO₂ sebagai Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Dye dari Ekstrak Buah Naga Merah*. Jurnal Teknik ITS. ISSN: 2301-9271. Vol 1.
- [21] Datasheet LM 317T, LM 7805, LM 7812
www.alldatasheet.com. Diakses pada tanggal 2 Agustus 2018
- [22] Pujiyatmoko, Facta, Warsito. 2014. *Perancangan Catu Daya Untuk Rangkaian Resonansi Berbasis Kumparan Tesla*.
- [23] Rahman, Asnawi. 2017. *Pengaruh Temperatur Annealing Terhadap Sifat Optik Lapisan Tipis Tin Oxide (SnO₂)*. Jurnal Fisika Indonesia (IFI). ISSN: 2302-4313. Vol 06. No. 03.
- [24] Arista, Dahlan., Syukri. 2016. *Sintesis Lapisan TiO₂ Pada Substrat ITO Menggunakan Metode Elektrodeposisi dan Spin Coating*. Jurnal Ilmu Fisika (JIF). ISSN: 1979-4657. Vol 8. No 1.