

RANCANG BANGUN ALAT PEMBUAT LAPISAN TIPIS METODE *DIP COATING* BERBASIS ARDUINO UNO

Ahmad Mukhsinin¹, Nehru¹, M. Ficky Afrianto¹

¹Fisika, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

Email: ahmadmukhsinin53@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian rancang bangun alat pembuat lapisan tipis metode *dip coating*. Tujuannya adalah merancang dan membuat alat *dip coating*, mengetahui fungsi waktu pencelupan, mengetahui hubungan *duty cycle* dengan sudut dan memperoleh kecepatan sudut yang dihasilkan. *Dip coating* merupakan proses dimana sebuah substrat dicelupkan ke dalam larutan kemudian diangkat secara vertikal dengan kecepatan yang konstan. Alat *dip coating* ini digunakan untuk mengatasi beberapa faktor dalam proses pembuatan lapisan tipis seperti waktu perendaman, kecepatan penarikan dan jumlah siklus pencelupan yang dilakukan secara manual. Arduino uno akan mengontrol semua kinerja alat yang terdiri dari motor servo, *push button control* dan layar LCD. Pengujian alat *dip coating* secara pokok yaitu pengujian waktu respons alat, pengujian nilai *duty cycle* pada *pulse width modulation* (PWM) dan pengujian kecepatan sudut. Pengujian waktu respons alat *dip coating* didapatkan selisih waktu rata-rata 0,3 detik, waktu respons alat sangat mempengaruhi keakuratan waktu pencelupan dan waktu penarikan. Pengujian nilai *duty cycle* pada *pulse width modulation* (PWM) dilakukan dari sudut 0° sampai sudut 180° menggunakan osiloskop dan didapatkan nilai determinasi sebesar 0,9971%. Pengujian kecepatan sudut penarikan substrat sangat mempengaruhi hasil pelapisan pada lapisan tipis, kecepatan sudut servo pada alat ini digunakan kecepatan yang *smooth* dengan nilai sebesar 6,25 RPM. Semakin tinggi kecepatan penarikan substrat maka lapisan tipis yang dihasilkan lebih tebal dibandingkan dengan kecepatan yang rendah, hal ini karena peningkatan kecepatan penarikan menyebabkan larutan cair merekat pada substrat yang bergerak keatas lebih cepat menguap dan kering.

Kata kunci: Arduino Uno, *Dip Coating*, Lapisan Tipis

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material merupakan salah satu bagian yang mendapat perhatian besar para peneliti di dunia. Banyak penelitian dilakukan untuk menghasilkan material dengan karakteristik yang baru sesuai dengan kebutuhan. Salah satu cara yang digunakan untuk menghasilkan material yang diinginkan adalah dengan teknik pelapisan material (Arfad, 2016). Pada saat ini, ilmu dan teknologi pelapisan material memiliki peranan yang penting dalam industri elektronika, tujuan utama dari pengembangan teknologi pelapisan material adalah untuk memenuhi kebutuhan akan rangkaian terintegrasi (*integrated circuit*) dalam industri elektronika.

Lapisan tipis merupakan suatu lapisan material yang memiliki ketebalan mulai dari

ukuran nanometer (lapisan tunggal) hingga ketebalan kira-kira *micrometer*, bila dibandingkan dengan substratnya ketebalan ini tergolong sangat tipis. Ciri-ciri lapisan tipis adalah memiliki permukaan seragam, yaitu melapisi permukaan substrat secara merata dengan cacat yang minim, memiliki suhu permukaan yang stabil dan memiliki ketelitian yang tinggi, daya rekat antar molekulnya kuat dan mempunyai struktur kristal (Zhao, 2008). Kegunaan lapisan tipis yang luas maka beberapa metode penumbuhan lapisan tipis telah banyak dikembangkan dan disempurnakan oleh para peneliti untuk mendapatkan kualitas yang baik.

Berbagai macam metode penumbuhan lapisan tipis yang telah dikembangkan untuk mendukung perkembangan teknologi material salah satunya adalah metode *dip coating*. Metode *dip coating* merupakan proses

dimana sebuah substrat yang dicelupkan ke dalam larutan kemudian diangkat secara vertikal dengan kecepatan yang konstan. Larutan *precursor* yang melengket pada substrat dan membentuk lapisan tipis karena pelarutnya akan menguap dan sebagian larutan akan turun karena adanya gaya gravitasi (Sanjaya dkk, 2013). Ketebalan larutan dapat diatur sesuai dengan kecepatan penarikan substrat. Metode ini telah sukses digunakan untuk membuat suatu lapisan tipis material ferroelektrik dan semikonduktor elektronik. Metode ini banyak diminati karena prosesnya yang sederhana dan tidak memerlukan biaya yang mahal, selain itu juga tidak merusak lingkungan dan peralatan yang digunakan tidak begitu kompleks.

Salah satu kendala yang dihadapi dalam pengembangan penelitian pada bidang keahlian material adalah harga peralatan *dip coating* di pasaran cukup mahal, mengingat kebutuhan peralatan ini terutama dalam melakukan penelitian ataupun dalam pelaksanaan praktikum pembuatan lapisan tipis sebagai aplikasi teknologi material mendorong untuk dilakukan pengadaan alat *dip coating* secara mandiri. Faktor yang diperhitungkan ketika menentukan keadaan akhir lapisan tipis ketika mencelupkan lapisan substrat. Di antara faktor-faktor tersebut, yang mempengaruhi proses adalah waktu perendaman, kecepatan penarikan, jumlah siklus pencelupan, jenis substrat, konsentrasi dan suhu serta kelembaban lingkungan (Puetz J. et al., 2004).

Penelitian mengenai alat *dip coating* telah dilakukan oleh Luis J. et al. (2016), pada penelitian yang dilakukan memiliki kekurangan yaitu memiliki fitur yang tidak diperlukan untuk pembuatan lapisan tipis dan terdapat fitur yang paling menonjol dari sistem transmisi adalah kombinasi tiga gir, untuk mendapatkan gerakan vertikal. Semua mekanisme ini rentan terhadap kehilangan daya karena mewarisi efisiensi dari setiap jenis gigi, efek geser, gesekan, dan angin. Pada penelitian ini menggunakan jenis motor yang berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan jenis motor servo

yang memiliki beberapa keunggulan dari pada motor *stepper* atau DC, yang salah satu keunggulannya adalah tidak akan kehilangan banyak daya dikarenakan daya yang dihasilkan sebanding dengan ukuran dan berat motor serta penggunaan arus listrik sebanding dengan beban yang diberikan.

Hasil ketebalan pembentukan lapisan tipis dapat diatur sesuai dengan faktor yang diperhitungkan ketika menentukan keadaan akhir lapisan tipis, untuk mendapatkan ketebalan yang diinginkan tentunya proses tidak dilakukan secara manual. Dari permasalahan ini peneliti menawarkan solusi rancang bangun alat *dip coating* yang ekonomis dengan menggunakan arduino uno sehingga alat dapat dihasilkan secara digital. Dipilih Arduino uno karena penggunaannya yang mudah dan bahasa pemrogramannya mudah dipahami. Alat ini menggunakan motor servo dan pengaturan *timer*. Kecepatan penarikan substrat dapat konstan sesuai dengan waktu yang ditentukan pada alat tersebut, sehingga dengan adanya alat ini diharapkan dapat membantu peneliti dalam melakukan *quality control* berupa ketepatan dalam penarikan substrat, dengan adanya *timer* maka tidak perlu menunggu waktu perendaman yang dikerjakan sehingga bisa melakukan aktivitas lain dan bisa mendapatkan hasil yang diinginkan.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2019 sampai bulan Juni 2019 yang mencakup kepada perancangan, pembuatan dan pengujian alat *dip coating*, di Laboratorium Energi Rekayasa dan Material 1 Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.

B. Alat dan bahan penelitian

Bahan dalam penelitian ini diantaranya adalah Arduino uno, LCD 16x2, motor servo, *push button*, resistor 10K Ohm, PCB polos, jumper *male-male male-female female-female*, pin *header*, akrilik, lem akrilik, penjepit, timah, larutan FeCl_3 , pipa, ampas,

penggaris, regulator, tali. Alat yang digunakan diantaranya adalah solder, penyedot timah, perekat, mesin bor, laptop, osiloskop, multimeter.

C. Prosedur penelitian

Prosedur dalam penelitian ini melalui beberapa tahapan diantaranya adalah identifikasi dan perumusan masalah, pengumpulan literatur, perancangan alat, pengujian alat, karakterisasi alat, integrasi alat, pengambilan data, pengolahan data, presentasi hasil dan pembahasan.

Tahapan identifikasi dan perumusan masalah dilakukan dengan mencari permasalahan dan merumuskan masalah, tahapan pengumpulan literatur dilakukan dengan mencari referensi-referensi dan penelitian yang sudah pernah dilakukan, perancangan alat dilakukan dengan membuat skematik dan perakitan di papan PCB (*Project Circuit Board*), pengujian alat dilakukan dengan pengujian waktu respons alat, pengujian nilai *duty cycle* pada *pulse width modulation* (PWM) dan pengujian kecepatan sudut, pengolahan data menggunakan *software Microsoft Word* dan *Microsoft Excel*, presentasi hasil dan pembahasan setelah data diambil dan diolah dalam bentuk grafik.

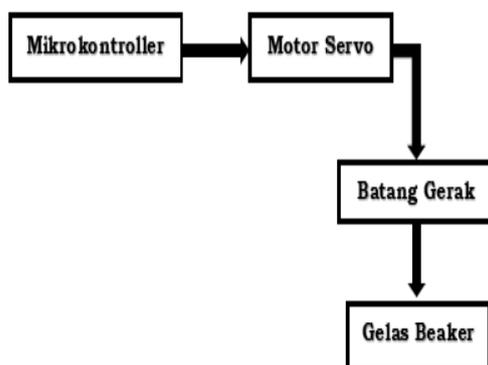
Perancangan alat *dip coating*

Perancangan alat meliputi perancangan desain alat dan perakitan alat. Desain alat meliputi desain konstruksi keseluruhan dan desain skematik. Hasil desain akan menjadi acuan dalam perakitan alat.

Gambar 1 merupakan diagram blok alat yang akan dibuat. Mikrokontroler mengatur gerak dari motor servo, gerak motor servo didapatkan dari nilai yang dimasukkan oleh pengguna lalu diproses oleh mikrokontroler untuk memberi perintah kepada motor servo. Motor servo terhubung dengan batang menggunakan tali, apabila motor servo beroperasi membentuk sebuah sudut dari hasil perintah mikrokontroler maka batang akan bergerak naik dan turun pada proses pencelupan ke dalam gelas beaker.

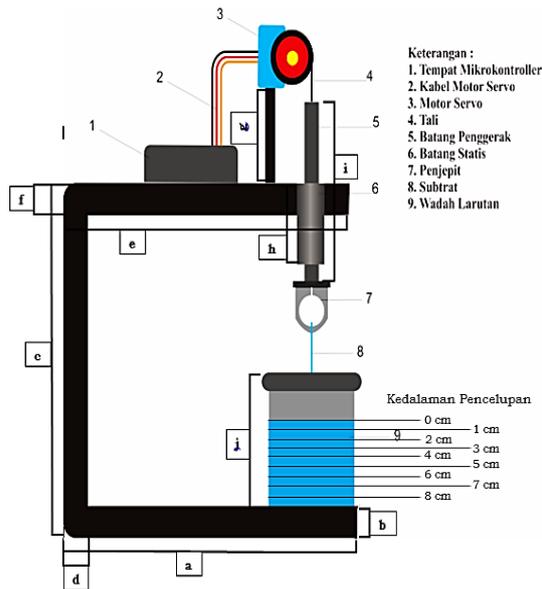
Bahan yang digunakan dalam pembuatan konstruksi alat terbuat dari akrilik yang memiliki ketebalan 3 mm. Dipilih ketebalan akrilik 3 mm karena akrilik memiliki sifat kekokohan yang besar yang mampu menahan beban yang diterima akrilik dan juga akrilik dengan ketebalan 3 mm harganya lebih murah dibandingkan dengan akrilik yang memiliki ketebalan di atas 3 mm.

Perancangan alat pembuat lapisan tipis berdasarkan Gambar 2 dimulai dari kebutuhan akan kedalaman pencelupan. Alat ini mulai dapat bekerja pencelupannya dari titik 0 agar perhitungan nilai kedalaman mudah dilakukan, titik 0 berada pada sudut 70° . Batas minimal kedalaman pencelupan adalah pada sudut 80° dan batas maksimal kedalaman pencelupan pada sudut 150° . Diperlukan konstruksi kendali alat, dengan dimensi keseluruhan dari alat *dip coating* yaitu akrilik alas bawah 30 cm x 15 cm, tiang penyangga 30 cm x 10 cm, alas atas 18,5 cm x 5 cm, batang penggerak 26 cm. Piringan servo yang digunakan memiliki jari-jari 5,58



Gambar 1. Diagram blok alat *dip coating*

cm.



Gambar 2. Desain Alat Keseluruhan

Pengujian alat *dip coating* dilakukan guna melihat kinerja alat yang dibuat sehingga bisa beroperasi secara benar. Pengujian alat *dip coating* secara pokok yaitu pengujian waktu respons alat, pengujian nilai *duty cycle* pada *pulse width modulation* (PWM) dan pengujian kecepatan sudut. Dilakukan juga pengujian tegangan *input* dan *output* untuk mengetahui perbedaan tegangan *input* dan *output* pada rangkaian alat tersebut. Serta pengujian pada *push button* dilakukan menggunakan alat multimeter dengan cara menghubungkan kabel multimeter pada jalur tembaga yang ada pada papan rangkaian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Digital Alat

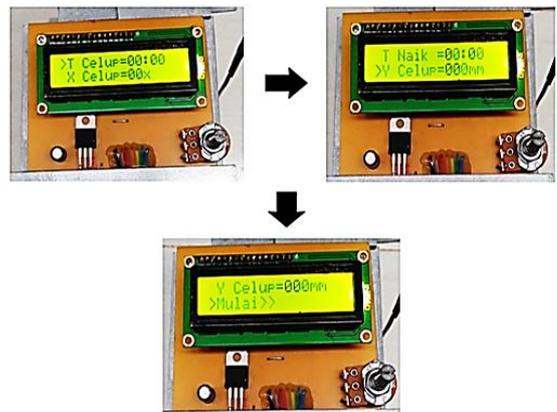
Alat *dip coating* otomatis atau berbasis digital merupakan suatu pengembangan dari metode *dip coating* secara manual yang sebelumnya digunakan untuk pembuatan lapisan tipis. Pengembangan *dip coating* dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi dalam proses pembuatan lapisan tipis secara manual. Proses pertama dalam pengoperasian alat *dip coating* arduino uno adalah dengan cara menulis perintah melalui *coding* pada Arduino IDE kemudian memasukkan atau *upload* program arduino

IDE ke mikrokontroler. Memasukkan program bertujuan untuk menentukan *input* data yang digunakan dalam mengoperasikan *dip coating*. Pada rangkaian mikrokontroler terdapat LCD yang berfungsi untuk mengatur dan mengarahkan alur kerja alat, sekaligus sebagai penampil *input* data yang digunakan. Tampilan awal pada proses pengoperasian alat *dip coating* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan awal pada LCD

Pada saat pertama kali dihidupkan, tampilan yang muncul di LCD seperti pada Gambar 3 yang bertahan selama 10 detik. Pengguna dituntun ke menu halaman selanjutnya untuk memasukkan nilai T Celup, X Celup, T Naik dan Y Celup. T Celup merupakan lamanya waktu pencelupan substrat di dalam larutan, X celup merupakan banyaknya jumlah pencelupan substrat, T Naik merupakan lamanya waktu substrat di luar larutan dan Y Celup merupakan kedalaman substrat yang akan dimasukkan ke dalam larutan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan *input* nilai T Celup, X Celup, T Naik dan Y Celup

Pada T Celup terdapat empat *input* data yang bisa dimasukkan, dua *input* data yang pertama itu menunjukkan nilai menit dan dua *input* data selanjutnya menunjukkan nilai detik, sehingga pengguna bisa memasukkan set waktu yang mereka inginkan dalam waktu menit ataupun detik. Pada X Celup terdapat dua *input* yang bisa digunakan untuk memasukkan jumlah pencelupan yang diinginkan pengguna. T Naik sama seperti pada T Celup yang terdapat empat *input* data yang bisa dimasukkan, dua *input* data yang pertama itu menunjukkan nilai menit dan dua *input* data selanjutnya menunjukkan nilai detik. Y Celup terdapat tiga *input* data nilai yang bisa dimasukkan untuk kedalaman pencelupan yang diinginkan. Nilai yang bisa dimasukkan untuk kedalaman pencelupan substrat mulai dari 80 mm – 150 mm, nilai tersebut juga menunjukkan sudut yang digunakan dalam proses pencelupan.

Setelah memasukkan nilai T Celup, X Celup, T Naik dan Y Celup dengan menggunakan *push button* pada setiap kursor. Pengguna menekan *push button* “OK” apabila selesai memasukan nilai pada setiap kursor Setelah memasukkan nilai tersebut pengguna akan menekan kursor “Mulai” untuk menjalankan alat *dip coating*. Mikrokontroler memproses perintah pada program atau *coding* arduino yang telah dibuat dan memberikan perintah untuk menjalankan motor servo. Setelah ditekan kursor “Mulai” tampilan pada LCD berubah menjadi “Dip Coat Process” seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan saat *dip coating process*

Setelah proses *dip coating* selesai maka mikrokontroler memberikan perintah untuk menghentikan motor servo. Tampilan

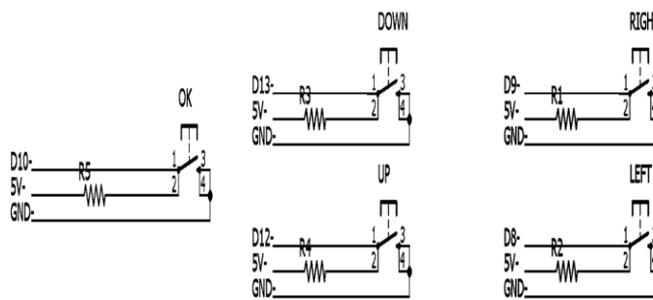
pada LCD berubah menjadi “Dip Coat End” seperti terlihat pada Gambar 6. Selanjutnya pengguna menekan kursor “Back” pada Gambar 6 untuk kembali ke menu sebelumnya seperti pada Gambar 4 untuk memulai kembali alat *dip coating*.



Gambar 6. Tampilan saat *dip coating* End

B. Pengujian *Push Button*

Pada penelitian alat *dip coating*, *push button* memiliki fungsi utama yaitu untuk memasukkan nilai waktu pencelupan, nilai banyaknya kali pencelupan, nilai waktu penarikan dan nilai kedalaman substrat. *Push button* juga berfungsi untuk memulai dan mengakhiri pemrosesan. *Push button* yang digunakan pada penelitian adalah jenis *tactile*. Pada penelitian ini terdapat 5 rangkaian *push button* dengan fungsi yang berbeda. kelima *push button* ini adalah sebagai tombol “OK”, “UP” untuk menggerakkan kursor ke atas, “DOWN” untuk menggerakkan kursor ke bawah, “RIGHT” untuk menggerakkan kursor ke kanan dan “LEFT” untuk menggerakkan kursor ke kiri. Kelima rangkaian *push button* berfungsi untuk memasukkan data ke dalam mikrokontroler, seperti yang terlihat pada Gambar 7. Kelima *push button* tersebut sudah dilakukan pengujian dan berfungsi dengan baik pada saat memasukkan data ke dalam mikrokontroler.



Gambar 7. Rangkaian kelima *push button* yang digunakan

C. Pengujian Waktu Respon Alat

Penelitian ini melakukan pengujian waktu respon pada alat untuk melihat ketepatan waktu yang diinginkan sehingga dapat melakukan *quality control* pada saat penarikan substrat. Pengujian ini dilakukan pada waktu saat pencelupan ke dalam larutan dan waktu penarikan substrat pada larutan. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

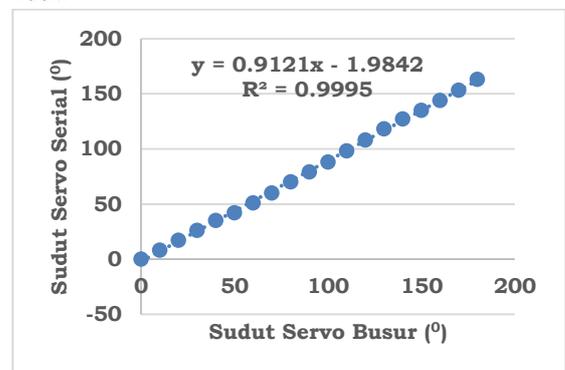
Tabel 1. Hasil uji waktu pencelupan dan penarikan substrat menggunakan *stopwatch*

| Waktu alat (menit) | Waktu <i>Stopwatch</i> \bar{X} |
|--------------------|-------------------------------------|
| 1 | 1 m 0.2 s |
| 2 | 2 m 0.2 s |
| 4 | 4 m 0.9 s |
| 6 | 6 m 0.5 s |
| 8 | 8 m 0.1 s |
| 10 | 9 m 0.1 s |

Pengujian waktu diatas sangat mempengaruhi keakuratan waktu pencelupan dan waktu penarikan. Dengan hasil pengujian yang didapatkan maka alat *dip coating* ini bisa beroperasi untuk mendapatkan hasil lapisan tipis yang bagus. Semakin lama waktu pencelupan maka ketebalan dari substrat akan semakin meningkat, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu pencelupan maka kontak yang terjadi antara substrat dengan larutan semakin lama menyebabkan semakin banyak larutan yang menempel sehingga ketebalannya semakin meningkat.

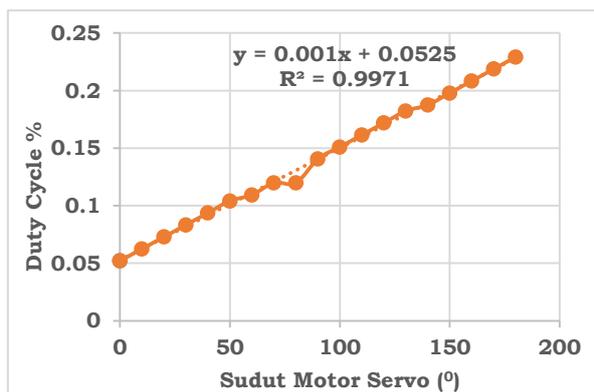
D. Pengujian Nilai *Pulse Width Modulation* (PWM)

Pengujian nilai PWM dilakukan untuk melihat korelasi *duty cycle* terhadap sudut yang dihasilkan motor servo. Pengujian ini dilakukan untuk mengatur sudut servo di busur dengan sudut servo di serial arduino agar sudut yang dihasilkan sesuai dan akurat. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 terlihat perbandingan sudut yang didapatkan, dimana setiap perubahan derajat sudut servo busur akan mengalami perbedaan yang di tampilkan pada serial arduino. Koefisien korelasi pembacaan sudut servo sebesar 0.9995 yang menunjukkan korelasinya sangat kuat.



Gambar 8. Grafik Perbandingan sudut motor servo

Duty cycle merupakan persentasi panjang pulsa *high* dalam satu periode sinyal. Perubahan nilai *duty cycle* mempengaruhi sudut servo sehingga sudut servo akan berubah juga. Semakin besar perubahan sudut servo maka nilai *duty cycle* semakin besar, seperti yang terlihat pada Gambar 9. Pengujian nilai PWM untuk mencari nilai *duty cycle* dan sudut servo dilakukan mulai dari sudut terendah 0° sampai dengan sudut tertinggi 180° dengan menggunakan osiloskop. Pada grafik di atas didapatkan nilai determinasi pembacaan *duty cycle* alat terhadap sudut motor servo 0.9971%.



Gambar 9. Grafik korelasi nilai *duty cycle* dengan sudut motor servo

E. Pengujian Kecepatan Sudut (Rotasi) Motor Servo

Pengujian kecepatan rotasi motor servo dilakukan dengan percobaan pengambilan data nilai waktu dan sudut. Kecepatan putaran atau rotasi motor dibaca dengan melihat *rotate per minute* (RPM) yang dihasilkan motor. Nilai waktu diambil dengan menggunakan *stopwatch* pada saat servo mulai berjalan sampai servo berhenti. Percobaan ini dilakukan dengan memvariasikan 3 sudut yaitu sudut 60°, 90° dan 120°.

Pada proses *dip coating* kecepatan penarikan substrat sangat mempengaruhi hasil pelapisan pada lapisan tipis. Semakin tinggi kecepatan penarikan substrat maka dihasilkan lapisan yang lebih tebal dibandingkan dengan kecepatan yang rendah, hal ini karena peningkatan kecepatan penarikan menyebabkan larutan cair merekat pada substrat yang bergerak keatas lebih cepat menguap dan kering.

Pada Tabel 2 dilihat bahwa setiap perubahan nilai sudut akan menyebabkan perubahan pada waktu yang diukur. Hal ini terjadi karena semakin besar nilai sudut yang digunakan maka semakin besar juga waktu yang diperlukan servo untuk berotasi. Pada tabel tersebut didapatkan nilai RPM atau kecepatan rotasi yang dilakukan servo, dimana dari ketiga nilai RPM tersebut yang digunakan alat *dip coating* adalah nilai RPM sebesar 6,25 yang saat beroperasi lebih

smooth dibandingkan dari kedua nilai RPM yang lain.

Tabel 2. Uji kecepatan rotasi motor servo

| Sudut (°) | ω (RPM) | t stopwatch (s) |
|-----------|----------------|-----------------|
| 60 | 3,08 | 20,4 |
| 60 | 6,25 | 10,1 |
| 60 | 18,18 | 3,5 |
| 90 | 3,08 | 30,6 |
| 90 | 6,25 | 15,1 |
| 90 | 18,18 | 5,2 |
| 120 | 3,08 | 40,7 |
| 120 | 6,25 | 20,1 |
| 120 | 18,18 | 6,9 |

F. Pengujian Kedalaman Pencelupan

Pengujian nilai kedalaman pencelupan dilakukan untuk mencari nilai sudut setiap perubahan nilai kedalaman yang diinginkan. Alat ini menghasilkan sudut setiap perubahan nilai kedalaman dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Panjang Busur} = \frac{\text{Besar sudut juring}}{360} \cdot 2\pi r \dots(1)$$

Persamaan tersebut sudah diprogram pada arduino sehingga setiap menjalankan proses pencelupan akan mengetahui sudut yang digunakan dan ditampilkan nilai sudut tersebut pada serial arduino. Apabila nilai sudut sudah diketahui maka mikrokontroller memberi perintah kepada motor servo untuk bergerak sesuai dengan nilai sudut yang dihasilkan.

Tabel 3. Uji kedalaman pencelupan

| Kedalaman pencelupan perhitungan (mm) | Sudut servo (°) |
|---------------------------------------|-----------------|
| 0 | 71,91 |
| 10 | 82,18 |
| 20 | 92,45 |
| 30 | 102,7 |
| 40 | 113 |
| 50 | 123,2 |
| 60 | 133,5 |

| | |
|----|-------|
| 70 | 143,8 |
| 80 | 154,1 |

Pada Tabel 3 dilihat bahwa setiap perubahan nilai kedalaman pencelupan menyebabkan perubahan pada sudut yang dihasilkan. Digunakan milimeter sebagai satuan kedalaman pencelupan, karena pada arduino program atau *coding* yang digunakan dalam satuan milimeter sehingga nilai kedalaman yang dimasukkan juga harus dalam satuan milimeter.

KESIMPULAN

Rancang bangun alat pembuat lapisan tipis metode *dip coating* telah berhasil dilakukan dan sudah dilakukan pengujian pada rangkaian, pengujian waktu respon alat, pengujian PWM melihat korelasi *duty cycle* terhadap sudut dan kecepatan rotasi atau kecepatan penarikan. Waktu pencelupan secara otomatisasi dari alat *dip coating* telah di uji menggunakan *stopwatch* pada waktu 1 menit sampai 10 menit dengan dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali selisih waktu rata-rata 0,3 detik. Perubahan sudut servo juga mempengaruhi perubahan pada nilai *duty cycle*. Semakin besar perubahan sudut servo maka nilai *duty cycle* akan semakin besar. Pengujian nilai PWM untuk mencari nilai *duty cycle* dan sudut servo dilakukan mulai dari sudut terendah 0° sampai dengan sudut tertinggi 180° dengan menggunakan osiloskop. Nilai determinasi pembacaan *duty cycle* alat terhadap sudut motor servo 0,9971%. Kecepatan sudut atau rotasi motor servo dibaca dengan melihat *rotate per minute* (RPM) yang dihasilkan motor servo yang digunakan alat *dip coating* sebesar 6,25 rpm yang saat beroperasi lebih *smooth* dibandingkan dari kedua nilai RPM yang lain.

SARAN

Alat *dip coating* yang telah dibuat sebaiknya menggunakan keypad ketimbang *push button* agar memudahkan pengguna dalam memasukkan data yang digunakan

untuk mengoperasikan alat *dip coating* dan Diperlukan pengujian lebih lanjut alat *dip coating* secara material untuk mengetahui struktur dari hasil lapisan tipis yang diperoleh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada bapak Nehru selaku pembimbing utama, bapak M. Ficky Afriyanto selaku pembimbing pendamping dan beberapa pihak yang membantu dan mendukung penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfad La. 2013, *Rancang Bangun Spin Coater Untuk Penumbuhan Material Lapisan Tipis* [Skripsi], Kendari: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Halu Oleo.
- Luis S J, David L M, Víctor H G, and Dabirian R. 2016. *Mechanical and Electronic Systems of an Open Source Based Spin and Dip Coater*. Vol. 37, No. 2.
- Lei Zhao., Qing Jiang., Jianshe Lian., 2008, *Visible-Light Photocatalytic Activity Of Nitrogen- Doped TiO2 Thin Film Prepared By Pulsed Laser Deposition*, Applied Surface Science, 254, PP. 4620-4625. 12.
- Puetz J. and Aegerter M., 2004. "Sol-Gel Technologies for GlassProducersand Users", Springer US, pp. 37-48.
- Sanjaya. H, Syukri Arief, Admin Alif, 2013, *Pembuatan Lapisan Tipis Tio2 Pada Plat Kaca Dengan Metoda Dipcoating Dan Uji Aktivitas Fotokatalisnya Pada Air Gambut*, Padang: Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang dan Jurusan Kimia Universitas Andalas.