

DOI: doi.org/10.21009/0305020126

## PEMBUATAN ALAT *SPIN COATER* BERKECEPATAN SUDUT TINGGI BERBASIS ARDUINO UNO

Sofyan Sa'id Atsaurry<sup>1,a)</sup>, Hannif Izzatul Islam<sup>1</sup>, Nida Nabilah<sup>1</sup>, Dendy Handy Saputra<sup>1</sup>, Gagat Mughni Pradipta<sup>1</sup>, Ade Kurniawan<sup>2</sup>, Heriyanto Syafutra<sup>3</sup>, Ardian Arif<sup>3</sup>, Irzaman<sup>3,b)</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Komputer Program Diploma IPB, Jl. Kumbang No. 14, Bogor 16151

<sup>2</sup> Alumni Departemen Fisika FMIPA IPB, Jl. Meranti, Gd. Wing S 2<sup>nd</sup> Floor Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

<sup>3</sup>Dosen Departemen Fisika FMIPA IPB, Jl. Meranti, Gd. Wing S 2<sup>nd</sup> Floor Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Email: <sup>a)</sup> sofiansaid24@gmail.com, <sup>b)</sup> irzaman@apps.ipb.ac.id

### Abstrak

Telah berhasil membuat alat spin coater berkecepatan sudut tinggi berbasis Arduino Uno. Alat ini dibantu dengan motor brushless dan sensor infrared sebagai pendeteksi putaran motor brushless. Dalam percobaan dilakukan penelitian kecepatan sudut motor brushless pada nilai masukan 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, 8000 rpm, 9000 rpm, 10000 rpm, 11000 rpm, 12000 rpm, 13000 rpm, 14000 rpm, 15000 rpm, 16000 rpm, 17000 rpm, 18000 rpm, 19000 rpm, dan 20000 rpm pada alat spin coater. Dalam penelitian ini diperoleh data bahwa kecepatan sudut yang diukur oleh alat spin coater memiliki selisih rata-rata 82.67 rpm terhadap tachometer.

**Kata-kata kunci:** *Arduino, Mikrokontroler, Motor Brushless, PID, Spin Coating*

### Abstract

We have managed to create a high corner velocity spin coater based Arduino Uno. This device assisted with brushless motor and infrared sensor as detection of brushless motor rotation. In experiment conducted research corner velocity of brushless motor on input value 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, 8000 rpm, 9000 rpm, 10000 rpm, 11000 rpm, 12000 rpm, 13000 rpm, 14000 rpm, 15000 rpm, 16000 rpm, 17000 rpm, 18000 rpm, 19000 rpm, and 20000 rpm on spin coater. In this research data showed that the corner velocity that measured by spin coater has difference average is 82.67 rpm with tachometer.

**Keywords:** *Arduino, Microcontroller, Brushless Motor, PID, Spin Coating*

## 1. Pendahuluan

Sebagian besar para peneliti di dunia memperhatikan perkembangan teknologi material. Para peneliti menginginkan hasil material yang sesuai dengan karakteristik dan sesuai dengan yang diinginkan. Ada banyak cara untuk untuk mendapatkan material sesuai dengan yang diinginkan, salah satunya adalah teknik pelapisan material.

Dalam mendukung perkembangan teknologi material banyak macam metode-metode pelapisan material, salah satunya adalah *spin coating*. *Spin coating* adalah salah satu metode untuk mendeposisikan lapisan tipis dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat dengan memanfaatkan gaya sentripetal, substrat diputar

dengan kecepatan konstan tertentu agar diperoleh endapan lapisan tipis di atas substrat [1,2].

*Spin coating* adalah salah satu metode untuk mendeposisikan lapisan tipis dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat dengan memanfaatkan gaya sentripetal, substrat diputar dengan kecepatan konstan tertentu agar diperoleh endapan lapisan tipis di atas substrat [1,2]. Menurut Sulastri [3] *spin coating* adalah metode penumbuhan lapisan tipis pada substrat dengan cara meneteskan cairan ke pusat substrat. Ketika *spin coater* berada dilaju putaran konstan, sebagian larutan yang berlebihan akan menuju tepi substrat dan akan terlepas dari substrat sehingga lapisan larutan pada substrat akan semakin tipis [4].

Banyak keuntungan dari metode *spin coating* diantaranya metode yang sederhana, dapat dilakukan disuhu kamar, dan biaya yang murah,

namun cukup efektif untuk pembuatan lapisan tipis [5]. Teknik pelapisan dengan metode *spin coating* merupakan teknik yang paling baik digunakan untuk menghasilkan lapisan tipis dengan ketebalan seragam yang berkisar antara 0,3 – 5,0  $\mu\text{m}$  pada permukaan substrat yang relatif kecil [6,7]. Dan ketebalan film ditentukan oleh laju alir dan waktu pelapisan *spin coater* [8]. Proses sederhana *spin coating* dapat dilihat pada Gambar 1.

Salah satu aplikasi dari metode *spin coating* adalah untuk pembuatan film tipis kristal fotonik berbasis ferroelektrik. Kristal fotonik adalah material dielektrik yang memiliki indeks bias atau permitivitas berbeda secara periodik, sehingga dapat mencegah perambatan cahaya dengan frekuensi dan arah tertentu [9].

Alat *spin coater* yang dibuat menggunakan Arduino. Arduino adalah sebuah papan mikrokontroler *open-source* yang dapat dikembangkan dengan fleksibel serta komponen perangkat lunak dan perangkat keras yang mudah digunakan. Arduino Uno R3 berbasis mikrokontroler Atmel Atmega 328 dan mempunyai *clock speed* 16 MHz. Arduino sudah mendukung modul sensor seperti shield yang dapat langsung dipasang pada pin standar dari Arduino [10]. Arduino Uno mempunyai empat belas digital *input/output* dan enam pin dapat digunakan sebagai *input* analog [11,12]. Kelebihan Arduino di antaranya adalah tidak perlu perangkat *chip programmer* karena didalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer, Arduino sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki *port serial/RS323* bisa menggunakannya. Bahasa pemrograman yang digunakan relatif mudah karena *software* Arduino dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap, dan *Arduino* memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* Arduino. Misalnya *shield* GPS, *Ethernet*, *SD Card*, dan lain-lain [13]. Untuk memprogram Arduino dapat digunakan perangkat lunak *Integrated Development Environment (IDE)* yang dapat digunakan untuk semua papan Arduino, dan memungkinkan untuk OS yang berbeda [14]. Bahasa pemrograman C/C++ digunakan dalam IDE ini, memungkinkan pengguna untuk membuat sebuah program prosedur sederhana di sebuah file hingga program *object-oriented* yang kompleks di banyak file [14].

Di dalam Arduino terdapat mikrokontroler sebagai pusat pengendali data. Mikrokontroler adalah *chip* yang berisi berbagai unit penting untuk melakukan pemrosesan data sehingga dapat berlaku sebagai pengendali dan komputer sederhana [15]. Orientasi dari penerapan mikrokontroler ialah untuk mengkoordinasikan seluruh sistem berdasarkan informasi masukan yang diterima dari komponen yang terhubung, lalu diproses oleh mikrokontroler, dan dilakukan aksi pada bagian

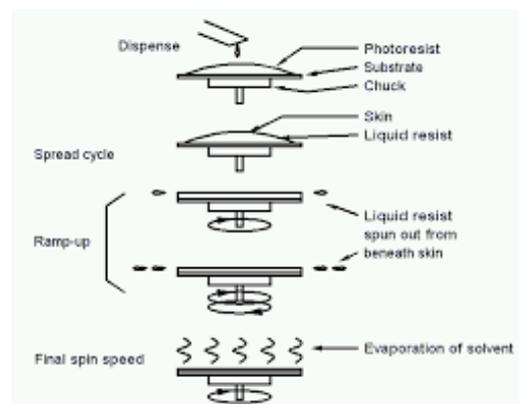
keluaran sesuai program yang telah ditentukan [16,17].

Alat *spin coater* yang dibuat menggunakan motor brushless sebagai alat penggerakannya. Motor *brushless* atau motor arus searah tanpa sikat (BLDC) adalah motor magnet permanen yang fungsi komutator dan sikat dilaksanakan oleh *solid state switch* [18]. Motor BLDC sederhana terdiri dari sebuah magnet rotor permanen dan tiga buah gulungan stator [19,20]. Kelebihan motor *brushless* adalah efisiensi lebih tinggi daripada motor induksi, dimensi lebih kecil, sedikit *noise*, tenaga yang lebih kuat, rentang kecepatan yang lebih lebar, dan perawatan yang mudah [21-26].

Agar *spin coater* dapat bekerja sesuai yang diinginkan maka digunakanlah pengendalian PID (*Proportional Integral Derivative*) adalah pengendalian dasar yang banyak digunakan di industri untuk menghitung implementasi sederhana, sifat yang kuat, dan hanya tiga parameter penyatelan tetapi ketika teknik yang konvensional gagal maka gunakan teknik *fuzzy* [19,27]. Ketahanan dalam performa dan kesederhanaan dari strukturnya adalah kelebihan daripada pengendali lain [28,29]. Pengendali *Proportional* (P) memiliki respon keluaran yang sebanding dengan sinyal *error*, pengendali *Integral* (I) digunakan untuk menghilangkan *offset*, pengendali *Derivative* (D) untuk memprediksi nilai yang akan datang dari kendali sinyal *error* [30].

Mengingat kebutuhan alat ini, terutama dalam penelitian maupun pembuatan film tipis maka mendorong untuk pengadaan *spin coater* berkecepatan sudut tinggi secara mandiri. Alat tersebut mampu memiliki kecepatan sudut yang tinggi sehingga cocok untuk pembuatan film tipis fotonik kristal berbasis ferroelektrik.

Tujuan dari makalah ini adalah untuk membuat alat *spin coater* berkecepatan sudut tinggi dan sistem pengontrolan kecepatan sudut secara otomatis.



Gambar 1. Proses sederhana *spin coating*

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembuatan alat *spin coater* ini terdiri dari enam tahap. Enam tahap tersebut dijelaskan sebagai berikut:

### Analisis Masalah

Pada tahap pertama ini dilakukan analisis masalah yang ada di lapangan. Tahap analisis masalah ini sangat dibutuhkan agar alat yang dibuat akan bermanfaat dan alat berjalan dengan baik.

### Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan meringkas segala kebutuhan sesuai dengan analisis masalah. Dari segala kebutuhan tersebut dianalisis untuk mendapatkan solusi dari masalah yang ada.

### Studi Literatur

Pada tahap ini diadakan studi literatur terhadap topik yang diteliti dengan menggunakan buku-buku, jurnal atau internet sebagai sumber atau bahan-bahan yang berhubungan dengan masalah yang sedang diteliti.

### Perancangan Alat

Tahapan perancangan dimulai dari perancangan kinerja alat dan alur kerja alat. Perancangan diperlukan agar tahap pembuatan alat akan lebih mudah dan alat yang dibuat dapat sesuai dengan kebutuhan.

### Pembuatan Alat

Tahap ini merupakan tahap lanjut dari perancangan alat. Dalam merealisasikan alat membutuhkan waktu yang lebih lama daripada tahap lainnya, karena pada tahap ini terdapat pemasangan komponen yang harus dipelajari terlebih dahulu cara penggunaannya.

### Pengujian Alat

Pengujian alat akan dilakukan setelah perancangan alat dapat diaplikasikan pada pembuatan alat. Pada tahap ini kinerja dari keseluruhan alat dan hasil alat akan diuji. Jika alat belum sesuai dengan tujuan dan perancangan maka akan kembali pada tahap pembuatan alat.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah alat dianggap berhasil melewati proses pembuatan, selanjutnya dilakukan proses pengujian terhadap kinerja alat dan keakuratan pengukuran alat. Pertama-tama dilakukan pengujian terhadap LCD sebagai media penampil data. Hasil pengujian alat dapat dilihat pada Gambar 2.

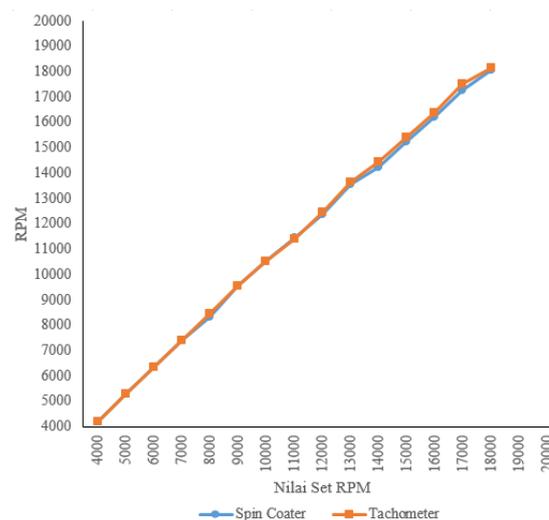
Pengujian selanjutnya yaitu keakuratan pengukuran kecepatan sudut *spin coater*. Pada pengujian keakuratan ini, hasil pengukuran alat yang dibuat dibandingkan dengan hasil pengukuran alat pengukur kecepatan sudut yaitu *tachometer*. Dalam pengujian kecepatan sudut pada motor brushless ditentukan pada nilai set RPM antara 1000 rpm hingga 20000 rpm pada *spin coater*. Dari percobaan dan data hasil percobaan yang telah

dilakukan, motor brushless hanya mampu menghasilkan kecepatan sudut minimum 4000 rpm dan maksimum 18000 rpm tanpa beban. Dalam penelitian ini diperoleh data bahwa kecepatan sudut yang diukur oleh alat *spin coater* memiliki selisih rata-rata 82.67 rpm terhadap *tachometer*. Hasil yang diperoleh dari pengukuran dua alat tersebut dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 3 dari data pada Tabel 1.

Alat *spin coater* yang akurat ini sangat membantu pembuatan film tipis ferroelektrik di Laboratorium Fisika Material dan Elektronika Departemen Fisika FMIPA IPB.



Gambar 2. hasil pengujian alat



Gambar 3. Grafik hasil pengukuran kecepatan sudut

**Tabel 1.** Data hasil pengujian perbandingan kecepatan sudut

Pengujian Kecepatan Sudut (dalam RPM)		
Nilai Set	Spin Coater	Tachometer
4000	4200	4200
5000	5280	5285
6000	6360	6342
7000	7380	7406
8000	8340	8470
9000	9540	9541
10000	10500	10504
11000	11460	11406
12000	12360	12442
13000	13560	13621
14000	14220	14428
15000	15240	15408
16000	16200	16367
17000	17280	17521
18000	18060	18135

#### 4. Simpulan

Telah berhasil membuat alat *spin coater* berkecepatan sudut tinggi berbasis Arduino Uno dan sistem pengontrolan secara otomatis dengan selisih rata-rata kecepatan sudut 82.67 rpm dibanding tachometer dengan bantuan motor brushless yang hanya mampu menghasilkan kecepatan sudut minimum 4000 rpm dan maksimum 18000 rpm.

#### Daftar Acuan

- [1] Labanie A. *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 (2011).
- [2] Purwanto R, Prajitno G, Variasi Kecepatan dan Waktu Pemutaran Spin Coating dalam Pelapisan TiO<sub>2</sub> untuk Pembuatan dan Karakterisasi Prototipe DSSC dengan Ekstraksi Kulit Manggis (Garcinia Mangostana) sebagai Dye Sensitizer. *Jurnal Sains dan Seni POMITS* (2013). 2(1):2337-3520.
- [3] Sulastris S. *Pengukuran Sebaran Ketebalan Lapisan Tipis Hasil Spin Coating dengan Metode Interferometrik* [Skripsi]. Surakarta (ID): Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret (2010).
- [4] Rustami E. *Sistem Kontrol Kecepatan Putar Spin Coating Bernasis Mikrokontroler ATmega8535* [Skripsi]. Bogor (ID): Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (2008).
- [5] Hikam M, Irzaman, Darmasetiawan H, Yogaraksa T, Studi Kekristalan PbZr<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>O<sub>3</sub> yang Disiapkan dengan Pelapisan Putar (Spin Coating). *Jurnal Sains Materi Indonesia* (2002). 4(1):16-19.
- [6] Rahmawati E, Robiandi F, Didik LA, Rahayu S, Santjojo DJDH, Sakti SP, Masrurroh, Pengaruh Jenis Pelarut Xilen dan Tetrahidrofurana Terhadap Ketebalan Lapisan Polistiren dengan Metode Spin Coating. *Natural* (2014). 2(4):1-6.
- [7] Herrera MA, Mathew AP, Oksman K, Gas Permeability and Selectivity of Cellulose Nanocrystals Films (layers) Deposited by Spin Coating. *Carbohydrate Polymers* (2014). 112:494-501.
- [8] Manikandan N, Shanti B, Muruganand S, Construction of Spin Coating Machine Controlled by Arm Processor for Physical Studies of PVA. *International Journal of Electronics and Electrical Engineering* (2015). 3(4):1-5.
- [9] Kurniawan C. *Analisis Kopling Medan Elektromagnetik Transverse Magnetic (TM) pada Kristal Fotonik 2D dengan Defek Indeks Bias Simetrik Menggunakan Metode Tensor Green* [Skripsi]. Bogor (ID): Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (2010).
- [10] Ferdoush S, Li X, Wireless Sensor System Design Using Raspberry Pi and Arduino for Environmental Monitoring Applications. *Procedia Computer Science* (2014). 34:103-110.
- [11] Anwar YE, Soedjarwanto N, Repelianto AS, Prototype Penggerak Pintu Pagar Otomatis Berbasis Arduino Uno ATmega 328P dengan Sensor Sidik Jari. *Electrician-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* (2015). 9(1):30-41.
- [12] Saputri ZN. *Aplikasi Pengenalan Suara Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Berbasis Arduino* [Skripsi]. Malang (ID): Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya (2014).
- [13] Silvia AF, Haritman E, Mauladi Y, Rancang Bangun Akses Kontrol Pintu Gerbang Berbasis Arduino dan Android. *Electrans* (2014). 13(1):1-10.
- [14] Candelas FA, Garcia GJ, Puente S, Pomares J, Jara CA, Perez J, Mira D, Torres F, Experience on Using Arduino for Laboratory Experiment of Automatic Control and

- Robotics. IFAC-PapersOnLine (2015). 48(29):105-110.
- [15] Shofwa DM, Somantri Y, Gunawan T, Rancang Bangun Trainer Mikrokontroler Berbasis Sensor Passive Infrared Receiver. *Electrans* (2013). 12(1):21-28.
- [16] Suradana IM, Sudiarsa IW, Pengendalian Mobile Robot Menggunakan Personal Computer dengan Koneksi Bluetooth. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)* (2013). 2(1):95-109.
- [17] Grovinda K, Design of Smart Meter Using Atmel 89S52 Microcontroller. *Procedia Technology* (2015). 21:376-380.
- [18] Wengi HRPS, Yuniarto MN, Perancangan dan Uji Performa Axial Flux Permanent Magnet Coreless Brushless Direct Current (DC) Motor. *Jurnal Teknik POMITS* (2014). 1(1):1-7.
- [19] Ibrahim HEA, Hassan FN, Shomer AO, Optimal PID Control of a Brushless DC Motor Using PSO and BF Technique. *Ain Shams Engineering Journal* (2014). 5:391-398.
- [20] Janpan I, Chaisricharoen R, Boonyanant P, Control of The Brushless DC Motor in Combine Mode. *Procedia Engineering* (2012). 32:279-285.
- [21] Yuliana AD, Hadi S, Suharyanto, Pengendalian Kecepatan Motor Brushless DC (BLDC) Menggunakan Metode Logika Fuzzy. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri* (2015) 12(2):248-254.
- [22] Chowdhury D, Chattopadhyay M, Roy P, Modelling and Simulation of Cost Effective Sensorless Drive for Brushless DC Motor. *Procedia Technology* (2013). 10:279-286.
- [23] Putra RAW, Firmansyah E, Wijaya FD, Metode Six Step Comutation pada Perancangan Rangkaian Kendali Sensores Motor Brushless Direct Current. *Jurnal Penelitian Teknik Elektro dan Teknologi Informasi* (2014). 1(1):46-50.
- [24] Wang H, Design and Implementation of Brushless DC Motor Drive and Control System. *Procedia Engineering* (2012). 29:2219-2224.
- [25] Shin C, Choy C, Lee W, Advance Angle Calculation for Improvement of the Torque-to-Current Ratio of Brushless DC Motor Drives. *Energy Procedia* (2012). 14:1410-1414.
- [26] Antono D, Motor DC Brushless Tiga Fasa-Satu Kutub. *Orbith*. (2012). 8(1):32-37.
- [27] Patel R, Kumar V. Artificial Neuro Fuzzy Logic PID Controller Based on BF-PSO Algorithm. *Procedia Computer Science*. (2015). 54:463-471.
- [28] Sahib MA, Ahmed BS, A New Multiobjective Performance Criterion Used in PID Tuning Optimization Algorithm. *Journal of Advanced Research* (2016). 7:125-134.
- [29] Sahib MA, A Novel Optimal PID Plus Second Order Derivative Controller for AVR System. *Engineering Science and Technology, an International Journal* (2015). 18:194-206.
- [30] Yudho S B, Hikmarika H, Dwijayati S, Purwanto, Aplikasi Perbandingan Pengendali P, PI, dan PID pada Proses Pengendalian Suhu dalam Sistem Mini Boiler. *Jurnal Amplifier* (2013). 3(2):12-18.

