

Desain dan Realisasi Sistem Kontrol Kecepatan dan Ketinggian Motor Menggunakan Sensor *Optocoupler* dan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino untuk Aplikasi Pengaduk Otomatis

Ahmad Rosadi^(1,a), Posman Manurung^(1,b), Yanti Yulianti^(1,c), Roniyus Marjunus^(1,d), dan Junaidi^{(1,e)*}

⁽¹⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro 1, Bandar Lampung 35144

email:^(a)ahmadrosadilm15@gmail.com, ^(b)reip65@yahoo.com, ^(c)yantiyulianti@fmipa.unila.ac.id,

^(d)roniyus@unila.ac.id, ^(e*)junaidi.1982@fmipa.unila.ac.id,

Diterima (16 Maret 2021), Direvisi(25 November 2021)

Abstract. In this research, the design and realization of a control system for the height and speed of the motor has been designed and implemented. The system was made to adjust the mixer automatically based on Arduino. The working principle of this system was followed, firstly, the system is given an input of height in cm and the rotational speed in the form of rpm using a 4×4 keypad. Arduino used to adjust the ultrasonic sensor as an altitude reader and an optocoupler as a mixer rotary speed reader. The results of the calibration of the two sensors obtained data with a correlation coefficient are 0.991 and 0.970. The stability of the height system and the stirrer speed have good precision indicated by the coefficient of variations were 0.941% and 0.155%. The smaller the coefficient of variation, it is means the better the stability level of the tool. The system accuracy values for measuring the height and speed of the stirrer were 94.78% and 96.34%. So that the reading error of the two sensors are 5.22% and 3.66%. Thus the height control of system and the stirrer rotational speed have a fairly good quality.

Keywords: height, rotary speed, PWM, Ultrasonic sensor, optocoupler sensor

Abstrak. Pada penelitian ini, telah dilakukan perancangan dan realisasi sistem kontrol ketinggian dan kecepatan putar motor. Sistem dibuat untuk mengatur pengaduk secara otomatis berbasis Arduino. Prinsip kerja sistem ini yaitu mula-mula sistem diberi masukan ketinggian dalam satuan cm dan kecepatan putar berupa nilai rpm dengan menggunakan keypad 4×4 . Arduino digunakan untuk mengatur sensor ultasonik sebagai pembaca ketinggian dan *optocoupler* sebagai pembaca kecepatan putar pengaduk. Hasil kalibrasi kedua sensor diperoleh data dengan koefisien korelasi keduanya berturut-turut 0,991 dan 0,970. Karakterisasi sensor menunjukkan bahwa sensor mempunyai linieritas yang sangat baik sehingga dapat digunakan pada alat yang dirancang. Pengujian stabilitas sistem ketinggian dan kecepatan putar pengaduk mempunyai presisi yang baik ditunjukkan dengan nilai koefisien variasi keduanya yaitu 0,941 % dan 0,155%. Semakin kecil nilai koefisien variasi maka tingkat stabilitas alat semakin baik. Nilai akurasi sistem pada pengukuran ketinggian dan kecepatan pengaduk diperoleh 94,78% dan 96,34%. Sehingga kesalahan pembacaan kedua sensor keduanya adalah 5,22% dan 3,66%. Dengan demikian sistem pengatur ketinggian dan kecepatan putar pengaduk mempunyai kualitas yang cukup baik.

Kata kunci: Ketinggian, kecepatan putar, PWM, Arduino, sensor ultrasonik, sensor *optocoupler*

PENDAHULUAN

Proses pengadukan merupakan salah satu kegiatan penting dalam proses

penelitian. Proses pengadukan larutan memerlukan pengaduk yang mampu mencampurkan bahan/larutan secara *homogen*. Penggunaan alat pengaduk adalah

salah satu bagian penting dalam proses pencampuran. Pengaduk yang baik yakni pengadukan dengan cara otomatis yaitu sistem pengaduk yang dapat diatur kecepatan putar ataupun variabel-variabel lain dalam penelitian.

Hingga saat ini masih ditemukan proses pengadukan secara manual maupun semi otomatis, sehingga diperlukan alat yang dapat diatur kecepatan putar secara otomatis berdasarkan kebutuhan dari penelitian yang akan dilakukan. Dalam perancangan pengaduk otomatis dibutuhkan motor penggerak yakni motor DC dan motor *stepper*.

Telah diketahui bahwa motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik [1]. Motor DC digunakan dalam berbagai aplikasi seperti robotika, kendaraan listrik, pabrik penggilingan baja dan lain-lain [2]. Dalam motor DC terdapat dua kumparan yaitu kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet dan kumparan jangkar yang berfungsi sebagai tempat terbentuknya gaya gerak listrik [3]. Motor DC diaplikasikan sebagai penggerak pada batang pengaduk. Sementara itu untuk memposisikan pengaduk sesuai dengan kebutuhan penelitian menggunakan motor *stepper*. Motor *stepper* merupakan perangkat elektromekanis yang mengubah pulsa elektrik menjadi gerakan mekanis diskrit. Urutan pulsa yang diterapkan secara langsung berkaitan dengan arah rotasi poros motor [4].

Komponen yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan putar motor yakni sensor *optocoupler*, sementara itu untuk mendeteksi ketinggian ialah sensor ultrasonik. *Optocoupler* adalah komponen elektronik yang menghubungkan dua sirkuit listrik terpisah dengan menggunakan optik yang peka cahaya [5,6]. Sensor ultrasonik akan menghasilkan gelombang suara frekuensi tinggi dan mengevaluasi gema yang dipantulkan kembali ke sensor [7,8].

Besarnya jarak yang terbaca oleh sensor ultrasonik ditentukan melalui **Persamaan 1**.

$$s = \frac{v_u t}{2} \quad (1)$$

Pada **Persamaan 1** di mana v_u adalah besarnya kecepatan udara (m/s) dan t adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai ke pemancar/penerima (s). Pada **Persamaan 1** kecepatan dan waktu dibagi dengan 2 karena waktu adalah waktu total yang diperlukan untuk mencapai rintangan dan kembali lagi. Jadi waktu untuk mencapai halangan hanya setengah dari total waktu yang diambil [9].

Kedua sensor tersebut dikontrol oleh Arduino Mega, dengan demikian Arduino Mega sebagai mikrokontroler dalam penelitian. Mega merupakan papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560. Alasan menggunakan Arduino jenis ini karena memiliki lebih banyak digital dan analog pin dibandingkan dengan Arduino jenis lain serta pemrograman yang mudah [10,11]. Salah satu fungsi lain dari Arduino Mega pada penelitian ini yaitu memiliki fungsi *Pulse Width Modulation* (PWM) *built-in* sehingga memudahkan untuk merancang rangkaian tambahan lain dalam penelitian ini [2].

PWM secara luas digunakan dalam aplikasi elektronika untuk mengontrol konverter daya (DC / DC, DC / AC dan lain sebagainya) [12]. PWM difungsikan untuk mengontrol kecepatan motor DC. Tegangan Tegangan keluaran DC diatur ke nilai yang diinginkan dengan menyesuaikan nilai tegangan referensi, sehingga memodifikasi *duty cycle*/siklus kerja sinyal PWM didapat **Persamaan (2)**.

$$V_o = DV_{in} = \frac{t_{on}}{T_s} V_{in} = \frac{V_{ref}}{V_{tr}} V_{in} \quad (2)$$

Dengan V_{in} adalah konverter tegangan input DC, D adalah siklus kerja sinyal PWM ($0 \leq D \leq 1$), t_{on} adalah sinyal PWM waktu on, T_s adalah periode pengalihan konverter

dan V_{tr} adalah amplitudo gelombang segitiga. Adapun formula yang digunakan untuk menghitung besarnya siklus kerja terdapat pada **Persamaan 3**.

$$\text{Siklus Kerja} = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} \times 100 \quad (3)$$

Dengan t_{ON} adalah siklus *high* pada sebuah sinyal (s) dan t_{OFF} siklus *low* pada sebuah sinyal (s).

Pada penelitian ini dirancang kecepatan putar pengaduk dengan rentang 900 hingga 3500 rpm, sementara itu ketinggian pengaduk dirancang dari ketinggian 14 hingga 60 cm. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk membuat pengaduk larutan yang mampu secara otomatis mengatur kecepatan putar batang pengaduk dalam rpm dan ketinggian batang pengaduk dalam cm. Dengan demikian kedua variabel tersebut diintegrasikan dalam satu sistem.

Manfaat dari penelitian ini yaitu dengan adanya pengaturan kecepatan pengaduk dan pengaturan posisi ketinggian pengaduk, pengadukan diharapkan dapat membantu mempermudah peneliti dan laboran dalam melakukan pencampuran larutan secara otomatis dengan melakukan penyesuaian kecepatan putar pengaduk dan ketinggian pengaduk yang menyesuaikan dengan kapasitas karutan yang digunakan. Sehingga larutan dapat tercampur secara *homogen* (tercampur secara menyeluruh).

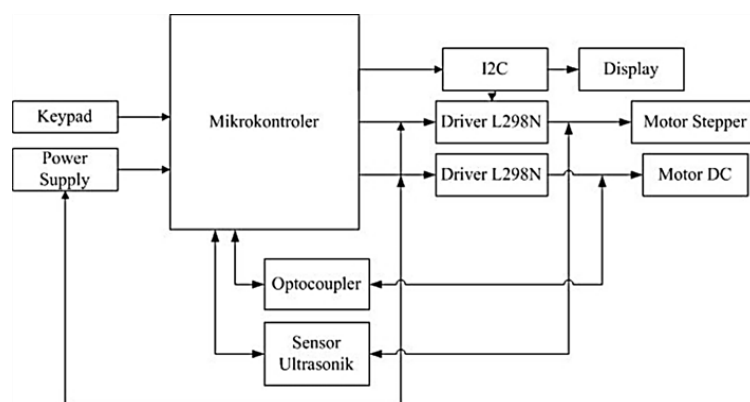
METODE PENELITIAN

Perancangan sistem pada penelitian ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu perancangan pada perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras meliputi catu daya, *keypad* 4×4, motor DC, motor *stepper*, driver L298N, I2C, sensor ultrasonik, dan sensor *optocoupler*.

Sementara itu perancangan perangkat lunak terdiri dari perancangan program untuk program tombol pada *Keypad*, program pengaturan putar motor baik motor DC maupun motor *stepper*, program untuk tampilan pada LCD, program perhitungan jumlah rpm dan program ketinggian. Adapun bahasa yang digunakan pemrograman pada penelitian ini adalah bahasa C.

Berdasarkan blok diagram pada **Gambar 1** dapat didefinisikan catu daya (*power supply*) bertindak sebagai penyuplai tegangan pada sistem yang dirancang terdapat 2 jenis catu daya yang digunakan yaitu catu daya 5 Volt dan catu daya dengan tegangan 12 Volt, kemudian *keypad* 4 × 4 sebagai komponen yang berfungsi untuk memasukkan nilai ketinggian dan kecepatan putar pengaduk sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Perancangan sistem kontrol kecepatan dan ketinggian motor ditunjukkan pada diagram blok **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram blok perangkat keras pengatur kecepatan dan ketinggian pengaduk.

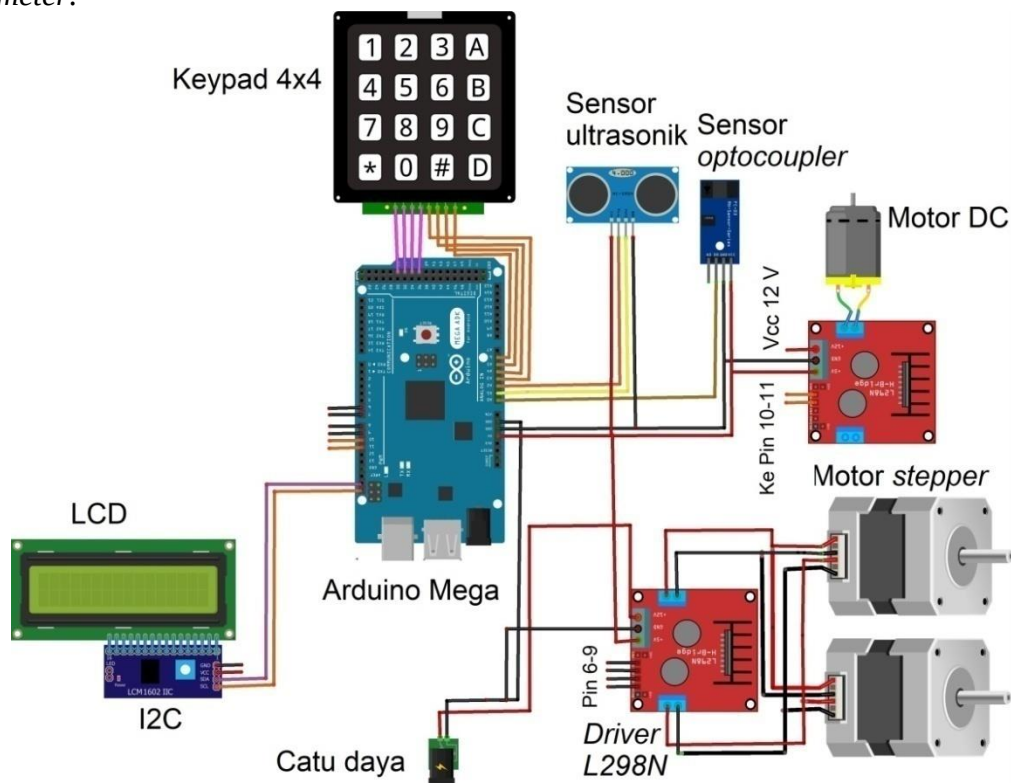
Berdasarkan **Gambar 1** terlihat bahwa hasil masukan dari *keypad* 4×4 memberikan perintah kepada Arduino untuk mengaktifkan driver L298N yang nantinya akan mengatur arah pergerakan dari motor *stepper* dan motor DC. Ketinggian pengaduk akan dikontrol oleh sensor ultrasonik dan kecepatan putar pengaduk akan terbaca oleh sensor *optocoupler*

Arduino berfungsi sebagai pembangkit pulsa PWM berdasarkan nilai masukan dari *keypad* 4×4. PWM akan diteruskan ke driver untuk mengontrol arah putaran dan percepatan motor. Nilai PWM akan dikonversi ke dalam rpm (*revolutions/minutes*), sehingga masukan kecepatan putar dari *keypad* 4×4 sudah dalam satuan rpm. Hasil pembacaan kecepatan putar aktual dari motor yang menggerakkan batang pengaduk oleh sensor *optocoupler* akan dibandingkan dengan *tachometer*.

Hasil perbandingan dengan alat ukur pembanding digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan putar pengaduk sebenarnya. Sementara itu pada pengaturan ketinggian pengaduk, masukan dari *keypad* 4×4 berupa masukan ketinggian dalam cm akan memberikan perintah ke sensor ultrasonik yang nantinya akan memberikan umpan balik kepada mikrokontroler untuk menggerakkan motor *stepper* yang diarahkan oleh driver L298N arah dan perputarannya.

Hasil dari pembacaan sensor ultrasonik akan dibandingkan dengan mistar dengan skala 0-100 cm. sementara hasil pembacaan sensor *optocoupler* akan dibandingkan dengan *tachometer* digital.

Skema rangkaian sistem pengaduk dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Skema rangkaian sistem pengaduk.

Pada **Gambar 2** tampak rangkaian komponen secara keseluruhan yang dirangkai berdasarkan kebutuhan dari masing-masing komponen.

Hasil dari pengukuran akan dianalisis menggunakan akurasi sistem, tingkat kesalahan hingga tingkat kestabilan sistem. Persamaan yang digunakan untuk menghitung persentase kesalahan (*error*), akurasi, presisi dan lineritas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber tegangan merupakan komponen penting untuk menjalankan program pada penelitian. Pada penelitian ini sumber tegangan yang digunakan terdiri dari 2 (dua) macam yaitu sumber tegangan 5 volt dan 12 volt. Adapun sumber tegangan 5 volt ditujukan untuk menyuplai tegangan ke Arduino Mega sementara sumber tegangan 12 volt untuk menggerakkan motor *stepper* dan motor DC.

Keluaran tegangan 5 V dari Arduino menyuplai sensor ultrasonik dan sensor *optocoupler*. Sensor ultrasonik pada penelitian ini berfungsi sebagai pengatur ketinggian pengaduk. Secara sederhana ketika gelombang ultrasonik memancarkan gelombang maka logika pin Echo = 1 (HIGH). Selama gelombang ultrasonik masih merambat (belum memantul kembali) logika pin Echo = 1. Namun setelah gelombang ultrasonik memantul dan kembali terdeteksi oleh sensor penerima, maka pin Echo = 0 (LOW). Setelah sensor ultrasonik membaca sinyal pada ketinggian tertentu maka motor *stepper* akan menggerakkan ketinggian pengaduk sesuai dengan data masukan yang diinginkan.

Sementara itu, sensor *optocoupler* akan membaca perputaran motor DC melalui piringan bercelah yang diletakkan di bawah motor DC tepat di celah sensor *optocoupler*.

Piringan bercelah difungsikan sebagai alat bantu guna membaca kecepatan putar motor DC dalam satuan rpm. Pada penelitian ini digunakan piringan dengan 18 lubang. Piringan bercelah yang digunakan pada dua keadaan yaitu gelap dan terang. Keadaan inilah yang dapat mengaktifkan dan menonaktifkan *optocoupler*. Banyaknya keadaan gelap atau keadaan terang dalam waktu tertentu dapat dihitung sebagai kecepatan putar motor.

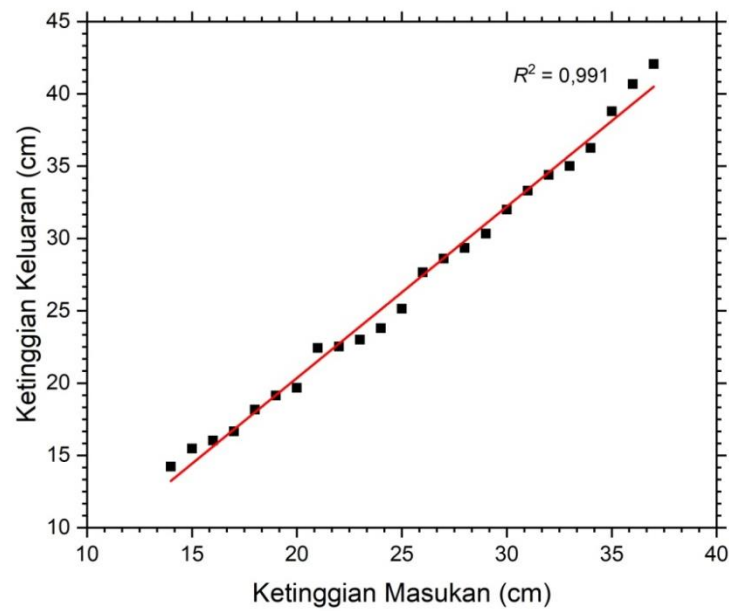
1) Kalibrasi Sensor yang digunakan

Proses kalibrasi dilakukan untuk melihat akurasi dari sensor ultrasonik dan *optocoupler* dengan cara membandingkannya dengan alat ukur standar. Hasil pembacaan sensor ultrasonik akan dibandingkan dengan penggaris dengan skala 0-100 cm, sedangkan sensor *optocoupler* dibandingkan dengan tachometer.

Saat dilakukan kalibrasi pada sensor ultrasonik terjadi pembacaan yang konstan yaitu menunjukkan angka -1 atau +1 dari masukkan yang dilakukan, hal tersebut terjadi dikarenakan pada saat sensor ultrasonik memberhentikan program secara otomatis untuk mengaktifkan reset, sehingga nilai akhir tidak terbaca dikarenakan sensor ultrasonik langsung mereset pembacaan ketinggiannya.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dari hasil pengujian didapatkan nilai R^2 sebesar 0,991 dan didapatkan besar persamaan ketinggian hasil pengukuran yang ditunjukkan dengan nilai koefisien ketinggian masukan (X) sebesar 1,184942 dan nilai konstanta sebesar -3,3535. Dari proses kalibrasi didapatkan skala pembacaan sensor ultrasonik yaitu dari 14 cm hingga 60 cm.

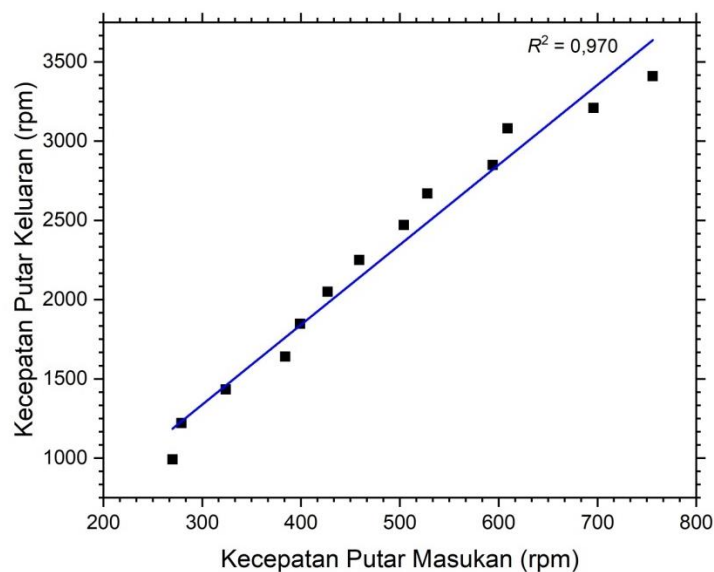
Hasil dari uji kalibrasi sensor ultrasonik dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik hasil dari uji kalibrasi sensor ultrasonik

Uji kalibrasi sensor *optocoupler* pada pengukuran kecepatan putar motor dimulai pada kecepatan putar 900 rpm hingga 3500 rpm. Saat motor DC berputar kecepatan putar langsung terdeteksi oleh sensor *optocoupler*, nilai kecepatan putar tersebut muncul pada tampilan LCD. Kemudian, saat itu juga dilakukan pengukuran secara langsung dengan menggunakan tachometer dan didapatkan nilai pembandingan antara kecepatan putar masukan dengan kecepatan putar keluaran. Dari pengujian

tersebut didapatkan nilai R^2 sebesar 0,970 dan didapatkan persamaan kecepatan putar motor hasil pengukuran yang ditunjukkan dengan nilai koefisien kecepatan motor masukan sebesar 5,044 dan konstanta sebesar -176,7 dan didapatkan batas pengukuran pembacaan sensor *optocoupler* dari 900 rpm hingga 3500 rpm. Hasil dari uji kalibrasi sensor ultrasonik dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik hasil dari uji kalibrasi sensor *optocoupler*.

2) Persentase Kesalahan Alat yang Dirancang

Hasil analisis didapatkan persentase kesalahan alat pada parameter ketinggian sebesar 1,555%. Sementara itu persentase alat pada parameter kecepatan putar pengaduk yaitu 0,639%. Dari angka tersebut terlihat bahwa alat yang dirancang pada pengatur ketinggian relatif baik dikarenakan nilai kesalahan yang masih di bawah 10%. Terdapatnya kesalahan dapat disebabkan oleh beberapa faktor.

Adapun faktor yang menjadi penyebab terjadinya kesalahan pada sensor ultrasonik dan *optocoupler* meliputi kedudukan sensor ultrasonik dan *optocoupler* yang masih belum stabil. Pada sensor ultrasonik dalam membaca ketinggian dibantu dengan pergerakan motor *stepper*, sensor ultrasonik bergerak ke atas dan ke bawah dampak dari pergerakan motor *stepper* yang saling berlawanan, dan pada saat pengoperasian terdapat kendala pada saat motor *stepper* bekerja melewati lintasan statif besi yang tingkat kekasarannya berbeda. Sementara itu kesalahan pada sensor *optocoupler* disebabkan pembacaan piringan yang bergerak menyesuaikan dengan pergerakan motor DC yang begitu cepat. Faktor lain yang menyebabkan hal tersebut yaitu kedudukan pengaduk tidak tetap (terus bergerak) menyesuaikan dengan kebutuhan saat proses pengadukan, hal ini pun mempengaruhi kestabilan pada kedudukan sensor ultrasonik dan sensor *optocoupler*.

3) Akurasi Alat yang Dirancang

Uji akurasi digunakan untuk mengetahui kakuratan sistem yang dirancang. Pada pengambilan data parameter ketinggian dilakukan pengambilan data dimulai dari ketinggian pengaduk 14 cm hingga 60 cm dengan melakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Sedangkan pada kecepatan putar pengaduk dilakukan pengambilan data pada masukan PWM dari 50 hingga 170 menghasilkan kecepatan putar motor 900

rpm hingga 3460 rpm. Setelah dianalisis didapatkan rata-rata nilai akurasi untuk parameter ketinggian pengaduk sebesar 98,455% dan rata-rata akurasi untuk kecepatan putar pengaduk sebesar 99,361%. Akurasi sistem kerja alat yang dirancang meliputi pengaturan ketinggian dan kecepatan putar motor mempunyai nilai mendekati 100%, hal itu menunjukkan bahwa alat dapat bekerja dengan baik. Alat mempunyai tingkat akurasi yang sangat baik karena sebelumnya telah dilakukan pengujian kalibrasi dari sensor ultrasonik sebagai pengatur ketinggian dan sensor *optocoupler* sebagai pengatur kecepatan putar motor.

4) Presisi Alat yang Dirancang

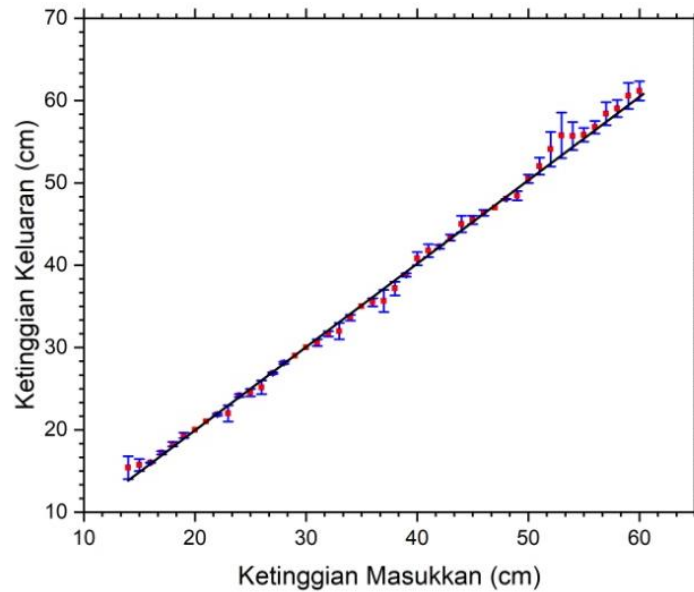
Teknik pengujian presisi pada masing-masing parameter dilakukan pengujian sebanyak 3 (tiga) kali, dari hasil pengujian akan ditarik nilai rata-rata kemudian hasil rata-rata akan disandingkan dengan data masukkan yang kemudian dianalisis untuk mengetahui nilai standar deviasi (**SD**) dan koefisien variasi (**KV**). Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya presisi sistem pengaduk dapat menggunakan **Persamaan 4**.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$KV = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% \quad (4)$$

Pada **Persamaan 4** di mana **X_i** adalah hasil penelitian setiap percobaan, $\bar{X}_n$ adalah *output* rata-rata dari parameter penelitian, **SD** adalah standar deviasi, **n** adalah jumlah sampel dan **KV** adalah koefisien variasi. Uji presisi bertujuan untuk menentukan tingkat kestabilan alat yang dirancang.

Visualisasi grafik presisi ketinggian terdapat pada **Gambar 3**.

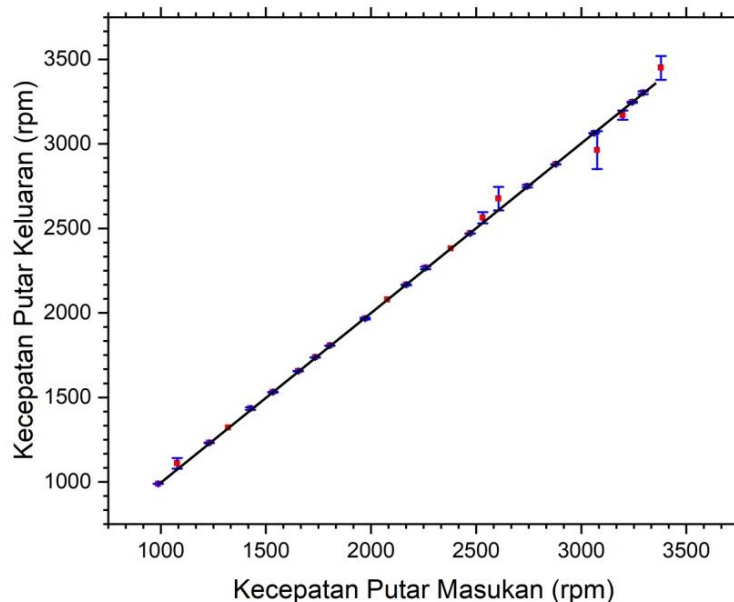


Gambar 3. Grafik presisi sistem pada parameter ketinggian pengaduk hasil pembacaan sensor ultrasonik.

Berdasarkan **Gambar 3** terlihat bahwa dari ke tiga garis pada grafik presisi sistem pada parameter ketinggian pengaduk saling bersinggungan, hal tersebut menunjukkan bahwa sistem pengaduk yang dirancang mempunyai kestabilan yang sangat baik. Setelah dianalisis sensor ultrasonik yang membaca ketinggian pengaduk mempunyai

presisi yang baik yang dibuktikan dengan nilai koefisien variasi masing-masing sebesar 0,941%.

Adapun visualisasi grafik presisi dari sensor *optocoupler* pada pembacaan kecepatan putar pengaduk ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik presisi sistem pada parameter kecepatan putar pengaduk

Berdasarkan **Gambar 4** tampak bahwa sensor *optocoupler* mempunyai nilai presisi atau kestabilan yang baik yang ditunjukkan garis-garis yang mewakili pengulangan percobaan yang hampir berhimpitan terhadap garis masukan. Selain pada **Gambar 4**, kestabilan sistem pengaduk pada para meter kecepatan pengaduk ditunjukkan pada hasil analisis didapatkan nilai koefisien variasi sebesar 0,155%. Berdasarkan hasil tersebut nilai koefisien variasi sangat kecil bahkan di bawah 1%, hal ini menunjukkan alat yang dirancang sangat presisi dikarenakan semakin kecil nilai koefisien variasi maka tingkat stabilitas alat semakin baik [13].

KESIMPULAN

Telah direalisasikan sistem kontrol kecepatan dan ketinggian pengaduk menggunakan sensor *optocoupler* dan ultrasonik berbasis Arduino. Sensor ultrasonik dan sensor *optocoupler* berkualitas baik dibuktikan dengan hasil uji kalibrasi ketinggian dan kecepatan pengaduk dengan nilai R^2 masing-masing 0,939 dan 0,995. Keluaran ketinggian pengaduk memiliki linearitas dan akurasi yang sangat baik dengan R^2 sebesar 0,9970 dan persentase akurasi sebesar 98,455%. Begitupun dengan keluaran kecepatan pengaduk untuk linieritasnya mempunyai nilai yang sangat baik ditunjukkan dengan R^2 sebesar 0,979 dan tingkat akurasinya 98,445%. Terdapat tingkat kesalahan pengukuran pada sistem yang dirancang dengan nilai 1,555% dan 0,639%. Keluaran ketinggian dan kecepatan putar pengaduk memiliki tingkat presisi yang sangat baik dinyatakan dengan koefisien variasi masing-masing sebesar 0,941 % dan 0,155%. Semakin kecil nilai Koefisien Variasi maka tingkat presisi alat semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M.S. Gadkari, K. Kolte, M. Jasani, A.

- Vichare, and S. Beatrice, "Generation of Electricity from Fans," *Int J Comput Sci Inf Technol*, vol. 5, no. 3 pp. 3294-3297, 2014.
- [2] M. Ali, "Cost Effective Way to Control the Speed and Direction of Dc Motor for Driving the Conveyor, " *Am Sci Res J Eng Technol Sci*, vol. 27, no. 1, pp. 364-371, 2017.
- [3] N. Nugroho and S. Agustina S, "Analisa Motor DC (Direct Current) sebagai Penggerak Mobil Listrik," *Mikrotiga*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [4] W. Martínez, L. Parra and J.L. Perez, "Software simulation of a fuzzy logic controller applied to a hybrid stepper motor", *J Mex Soc Instrum Instrum Dev*, vol. 3, no. 7, pp. 18-24, 1997.
- [5] S. Rangdal and G. Jain, "Speed Control of DC Motor Using Microcontroller," *Int J Adv Technol Eng Sci*, vol. 02, no. 12, pp. 482-489, 2014.
- [6] Asrizal, Yulkifli and M. Sovia M, "Penentuan Karakteristik Sistem Pengontrolan Kelajuan Motor DC dengan Sensor *Optocoupler* Berbasis Mikrokontroler AT89S52," *J Auto Ctrl Inst*, vol. 4, no. 1, pp. 25-33, 2012.
- [7] H. A. Al-Issa, "Sensors Application Using PIC16F877A Microcontroller," *Am J Remote Sens*, vol. 4, no. 3, pp. 13-18, 2016.
- [8] V. A. Zhmud, N. O Kondratiev, K. A. Kuznetsov, V. G. Trubin and L.V. Dimitrov, "Application of ultrasonic sensor for measuring distances in robotics," *J Phys Conf Ser*, pp. 1-9, 2018.
- [9] O. Sreeja, Vinessha and Pallavi "Ultrasonic sensor Height Detector," *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, vol. 6, no. II, pp. 368-71, 2018.
- [10] D. D. Dessai, G. B Gonsalves, M. R Luis, and M. S. Cardoso. "Dark Detector System for Paper Waste Detection," *International Journal for*

- Scientific Research & Development.*
vol. 5, no. 01, pp. 873–875, 2017.
- [11] O. M. E. S. Khayal. “*Obstacle Detection Using the Concept of Ultrasound*,” Nile Val Univ Thesis, pp. 1–33, 2016.
- [12] E. Koutroulis, A. Dollas and Kalaitzakis K. “High-frequency pulse width modulation implementation using FPGA and CPLD ICs,” *Journal of Systems Architecture*. pp. 32-44, 2006.
- [13] Persada EM. Presisi dan Akurasi. .2017. [Online]. Available: <http://www.eratika.com/article/presisi-dan-akurasi/>. [Accessed: 29-Nov-2020].