

Rancang Bangun *Magnetic Stirrer Dual Position* dengan Kontrol Kecepatan dan Waktu Independen Berbasis Mikrokontroler yang Terintregrasi IoT

Rahmat Adi Kurniawan¹, Kusnanto Mukti Wibowo^{2*}

¹Teknologi Rekayasa Elektromedis, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. K.H. Ahmad Dahlan, Dukuwaluh, Kabupaten Banyumas, 53182
e-mail : kusnantomuktiwibowo@ump.ac.id

Abstrak— Kebutuhan pengadukan lebih dari satu sampel secara bersamaan dalam kegiatan laboratorium menuntut adanya alat yang efisien dan fleksibel. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *magnetic stirrer dual position* dengan kontrol kecepatan dan waktu pengadukan yang dapat diatur secara *independen* serta terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, dengan lima tingkat kecepatan pengadukan, yaitu 1500 RPM, 2000 RPM, 2500 RPM, 3000 RPM, dan 3500 RPM. Pengaturan parameter dilakukan melalui *keypad* 4x4, sedangkan pemantauan informasi sistem ditampilkan pada LCD. Setiap posisi pengadukan dilengkapi sensor *magnetic Hall effect* untuk membaca kecepatan putar secara *real-time*. Selain itu, sistem terintegrasi dengan aplikasi Blynk sehingga memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui *smartphone*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengendalikan dua posisi pengadukan secara *independen* dengan persentase kesalahan kecepatan dibawah 5%. Pengujian sensor RPM menunjukkan nilai *error* di bawah 0,20% pada seluruh *setpoint*, yang menandakan akurasi dan kestabilan sensor yang tinggi. Dengan demikian, *magnetic stirrer dual position* yang dikembangkan dinilai layak digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas proses pengadukan di laboratorium.

Kata kunci: *Magnetic Stirrer, Mikrokontroler ESP32, Kecepatan dan Waktu Independen, Dual Position, IoT*

Abstract— The need to stir more than one sample simultaneously in laboratory activities requires an efficient and flexible stirring device. Therefore, this study aims to design and develop a dual-position magnetic stirrer with independent speed and stirring time control integrated with Internet of Things (IoT) technology. The system is built using an ESP32 microcontroller as the main controller and provides five stirring speed levels, namely 1500 RPM, 2000 RPM, 2500 RPM, 3000 RPM, and 3500 RPM. Parameter settings are performed using a 4x4 keypad, while system information is displayed on an LCD. Each stirring position is equipped with a magnetic Hall effect sensor to measure rotational speed in real time. In addition, the system is integrated with the Blynk application, enabling remote monitoring and control via a smartphone. Experimental results show that the system is capable of controlling two stirring positions independently, with speed errors below 5%. The RPM sensor accuracy test indicates an error of less than 0.20% across all setpoints, demonstrating high accuracy and stability. Thus, the developed dual-position magnetic stirrer is suitable for improving the efficiency and flexibility of laboratory stirring processes.

Keywords: *Magnetic Stirrer, Microcontroller ESP32, Independent Speed and Time, Dual Position, IoT*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi instrumen laboratorium mendorong hadirnya sistem pengadukan magnetik (*magnetic stirrer*) yang lebih akurat, otomatis, dan mudah dioperasikan. Alat ini digunakan untuk mencampurkan zat terlarut dengan pelarut sebelum dilakukan proses analisis oleh tenaga analis kesehatan. Mekanisme pengadukan berfungsi untuk menghasilkan campuran yang homogen, yaitu kondisi di mana zat terlarut dan pelarut tercampur secara merata sehingga memiliki densitas dan konsentrasi yang seragam. Pada larutan homogen, partikel penyusunnya tidak dapat dibedakan secara visual, menunjukkan warna yang merata, serta tidak terdapat perbedaan konsentrasi pada seluruh bagian larutan.[1]. Pada penelitian lain menyebutkan

bahwa *magnetic stirrer modern* kini banyak mengadopsi mikrokontroler untuk mengatur kecepatan secara presisi [2]. Lalu Patria Irsyad, Yudianingsih, pada tahun 2016 secara khusus merancang *magnetic stirrer* dengan fitur pengaturan kecepatan dan *timer* berbasis sistem kontrol digital sederhana, yang menunjukkan bahwa penerapan teknologi digital pada alat pengaduk semakin berkembang dan menjadi kebutuhan penting dalam laboratorium [3].

Penelitian-penelitian lain juga dilakukan untuk meningkatkan fungsionalitas dan kemampuan monitoring pada perangkat pengadukan. Jaya & Ikhwal pada tahun 2023 mengimplementasikan metode *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk menghasilkan tiga tingkat kecepatan pada *magnetic stirrer* dan menambahkan *timer* otomatis guna mendukung proses pengadukan yang lebih terkontrol [4].

Sementara itu, penelitian Mulyatno et al., pada tahun 2021 mengembangkan *hotplate magnetic stirrer* yang tidak hanya mampu memanaskan larutan, tetapi juga menampilkan informasi suhu dan kecepatan motor melalui *Liquid Crystal Display* (LCD) agar pengguna dapat memantau kondisi proses secara langsung [5]. Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan alat pengadukan terus bergerak menuju peningkatan akurasi, kenyamanan penggunaan, dan kemampuan pemantauan.

Upaya optimasi performa juga dapat dilihat pada penelitian Alfita pada tahun 2021 yang menerapkan kontrol *Proportional-Integral-Derivative Controller* (PID) untuk menjaga kestabilan *Revolutions Per Minute* (RPM) sekaligus mengatur suhu pemanasan, sehingga kualitas homogenisasi larutan dapat dipertahankan secara konsisten [6]. Selain itu, pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) mulai diterapkan, Imam Rukmansyah pada tahun 2024 dalam penelitiannya yaitu mengembangkan *hot-plate magnetic stirrer* berbasis IoT yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian suhu serta kecepatan putar secara *real-time* untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pengadukan [7]. Meskipun demikian, penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada umumnya hanya menyediakan satu titik pengadukan yang dapat terintegrasi IoT, sementara kebutuhan laboratorium sering menuntut kemampuan mengaduk lebih dari satu sampel secara bersamaan.

Melihat kondisi tersebut, diperlukan rancangan alat yang mampu memenuhi kebutuhan pengadukan lebih dari satu sampel yang terintegrasi IoT untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan *magnetic stirrer dual position* yang mampu mengaduk dua sampel secara bersamaan dengan pengaturan kecepatan dan waktu yang dapat dioperasikan secara terpisah melalui satu sistem kendali terpusat dan terintegrasi IoT untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Sistem dirancang dengan lima tingkat kecepatan, yaitu 1500 RPM, 2000 RPM, 2500 RPM, 3000 RPM, dan 3500 RPM, serta dikendalikan menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan tombol setting menggunakan *keypad 4x4*. Setiap titik pengadukan dilengkapi sensor *magnetic Hall effect* untuk membaca kecepatan putar secara *real-time*. Informasi sistem ditampilkan pada LCD, meliputi posisi pengadukan, nilai kecepatan, waktu pengadukan, *error* sistem, serta status koneksi Blynk. Selain itu, sistem terintegrasi dengan teknologi IoT sehingga memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Pengembangan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas penggunaan instrumen laboratorium.

II. STUDI PUSTAKA

A. Magnetic Stirrer

Magnetic Stirrer merupakan perangkat laboratorium yang bekerja dengan memanfaatkan medan magnet berputar untuk menggerakkan batang magnet kecil yang ditempatkan di dalam larutan, sehingga dua atau lebih cairan dapat tercampur secara homogen. Alat ini banyak digunakan dalam bidang kimia dan biologi karena dapat dioperasikan pada wadah tertutup tanpa memerlukan segel mekanis yang kompleks, serta memiliki efisiensi tinggi, serta tidak memiliki komponen yang mudah aus. Batang

pengaduk yang dilapisi bahan inert cocok digunakan dalam bejana kaca karena tidak mengganggu medan magnet [4].

B. Mikrokontroler Sebagai Sistem Kontrol

Sistem kendali modern sering memanfaatkan mikrokontroler sebagai otak utama dalam mengatur proses dinamis seperti kecepatan motor atau waktu pengadukan. Mikrokontroler seperti Arduino menyediakan kombinasi seperti *Central Processing Unit* (CPU), memori, dan *peripheral I/O* yang dapat menjalankan algoritma secara *real-time*. Pada penelitian Ma'arif tahun 2021 mikrokontroler Arduino dipakai bersama algoritma PID untuk mengendalikan kecepatan motor *Direct Current* (DC), menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dan cukup akurat dalam sistem kendali sederhana [8].

Selain itu, mikrokontroler *modern* juga sangat cocok untuk integrasi dengan IoT, memungkinkan kontrol dan pemantauan jarak jauh. Sebagai contoh pada penelitian Imam Rukmansyah pada tahun 2024 menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 pada *magnetic stirrer* untuk pemantauan dan pengendalian suhu serta kecepatan putar secara *real-time* melalui koneksi *wifi* [7]. Hal ini memperlihatkan bahwa mikrokontroler dapat memudahkan pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh.

Mikrokontroler ESP32 memiliki kinerja PWM yang lebih unggul dibandingkan STM32F103 dan ATmega328, terutama dalam fleksibilitas pengaturan *duty cycle*, resolusi, dan kestabilan sinyal. Dukungan modul *timer internal* memungkinkan pembangkitan sinyal PWM yang presisi dan stabil pada berbagai variasi frekuensi, sehingga sesuai untuk aplikasi pengendalian kecepatan motor dan sistem kendali *real-time* [9].

C. Sensor Magnetic Hall Effect

Pengukuran kecepatan putar merupakan parameter penting dalam sistem elektromekanis. Pada penelitian *Design and Development of a Digital Tachometer*, sensor *Hall Effect* dimanfaatkan untuk mendeteksi medan magnet yang berasal dari magnet permanen yang dipasang pada poros berputar. Setiap perubahan medan magnet menghasilkan pulsa yang kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk dihitung dan dikonversi menjadi nilai kecepatan putar dalam satuan RPM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *tachometer* digital berbasis sensor *Hall Effect* mampu memberikan pembacaan RPM yang akurat, responsif, dan stabil, sehingga efektif digunakan sebagai metode pengukuran kecepatan putar dengan biaya rendah dan implementasi yang sederhana [10].

D. Konsep IoT dan Penerapan pada Laboratorium

IoT merupakan konsep yang memungkinkan perangkat fisik yang dibekali sensor atau aktuator terhubung melalui jaringan internet sehingga mampu bertukar data dan menjalankan fungsi pemantauan maupun pengendalian secara otomatis. Teknologi ini menjadikan perangkat dapat dioperasikan dari jarak jauh, sekaligus meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam berbagai proses berbasis sistem digital. Pemanfaatan IoT juga terbukti mendukung otomasi dan pemantauan *real-time* pada berbagai perangkat,

termasuk instrumen laboratorium [11]. Studi tersebut menekankan bahwa pendekatan komunikasi berbasis IoT merupakan elemen penting dalam modernisasi laboratorium.

E. Cloud Blynk untuk Interaksi Jarak Jauh

Platform *cloud* Blynk merupakan layanan IoT yang memungkinkan perangkat seperti ESP32 dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis internet. Melalui fitur *real-time monitoring*, pengguna dapat melihat data sensor, mengatur parameter, dan mengirim perintah langsung melalui aplikasi tanpa harus berada di lokasi perangkat. Penelitian lokal menunjukkan bahwa Blynk memberikan kemudahan dalam proses *monitoring* dan kontrol perangkat IoT karena mendukung komunikasi dua arah secara cepat melalui sistem *cloud* [12]. Dengan kemampuan tersebut, Blynk sangat sesuai digunakan pada sistem *magnetic stirrer dual position* untuk mendukung pemantauan dan pengendalian yang lebih efisien.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) karena bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan menguji kinerja dari alat yang akan peneliti kembangkan, yaitu *Magnetic Stirrer Dual Position* Dengan Kontrol Kecepatan dan Waktu Independen Berbasis Mikrokontroler Yang Terintegrasi IoT. Pendekatan R&D peneliti pilih karena penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan prototipe yang dapat diuji, dievaluasi, dan disempurnakan menjadi produk yang layak digunakan.

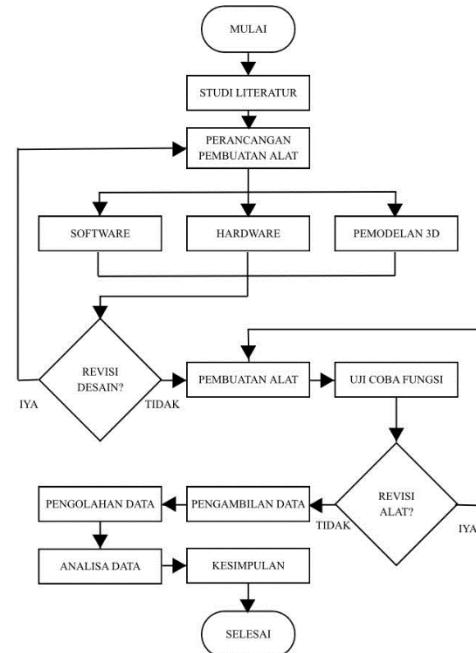
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Rekayasa Elektromedis, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Waktu penelitian ini dimulai pada bulan November 2025 sampai bulan Januari 2026.

A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras dan perangkat lunak pendukung sistem. Perangkat keras terdiri atas sensor *magnetic Hall effect* 2 pcs sebagai pendekripsi kecepatan putaran, mikrokontroler ESP32 1 pcs sebagai pengendali utama, PCB (*Printed Circuit Board*) polos berukuran 8×6 cm 1 pcs sebagai media perakitan rangkaian, 2 motor DC 12V (*Volt*) yang dikendalikan menggunakan 1 motor *driver* L298N, serta komponen pendukung berupa kabel, 4 magnet *neodymium* bulat berukuran 15×3 mm, LCD I2C (*Inter-Integrated Circuit*) 20×4 sebagai media tampilan, *keypad* I2C 4×4 sebagai input, catu daya 12 V, *buzzer*, saklar, akrilik sebagai rangka mekanik, konektor kabel, 1 modul *step-down* LM2596 sebagai penurun tegangan 12V ke 5V untuk ESP32, mur dan baut, serta *spacer* setinggi 1 cm. Selain itu, digunakan pula *tachometer* sebagai alat bantu pengukuran dan pembanding kecepatan putaran. Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler dan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pemantauan dan pengendalian berbasis IoT.

B. Alur Penelitian

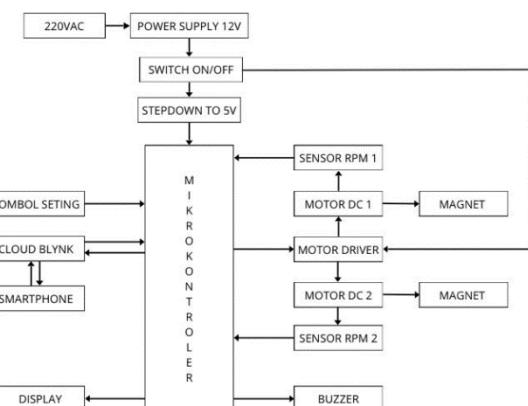
Alur penelitian dalam pembuatan alat *magnetic stirrer* ditunjukkan pada gambar *flowchart*. Berikut gambar *flowchart* penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Keterangan :

1. Mulai, tahap awal dimulainya penelitian.
2. Studi Literatur, dalam penelitian ini penulis menggunakan studi literatur yang berhubungan dengan topik penelitian *Magnetic Stirrer Dual Position*.
3. Perancangan alat, pada tahap ini peneliti melakukan perancangan alat dimulai dari perancangan *Hardware*, *Software*, dan pemodelan 3D (3 Dimensi)
4. Perancangan Perangkat Keras, Perancangan perangkat keras dimulai dengan penyusunan diagram blok sistem yang menggambarkan hubungan antar komponen utama, berikut diagram blok dari pengembangan alat *magnetic stirrer dual position*.

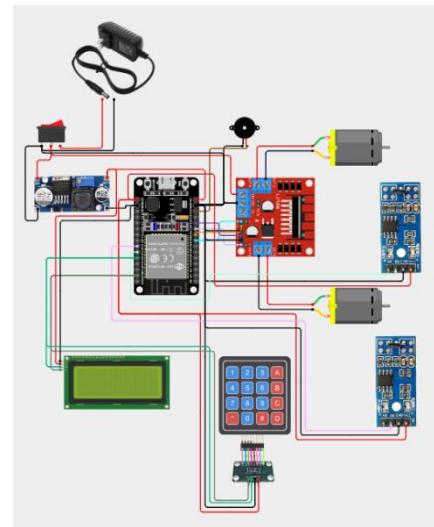


Gambar 2. Diagram Blok *Magnetic Stirrer Dual Position*

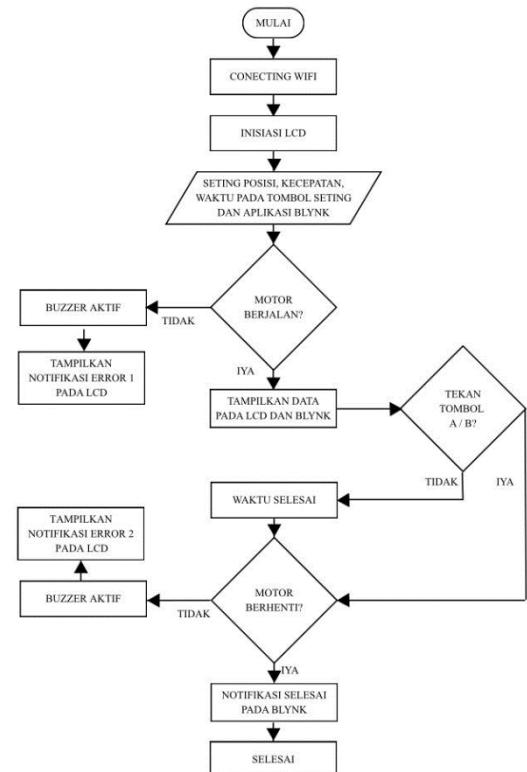
Keterangan dan fungsi diagram blok pada Gambar 2:

- a. 220V AC (*Alternating Current*), sumber listrik utama yang digunakan untuk mengoprasikan seluruh sistem.
- b. *Power Supply*, mengubah tegangan AC menjadi DC yang stabil untuk mensuplai mikrokontroler, *driver motor*, dan komponen lainnya.
- c. *Switch on / off*, digunakan untuk memutus dan mengalirkan tegangan DC dari *Power Supply*.
- d. *Stepdown DC to DC*, digunakan untuk menurunkan tegangan dari 12V ke 5V untuk memberikan tegangan mikrokontroler, *buzzer*, dan LCD 4x4.
- e. Mikrokontroler, pusat kendali sistem yang mengatur kecepatan, waktu pengadukan, membaca sensor, dan mengirimkan data ke *Blynk*. Pada penelitian ini menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontrolernya.
- f. Tombol *Setting*, digunakan untuk input manual seperti pemilihan posisi pengadukan, kecepatan, dan waktu pengadukan menggunakan *keypad* 4x4.
- g. *Smartphone*, media pemantauan dan pengendalian jarak jauh menggunakan *platform Blynk* yang dapat diakses melalui *smartphone*.
- h. Motor *Driver*, digunakan untuk mengatur kecepatan pada tiap motor yang dikendalikan oleh mikrokontroler, motor *driver* yang digunakan adalah motor *driver L298N*.
- i. Motor DC, penggerak utama *magnetic stirrer* yang berputar untuk melakukan pengadukan pada dua posisi yang terpisah, motor yang digunakan yaitu motor DC 12V.
- j. Magnet, digunakan untuk menggerakan magnet *stirrer bar* untuk proses pencampuran larutan. Magnet yang digunakan adalah magnet *neodymium* bulat berukuran 15×3 mm.
- k. Sensor RPM, membaca kecepatan putar motor sehingga sistem dapat memantau kecepatan putarnya pada setiap posisi menggunakan *magnetic hall sensor motor speed module 3144E*.
- l. *Buzzer*, Sebagai *alarm* atau *indicator*, misalnya waktu pengadukan selesai dan *error*.
- m. *Display*, menampilkan informasi seperti kecepatan, waktu, *error*, dan status koneksi IoT menggunakan LCD 4x4.

Perancangan rangkaian juga diperlukan untuk memudahkan saat instalasi setiap komponen. Berikut pin pada mikrokontroler ESP32 yang digunakan yaitu pin GPIO (*General-Purpose Input/Output*) 25 sebagai keluaran PWM pada pin ENA (*Enable A*), pin GPIO 26 ke pin IN1 (*Input 1*), pin GPIO 27 untuk pin ENB, dan GPIO 14 untuk pin IN3 pada motor *driver L298N*. selanjutnya pin GPIO 13 untuk mengendalikan *buzzer*, pin GPIO 18 untuk sensor RPM 1, dan pin GPIO 19 untuk sensor RPM 2. Pin GPIO 21 sebagai SDA (*Serial Data*) I2C LCD dan *keypad* sedangkan pin GPIO 22 sebagai SCL (*Serial Clock*) LCD dan *keypad*. Pin VIN untuk tegangan masuk dari *power supply*, pin GND (*Grounding*) sebagai jalur *grounding* pada komponen, dan pin 3.3V untuk menyediakan tegangan 3.3V pada komponen yang membutuhkan. berikut *layout wiring* yang sudah peneliti buat, ditunjukan pada Gambar 3.

Gambar 3. *Layout Wiring*

- 5. perancangan perangkat lunak, mencakup pembuatan *flowchart* untuk menggambarkan sistem yang akan dibuat, pengembangan program dibuat menggunakan *software Arduino ide*. berikut *flowchart* pengembangan alat *magnetic stirrer dual position*:

Ganbar 4. *Flowchart* alur kerja alat

Pada Gambar 4. *flowchart* menunjukkan alur kerja sistem *Magnetic Stirrer Dual Position* berbasis mikrokontroler. Proses diawali dengan *connecting wifi* untuk terhubung dengan *Blynk*, inisialisasi LCD sebagai media tampilan. Selanjutnya, pengguna memilih posisi pengadukan dengan menekan tombol A untuk posisi pengadukan A atau tombol B untuk posisi pengadukan B. Pengaturan kecepatan dilakukan melalui tombol angka, yaitu tombol 1 hingga 5 yang

masing-masing mewakili kecepatan 1500 RPM, 2000 RPM, 2500 RPM, 3000 RPM, dan 3500 RPM. Pengaturan waktu dilakukan dengan menekan tombol # setelah menentukan kecepatan, sedangkan tombol * digunakan untuk menghapus pengaturan waktu. Setelah waktu ditentukan, tombol # ditekan kembali untuk memulai proses pengadukan. Sistem kemudian memeriksa kondisi motor, apabila motor tidak berputar maka sistem menampilkan Notifikasi *Error 1* pada LCD dan *buzzer* akan berbunyi.

Sebaliknya, jika motor beroperasi dengan normal, data kecepatan dan waktu pengadukan ditampilkan pada LCD dan akan dikirim ke aplikasi Blynk untuk keperluan pemantauan. Jika menekan tombol A / B pada saat proses pengadukan berjalan maka proses pengadukan akan berhenti. Ketika waktu pengadukan habis, sistem memeriksa apakah motor berhasil berhenti. Jika motor gagal berhenti, sistem mengirim Notifikasi *Error 2* untuk ditampilkan di LCD dan *buzzer* akan berbunyi. Jika motor berhenti dengan benar, sistem mengirim notifikasi ke Blynk sebagai tanda bahwa proses telah selesai. Setelah semua langkah terpenuhi, proses berakhir.

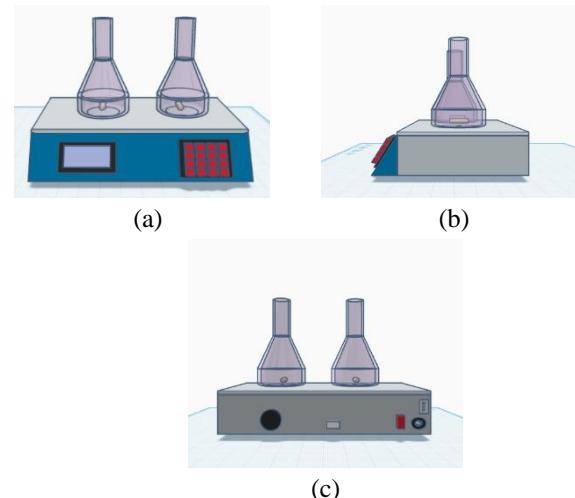
Penentuan nilai *setpoint* RPM dilakukan pada program di Arduino ide dengan cara mengatur nilai PWM sehingga kecepatan putar motor dapat mendekati atau sesuai dengan RPM yang diinginkan. Proses penyesuaian tersebut dilakukan melalui pengukuran menggunakan *tachometer* untuk memastikan bahwa kecepatan putar aktual telah mendekati atau sesuai dengan nilai *setpoint* RPM yang ditetapkan. Rentang nilai PWM yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0 hingga 1023. Pemilihan rentang tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa kenaikan kecepatan putar motor dapat berlangsung lebih halus dan stabil pada setiap peningkatan nilai PWM. Berdasarkan hasil kalibrasi, diperoleh hubungan antara nilai PWM dan RPM sebagai mana yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil kalibrasi nilai PWM dan RPM untuk setiap *setpoint*

Setpoint	PWM Posisi A	PWM Posisi B
1500 RPM	17	18
2000 RPM	22	24
2500 RPM	29	31
3000 RPM	37	40
3500 RPM	48	51

Dari hasil kalibrasi yang ditunjukkan pada Tabel 1. Telah ditetapkan nilai PWM untuk setiap *setpoint* pada posisi pengadukan A dan posisi pengadukan B yang nilai kecepatan putar paling mendekati dengan RPM aktual.

- Pemodelan 3D, Pemodelan desain fisik perangkat dilakukan menggunakan website tinkerCAD untuk menghasilkan visualisasi tiga dimensi dari struktur alat. Pemodelan ini bertujuan untuk memastikan desain ergonomis, mudah dioperasikan, dan memudahkan pada saat pembuatan *casing*. Berikut gambar pemodelan tiga dimensi yang telah dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Gambar 3D *Magnetic Stirrer Dual Position* (a) tampak depan, (b) tampak samping, dan (c) tampak belakang

- Revisi Desain, revisi dilakukan apabila ditemukan ketidak tepatan pada pemilihan komponen, alur program, maupun struktur mekanik. Hasil revisi ini memastikan rancangan siap untuk diwujudkan dalam bentuk prototipe yang stabil.
- Pembuatan Alat, tahap ini meliputi proses pembuatan alat berdasarkan rancangan yang telah dibuat dan disempurnakan. Setelah seluruh komponen terpasang, kode dari arduino ide diunggah ke mikrokontroler untuk pengujian awal.
- Uji Coba Fungsi, pengujian fungsi dilakukan untuk memastikan setiap fungsi bekerja sesuai rancangan. Tahap ini penting untuk mengidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perbaikan lebih lanjut.
- Revisi Alat, berdasarkan hasil uji coba dilakukan revisi terhadap komponen perangkat keras maupun perangkat lunak yang belum bekerja optimal.
- Pengambilan Data, setelah alat dinyatakan berfungsi dengan baik, dilakukan pengambilan data untuk kebutuhan pengolahan data.
- Pengolahan Data, data hasil pengukuran kemudian diolah sesuai referensi terkait.
- Analisa Data, tahap analisis bertujuan menilai apakah alat dapat bekerja sesuai tujuan yang telah ditetapkan.
- Kesimpulan, Tahap akhir berisi penarikan kesimpulan berdasarkan keseluruhan proses penelitian dan hasil evaluasi kinerja alat.

C. Teknik Pengambilan dan Pengolahan Data

Metode pengambilan dan pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Data yang dianalisis mencakup nilai kecepatan putar pengadukan pada masing-masing posisi. Pengukuran kecepatan putar dilakukan menggunakan sensor *magnetic Hall effect* yang terintegrasi pada sistem, serta *Tachometer* Krisbow KW06-563 dan *Tachometer Digital* dt-2234c sebagai alat pembanding.

Pengambilan data kecepatan dilakukan pada variasi *setpoint* 1500 RPM, 2000 RPM, 2500 RPM, 3000 RPM, dan 3500 RPM, dengan jumlah pengambilan data sebanyak lima kali pengukuran untuk setiap *setpoint*. Data hasil pengukuran

selanjutnya dianalisis dengan menghitung nilai rata-rata dan persentase kesalahan antara nilai *setpoint* dan hasil pengukuran, serta membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat pembanding. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi kecepatan pada setiap titik pengadukan, serta mengevaluasi tingkat kesalahan pembacaan kecepatan oleh sensor RPM yang digunakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, *magnetic stirrer dual position* telah berhasil dirancang dan direalisasikan sesuai dengan perencanaan awal serta dapat beroperasi dengan baik. Hasil perancangan dan implementasi alat ditunjukkan pada Gambar 6, yang memperlihatkan tampilan fisik *magnetic stirrer dual position* yang telah dibuat.



Gambar 6. *Magnetic stirrer dual position*

Adapun pengujian proses pengadukan pada posisi A dan posisi B masing-masing telah dilakukan uji fungsi. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa *magnetic stirrer dual position* yang dikembangkan mampu mengendalikan dua posisi pengadukan secara independen, baik dari segi pengaturan kecepatan maupun waktu pengadukan.

Pengujian sistem berbasis IoT telah dilakukan melalui fungsi pemantauan dan pengendalian menggunakan aplikasi Blynk melalui *smartphone*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa saat *magnetic stirrer* dapat beroperasi dan terhubung dengan Blynk, sistem mampu memantau kecepatan putar dan waktu pengadukan secara *real-time*, dan dapat dikendalikan dengan Blynk sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan pada aplikasi Blynk

Selanjutnya, pengambilan data kecepatan putar dilakukan dengan membandingkan sensor RPM dengan *Tachometer* Krisbow KW06-563 dan *Digital Tachometer* dt-2234c seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengambilan data kecepatan putar

Berdasarkan pengambilan data yang diperoleh, dilakukan pengolahan dan analisis untuk mengetahui persentase kesalahan kecepatan serta kesalahan pembacaan sensor RPM pada setiap posisi pengadukan. Adapun hasil pengukuran kecepatan putar pada posisi pengadukan A yang diperoleh disajikan pada Tabel 2.

Table 2. hasil pengambilan data kecepatan putar pada posisi pengadukan A

Setpoint	Alat	1	2	3	4	5	Rata - rata
		Sensor	1523	1581	1572	1502	1510
1500	Tachometer 1	1522	1584	1574	1506	1515	1540
	Tachometer 2	1524	1583	1574	1505	1516	1540
	Sensor	2044	2028	2076	2062	2040	2050
2000	Tachometer 1	2049	2030	2079	2064	2044	2053
	Tachometer 2	2048	2031	2078	2063	2044	2053
	Sensor	2508	2554	2513	2543	2507	2525
2500	Tachometer 1	2509	2558	2517	2547	2511	2528
	Tachometer 2	2508	2557	2516	2547	2512	2528
	Sensor	2999	3021	3044	3021	3056	3028
3000	Tachometer 1	3003	3024	3047	3024	3060	3032
	Tachometer 2	3002	3025	3047	3023	3059	3031
	Sensor	3562	3530	3509	3562	3518	3536
3500	Tachometer 1	3565	3537	3508	3527	3526	3533
	Tachometer 2	3564	3536	3508	3526	3525	3532

Keterangan: *Tachometer* 1 menggunakan *Tachometer* Krisbow KW06-563 dan *Tachometer* 2 menggunakan *Digital Tachometer* dt-2234c.

Tabel 3. Hasil pengujian *error* kecepatan tiap *setpoint* pada posisi pengadukan A

Setpoint	Error
1500	2,50%
2000	2,50%
2500	1%
3000	0,90%
3500	0,80%



Gambar 9. Gambar error kecepatan tiap setpoint pada posisi pengadukan A

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 9, hasil pengujian pada posisi pengadukan A, menunjukkan bahwa nilai *error* menurun seiring dengan peningkatan kecepatan, dari 2,80% pada 1500 RPM menjadi 0,80% pada 3500 RPM. Meskipun selisih absolut antara RPM *setpoint* dan RPM terukur relatif tidak jauh berbeda pada setiap tingkat *setpoint* RPM, nilai *error* persentase menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena perhitungan *error* menggunakan perbandingan terhadap nilai *setpoint*. Pada *setpoint* yang lebih tinggi, nilai pembagi dalam perhitungan *error* semakin besar sehingga menghasilkan persentase *error* yang lebih kecil. Seluruh nilai *error* berada di bawah 5%, yang menandakan bahwa sistem pengadukan memiliki kinerja yang stabil dan memenuhi standar. Selain itu, pengujian sensor kecepatan putar menunjukkan nilai *error* yang sangat rendah, yakni di bawah 0,20% pada seluruh *setpoint*, sehingga sensor dinilai akurat, stabil, dan layak digunakan sebagai sistem pemantauan kecepatan pada alat *magnetic stirrer*.

Adapun hasil pengukuran kecepatan putar pada posisi pengadukan B yang diperoleh disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. hasil pengambilan data kecepatan putar pada posisi pengadukan B

Setpoint	Alat	1	2	3	4	5	Rata - rata
		Sensor	1527	1535	1565	1550	1531
1500	Tachometer 1	1529	1539	1570	1553	1528	1544
	Tachometer 2	1527	1538	1569	1555	1529	1544
	Sensor	2016	2038	2078	2053	2010	2039
2000	Tachometer 1	2019	2040	2079	2055	2013	2041
	Tachometer 2	2018	2040	2078	2056	2012	2041
	Sensor	2508	2530	2511	2530	2550	2526
2500	Tachometer 1	2510	2533	2510	2534	2553	2528
	Tachometer 2	2511	2531	2510	2533	2554	2528
	Sensor	3029	3012	3049	3031	3016	3027
3000	Tachometer 1	3029	3016	3055	3036	3019	3031
	Tachometer 2	3029	3016	3055	3035	3018	3031
	Sensor	3545	3526	3560	3525	3510	3533
3500	Tachometer 1	3548	3529	3569	3521	3522	3538
	Tachometer 2	3547	3527	3568	3520	3522	3537

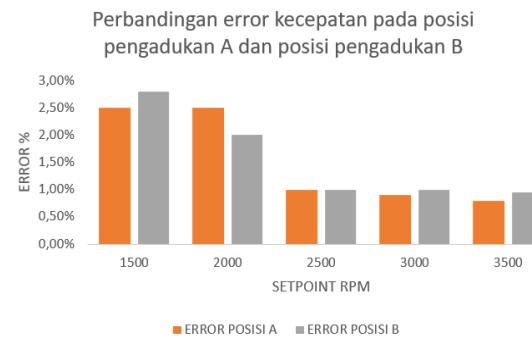
Tabel 5. Hasil pengujian *error* kecepatan tiap *setpoint* pada posisi pengadukan B

Setpoint	Error
1500	2,80%
2000	2%
2500	1%
3000	1%
3500	0,95%



Gambar 10. Gambar error kecepatan tiap setpoint pada posisi pengadukan B

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 10, persentase *error* kecepatan pada posisi pengadukan B cenderung menurun seiring peningkatan kecepatan, dengan nilai tertinggi sebesar 2,80% pada 1500 RPM dan terendah 0,95% pada 3500 RPM. Meskipun selisih absolut antara RPM *setpoint* dan RPM terukur relatif tidak jauh berbeda pada setiap tingkat *setpoint* RPM, nilai *error* persentase menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena perhitungan *error* menggunakan perbandingan terhadap nilai *setpoint*. Pada *setpoint* yang lebih tinggi, nilai pembagi dalam perhitungan *error* semakin besar sehingga menghasilkan persentase *error* yang lebih kecil. Seluruh nilai *error* berada di bawah 5%, yang menandakan bahwa sistem pengadukan memiliki kinerja yang stabil dan memenuhi standar. Selain itu, hasil pengujian sensor kecepatan putar menunjukkan nilai *error* yang sangat rendah, yaitu di bawah 0,20% pada seluruh *setpoint*, yang mengindikasikan sensor memiliki akurasi tinggi dan stabil serta layak digunakan untuk pemantauan kecepatan alat *magnetic stirrer*.



Gambar 11. Perbandingan *error* kecepatan pada posisi pengadukan A dan posisi pengadukan B

Berdasarkan Gambar 11, hasil pengujian dari posisi pengadukan A dan posisi pengadukan B terdapat Perbedaan hasil pengukuran *error* kecepatan antara Posisi A dan Posisi B hal ini dapat terjadi akibat adanya perbedaan karakteristik mekanik dan elektris pada masing-masing titik pengadukan. Namun demikian, selisih yang terjadi masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima, sehingga sistem tetap dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, *magnetic stirrer dual position* berhasil direalisasikan dan beroperasi dengan baik sesuai perencanaan. Sistem mampu mengendalikan dua posisi pengadukan secara independen dalam pengaturan kecepatan

dan waktu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase kesalahan kecepatan menurun seiring peningkatan setpoint, dengan *error* tertinggi sebesar 2,80% pada kecepatan rendah dan *error* terendah sebesar 0,80% pada posisi A serta 0,95% pada posisi B. Seluruh nilai *error* berada di bawah 5%. Pengujian sensor RPM menunjukkan tingkat kesalahan di bawah 0,20% pada seluruh *setpoint*, sehingga sensor memiliki akurasi dan kestabilan yang tinggi. Sistem IoT berbasis Blynk juga berfungsi dengan baik untuk pemantauan dan pengendalian kecepatan serta waktu pengadukan secara *real-time* melalui *smartphone*.

REFERENSI

- [1] A. Afzal Ariff, A. Supee, and M. Z. M. Yusop, "Influence of magnetic stirrer speed on the properties of chemical bath deposited Fe_xO_y thin films," *Mater. Today Proc.*, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.08.260.
- [2] I. Made Agus Mahardiananta, I. Made Aditya Nugraha, P. A. M. Putra, and I. Gede Sura Adnyana, "Magnetic Stirrer with Speed Advisor and Timer Based on Microcontroller," *J. Robot. Control*, vol. 3, no. 1, pp. 18–25, 2022, doi: 10.18196/jrc.v3i1.11279.
- [3] S. L. Lalu Patria Irsyad, Yudianingsih, "Perancangan Alat Magnetic Stirrer Dengan Pengaturan Kecepatan Pengaduk Dan Pengaturan Waktu Pengadukan Lalu," vol. 1, no. x, pp. 22–29, 2016.
- [4] I. Jaya and D. Ikhwal, "Perancangan Alat Pengaduk Magnetik Berbasis Arduino Uno Atmega 328p," *Circuit J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, p. 69, 2023, doi: 10.22373/crc.v7i1.14915.
- [5] M. Mulyatno, C. Indriyanto, and S. Metere, "Hot plate magnetic stirrer dengan tampilan temperatur dan kecepatan motor," *J. Hosp. Technol. Mechatronics*, vol. 2, no. 1, pp. 25–44, 2021.
- [6] R. Alfita, A. Ibadillah, and D. Tri Laksono, "Hotplate Magnetic Stirrer Pengatur Panas Otomatis dan Kecepatan Air Bebas PID (Proportional Integral Derivative)," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2021.
- [7] S. H. Imam Rukmansyah, "Alat Pengukur Suhu dan Kecepatan HotPlate Berbasis IoT di," *E-Prosiding Tek. Inform.*, vol. 5, no. 2, 2024.
- [8] A. Ma'arif, "Embedded Control System of DC Motor Using Microcontroller Arduino and PID Algorithm," *IT J. Res. Dev.*, vol. 6, no. 1, pp. 30–42, 2021, doi: 10.25299/itjrd.2021.vol6(1).6125.
- [9] F. Rohman, N. Nurhadi, and M. E. Martawati, "Unjuk Kerja GPIO, PWM, ADC dan Timer pada Mikrokontroler STM32F103, ESP32S dan ATMega328," *J. Eltek*, vol. 19, no. 2, pp. 73–79, 2021, doi: 10.33795/eltek.v19i2.295.
- [10] A. Thakur, "Design and Development of a Digital Multifunction Relay," no. 479, pp. 1–4, 2001.
- [11] R. Rara, D. N. Wulandari, F. Maliya, H. Akhsan, and I. Amri, "Peran Internet of Things (Iot) Dan Artificial Intelligence (Ai) Dalam Maintenance Laboratorium: Tinjauan Literatur," *Djtechno J. Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 567–579, 2025, doi: 10.46576/djtechno.v6i2.6538.
- [12] I. B. K. Widiartha *et al.*, "IMPLEMENTASI IoT UNTUK SISTEM IRIGASI DI PONDOK PESANTREN NURUL HARAMAIN, NARMADA, LOMBOK BARAT," *J. Begawe Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 216–223, 2024, doi: 10.29303/jbegati.v5i2.1233.