

## Rancang Bangun Alat Penggulung Lilitan Kawat Motor Listrik Dengan Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis *Internet of Things* (IoT)

**Januar Abdul Aziz**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: januar.17050874049@mhs.unesa.ac.id

**Farid Baskoro, Miftahur Rohman, Lusia Rakhmawati**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: faridbaskoro@unesa.ac.id, miftahurrohman@unesa.ac.id, lusiaraakhmawati@unesa.ac.id

### Abstrak

Pada penggulungan kumparan dengan mesin konvensional masih dilakukan secara manual dengan memutar handle sebanyak jumlah lilitan yang diinginkan. Proses ini dapat dioptimalisasi dengan mengganti sistem kerja menjadi otomatis, digantikan dengan motor listrik, pengontrolan kecepatan dan hasil penggulungan dapat dikendalikan mikrokontroler berbasis *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini bersifat eksperimental. Dengan mengirimkan pesan “/on”, maka motor DC akan berputar. Dengan mengirimkan pesan “/stop”, maka motor DC akan berhenti berputar. mengirimkan “/set [turn]”, maka motor DC akan berputar sesuai input angka yang diinginkan dan motor DC akan berhenti ketika telah mencapai putaran yang diinginkan. Pengujian dengan mengirimkan pesan “/set [turn]” tanpa beban didapat rata-rata frekuensi 1,68 lilitan/detik, periode 0,60 detik/lilitan dan error 0,44%. Pengujian dengan beban kawat diameter 0,15 mm didapat rata-rata frekuensi 1,66 lilitan/detik, periode 0,60 detik/lilitan dan error 0,66%. Pengujian dengan beban kawat diameter 0,20 mm didapat rata-rata frekuensi 1,64 lilitan/detik, periode 0,61 detik/lilitan dan error 0,95%. Pengujian dengan beban kawat diameter 0,25 mm didapat rata-rata frekuensi 1,61 lilitan/detik, periode 0,62 detik/lilitan dan error 1,21%.

**Kata Kunci:** NodeMCU ESP8266, *Internet of Things* (IoT), Sensor Optocoupler, Motor Listrik

### Abstract

In coil winding with conventional machines, it is still done manually by turning the handle as many times as the desired number of turns. This process can be optimized by changing the work system to be automatic, replaced with an electric motor, controlling the speed and winding results can be controlled by a microcontroller based on the *Internet of Things* (IoT). This research is experimental. By sending the message “/on”, the DC motor will rotate. By sending the message “/stop”, the DC motor will stop rotating. sending “/set [turn]”, the DC motor will rotate according to the desired number input and the DC motor will stop when it has reached the desired rotation. Testing by sending the message “/set [turn]” without load obtained an average frequency of 1.68 turns/second, a period of 0.60 seconds/turn and an error of 0.44%. Tests with a wire load diameter of 0.15 mm obtained an average frequency of 1.66 turns/second, a period of 0.60 seconds/turn and an error of 0.66%. Tests with a wire load diameter of 0.20 mm obtained an average frequency of 1.64 turns/second, a period of 0.61 seconds/turn and an error of 0.95%. Tests with a wire load diameter of 0.25 mm obtained an average frequency of 1.61 turns/second, a period of 0.62 seconds/turn and an error of 1.21%.

**Keywords:** NodeMCU ESP8266, *Internet of Things* (IoT), Optocoupler Sensor, Electric Motor

### PENDAHULUAN

Peralatan elektronik telah secara meluas diterapkan dalam masyarakat, menunjukkan peningkatan signifikan baik dalam jumlah maupun variasi perangkat, sehingga menyebabkan peningkatan permintaan komponen, di antaranya motor listrik. Motor listrik diaplikasikan dalam berbagai alat rumah tangga sehari-hari seperti kipas angin, pompa air, dan mesin cuci. Namun, ketika digunakan secara berkelanjutan, motor listrik dapat mengalami kerusakan, memerlukan penggantian kumparan motor. Untuk memperbaiki motor listrik memerlukan proses penggulungan ulang kumparan motor yang baru, dan

keakuratan jumlah lilitan motor menjadi faktor yang harus diperhatikan (Syahwil, 2020).

Penggulungan kumparan dengan mesin konvensional dilakukan secara manual dengan memutar handle sesuai dengan jumlah lilitan yang diinginkan. Proses manual ini menghadapi berbagai kendala, seperti kecepatan kerja yang bervariasi, kontinuitas penggulungan yang tergantung pada keterampilan operator, potensi hasil penggulungan yang tidak memenuhi standar, dan perlunya pengawasan selama proses berlangsung (Ahyar & Irdam, 2019). Mekanisme manual ini bisa dioptimalisasi dengan beralih ke sistem otomatis, di mana pemutaran handle untuk penggulungan digantikan oleh motor listrik. Kecepatan dan hasil

penggulungan dapat diatur menggunakan piranti pengendali seperti mikrokontroler berbasis IoT, dengan aplikasi Telegram sebagai antarmuka untuk kontrolnya. Proses dapat berlangsung secara otomatis sehingga ketergantungan pada operator untuk mengawasi secara penuh dapat dikurangi serta dapat dikendalikan dari jarak jauh.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat rancangan alat penggulung lilitan kawat motor listrik secara otomatis berbasis internet of things serta dapat menganalisis hasil pengujian alat penggulung lilitan kawat motor listrik secara otomatis berbasis internet of things. Melalui studi literatur ini, diketahui beberapa kajian pustaka supaya tujuan dari penelitian ini dapat terpenuhi.

NodeMCU merupakan papan elektronik berbasis chip ESP8266 yang memiliki fungsi mikrokontroler dan kemampuan melakukan konektivitas Internet (Wi-Fi). Dengan beberapa pin I/O, ini dapat dikembangkan sebagai aplikasi pemantauan dan kontrol untuk proyek Internet of Things (IoT). NodeMCU ESP8266 dapat diprogram dengan compiler Arduino menggunakan Arduino IDE. Bentuk fisik NodeMCU ESP8266 memiliki port USB (Mini USB) untuk memudahkan pemrograman.

Sensor optocoupler merupakan alat yang mendeteksi perubahan cahaya inframerah, seperti terlihat pada Gambar 2.2. Sensor ini sering digunakan untuk mendeteksi jarak dan pergerakan benda dengan menempatkan kisi-kisi atau baling-baling pada celah atau rintangan. Prinsip kerja sensor optocoupler adalah bila terhalang maka output akan HIGH, dan bila tidak terhalang output akan LOW. Ini mengganggu cahaya inframerah dan menghasilkan impuls listrik. Pulsa ini diproses dan direkam oleh mikrokontroler.

Driver motor DC L298N adalah driver motor H-Bridge ganda yang memungkinkan kontrol kecepatan dan arah dua motor DC pada saat yang bersamaan. Modul ini dapat menggerakkan motor DC yang memiliki tegangan antara 5 dan 35V, dengan arus puncak hingga 2A.

Motor DC berperan sebagai aktuator/penggerak pada mal penggulungan, motor DC dikendalikan kecepatan dan arahnya melalui driver motor L298N dan eksekusi program pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266.

Internet of Things (IoT) adalah jaringan dari beberapa perangkat fisik yang terhubung ke internet. Perangkat yang saling terhubung ini disematkan dengan berbagai sensor yang membuatnya cukup pintar untuk mengumpulkan data dan bertukar informasi dengan perangkat lain dalam jaringan. Hal ini memungkinkan perangkat apa pun untuk berkomunikasi dengan perangkat lain di sana dengan menciptakan ekosistem yang cerdas.

Menurut (Mayr dkk., 2023), istilah lilitan diartikan sebagai penyambungan suatu bagian inti, misalnya gigi gelendong atau gigi stator, dengan kawat dengan cara membengkokkan inti secara terus menerus. Perbedaan

utama antara berbagai teknik penggulungan berkaitan dengan kinematikanya, yaitu cara pergerakan relatif antara inti dan kawat dihasilkan. Gulungan tersebut kemudian akan menghasilkan fluks magnet yang mendorong dan menarik magnet dan rotor, menciptakan torsi.

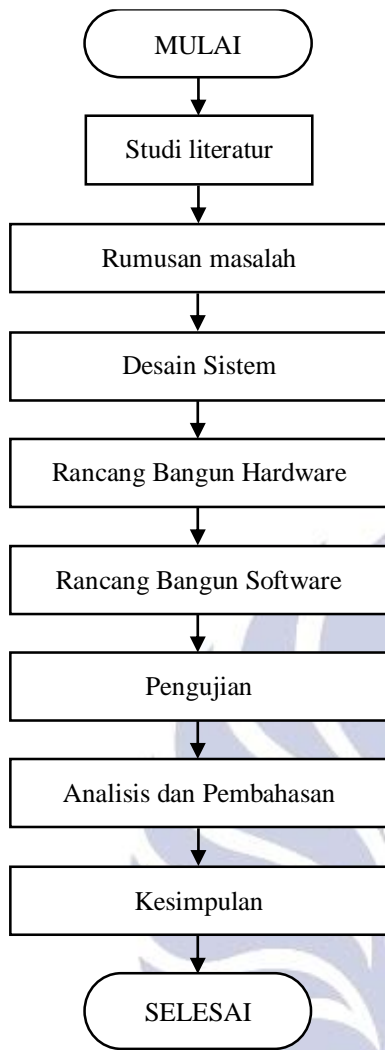
Diluncurkan pada tahun 2013 oleh Nikolai dan Pavel Durov, Telegram adalah aplikasi pesan cepat yang dirancang untuk mempermudah interaksi antara orang-orang.

## METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental yang terdiri dari langkah-langkah berikut: (1) Tahap perencanaan, yang mencakup identifikasi masalah, studi lapangan, tinjauan literatur, penyusunan draft, dan alternatif rancangan. (2) Tahap perancangan dan pembuatan alat, yang meliputi pembuatan gambar sistem mekanik dan elektrik, persiapan material serta suku cadang, proses manufaktur, dan desain program kendali. (3) Tahap pengujian dan analisis, termasuk uji perangkat keras, perangkat lunak, mesin, dan analisis hasil. (4) Tahap finalisasi, yang meliputi perbaikan hasil analisis uji coba dan pembuatan laporan atau jurnal.

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini sebagian besar di Universitas Negeri Surabaya. Identifikasi masalah dan studi lapangan dilakukan dengan meninjau mesin penggulung konvensional yang ada di pasaran serta purwarupa mesin penggulung otomatis yang telah dikembangkan sebelumnya. Komponen mekanik dan rangkaian elektrik dibuat menggunakan fasilitas pribadi serta laboratorium Elektronika di Universitas Negeri Surabaya. Program kontrol yang dirancang bertujuan untuk mengatur operasi mikrokontroler dalam mengendalikan motor DC. Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap, termasuk uji kecepatan putar (rpm) motor DC dan evaluasi performa mesin untuk mengumpulkan data tentang durasi dan akurasi penggulungan. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan laptop/PC bersama perangkat lunak Arduino IDE untuk proses analisis. Teknik pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengamatan (observasi), yaitu mengumpulkan data dengan cara pengamatan pada objek yang diuji selanjutnya mencatat data-data yang akan dianalisis.

Teknik yang dipilih untuk analisis data adalah deskriptif kuantitatif. Metode analisis data ini melibatkan pemeriksaan data eksperimen yang berbentuk kuantitatif dan kemudian disajikan dalam bentuk tabel. Tahap berikutnya adalah menjelaskan data yang diperoleh dalam bentuk kalimat dan menyajikannya untuk memberikan jawaban terhadap masalah yang diteliti. (Almadani dkk., 2021).



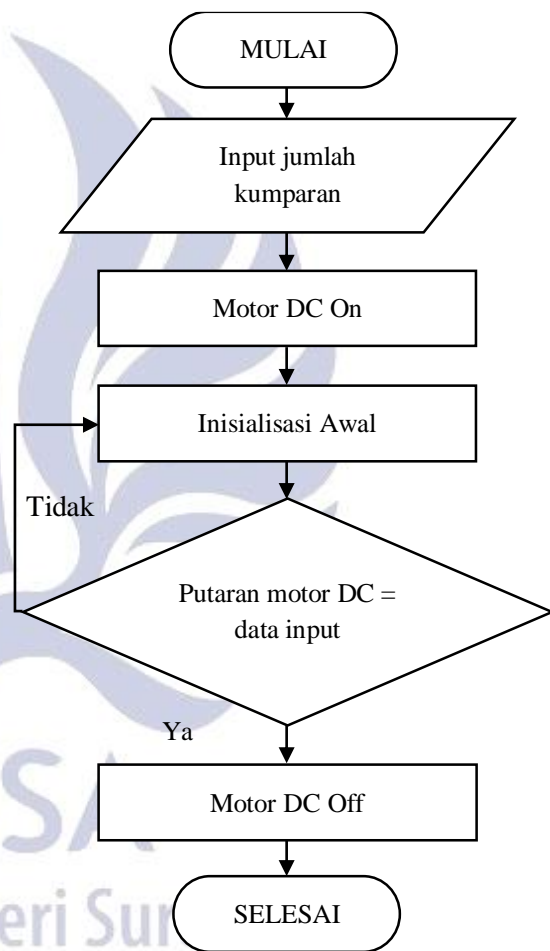
Gambar 1. Flowchart Rancangan Penelitian

Mengacu pada rancangan yang telah ditetapkan, prosedur untuk setiap tahapan akan dijabarkan sebagai berikut:

Dalam studi literatur, peneliti memeriksa berbagai penelitian yang relevan. Dari penelitian tersebut, akan diidentifikasi rumusan masalah yang muncul. Peneliti kemudian merumuskan pertanyaan penelitian yang memerlukan pencarian jawaban melalui data yang relevan. Selanjutnya, peneliti harus menentukan informasi yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut. Sebagai bagian dari studi literatur, peneliti mempelajari buku manual dan jurnal terkait.

Proses rumusan masalah melibatkan analisis yang berdasarkan studi literatur untuk memahami permasalahan penelitian, yang mendukung proses perancangan serta implementasi pada hardware dan software. Dalam tahap manufaktur, perlu dilakukan identifikasi kebutuhan penelitian untuk mendukung penyelesaian perancangan tersebut.

Desain Sistem, dari rancang bangun alat penggulung lilitan kawat motor listrik dengan menggunakan aplikasi telegram berbasis internet of things (IoT). Skema kontrol mesin penggulung kumparan motor listrik dengan penerapan mikrokontroler NodeMCU. Mesin penggulung dikendalikan menggunakan input dari aplikasi Telegram dan optocoupler, yang diproses oleh mikrokontroler NodeMCU, dan kemudian diteruskan ke driver motor DC. Motor DC akan beroperasi sesuai dengan perintah yang diberikan melalui aplikasi Telegram. Optocoupler akan memonitor putaran pada mal pengguling, sehingga motor DC akan berhenti sesuai dengan data yang telah dimasukkan.



Gambar 2. Flowchart Sistem

Rancang Bangun Hardware, alat penggulung lilitan akan dibuat dari bahan akrilik. Untuk penggulungan lilitan akan menggunakan motor DC sebagai penggerak putar untuk lilitan. Sedangkan untuk sensornya akan menggunakan sensor optocoupler yang diletakkan diantara motor DC dan mal lilitan. Alat akan terhubung dengan Wi-Fi melalui nodeMCU ESP 8266 dan perintah jumlah penggulungan atau putaran diatur melalui aplikasi telegram pada smartphone.

Rancang Bangun Software, disini program dirancang dan dimasukkan ke dalam mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Pemrograman dibuat dengan bahasa pemrogram khusus pada Arduino IDE (Integrated Development Environment). Arduino sendiri merupakan Bahasa turunan dari C++ sehingga fungsi-fungsi C++ dan C dapat berjalan di Arduino.

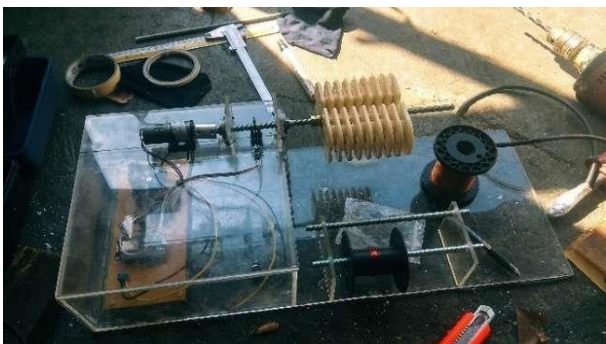
Aplikasi Telegram berperan sebagai antarmuka komunikasi antara operator dan mesin, memungkinkan perintah berupa jumlah lilitan dimasukkan untuk diproses oleh mikrokontroler NodeMCU. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pusat pengelolaan data dan pengaturan sistem penggulungan. Data yang diinput diproses dan disimpan dalam memori sebagai program yang menetapkan kondisi output yang diharapkan, dan hasil ini dibandingkan dengan nilai yang dicapai aktuator.

Setelah program menjalani simulasi dengan bantuan software Arduino IDE, tahap pengujian dapat segera dilakukan. Pengujian dilakukan untuk mengukur kinerja dari sistem manufaktur yang dirancang. Pemeriksaan kesesuaian bertujuan untuk memastikan bahwa kinerja sesuai dengan rancangan penelitian. Jika terdapat kesalahan, maka proses analisis dan penyesuaian kebutuhan manufaktur akan dilakukan ulang.

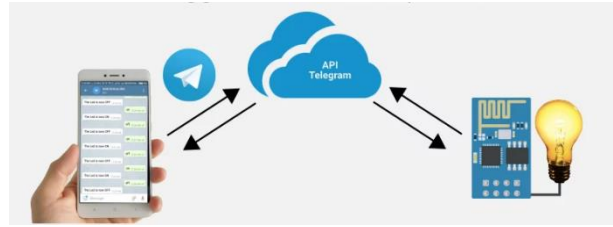
Setelah menyelesaikan tahapan terkait hardware, software, dan pengujian, analisis dan pembahasan dilakukan untuk memastikan kinerja sistem berjalan dengan baik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

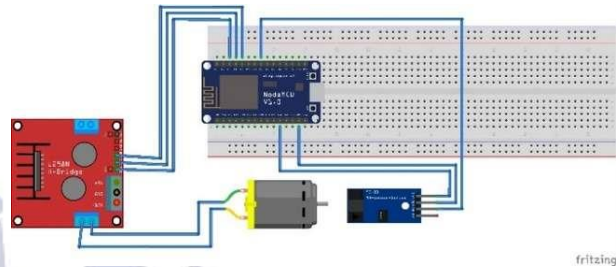
Penelitian ini telah menghasilkan prototipe alat penggulung lilitan kawat motor listrik dengan menggunakan aplikasi telegram berbasis internet of things (IoT) yang ditampilkan pada Gambar 3. Mekanisme operasinya ditunjukkan melalui skema pengendalian yang ditampilkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 3. Alat Penggulung Lilitan Kawat Motor Listrik Dengan Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis Internet of Things (IoT)



Gambar 4. Skema ESP8266 dan Telegram



Gambar 5. Skema ESP8266

Putaran motor DC dilakukan untuk jumlah lilitan yang diinginkan yang disetting melalui aplikasi telegram. NodeMCU ESP8266 akan menerima pesan dari telegram dan memberi perintah ke motor DC untuk berputar. Jumlah putaran dari motor DC akan dihitung oleh sensor optocoupler yang terhubung dengan NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP8266 akan memproses input dari pesan telegram dan sensor optocoupler sehingga akan didapatkan hasil lilitan yang diinginkan.



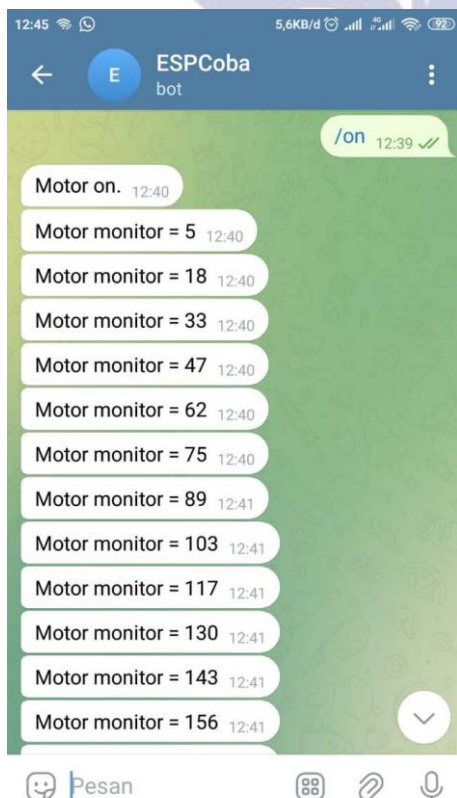
Gambar 6. Tampilan Telegram “/start”

Pengujian alat penggulung lilitan kawat motor listrik dengan menggunakan aplikasi telegram berbasis internet of things (IoT) ini dapat dilakukan dengan mengirim pesan “/start” pada aplikasi telegram. ESP8266 akan merespon dan pada aplikasi telegram menerima pesan yang menampilkan beberapa perintah yang dapat dilakukan oleh ESP8266. Hal ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Pada Gambar 6, aplikasi telegram menerima pesan setelah mengirimkan pesan “/start”. Pesan menampilkan perintah yang dapat dilakukan oleh ESP8266 terhadap motor DC. Mengirim pesan “/on”, perintah untuk motor DC berputar. Mengirimkan pesan “/stop”, perintah untuk motor DC berhenti berputar. Mengirimkan pesan “/set [turn]” diikuti dengan jumlah putaran yang akan dilakukan motor DC, perintah untuk motor DC berputar sesuai yang diinginkan dan motor DC akan berhenti berputar setelah nilai setting tercapai. Selama proses motor DC berputar, aplikasi telegram akan menerima pesan sebagai respon untuk monitoring jumlah putaran yang telah dilakukan setiap 5 detik.

#### Pengujian Awal Motor DC

Pada Gambar 7, ditampilkan mengirim pesan “/on”, maka motor DC akan berputar dan menerima pesan sebagai respon monitoring jumlah putaran motor DC yang telah dilakukan setiap 5 detik.



Gambar 7. Tampilan Telegram “/on”

Pada Gambar 8, ditampilkan mengirim pesan “/stop”, maka motor DC akan berhenti dan menerima pesan bahwa motor DC dalam kondisi berhenti. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 4.1.



Gambar 8. Tampilan Telegram “/stop”

Dari Tabel 1, hasil analisis untuk pengujian dengan mengirimkan pesan “/on” dan “/stop” pada aplikasi telegram. Dengan mengirimkan pesan “/on”, maka motor DC akan berputar dan aplikasi telegram menerima pesan bahwa keadaan berputar serta menerima pesan sebagai respon monitoring putaran motor setiap 5 detik. Dengan mengirimkan pesan “/stop”, maka motor DC akan berhenti berputar dan aplikasi telegram menerima pesan bahwa motor DC dalam kondisi berhenti.

Tabel 1. Pengujian Awal Motor DC

Mengirim pesan	Kondisi motor DC	Respon
/on	Berputar	Menerima pesan
/stop	Berhenti	Menerima pesan

#### Pengujian Putaran Motor DC Tanpa Beban

Pada Gambar 9, ditampilkan mengirimkan “/set [turn]”, maka motor DC akan berputar sesuai input angka yang diinginkan dan motor DC akan berhenti ketika telah mencapai putaran yang diinginkan. Selama proses motor DC berputar, telegram akan menerima pesan sebagai

respon monitoring jumlah putaran motor DC yang telah dilakukan setiap 5 detik.



Gambar 9. Tampilan Telegram “/set [turn]”

Pengujian dengan mengirimkan pesan “/set [turn]” atau putaran motor DC sesuai yang diinginkan akan dilakukan tanpa beban, serta pengujian beban kawat tembaga dengan diameter 0,15 mm, 0,20 mm, dan 0,25 mm. Dari beberapa pengujian akan didapatkan waktu yang dibutuhkan untuk penggulangan masing-masing beban. Setelah pengujian dari masing-masing beban, maka dapat menentukan analisis periode atau waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan dan frekuensi atau lilitan yang didapatkan untuk satu detik.

Untuk analisis dari hasil periode atau waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan adalah dengan menghitung waktu proses pengujian dibagi putaran motor DC yang didapat sebenarnya. Hal ini dapat dilihat dari persamaan berikut.

$$Periode (detik/putaran) = \frac{Waktu}{Putaran motor DC} \quad (1)$$

Untuk analisis dari hasil frekuensi atau lilitan yang didapatkan untuk satu detik adalah dengan menghitung putaran motor DC yang didapat sebenarnya dibagi waktu proses pengujian. Hal ini dapat dilihat dari persamaan berikut.

$$Frekuensi (putaran/detik) = \frac{Putaran motor DC}{Waktu} \quad (2)$$

Untuk analisis dari nilai error atau persentase selisih dari nilai input untuk putaran motor DC dan putaran motor DC yang didapat sebenarnya adalah dengan menghitung selisih dari putaran motor DC yang didapat sebenarnya dan nilai input putaran motor DC dibagi dengan nilai input putaran motor DC dikali seratus. Hal ini dapat dilihat dari persamaan berikut.

$$Error (\%) = \frac{Putaran motor DC - Nilai input}{Nilai input} \times 100 \quad (3)$$

Pada pengujian tanpa beban, mal penggulung kumparan dilepas sehingga motor DC berputar tanpa beban. Jumlah putaran yang disetting dengan mengirimkan pesan “/set [turn]” pada aplikasi telegram. Selama prosesnya motor DC berputar dan setelah proses selesai maka didapatkan putaran dari motor DC sebenarnya dan waktu yang dibutuhkan selama proses. Dengan menghitung persamaan periode dari waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan dan persamaan frekuensi dari lilitan yang didapatkan untuk satu detik maka didapatkan hasil yang perlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Tanpa Beban

Jumlah Setting	Tanpa Beban	Waktu	Frekuensi (Lilitan / Detik)	Periode (Detik / Lilitan)	Error
50	50	00:30	1,67	0,60	0,00%
100	102	01:02	1,65	0,61	2,00%
150	150	01:29	1,69	0,59	0,00%
200	200	01:58	1,69	0,59	0,00%
250	250	02:30	1,67	0,60	0,00%
300	300	02:57	1,69	0,59	0,00%
350	352	03:28	1,69	0,59	0,57%
400	404	04:02	1,67	0,60	1,00%
450	453	04:26	1,70	0,59	0,67%
500	501	04:57	1,69	0,59	0,20%
<b>Rata-rata</b>			1,68	0,60	0,44%

Dari Tabel 2, ditampilkan hasil analisis untuk pengujian tanpa beban. Proses pengujian didapatkan frekuensi atau lilitan yang didapatkan untuk satu detik rata-rata 1,68 lilitan per detik. Periode atau waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan rata-rata 0,60 detik per lilitan. Nilai error dari hasil proses pengujian rata-rata 0,44 persen.

**Pengujian Putaran Motor DC Dengan Kawat 0,15 mm**

Pada pengujian dengan beban kawat tembaga diameter 0,15 mm, mal penggulung kumparan digunakan sebagai tempat cetakan untuk lilitan kawat dan mempersiapkan

kawat tembaga diameter 0,15 mm. Jumlah lilitan yang disetting dengan mengirimkan pesan “/set [turn]” pada aplikasi telegram. Selama prosesnya motor DC berputar akan melakukan penggulungan lilitan kawat dan setelah proses selesai maka didapatkan jumlah lilitan yang sebenarnya dan waktu yang dibutuhkan selama proses penggulungan. Dengan menghitung persamaan dari periode dari waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan dan frekuensi dari lilitan yang didapatkan untuk satu detik maka didapatkan hasil yang perlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Dengan Beban Kawat Diameter 0,15 mm

Jumlah Setting	Kawat 0,15 mm	Waktu	Frekuensi (Lilitan / Detik)	Periode (Detik / Lilitan)	Error
50	51	00:31	1,65	0,61	2,00%
100	100	01:03	1,59	0,63	0,00%
150	153	01:30	1,70	0,59	2,00%
200	202	02:03	1,64	0,61	1,00%
250	250	02:30	1,67	0,60	0,00%
300	300	03:04	1,63	0,61	0,00%
350	353	03:32	1,67	0,60	0,86%
400	402	04:02	1,66	0,60	0,50%
450	451	04:26	1,70	0,59	0,22%
500	500	04:58	1,68	0,60	0,00%
<b>Rata-rata</b>			1,66	0,60	0,66%

Dari Tabel 3, ditampilkan hasil analisis untuk pengujian dengan beban kawat tembaga 0,15 mm. Proses pengujian didapatkan frekuensi atau lilitan yang didapatkan untuk satu detik rata-rata 1,66 lilitan per detik. Periode atau waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan rata-rata 0,60 detik per lilitan. Nilai error dari hasil proses pengujian rata-rata 0,66 persen.

#### Pengujian Putaran Motor DC Dengan Kawat 0,20 mm

Pada pengujian dengan beban kawat tembaga diameter 0,20 mm, mal penggulung kumparan digunakan sebagai tempat cetakan untuk lilitan kawat dan mempersiapkan kawat tembaga diameter 0,20 mm. Jumlah lilitan yang disetting dengan mengirimkan pesan “/set [turn]” pada aplikasi telegram. Selama prosesnya motor DC berputar akan melakukan penggulungan lilitan kawat dan setelah proses selesai maka didapatkan jumlah lilitan yang sebenarnya dan waktu yang dibutuhkan selama proses penggulungan. Dengan menghitung persamaan periode dari waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan dan frekuensi dari lilitan yang didapatkan untuk satu detik maka didapatkan hasil yang perlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Dengan Beban Kawat Diameter 0,20 mm

Jumlah Setting	Kawat 0,20 mm	Waktu	Frekuensi (Lilitan / Detik)	Periode (Detik / Lilitan)	Error
50	52	00:34	1,53	0,65	4,00%
100	102	01:04	1,59	0,63	2,00%
150	151	01:32	1,64	0,61	0,67%
200	203	02:04	1,64	0,61	1,50%
250	250	02:31	1,66	0,60	0,00%
300	301	03:05	1,63	0,61	0,33%
350	352	03:32	1,66	0,60	0,57%
400	401	04:03	1,65	0,61	0,25%
450	450	04:27	1,69	0,59	0,00%
500	501	04:58	1,68	0,59	0,20%
<b>Rata-rata</b>			1,64	0,61	0,95%

Dari Tabel 4, ditampilkan hasil analisis untuk pengujian dengan beban kawat tembaga 0,20 mm. Proses pengujian didapatkan frekuensi atau lilitan yang didapatkan untuk satu detik rata-rata 1,64 lilitan per detik. Periode atau waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan rata-rata 0,61 detik per lilitan. Nilai error dari hasil proses pengujian rata-rata 0,95 persen.

#### Pengujian Putaran Motor DC Dengan Kawat 0,25 mm

Pada pengujian dengan beban kawat tembaga diameter 0,25 mm, mal penggulung kumparan digunakan sebagai tempat cetakan untuk lilitan kawat dan mempersiapkan kawat tembaga diameter 0,25 mm. Jumlah lilitan yang disetting dengan mengirimkan pesan “/set [turn]” pada aplikasi telegram. Selama prosesnya motor DC berputar akan melakukan penggulungan lilitan kawat dan setelah proses selesai maka didapatkan jumlah lilitan yang sebenarnya dan waktu yang dibutuhkan selama proses penggulungan. Dengan menghitung persamaan periode dari waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan dan frekuensi dari lilitan yang didapatkan untuk satu detik maka didapatkan hasil yang perlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Dengan Beban Kawat Diameter 0,25 mm

Jumlah Setting	Kawat 0,25 mm	Waktu	Frekuensi (Lilitan / Detik)	Periode (Detik / Lilitan)	Error
50	53	00:36	1,47	0,68	6,00%
100	101	01:06	1,53	0,65	1,00%
150	150	01:34	1,60	0,63	0,00%
200	203	02:06	1,61	0,62	1,50%
250	255	02:40	1,59	0,63	2,00%
300	300	03:06	1,61	0,62	0,00%
350	350	03:33	1,64	0,61	0,00%

Jumlah Setting	Kawat 0,25 mm	Waktu	Frekuensi (Lilitan / Detik)	Periode (Detik / Lilitan)	Error
400	404	04:04	1,66	0,60	1,00%
450	451	04:28	1,68	0,59	0,22%
500	502	04:59	1,68	0,60	0,40%
<b>Rata-rata</b>			1,61	0,62	1,21%

Dari Tabel 5, ditampilkan hasil analisis untuk pengujian dengan beban kawat tembaga 0,25 mm. Proses pengujian didapatkan frekuensi atau lilitan yang didapatkan untuk satu detik rata-rata 1,61 lilitan per detik. Periode atau waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan rata-rata 0,62 detik per lilitan. Nilai error dari hasil proses pengujian rata-rata 1,21 persen.

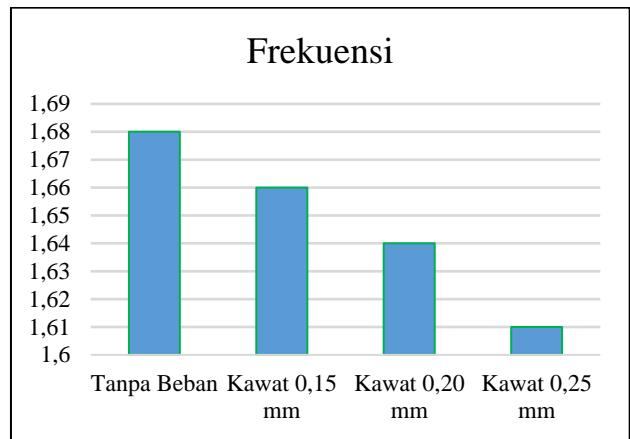
**Perbandingan Hasil Analisis Pengujian**

Pada pengujian dengan mengirimkan pesan “/set [turn]” tanpa beban serta beban kawat tembaga diameter 0,15 mm, 0,20 mm, dan 0,25 mm didapatkan rata-rata dari frekuensi, periode dan nilai error untuk alat penggulung lilitan kawat motor listrik dengan menggunakan aplikasi telegram berbasis internet of things (IoT). Perbandingan hasil analisis dari pengujian ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Analisis Pengujian

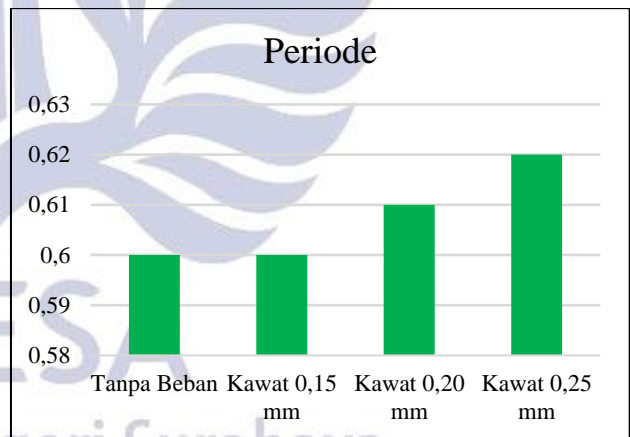
Beban	Rata-Rata Frekuensi	Rata-Rata Periode	Rata-Rata Error
Tanpa Beban	1,68	0,60	0,44%
Kawat 0,15 mm	1,66	0,60	0,66%
Kawat 0,20 mm	1,64	0,61	0,95%
Kawat 0,25 mm	1,61	0,62	1,21%

Dari Tabel 6 dapat dilihat rata-rata hasil analisis dari proses penggulangan tanpa beban dan dengan beban kawat diameter 0,15 mm, 0,20 mm, dan 0,25 mm. Untuk periodenya, jika diameter kawat semakin besar maka periode atau waktu yang dibutuhkan untuk satu lilitan semakin besar. Untuk frekuensinya, jika diameter kawat semakin besar maka frekuensi atau lilitan yang didapatkan untuk satu detik semakin kecil. Untuk nilai error, jika diameter kawat semakin besar maka nilai error semakin besar.



Gambar 10. Grafik Frekuensi

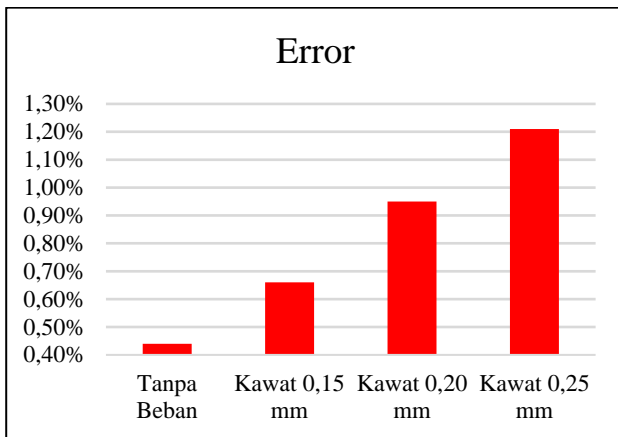
Pada Gambar 10 ditampilkan grafik frekuensi dari proses penggulangan tanpa beban dan dengan beban kawat diameter 0,15 mm, 0,20 mm, dan 0,25 mm. Proses penggulangan tanpa beban didapatkan rata-rata frekuensi 1,68 lilitan/detik. Proses penggulangan dengan beban kawat diameter 0,15 mm didapatkan rata-rata frekuensi 1,66 lilitan/detik. Proses penggulangan dengan beban kawat diameter 0,20 mm didapatkan rata-rata frekuensi 1,64 lilitan/detik. Proses penggulangan dengan beban kawat diameter 0,25 mm didapatkan rata-rata frekuensi 1,61 lilitan/detik.



Gambar 11. Grafik Periode

Pada Gambar 11 ditampilkan grafik periode dari proses penggulangan tanpa beban dan dengan beban kawat diameter 0,15 mm, 0,20 mm, dan 0,25 mm. Proses penggulangan tanpa beban didapatkan rata-rata periode 0,60 detik/lilitan. Proses penggulangan dengan beban kawat diameter 0,15 mm didapatkan rata-rata periode 0,60 detik/lilitan. Proses penggulangan dengan beban kawat diameter 0,20 mm didapatkan rata-rata periode 0,61 detik/lilitan. Proses penggulangan dengan beban kawat diameter 0,25 mm didapatkan rata-rata periode 0,62 detik/lilitan.





Gambar 12. Grafik Error

Pada Gambar 12 ditampilkan grafik error dari proses penggulungan tanpa beban dan dengan beban kawat diameter 0,15 mm, 0,20 mm, dan 0,25 mm. Proses penggulungan tanpa beban didapatkan rata-rata error 0,44%. Proses penggulungan dengan beban kawat diameter 0,15 mm didapatkan rata-rata error 0,66%. Proses penggulungan dengan beban kawat diameter 0,20 mm didapatkan rata-rata error 0,95%. Proses penggulungan dengan beban kawat diameter 0,25 mm didapatkan rata-rata error 1,21%.

## PENUTUP

### Simpulan

Perancangan alat penggulung lilitan kawat motor listrik dengan menggunakan aplikasi telegram berbasis internet of things (IoT) dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Dengan menggunakan aplikasi Telegram sebagai antarmuka untuk perintah menjalankan alat penggulungan yang terhubung melalui internet. NodeMCU ESP8266 menerima pesan dari Telegram dan memberikan perintah kepada motor DC untuk berputar. Motor DC berputar dengan jumlah putaran yang diinginkan untuk membuat lilin kawat. Jumlah putaran motor DC dihitung oleh sensor optocoupler yang terhubung dengan NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP8266 memproses input dari pesan Telegram dan sensor optocoupler untuk mencapai hasil penggulungan yang diinginkan.

Hasil pengujian alat penggulung lilitan kawat motor listrik dengan menggunakan aplikasi telegram berbasis internet of things (IoT) dapat bekerja dengan mengirimkan pesan perintah serta dapat menerima pesan sebagai respon untuk monitoring jumlah putaran motor DC melalui aplikasi telegram. Dengan mengirimkan pesan “/on”, maka motor DC akan berputar dan menerima pesan sebagai respon monitoring jumlah putaran motor DC yang telah dilakukan setiap 5 detik. Mengirim pesan “/stop”, maka motor DC akan berhenti dan menerima pesan bahwa motor

DC dalam kondisi berhenti. Mengirimkan “/set [turn]”, maka motor DC akan berputar sesuai input angka yang diinginkan dan motor DC akan berhenti ketika telah mencapai putaran yang diinginkan. Selama proses motor DC berputar, telegram akan menerima pesan sebagai respon monitoring jumlah putaran motor DC yang telah dilakukan setiap 5 detik. Pengujian dengan mengirimkan pesan “/set [turn]” atau putaran motor DC sesuai yang diinginkan tanpa beban didapat rata-rata frekuensi 1,68 lilitan/detik, periode 0,60 detik/lilitan dan error 0,44%. Pengujian dengan beban kawat tembaga diameter 0,15 mm didapat rata-rata frekuensi 1,66 lilitan/detik, periode 0,60 detik/lilitan dan error 0,66%. Pengujian dengan beban kawat tembaga diameter 0,20 mm didapat rata-rata frekuensi 1,64 lilitan/detik, periode 0,61 detik/lilitan dan error 0,95%. Pengujian dengan beban kawat tembaga diameter 0,25 mm didapat rata-rata frekuensi 1,61 lilitan/detik, periode 0,62 detik/lilitan dan error 1,21%.

### Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan motor stepper sebagai linear motion control untuk pengatur posisi lilin, sehingga nantinya didapatkan alat yang dapat melakukan beberapa penggulungan lilin.

Rancangan software dapat ditambahkan pengatur kecepatan, sehingga dapat menurunkan kecepatan jika menggunakan kawat tembaga yang lebih tipis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahyar, M., & Irdam, I. (2019). *Perancangan Mesin Penggulung Kumparan Motor Listrik Sistem Otomatis Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Keteknik dan Sains (JUTEKS), 2(1), 8–13.
- Almadani, I. F., Haryudo, S. I., Kartini, U. T., & Joko, J. (2021). *Rancang Bangun Sistem Automatic Transfer Switch Antara Listrik PLN Dan PLTS Skala Kecil Untuk Alat Penetas Telur Berbasis Internet Of Things*. Jurnal Teknik Elektro, 10(3), 565–575.
- Deep, S., Zheng, X., Jolfaei, A., Yu, D., Ostovari, P., & Kashif Bashir, A. (2022). *A survey of security and privacy issues in the Internet of Things from the layered context*. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 33(6), e3935.
- Febriansyah, E., & Nirmala, E. (2023). *Perancangan Sistem Informasi Jual Beli Properti Menggunakan Chat Bot Telegram Yang Terintegrasi Dengan Web Menggunakan Metode Prototype*. Journal of Research and Publication Innovation, 1(2), 279–284.
- Janwardi, T. I. (2019). *Rancang Alat Rewinding Motor Listrik Dengan Kendali PLC*. Jurnal Elektronika Listrik dan Teknologi Informasi Terapan, 1(2), 5–9.

- Kublin, T., Ordyszewski, L., & Oleszczuk, J. (2022). *The method of winding construction in a linear motor*. Google Patents.
- Maulana, R. (2020). *Rancang Bangun Alat Penggulung Kumparan Motor Listrik Sistem Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT)*. Diploma thesis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Mayr, A., Scheffler, F., Fuder, R., Raffin, T., Kißkalt, D., & Franke, J. (2023). *Data-driven quality monitoring of needle winding processes in electric motor production using machine learning techniques*. *Procedia CIRP*, 118, 873–878.
- Mukhlisin, M., & Irvawansyah, I. (2020). *Alat Penggulung Belitan Motor dan Transformator Berbasis Arduino*. *Joule (Journal of Electrical Engineering)*, 1(2), 61–64.
- Nugroho, Y. A. (2011). *Penerapan Sensor Optocoupler Pada Alat Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega8535*. Skripsi S1 Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Sadiq, F. H., & Amri, H. (2022). *Sistem Otomasi Pada Automatic Motor Coil Winding Machine Berbasis Human Machine Interface*. *INOVTEK-Seri Elektro*, 3(3), 89–98.
- Syahwil, M. (2020). *Modifikasi Alat Penggulung Dinamo Sistem Manual Menjadi Otomatis Berbasis Arduino*. *Indonesian Journal of Laboratory*, 3(1), 46–54.

