

RANCANG BANGUN SISTEM Pengereman Listrik Metode *PLUGGING* Pada Sepeda Listrik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno

Riyan Fathurrahman^{1*}, Supriono², Sultan³

^{1,2,3}Universitas Negeri Mataram; Jl. Majapahit No.62, Gomong, Kec. Selaparang, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat

Received: 15 Juli 2024

Accepted: 31 Juli 2024

Published: 7 Agustus 2024

Keywords:

Metode Pengereman

Plugging; Sepeda Listrik;

Mikrokontroler Arduino Uno.

Correspondent Email:

ryn.arsy@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengaturan arah putar motor BLDC menggunakan mikrokontroler Arduino, yang diharapkan mampu memberikan kendali presisi terhadap motor BLDC baik dalam aplikasi pergerakan normal maupun dalam situasi pengereman darurat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahap: persiapan alat dan komponen, pembelajaran cara kerja dan fungsi masing-masing komponen, perancangan sistem mekanik dan pembuatan program untuk alat, serta pengujian alat yang melibatkan sepeda listrik sebagai objek uji. Pengumpulan dan pengolahan data dilakukan setelah pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengereman plugging yang dirancang menggunakan Arduino Uno dan driver motor H-Bridge mampu mengurangi kecepatan sepeda listrik secara efektif, dengan jarak pengereman bervariasi antara 80 cm hingga 135 cm tergantung pada kecepatan awal sepeda listrik. Misalnya, pada kecepatan 10 km/jam diperlukan jarak 80 cm untuk berhenti total, sementara pada kecepatan 50 km/jam diperlukan jarak 135 cm. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi motor BLDC dan aplikasi pengereman elektrik, menawarkan solusi berkelanjutan dan aman untuk mobilitas dan otomasi di berbagai sektor industri. Sistem yang dirancang juga menunjukkan potensi untuk mengurangi konsumsi energi dan memperpanjang umur sistem motor BLDC.

Abstract. This study aims to design and implement a control system for the rotational direction of BLDC motors using an Arduino microcontroller, expected to provide precise control over BLDC motors in both normal movement applications and emergency braking situations. The methodology employed in this research includes several stages: preparation of tools and components, understanding the working principles and functions of each component, designing the mechanical system and programming the device, and testing the device using an electric bicycle as the test object. Data collection and processing were carried out after testing. The results indicate that the plugging braking system designed with the Arduino Uno and H-Bridge motor driver effectively reduces the speed of the electric bicycle, with braking distances ranging from 80 cm to 135 cm depending on the initial speed of the bicycle. For instance, at a speed of 10 km/h, a total stopping distance of 80 cm is required, whereas at a speed of 50 km/h, a stopping distance of 135 cm is needed. This study significantly contributes to developing BLDC motor technology and electric braking applications, offering sustainable and safe solutions for mobility and automation in various industrial sectors. The

designed system also demonstrates the potential for reducing energy consumption and extending the lifespan of BLDC motor systems.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kendaraan listrik di Indonesia masih tertinggal dibandingkan negara lain [1], hal ini dibuktikan dengan masih minimnya produk kendaraan listrik buatan Indonesia dan komponen pendukung kendaraan listrik yang diproduksi di Indonesia dan dijual di pasaran. Hal ini membuat Indonesia menjadi sasaran empuk bagi produk impor yang ingin menjual produknya. Oleh karena itu, perlu dimulainya penelitian dan pengembangan teknologi kendaraan listrik untuk menciptakan sumber daya manusia yang ahli di bidang teknologi kendaraan listrik, sehingga dapat tercipta teknologi kendaraan listrik yang mampu bersaing dengan produk impor.

Sistem rem merupakan hal yang sangat penting pada sebuah kendaraan [2]. Pasalnya, sistem ini akan memberikan efek pengurangan kecepatan kendaraan. Secara umum, banyak kendaraan menggunakan sistem rem tangan yang memanfaatkan tekanan pada rotor yang berputar sehingga menimbulkan gesekan dan panas. Gesekan akan memperlambat putaran rotor [3].

Pengereman dengan metode *plugging* dilakukan dengan cara membalikkan arah putaran motor sehingga motor dapat menghasilkan daya torsi penyeimbang dan membentuk daya perlambatan [4]. Medan magnet yang dihasilkan akan berputar dengan kecepatan yang sama dengan rotor tetapi dengan arah yang berlawanan.[5]

Metode pengereman *plugging* memiliki keuntungan dan kekurangan antara lain kemudahan pengaturan kecepatan pengereman motor induksi tiga fasa dan kerugian mekanis dapat dikurangi [6]. Dengan mengaplikasikan pengereman *plugging* pada motor induksi tiga fasa didapatkan hasil proses menghentikan putaran motor induksi tiga fasa lebih cepat dibandingkan dengan pengereman biasa [7].

Motor DC tanpa sikat (BLDC) adalah salah satu jenis motor listrik utama dalam aplikasi seperti kendaraan listrik, robotika, dan peralatan industri [8]. Keunggulan utama motor BLDC antara lain efisiensi tinggi, daya tahan

yang baik, dan pengendalian yang presisi [9]. Saat menggunakan motor BLDC, pengaturan arah putaran sangat penting untuk mengontrol pergerakan sistem secara akurat [10]. Selain itu, aspek keselamatan juga menjadi perhatian utama, terutama dalam hal pengereman [11]. Rem elektrik motor BLDC menjadi fokus utama untuk mengurangi konsumsi energi dan memperpanjang umur sistem, sekaligus mengurangi risiko kecelakaan akibat pengereman yang tidak efektif [12].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengaturan arah putar motor BLDC menggunakan mikrokontroler Arduino. Dalam konteks ini, mikrokontroler Arduino akan bertindak sebagai otak sistem yang mengendalikan pergerakan motor BLDC dengan presisi. Dengan menggunakan metode kendali yang tepat, motor BLDC dapat diarahkan dengan akurasi yang tinggi, baik untuk aplikasi pergerakan biasa maupun dalam situasi pengereman darurat.

Diharapkan bahwa hasil dari penelitian ini akan memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi motor BLDC dan aplikasi-aplikasinya. Pengaturan arah putar yang presisi dan pengereman yang efektif pada motor BLDC akan menjadi langkah penting dalam menghadirkan solusi berkelanjutan dan aman dalam mobilitas dan otomasi di berbagai sektor industri dan aplikasi lainnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengereman Elektrik dan Motor BLDC

Pengereman elektrik pada motor listrik dapat dilakukan melalui metode dinamis dan *plugging* [13]. Metode dinamis menggunakan arus yang dihasilkan oleh motor saat berfungsi sebagai generator [14], sedangkan metode *plugging* membalik arah putaran motor untuk menciptakan torsi penyeimbang. Kedua metode ini bertujuan menghentikan putaran motor lebih cepat meskipun memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing [13]. Motor BLDC, sebagai motor sinkron tanpa sikat, digunakan dalam penelitian ini untuk menggerakkan

mekanisme serta sistem kendali kecepatan dan pengereman elektrik [15]. Motor BLDC dikendalikan melalui perangkat keras dan perangkat lunak berbasis Arduino yang mengatur kecepatan motor dan pengereman elektrik dengan memanfaatkan sensor hall effect atau teknik sensorless untuk mengetahui posisi rotor.[16]

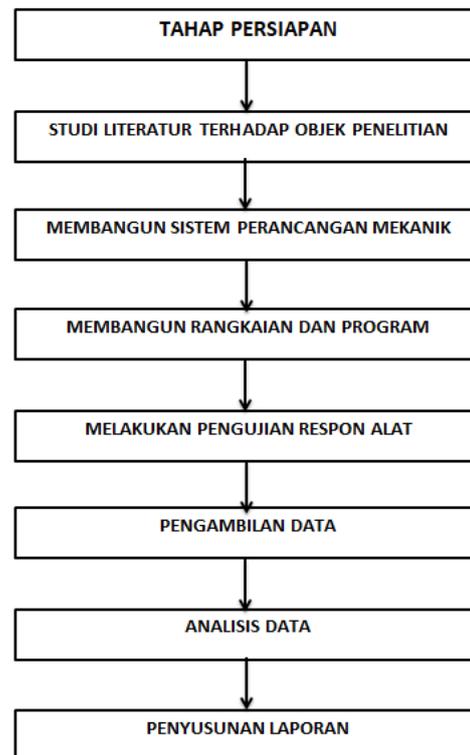
Arduino Uno, Sepeda Listrik, dan Komponen Pendukung

Arduino Uno berperan sebagai pusat kendali dalam sistem, mengkoordinasikan komponen-komponen seperti sensor, relay, dan motor BLDC [17]. Arduino mengendalikan kecepatan motor BLDC menggunakan PWM dan mengimplementasikan pengereman elektrik dengan mengatur arah putaran motor melalui relay. Arduino IDE digunakan untuk mengembangkan program yang mengatur perilaku sistem. Sepeda listrik dalam penelitian ini menggunakan motor BLDC 36V dengan baterai 36V/13Ah, mampu menempuh jarak 40 km, dan dilengkapi pedal assist. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi dalam pengereman regeneratif. Driver motor DC mengatur kecepatan dan arah putaran motor menggunakan rangkaian H-Bridge dan teknik PWM, dengan MOSFET sebagai komponen utama dalam driver motor yang memungkinkan pengendalian arus dan tegangan dengan disipasi daya rendah.

3. METODE PENELITIAN

Tahap Penelitian

Berikut ini diagram alur tahap Perancangan Sistem Pengereman Elektrik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Tahap Penelitian

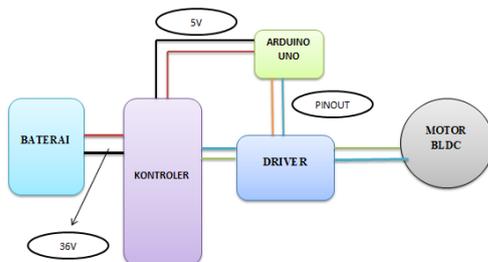
Berdasarkan Gambar 1 yaitu tahap penelitian tugas akhir yang dimulai dari tahap persiapan, dan memerlukan penyelesaian alat dan komponen yang diperlukan terlebih dahulu. Setelah itu melakukan pembelajaran terhadap objek dan penelitian yaitu tentang meneliti cara kerja dan fungsi masing – masing komponen yang akan digunakan untuk membuat tugas akhir. Langkah selanjutnya yaitu membuat sistem mekanik dari alat tersebut dan merangkai serta membuat program pada alat yang dibuat. Alat tersebut kemudian di uji hingga benar-benar sesuai. Kemudian lakukan pengambilan data pada alat yang telah dirancang. Pengolahan data dilakukan setelah melakukan pengambilan data yang kemudian disusun menjadi sebuah laporan.

Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan, antara lain: 1 unit laptop, 1 unit mikrokontroler Arduino Uno, 1 unit motor BLDC, 2 unit transistor tipe-P, 1 unit solder, 1 unit heatsink, 1 unit Arduino IDE, 1 unit baterai, 4 unit transistor tipe-N, 8 unit resistor 10k Ω , 1 unit push button, 4 unit dioda, 1 unit papan PCB, 1 unit relay 2 channel, kabel jumper secukupnya, dan timah secukupnya.

Metode Perancangan Sistem

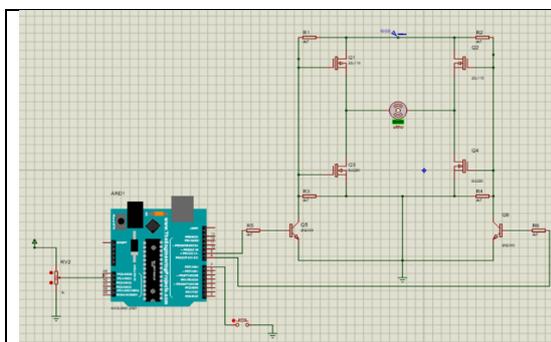
Secara umum gambar blok diagram perancangan perangkat keras dapat dilihat pada gambar 2 dibawah:



Gambar 2. Perencanaan Rangkaian Sistem

Gambar 2 di atas merupakan skema dari perancangan penelitian, pada gambar 2 diatas terdapat komponen-komponen yang secara garis besar diperlukan pada perancangan. Baterai berfungsi sebagai sumber utama dari motor BLDC, yang memiliki tegangan 24V/36V. Mikrokontroler digunakan sebagai otak pengendalian kecepatan dari motor menggunakan PWM. Sedangkan relay digunakan sebagai switch atau saklar pengubah arah putar dari motor BLDC, Relay ini dikontrol melalui Mikrokontroler Arduino Uno yang diberi catu daya 5V DC.

Gambar 3 dibawah ini menunjukkan hasil skema perancangan perangkat keras dari sistem Kendali arah putar Motor Bldc untuk pengereman elektrik Berbasis Mikrokontroler



Gambar 3. Skematik Rangkaian Driver motor dengan H-BRIDGE

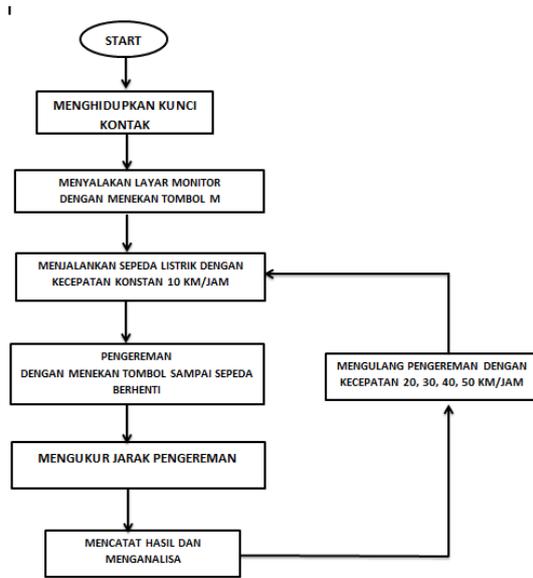
Pada Gambar 3 diatas merupakan rangkaian dari system kendali arah putar motor BLDC dengan menggunakan Arduino uno sebagai

mikrokontroler dan pwm sebagai pengatur kecepatan putar. Pada Rangkaian diatas juga terdapat rangkaian H-Bridge yang berfungsi untuk mengatur arah putar motor bldc dengan cara kerja yaitu membalik arah putar motor. Rangkaian H-Bridge terdiri dari beberapa power mosfet tipe-N dan tipe-P.

Proses mengendalikan motor DC menggunakan rangkaian driver motor DC H-Bridge diatas dapat diuraikan dalam beberapa bagian sebagai berikut: Driver Motor DC dengan metode logika TTL (0 dan 1) atau High dan Low hanya dapat mengendalikan arah putar motor DC dalam 2 arah tanpa pengendalian kecepatan putaran (kecepatan maksimum). untuk mengendalikan motor DC dalam 2 arah dengan rangkaian driver motor dc h-bridge diatas konfigurasi kontrol pada jalur input adalah dengan memberikan input berupa logika TTL ke jalur input 1 dan 2. Untuk mengendalikan arah putar searah jarum jam adalah dengan memberikan logika TTL 1 (high) pada jalur input 1 dan logika TTL 0 (low) pada jalur input 2. Untuk mengendalikan arah putar berlawanan arah jarum jam adalah dengan memberikan logika TTL 1 (high) pada jalur input 2 dan logika TTL 0 (low) pada jalur input 1. Driver motor DC dengan metode PWM (Pulse Width Modulation) dapat mengendalikan arah putaran motor DC dan kecepatan motor DC menggunakan pulsa PWM yang diberikan ke jalur input 1 dan 2, dimana konfigurasi sinyal kontrol sebagai berikut. Untuk mengendalikan arah putar motor DC searah jarum jam dengan kecepatan dikendalikan pulsa PWM maka jalur input 2 selalu diberikan logika TTL 0 (Low) dan jalur input 1 diberikan pulsa PWM. Untuk mengendalikan arah putar motor DC berlawanan arah jarum jam dengan kecepatan dikendalikan pulsa PWM maka jalur input 1 selalu diberikan logika TTL 0 (Low) dan jalur input 2 diberikan pulsa PWM. Kecepatan putaran motor DC dikendalikan oleh persentasi ton-duty cycle pulsa PWM yang diberikan ke jalur input rangkaian driver motor DC h-bridge mosfet diatas.

Teknik Pengumpulan Data

Berikut ini diagram alur tahap Perancangan Sistem Pengereman Elektrik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Diagram Alir Pengambilan Data

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

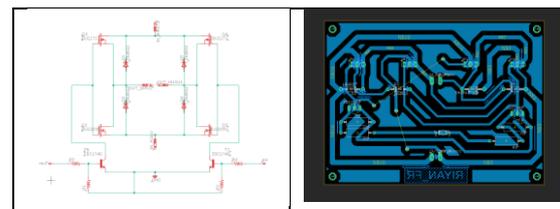
Hasil dan Diskusi menyusun 60-70% dari naskah. Bagian ini adalah bagian utama dari artikel penelitian. Hasil harus meringkas atau menyoroti temuan daripada memberikan hasil dan analisis rinci. Berisi hasil yang diambil dari analisis data dan/atau hasil uji hipotesis dan hanya menyediakan data yang mendukung pembahasan. Bagian ini meliputi tabel dan grafik yang diambil dari analisis data hasil penelitian.

Proses pengujian alat yaitu dengan memasang driver langsung pada sepeda listrik yang digunakan sebagai bahan uji coba dalam Tugas akhir ini. Sepeda listrik yang digunakan merupakan buatan dari BRIDA NTB (Badan Riset dan Inovasi Daerah) yang telah beredar di pasaran, driver h bridge yang telah dipasangkan pada sistem control sepeda listrik akan digunakan sebagai sistem tambahan untuk pengereman secara plugging (bolak – balik). Mikrokontroler Arduino Uno digunakan untuk kendali utama driver dalam pengereman, selain itu juga mikrokontroler arduino uno juga digunakan sebagai pemberi pulsa pwm kepada driver dalam mengatur kecepatan putar (speed) motor bldc. Proses pengereman dilakukan dengan menekan tombol yang terhubung ke arduino uno yang nantinya akan mengaktifkan satu pin untuk mentrigger driver sehingga akan merubah arah putar motor bldc. Pada penelitian ini sepeda listrik akan dijalankan dengan

kecepatan bervariasi mulai dari 10 km/jam, 20 km/jam, 30km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam, lalu akan dihitung berapa jarak yang dibutuhkan sepeda listrik sampai berhenti ketika dilakukan pengereman dengan metode plugging.

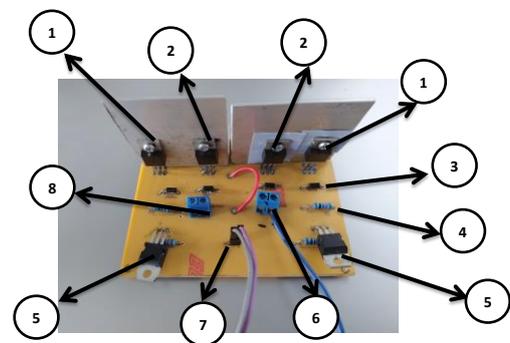
Hasil Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Alat dan bahan yang digunakan dalam merancang Sistem Pengereman Listrik(Electric Braking) Pada Sepeda Listrik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno adalah Arduino Uno, Mosfet Tipe N IRF3710, Mosfet tipe P IRF4905, transistor TIP41, Resistor, PCB board, Jumper,sepeda listrik, push button, laptop, aplikasi Arduino IDE, aplikasi Eagle. Desain rancangan Driver menggunakan software Eagle ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.



Gambar 5. Desain PCB pada software Eagle Autodesk

Gambar diatas adalah desain pcb driver yang akan digunakan sebagai pembalik arah putar motor dc sebagai sistem pengereman yang nantinya board ini akan dikontrol oleh Arduino Uno. Dibawah ini adalah hasil jadi PCB yang telah dipasangi komponen.

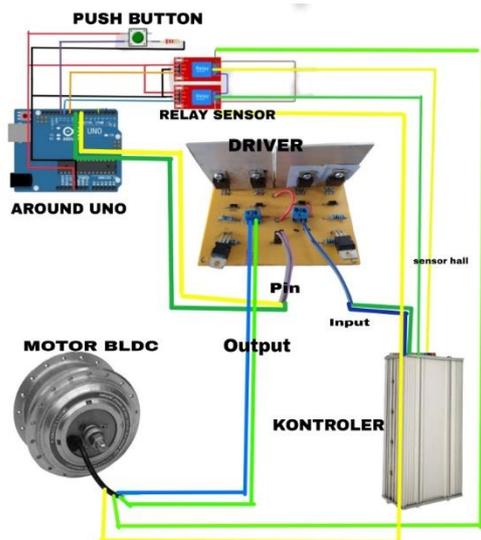


Gambar 6. Driver

Keterangan:

1. **Mosfet Tipe-P (IRF4905):** Mosfet ini digunakan karena memiliki spesifikasi yang

- cocok untuk diver, VDS: 55 V, VGS: 20 V, Id: 74 A Maximum Junction Temperature: 175 °C
- 2. **MOSfet Tipe-N (IRF3710):** Mosfet ini digunakan karena memiliki spesifikasi yang cocok untuk diver, VDS: 100 V, VGS: 20 V, Id: 57 A Maximum Junction Temperature: 175 °C
- 3. **Dioda 2A:** Mempunyai fungsi untuk menghantarkan arus listrik ke satu arah Selain itu, untuk Dioda sendiri juga bisa menghambat arus listrik dari arah yang sebaliknya.
- 4. **Resistor 10kOhm:** digunakan untuk menghambat tegangan agar tidak melebihi batas
- 5. **TIP- 41: Maximum Collector-Emitter Voltage |Vce|:** 100 V Maximum Emitter-Base Voltage |Veb|: 5 V Maximum Collector Current |Ic max|: 6 A Max. Operating Junction Temperature (Tj): 150 °C
- 6. **Input Driver:** Input tegangan dari controller sepeda yang menjadi inputan bagi diver
- 7. **Input pin arduino:** Menjadi pin untuk trigger perubahan arah, jika salah satu di berikan nilai HIGH.
- 8. **Output Driver:** Output tegangan dari diver akan dihubungkan ke motor BLDC



Gambar 7. Rangkaian Sistem Pengereman

Gambar 7 diatas merupakan tampilan dari rangkaian pengereman sepeda listrik berbasis arduino uno. Pada rangkaian ini driver berperan

sebagai pembalik fasa atau pembalik polaritas tegangan dari kontroler ke motor bldc, kabel warna hijau dan biru menjadi inputan yang berupa tegangan sebesar 36V dari kontroler yang diteruskan melalui driver ke motor. Sedangkan relay pada sistem ini berfungsi sebagai pembalik sensor hall. Adapun yang akan terjadi jika sensor tidak dibalik, maka akan menyebabkan perputaran motor bldc tidak lancar atau tersendat-sendat.

Berikut adalah penjelasan hubungan dari setiap komponen ke Arduino.

Tabel 1 Konfigurasi Pin Komponen

Komponen	Pin terhubung	Arduino uno	fungsi
Relay 1	VCC	5V	Sumber daya
	GND	GND	Terhubung ke ground
	DATA	Pin 11	Memberikan sinyal (high) atau (low)
Relay 2	VCC	5V	Sumber daya
	GND	GND	Terhubung ke ground
	DATA	Pin 12	Memberikan sinyal (high) atau (low)
Push Button	VCC	5V	Sumber daya
	GND	GND	Terhubung ke ground
	DATA	Pin 13	Sebagai tombol pengereman
Driver	DATA 1	Pin 9	Memberikan sinyal (high) atau (low)
	DATA 2	Pin 10	Memberikan sinyal (high) atau (low)

Hasil Pengujian

Berikut ini adalah table hasil pengujian pengereman dengan metode plugging dengan memanfaatkan sistem kendali arah putar motor bldc menggunakan driver h bridge dan arduino uno.

Tabel 2. Data Hasil Pengereman

NO	PWM	KECEPATAN	JARAK
1	225	10 KM/JAM	80 CM
2	225	20 KM/JAM	107 CM
3	225	30 KM/JAM	108 CM
4	225	40 KM/JAM	111 CM
5	225	50 KM/JAM	135 CM

Berdasarkan tabel di atas dapat dianalisa bahwa ketika sepeda listrik dijalankan dengan kecepatan 10 km/jam butuh jarak 80 cm bagi sepeda listrik untuk berhenti total saat dilakukan pengereman, ketika sepeda listrik dijalankan dengan kecepatan 20 km/jam maka dibutuhkan jarak 107 cm samapai sepeda berhenti bergerak, saat sepeda listrik dijalankan dengan kecepatan 30 km/jam maka butuh jarak 108 cm samapai sepeda berhenti, saat sepeda dijalankan dengan kecepatan 40 km/jam butuh jarak 112 cm bagi sepeda untuk berhenti, dan pada saat sepeda dijalankan dengan kecepatan 50 km/jam butuh jarak 135 cm sampai sepeda berhenti total.

5. KESIMPULAN

- Untuk merancang driver bolak-balik sebagai sistem pengereman pada sepeda listrik ialah dengan menggunakan rangkaian H-Bridge, rangkaian ini tersusun dari 2 tipe mosfet yakni, tipe-N dan tipe-P. pada mosfet tipe-P menggunakan IRF4905 dan tipe-n IRF3710. Arduino uno digunakan sebagai mikrokontroler untuk men-trigger driver agar dapat bekerja, Push button digunakan untuk mengubah nilai inputan pada masing-masing pin arduino yang digunakan sebagai trigger driver. Software yang digunakan untuk mendisain driver ini adalah Eagle, dan Arduino IDE untuk memprogram Arduino uno.
- Driver ini akan dipasang antara kontroler sepeda listrik dan motor bldc, input driver atau sumber merupakan keluaran dari kontroler sepeda listrik sedangkan output dari diver akan masuk ke motor bldc. Driver ini akan bekerja jika salah satu pin input diberi nilai 1 (*High*) dan 0 (*Low*) yang berasal dari pinout arduino uno. Push button berperan dalam merubah arah putar dengan cara ketika ditekan maka nilai pin

8 dan 9 akan berubah. Ketika Pin 8 bernilai 1 (*High*) dan pin 9 bernilai 0 (*Low*) maka motor bldc akan berjalan normal atau kearah depan, sedangkan jika pin 8 bernilai 1 (*Low*) dan pin 9 bernilai 1 (*High*) maka motor bldc akan berputar kearah belakang. Perubahan arah putar motor inilah yang dimanfaatkan sebagai pengereman untuk sepeda listrik.

- Untuk menerapkan sistem pengereman dengan metode plugging ini perlu dilakukan pengelasan pada gear box motor bldc, hal ini dilakukan agar saat proses putar gear box motor bldc tidak loss atau tidak bisa memutar roda belakang. Hal yang juga harus diperhatikan adalah saat melakukan pengereman motor bldc sangat rentan terjadi kerusakan baik pada gear box atau sensor hall nya. Oleh karena itu sangat tidak disarankan untuk menggunakan pengereman metode plugging pada motor bldc.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Mataram atas kontribusi dan dukungan yang diberikan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. I. Nur dan A. D. Kurniawan, "Proyeksi Masa Depan Kendaraan Listrik di Indonesia: Analisis Perspektif Regulasi dan Pengendalian Dampak Perubahan Iklim yang Berkelanjutan," *J. Huk. Lingkung. Indones.*, vol. 7, no. 2, hlm. 197–220, Sep 2021, doi: 10.38011/jhli.v7i2.260.
- [2] I. G. E. Lesmana dan T. H. Anugerah, "Analisis Pengaruh Sistem Rem Mobil Grandmax Pick Up Type S402RP Terhadap Nilai Efisiensi Rem Pada Alat Uji Rem Iyasaka," *Pros. Semin. Nas. Pakar*, Apr 2019, doi: 10.25105/pakar.v0i0.4165.
- [3] I. Ilham, "Analisa Kualitas Kampas Rem Cakram Antara Original Dengan Yang Bukan Original Pada Mobil," other, Universitas Hasanuddin, Makasar, 2021. Diakses: 29 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/4172/>
- [4] A. Nasution, "Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan pada Saat Pengereman terhadap Temperatur Motor Induksi tiga Fasa," Thesis, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, 2016. Diakses: 29 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada:

- <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/3750>
- [5] Lamhot, "Analisis Motor Induksi Satu Fasa Kapasitor Start Dengan Teori Medan Putar Ganda (Aplikasi pada Laboratorium Teknik Elektro Growth Centre)," Thesis, Universitas Medan Area, Medan, 2011. Diakses: 29 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/13777>
- [6] M. Muhaimin dan Z. Zamzami, "Perancangan Pengereman Dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)," *Pros. Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, 2018, Diakses: 29 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/759>
- [7] I. Burhanudin dan S. I. Haryudo, "Pengereman Elektrik Dengan Membalikkan Arah Putar Menggunakan Zero Speed Switch Sebagai Pengendali," *J. Tek. ELEKTRO*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.26740/jte.v9n1.p%p.
- [8] A. T. Wahyudi, "Desain dan Simulasi Kontrol Kecepatan Motor BLDC menggunakan Metode Fuzzy," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018. Diakses: 29 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.its.ac.id/52418/>
- [9] L. Rahmadhani, "Rancang Bangun Sistem Pendingin pada Motor Induksi 1 fasa menggunakan kipas PWM berbasis Fuzzy Logic," other, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2023. doi: 10/10_Daftar%20Pustaka.pdf.
- [10] A. Ripaldo, Y. Hasan, dan J. A. Rasyid, "Implementasi DOF (Degree Of Freedom) Pada Pergerakan Motor Stepper Smart Inventory 3 Axis," *J. Ampere*, vol. 8, no. 2, Art. no. 2, Des 2023, doi: 10.31851/ampere.v8i2.12802.
- [11] A. Susanto dan E. K. Putro, "Interaksi Pengendara dan Pengguna Jalan pada Keselamatan Pekerja di Area Industri Pengolahan Bijih Mineral," *J. Keselam. Kesehat. Kerja Dan Lingkung.*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, Apr 2024, doi: 10.25077/jk31.5.1.48-57.2024.
- [12] O. Rahmawan dan D. A. Prasetya, "Gateway Lora-Mqtt Untuk Transmisi Data Monitoring Mobil Listrik ECRC UMS," s1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2023. Diakses: 29 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://eprints.ums.ac.id/114813/>
- [13] A. D. Pradana dan W. Winarso, "Analisis Perbandingan Waktu Pengereman Motor Induksi 3 Fasa Dengan Pengereman Zero Sequence Braking Dan Plugging," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 5, no. 1, hlm. 15, Jun 2023, doi: 10.30595/jrre.v5i1.12901.
- [14] A. Hardito, L. E. Nuryanto, M. Khambali, dan E. Triyani, "Efek Pengereman Dinamis Terhadap Kecepatan Motor Tiga Fasa," *Orbith Maj. Ilm. Pengemb. Rekayasa Dan Sos.*, vol. 18, no. 1, Art. no. 1, Apr 2022, doi: 10.32497/orbith.v18i1.3562.
- [15] M. Rais dan R. W. Drestanto, "Imco: Rancang Bangun Sistem Kendali Kecepatan Putar Motor Bldc Untuk Kendaraan Motor Listrik," Universitas Islam Indonesia, Jakarta, 2022. Diakses: 29 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/40338>
- [16] Z. P. E. Dwiyanto, "Perancangan Hardware Kendali Motor BLDC Untuk Pengereman Regeneratif," other, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, Semarang, 2020. Diakses: 29 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.unika.ac.id/25343/>
- [17] N. Ahmad, "Pembangunan Perangkat Pembelajaran Stem Berbantuan Arduino Uno Pada Materi Induksi Magnet Bermuatan Keterampilan Proses Sains," diploma, UIN RADEN INTAN LAMPUNG, Lampung, 2024. Diakses: 29 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.radenintan.ac.id/33526/>