

RANCANG BANGUN PURWARUPA PENEREMAN REGENERATIF MENGUNAKAN MOTOR DC MY1016

PROTOTYPE DESIGN REGENERATIVE BRAKING USING DC MOTOR MY1016

Allmy Bintang Damara¹, Ahmad Qurthobi^{1*}, Kharisma Bani Adam^{2*}

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

allmybintang@students.telkomuniversity.ac.id¹, qurthobi@telkomuniversity.ac.id²,

kharismaadam@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Pengereman merupakan suatu proses perlambatan kendaraan dimana suatu sistem mekanik atau perangkat listrik menghambat gerak tersebut dan seringkali diperlukan pengereman mesin dengan cepat dan mulus. Pengereman dapat diterapkan secara elektrik atau mekanik atau kombinasi keduanya. Metode kelistrikan lebih baik daripada metode mekanik dikarenakan pada metode mekanik, energi yang terdapat pada kendaraan terbuang percuma menjadi panas. Dalam pengereman regeneratif, kinetik energi dari bagian peralatan yang berputar diubah menjadi energi listrik. Dalam studi ini, penulis membahas tingkat lanjut pengereman regeneratif dan pengoperasiannya dilakukan dengan bantuan mesin dc. Pada sistem ini pengereman regeneratif dilakukan secara natural sehingga dapat berhenti di waktu tertentu. Pada tegangan keluaran yang dihasilkan pada saat pengereman regeneratif, terjadi penurunan secara berkala mengikuti dengan kecepatan yang ada pada flywheel dengan berat 3 kg sampai akhirnya menuju 0 (berhenti). Pada arus keluaran terjadi lonjakan awal efek dari sistem yang menggunakan switch, setelah terjadi lonjakan arus akan menuju nilai rata-rata 116 mA sampai akhirnya mengikuti nilai tegangan yang semakin lama semakin turun. Pada hasil keluaran efek pengereman regeneratif dibutuhkan tegangan diatas 2.8 V untuk dapat masuk modul buckboost dan dapat masuk ke dalam baterai, semakin tinggi kecepatan yang berada pada flywheel, maka semakin lama juga waktu untuk melakukan pengisian ke baterai.

Kata kunci : Pengereman, Regeneratif, Motor DC, Mekanik, dan Elektrik

Abstract

Braking is a vehicle deceleration process in which a mechanical system or electrical device impedes the motion and often requires fast and smooth engine braking. Braking can be applied electrically or mechanically or a combination of both. The electrical method is better than the mechanical method because in the mechanical method, the energy contained in the vehicle is wasted as heat. In regenerative braking, the kinetic energy of the rotating parts of the equipment is converted into electrical energy. In this study, the author discusses the advanced level of regenerative braking and its operation is carried out with the help of a dc engine. In this system, regenerative braking is carried out naturally so that it can stop at a certain time. At the output voltage generated during regenerative braking, there is a periodic decrease following the speed on the flywheel with a weight of 3 kg until it finally reaches 0 (stops). At the output current, there is an initial spike in the effect of a system that uses a switch, after a surge occurs it will go to an average value of 116 mA until it finally follows the voltage value which is getting lower and lower. In the output of the regenerative braking effect, a voltage above 2.8 V is needed to be able to enter the buckboost module and enter the battery, the higher the speed at the flywheel, the longer the time to charge the battery.

Keywords: *Braking, Regenerative, DC Motor, Mechanical, and Electrical*

1. Pendahuluan

Pada tahun-tahun setelah krisis energi di awal tahun 70-an, banyak peneliti telah mempelajari kelayakan dan kepraktisan pengambilan kembali suatu energi salah satunya merupakan pengereman regeneratif[1]. Kendaraan listrik di Indonesia masih sangat sedikit baik dari segi teknologi maupun

jumlah kendaraan yang beredar di masyarakat sehingga stasiun baterai juga masih sedikit di Indonesia. Dikarenakan keterbatasan tempat untuk melakukan isi ulang daya pada kendaraan listrik maka perlunya pengembangan ataupun analisis lebih jauh untuk pemanfaatan energi yang lebih baik lagi pada sistem yang sudah ada dan pada tulisan ini akan difokuskan pada masukan keluaran tegangan dan arus dari sistem pengereman regeneratif.

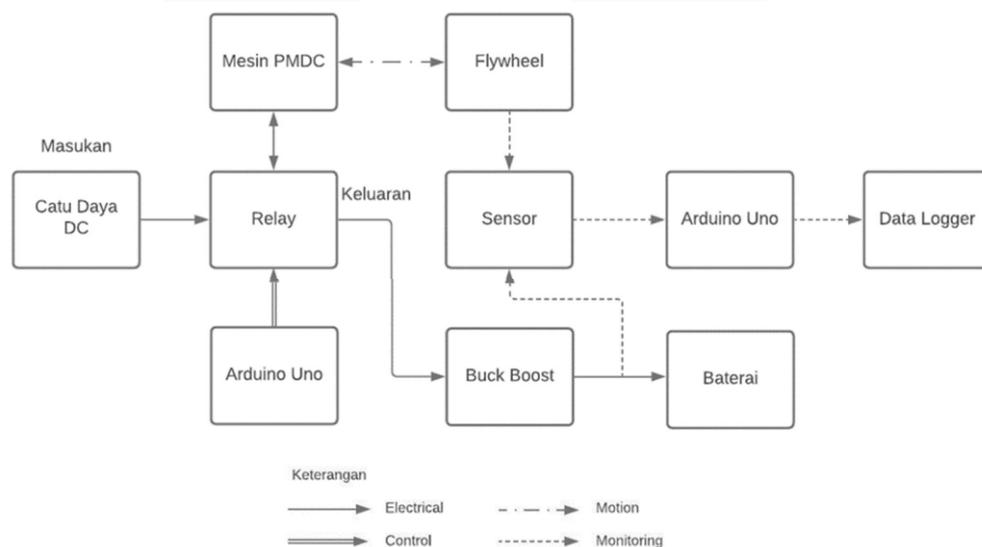
Rem merupakan suatu sistem yang dirancang untuk dapat mengurangi sampai dengan menghentikan laju atau kecepatan suatu kendaraan. Sistem pengereman sangat penting untuk kendaraan dikarenakan pada sistem pengereman ini menyangkut tingkat keselamatan pengemudi[2]. Berdasarkan kutipan Direktur Lalu Lintas Jalan Kementerian Perhubungan Darat, Sigit Irfansyah mengatakan "Setiap 1 jam tiga orang meninggal di jalan raya. Tingkat fatalitas menurun walaupun agak melambat,"[3].

Pengereman Regeneratif merupakan suatu sistem yang dapat melakukan regenerasi energi dengan cara mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik pada saat proses pengereman berlangsung[4]. Hal ini dilakukan karena proses pengereman dilakukan dengan cara memberikan gaya magnet yang melawan putaran motor. Proses perlambatan putaran secara alami pada motor akan merubah besarnya fluks medan magnet pada aktuator yang selanjutnya akan menghasilkan tegangan (GGL) induksi yang bisa dikonversi menjadi daya listrik[5]. Hasil pengkonversiannya bisa langsung dimanfaatkan, bisa pula disimpan sampai dibutuhkan.

Pada penelitian sebelumnya mengenai pengereman regeneratif menggunakan 2 motor arus searah, memperoleh tegangan yang mencapai 299 V pada saat sistem diberikan tegangan masukan ke motor 200 V, dan tegangan generator 220 V. Sistem tersebut dapat melakukan pengereman dalam waktu 15 detik. Akan tetapi, belum adanya tempat penyimpanan untuk hasil pengereman tersebut dan sistem masih menggunakan 2 motor arus searah, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai hasil pengereman yang dapat melakukan pengisian ke baterai dan perubahan dari motor ke generator dengan satu mesin saja.

Pada penelitian ini akan dijelaskan proses perubahan energi gerak sehingga menjadi energi listrik menggunakan mesin *permanent magnet dc* (PMDC) untuk melakukan pengisian baterai, lalu analisis sistem dan faktor-faktor apa saja yang akan mempengaruhi dari purwarupa ini untuk menghasilkan *regenerative braking*, untuk itu dilakukan pembuatan purwarupa dengan menggunakan *switch* untuk merubah mode dari motor ke generator.

2. Metodologi Penelitian



Gambar 1 Rancangan Sistem Pengereman Regeneratif

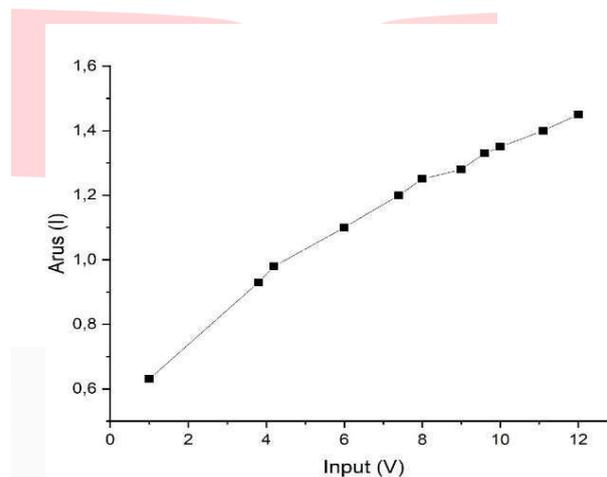
Pada sistem ini, catu daya dc berfungsi sebagai sumber daya untuk menggerakkan mesin dc, setelah itu mesin dc akan bekerja sebagai motor dan akan menggerakkan *flywheel*. *Flywheel* berfungsi untuk mempertahankan laju kecepatan motor dari akibat terbentuknya inersia pada *flywheel* tersebut. Setelah motor dc berputar secara konstan, motor tersebut akan diputus dari sumber menggunakan

relay pada rangkaian kontrol sederhana yang dipicu oleh saklar pada arduino untuk merubah mode pada mesin, sehingga motor dc akan beralih fungsi menjadi generator. *Flywheel* akan mempertahankan kecepatan putar generator dan akan dilakukan pengereman secara natural sehingga dapat berhenti di waktu tertentu. Sisa putaran pada *flywheel* dapat menghasilkan tegangan dan arus yang masuk ke rangkaian *data logger* dan dibaca oleh sensor sedangkan kecepatan dari sisa putaran *flywheel* akan dibaca oleh sensor RPM. Sensor akan mendeteksi data tegangan, arus, dan kecepatan dan data tersebut akan disimpan pada *microsd*. Hasil daya dari sistem tersebut akan langsung disimpan ke baterai sebagai indikator berhasilnya pengereman regeneratif.

3. Hasil dan Analisis

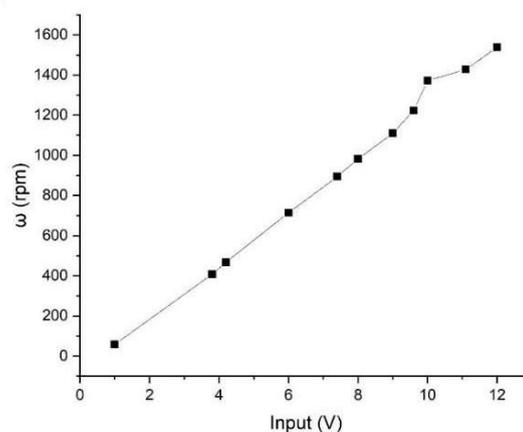
3.1 Uji Mesin

Tahap awal yang dilakukan saat melakukan penelitian pengereman regeneratif adalah pengujian pada mesin dc baik seberapa besar masukan tegangan dan arus yang diperlukan untuk dapat memutar *flywheel* yang menghasilkan kecepatan tertentu. Pada tahap ini tegangan diatur oleh catu daya dengan beban mesin dc dari 1 V hingga 12 V dan arus dari 0.65 A hingga 1.45 A dengan perubahan yang telah diatur oleh penulis, nilai dari kecepatan yang diakibatkan dari putaran mesin ke *flywheel* akan di baca oleh modul sensor RPM.



Gambar 2 Masukan Tegangan Terhadap Arus

Pada gambar 2 ditunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya masukan tegangan yang masuk ke arah mesin dc maka arus yang mengalir pun semakin besar. Perubahan pada arus bergantung juga pada beban yang terdapat pada sistem, semakin berat suatu beban maka arus yang mengalir semakin besar untuk mendapatkan torsi lebih banyak. Pada penelitian ini penulis menggunakan beban *flywheel* yang konstan sehingga perubahan arus pun tidak berubah secara drastis.



Gambar 3 Masukan Tegangan Terhadap Kecepatan

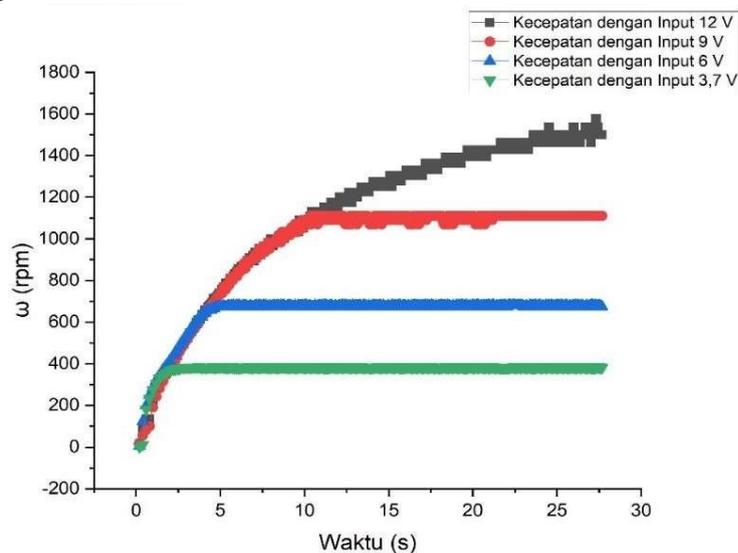
Pada gambar 3 ditunjukkan bahwa rpm pada *flywheel* akan bertambah seiring dengan bertambahnya masukan pada tegangan. Pada proses ini dengan masukan terkecil yaitu 1 V memiliki cepat putar sebesar 58 rpm dan untuk masukan tegangan 12 V terbentuk cepat putar sebesar 1538 rpm. Dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa mesin dc didapati nilai minimum untuk dapat memutar *flywheel* berada di tegangan 1 V dan arus pada 0,65 A dan tegangan akan berbanding lurus dengan arus dan rpm.

Pada tahap selanjutnya penulis meninjau dari beberapa masukan dari catu daya yang sudah ditentukan, yaitu masukan 3,7 V, 6 V, 9 V, dan 12 V untuk dilihat berapa besar keluaran tegangan dan arus yang dapat dimanfaatkan kembali, pengisian yang dapat masuk kedalam baterai, dan juga lama proses pengereman terjadi dari kecepatan yang sudah terbentuk sampai berhenti secara sempurna. Untuk melihat seberapa besar kecepatan dan torsi yang terbentuk dari masukan tersebut, dapat dilihat pada tabel 1 berikut

Tabel 1 Keluaran Mesin DC Dari Masukan Yang Ditentukan

Masukan			Keluaran		t sampai konstan (s)
V (V)	I (A)	P (Watt)	ω (rad/s)	τ (Nm)	
3,7	0,93	3,534	42,704	0,082756	2,6
6	1,10	6,6	74,732	0,088316	5,152
9	1,33	12,768	128,112	0,099663	10,581
12	1,45	17,4	160,973	0,108093	26,493

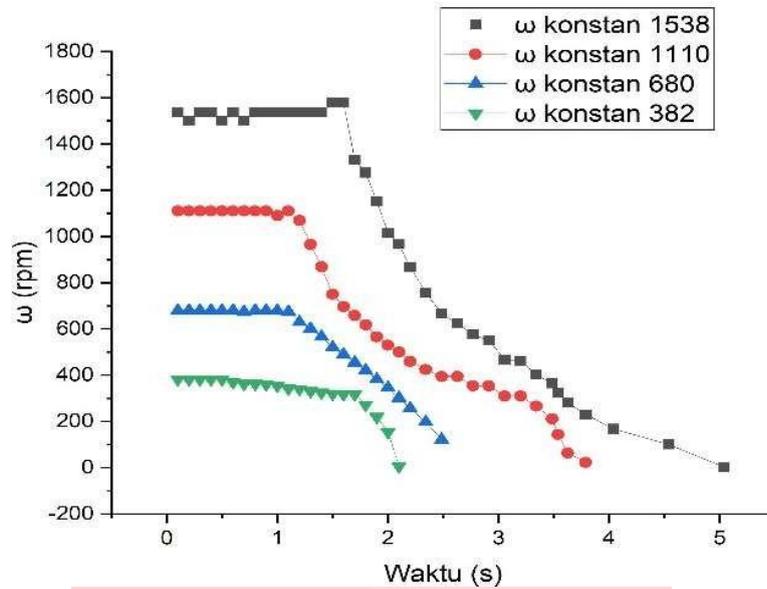
Berdasarkan masukan yang sudah ditentukan diperoleh grafik kecepatan terhadap waktu tiap masukan sebagai berikut :



Gambar 4 Kecepatan Dengan Masukan 3.7 V , 6 V , 9 V , 12 V

Sebagaimana yang ditunjukkan Gambar 4 terlihat bahwa semakin tinggi masukan yang diberikan ke mesin dc maka akan semakin lama waktu untuk benda dapat mencapai putaran secara konstan. Hal ini dikarenakan kemampuan benda untuk dapat berputar dengan masukan tegangan tertentu sudah hampir mencapai batas cepat putar benda sehingga dibutuhkan waktu lebih lama agar dapat berputar secara konstan.

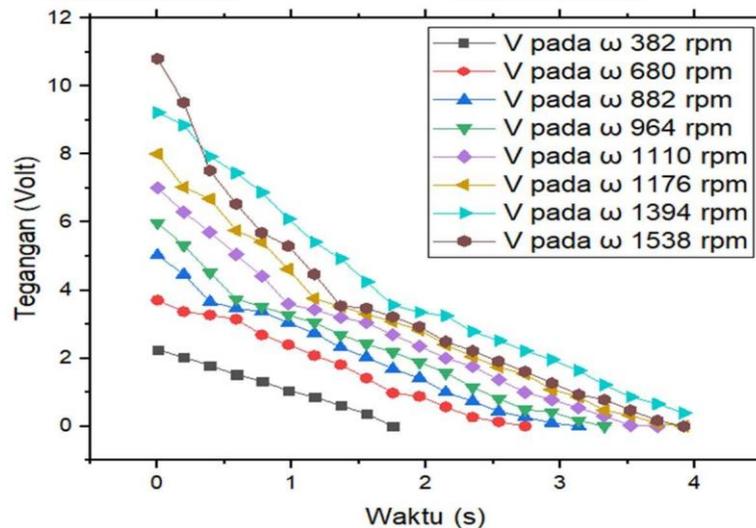
3.2 Waktu Pengereman



Gambar 5 Waktu Pengereman

Berdasarkan gambar 5 dapat diketahui bahwa tiap kecepatan konstan yang terbentuk memiliki waktu pengereman yang berbeda, pada kondisi kecepatan konstan 382 rpm diketahui bahwa dibutuhkan waktu yang cukup singkat yaitu 1,73828 s untuk dapat berhenti sempurna, dan seiring dengan bertambahnya kecepatan dari alat maka waktu pengereman pun akan semakin lama dan pada kondisi kecepatan 1538 rpm dibutuhkan waktu 3,6914 s untuk dapat berhenti. Hal ini bisa terjadi karena efek dari *flywheel* yang memiliki inersia dan mempertahankan laju benda sehingga membutuhkan waktu beberapa saat untuk berhenti sempurna.

3.3 Tegangan Keluaran Pengereman Regeneratif

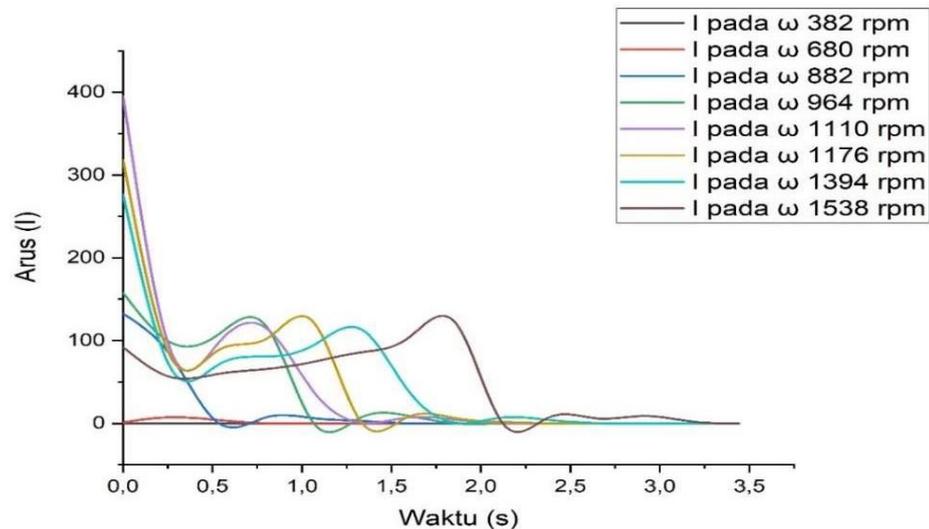


Gambar 6 Keluaran Tegangan Terhadap Waktu

Berdasarkan gambar 6 proses pengereman regeneratif menghasilkan nilai keluaran tegangan awal yang cukup mendekati nilai masukannya, akan tetapi pada nilai keluaran dengan tegangan masukan 3.7 V tidak dapat dimanfaatkan karena tegangan keluaran yang dapat dimanfaatkan dari efek pengereman regeneratif harus diatas 2.8 V agar dapat dilakukan pengisian ke baterai, hal ini dikarenakan pada sistem ini penulis menggunakan modul buckboost agar tegangan keluaran yang

dihasilkan dari efek pengereman regeneratif konstan dan sesuai dengan spesifikasi baterai yang digunakan sehingga terjadi proses pengisian, dan pada modul ini masukan minimal buckboost sebesar 2.8 V dengan keluaran konstan sebesar 4.2 V untuk tegangan yang masuk ke baterai. Pada gambar 6 dapat diketahui bahwa waktu lama pengisian baterai bergantung pada tegangan yang dihasilkan mesin, semakin besar keluaran tegangan maka semakin lama juga proses pengisian berlangsung.

3.4 Arus Keluaran Pengereman Regeneratif



Gambar 7 Keluaran Arus Terhadap Waktu

Berdasarkan gambar 7 dapat diketahui bahwa pada saat awal waktu pengereman terjadi, arus yang dihasilkan oleh mesin memiliki lonjakan yang cukup besar dan setelah itu arus akan turun dan menghasilkan arus yang cukup stabil sampai akhirnya menyentuh nilai puncak rata-rata dari setiap keluaran berada pada 116 mA dan turun kembali sampai mencapai 0 sesuai dengan keluaran tegangan pengereman regeneratif. Hal ini terjadi dikarenakan pada sistem ini penulis menggunakan *switch* untuk merubah mode pada mesin sehingga pada saat mode berganti terdapat tegangan yang menghasilkan arus lonjakan. Arus yang dihasilkan memiliki nilai yang cukup tinggi dikarenakan gejala transien dari perubahan mode. Transien adalah peristiwa puncak tiba-tiba tinggi yang meningkatkan tegangan atau arus memiliki arah, baik positif atau arah negatif. Pada setiap keluaran terdapat arah arus menuju 116 mA hal ini dikarenakan efek tegangan yang terdapat pada pengereman regeneratif dengan beban *flywheel* 3 kg sehingga menghasilkan nilai stabil pada arus tersebut.

4. Kesimpulan

Bedasarkan penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini dapat diketahui variabel yang mempengaruhi sistem pengereman regeneratif diantaranya adalah nilai masukan baik tegangan dan arus pada mesin, nilai kecepatan yang terbentuk pada benda putar (*flywheel*), dan lama waktu pengereman berlangsung.
2. Pada tegangan keluaran yang dihasilkan pada saat pengereman regeneratif, terjadi penurunan secara berkala mengikuti dengan kecepatan yang ada pada *flywheel* dengan berat 3 kg sampai akhirnya kecepatan *flywheel* menuju 0 (berhenti). Pada arus keluaran terjadi lonjakan awal efek dari sistem yang menggunakan *switch*, setelah terjadi lonjakan arus akan menuju nilai rata-rata 116 mA sampai akhirnya mengikuti nilai tegangan yang semakin lama semakin turun.
3. Pada hasil keluaran efek pengereman regeneratif dibutuhkan tegangan diatas 2.8 V untuk dapat masuk modul buckboost sehingga dapat melakukan pengisian pada baterai, semakin tinggi kecepatan yang berada pada *flywheel*, maka semakin lama juga waktu untuk melakukan pengisian pada baterai.

REFERENSI

- [1] A. . Namdeo, G. Mitchell, and R. Dixon, "White Rose Research Online: A Review of Regenerative Braking System," *Bilingualism*, vol. 110, pp. 115–122, 2009.
- [2] I. Maulana, I. P. Handayani, A. Qurthobi, F. T. Elektro, U. Telkom, and M. Arus, "Rancang Bangun Mini Plant Regenerative Braking Sebagai," vol. 3, no. 3, pp. 4943–4947, 2016.
- [3] G. S. M. Adam Samudra, "Miris! Setiap Satu Jam 3 Nyawa Melayang Akibat Kecelakaan Motor, Kemenhub Bongkar Penyebabnya - Semua Halaman - Motorplus." motorplus-online.com, Jakarta, 2020, [Online]. Available: <https://www.motorplus-online.com/read/252050974/miris-setiap-satu-jam-3-nyawa-melayang-akibat-kecelakaan-motor-kemenhub-bongkar-penyebabnya?page=all>.
- [4] J. Guo, J. Wang, and B. Cao, "Regenerative braking strategy for electric vehicles," *IEEE Intell. Veh. Symp. Proc.*, pp. 864–868, 2009, doi: 10.1109/IVS.2009.5164393.
- [5] C. L. Lin, H. C. Hung, and J. C. Li, "Active control of regenerative brake for electric vehicles," *High-Throughput*, vol. 7, no. 4, pp. 1–14, 2018, doi: 10.3390/act7040084.

