



PENGEMBANGAN ALAT UJI REM REGENERATIF UNTUK KENDARAAN LISTRIK

Wahyudi¹, Wirawan Sumbodo¹, Febrian Arif Budiman¹, Rizki Setiadi¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang

Email: wahyudi@mail.unnes.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima 16 Mei 2022

Disetujui 1 Juni 2022

Dipublikasikan 1 November 2022

Kata Kunci:

Rem;

Regeneratif;

Kendaraan Listrik

Abstrak

Sistem rem merupakan suatu yang sangat penting bagi kendaraan. Salah satu permasalahan yang ada pada kendaraan yang memiliki penggerak motor listrik adalah sistem remnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat uji rem regeneratif. Metode dalam penelitian ini menggunakan Research and Development (R&D). Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat uji rem regeneratif dapat menghasilkan daya. Daya yang dihasilkan dari pengereman paling rendah adalah 0,65 watt pada putaran 85 rpm yang menggunakan dioda penyearah 6A. Daya yang paling tinggi dihasilkan pada putaran 360 rpm sebesar 22,29 watt. Semakin tinggi putaran semakin tinggi daya yang dihasilkan. Pada putaran 216 rpm penggunaan dioda 3A dan 6A mengalami penurunan, untuk menstabilkan arus dan tegangan generator ke baterai diperlukan sistem kontrol yang dapat menaikkan menaikkan tegangan serta sesuai dengan kapasitas baterai.

Abstract

The brake system is very important for the vehicle. One of the problems that exist in vehicles that have an electric motor drive is the brake system. This research aims to develop a regenerative brake test tool. The method in this study uses Research and Development (R&D). The results of the research show that the regenerative brake test equipment can produce power. The lowest power generated from braking is 0.65 watts at 85 rpm using a 6A rectifier diode. The highest power is generated at 360 rpm of 22.29 watts. The higher the rotation the higher the power generated. At 216 rpm the use of diodes 3A and 6A has decreased. To stabilize the generator current and voltage to the battery, a control system is needed that can increase the voltage according to the battery capacity.

1. PENDAHULUAN

Kondisi penyediaan dan konsumsi BBM untuk tahun 2017 sampai 2025 diperkirakan tidak dapat memenuhi kebutuhan BBM dalam negeri (Sa'adah, dkk., 2017). Selain itu, emisi yang dihasilkan kendaraan bermotor dapat menyebabkan banyak kerugian. Kerugian akibat emisi antara lain kerugian kesehatan, lingkungan, dan dampak ekonomi (Budiyono dan Afif, 2001)(Fenton dan Hodkinson,

2001)(Fajri dan Asaei, 2008). Berbagai kalangan termasuk pemerintah telah melakukan berbagai usaha dalam menangani permasalahan tersebut.

Kendaraan listrik merupakan salah satu dari berbagai alternatif untuk mengatasi permasalahan krisis energi dan lingkungan. Hal ini dikarenakan kendaraan listrik tidak membutuhkan bahan bakar fosil dan tidak menghasilkan polusi seperti halnya kendaraan bermotor (Dwinanto dan Muhammad, 2015).

Pada tahun 2019 Pemerintah telah resmi mengeluarkan kebijakan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai. Kebijakan tersebut terangkum dalam Peraturan Presiden (PERPRES) No 55 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai atau Battery Electric Vehicle (BEV) untuk Transportasi Jalan. Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai yang selanjutnya disebut KBL Berbasis Baterai adalah kendaraan yang digerakkan dengan Motor Listrik dan mendapatkan pasokan sumber daya tenaga listrik dari Baterai secara langsung di kendaraan maupun dari luar (Perpres RI, 2019). Dengan adanya kebijakan tersebut industri otomotif akan didorong untuk memproduksi kendaraan listrik berbasis baterai.

Umumnya kendaraan bermotor listrik (BEV) yang digunakan adalah mobil. Pada kendaraan mobil salah satu komponen yang penting dalam menunjang keselamatan adalah rem. Sistem rem merupakan suatu yang sangat penting bagi kendaraan. Salah satu permasalahan yang ada pada kendaraan yang memiliki penggerak motor listrik adalah sistem remnya. Seperti contoh kasus Mantan Menteri BUMN yang mengalami kecelakaan dengan kendaraan listriknya karena tidak memiliki sistem pengereman yang baik.

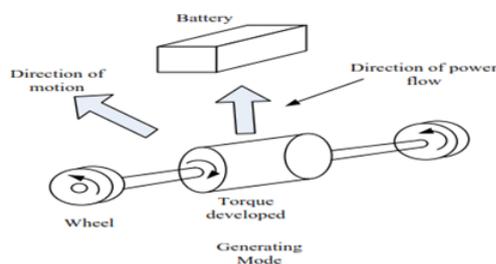
Perlambatan kendaraan dengan pengereman tradisional sistem mensyaratkan bahwa energi kinetik dan potensial kendaraan diubah menjadi energi panas atau panas melalui gesekan. Studi menunjukkan bahwa dalam berkendara di perkotaan sekitar sepertiga hingga setengah dari energi yang diperlukan untuk pengoperasian kendaraan dikonsumsi dalam waktu singkat (Gao dkk,

1999) (Ehsani dkk, 1999). Terdapat beberapa jenis sistem pengereman yang dapat digunakan pada motor listrik yang digunakan di industri, antara lain yaitu pengereman dinamis, plugging, dan regeneratif (Chapman. 2005).

Pada saat jalanan turun biasanya kita menggunakan sistem pengereman mekanik dengan kampas rem untuk mengubah energi kinetik pengereman menjadi energi panas. Sistem pengereman ini tidak efisien jika digunakan dalam mobil listrik karena mobil listrik dilengkapi dengan mesin listrik yang dapat melakukan pengereman sendiri (regeneratif) (Soeprapto, dkk, 2016). Dalam sistem pengereman Regeneratif alih-alih membuang energi kinetik kendaraan dalam bentuk panas, ia diubah menjadi energi listrik untuk disimpan dalam baterai dan kapasitor. Dengan cara ini sebagian besar energi kendaraan dihemat hanya untuk digunakan nanti baik untuk mempercepat kendaraan atau untuk keperluan listrik yang berbeda (Bawage, dkk, 2016).

Metode pengereman regeneratif pada motor penggerak maka ketika kendaraan berada di kondisi jalanan menurun dapat diberlakukan sebagai generator (Jaya dkk., 2014). Dari hasil rem regenerative pada kendaraan dapat menghasilkan daya yang dapat disimpan energinya ke dalam baterai. Energi yang tersimpan dalam baterai dapat digunakan untuk mengoperasikan perangkat lain seperti AC, lampu, ponsel pengisian dan lain-lain. Karena kendaraan masa depan kita akan memiliki kendaraan listrik dan hybrid, regeneratif sistem pengereman akan menjadi revolusi di masa depan. Kelebihan sistem rem regeneratif adalah (1) peningkatan efisiensi bahan bakar; (2) pengurangan dalam keausan engine; (3)

pengurangan keausan rem; (4) mengurangi biaya pelapis rem pengganti; dan (5) pengurangan emisi (Yoong dkk, 2010). Dalam upaya pengembangan sistem rem regeneratif pada kendaraan listrik berbasis baterai, diperlukan alat uji agar dapat memprediksi dan menganalisis daya yang dihasilkan dari pengereman regeneratif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat uji rem regrenatif pada kendaraan listrik.



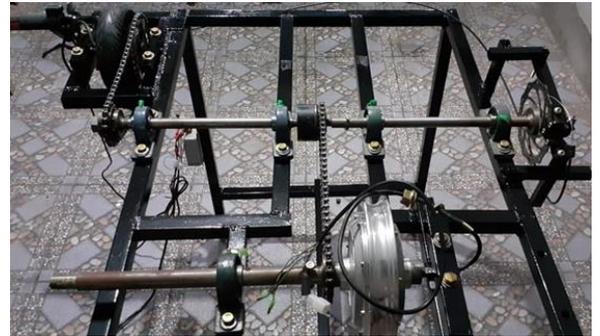
Gambar 1. skema regeneratif saat pengereman (Jaya, dkk., 2014).

2. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini menggunakan Research and Development (R&D). Penelitian dilakukan dengan tiga tahap. Tahap pertama adalah observasi. Observasi dilakukan pada sistem rem yang sudah diterapkan. Tahap kedua yaitu desain alat uji. Desain alat uji dilakukan untuk mempermudah dalam proses pembuatan alat uji. Tahap yang ketiga adalah pembuatan alat uji atau fabrikasi. Pembuatan alat uji dimulai dari pembuatan . Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif yaitu untuk menggambarkan proses kerja alat uji pengereman regeneratif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan alat uji rem regeneratif yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Prototype rem regeneratif

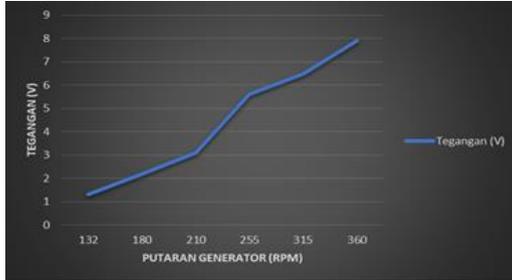
Spesifikasi alat uji rem regeneratif ditunjukkan pada tabel 1.

Table 1. Spesifikasi alat uji rem regeneratif ditunjukkan pada tabel 1.

Material Rangka	Besi Hollow 3x3
Motor Penggerak	Bldc 350 Watt , 8"
Berat Motor Penggerak	4,3 Kg
Diameter Motor Penggerak	218 Mm
Pemindah Daya	Rantai Sproket
Perbandingan Roda Gigi Ke Poros	1:2
Perbandingan Roda Gigi Poros Ke Generator	4:1
Generator	Blde 350 Watt, 12"
Berat Generator	4,7 Kg
Rem	Disc Brake
Gigi Regeneratif	Planetary Gear
Kontroller	Intelegant/ Universal Controller (Sensorless)

Berdasarkan Gambar 2. Cara kerja regeneratif yaitu kendaraan melaju pada kecepatan tertentu dan ken-daraan harus berhenti atau pengemudi mengurangi kecepatan kendaraan, pengemudi akan menginjak pedal rem. Ketika pedal rem diinjak fluida akan meneruskan daya ke pad rem dan menekan piringan. Karena piringan pada roda dihubungkan dengan unit planet carier. Sehingga planet carier akan menghentikan putarannya dan menahan planetary gear berputar pada posisi tersebut. Ketika planet carier tertahan, maka ring gear akan berputar, karena

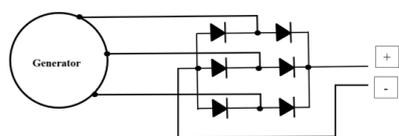
ring gear dihubungkan dengan flywheel dan generator maka generator akan menghasilkan energi listrik yang disimpan ke baterai. Hasil uji coba pengukuran tegangan pada generator ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik putaran generator terhadap tegangan AC yang dihasilkan

Berdasarkan Gambar 3. Menunjukkan bahwa generator pada rem regeneratif dapat menghasilkan tegangan. Semakin tinggi kecepatan generator, semakin tinggi tegangan yang dihasilkan. Putaran dan tegangan yang dihasilkan berturut turut adalah (a) putaran 132 rpm tegangan yang dihasilkan 1,3 V, (b) putaran 180 rpm tegangan yang dihasilkan 2,2 V, (c) putaran 210 rpm tegangan yang dihasilkan 3,1 V, (d) putaran 255 rpm tegangan yang dihasilkan 5,6 V, putaran 315 rpm tegangan yang dihasilkan 6,5 V, putaran 360 rpm menghasilkan tegangan 7,9 V. Tegangan yang dihasilkan adalah tegangan bolak balik dari genera-tor (tegangan AC).

Skema penyearah tegangan ditunjukkan pada gambar 4. Dalam penelitian ini dilakukan variasi diode penyearah. Dioda yang digunakan yang yaitu 2A, 3A dan 6A.



Gambar 4. Skema penyearah tegangan

Tabel 2. Hasil uji coba menggunakan diode rectifier 2A

RPM roda	RPM poros	RPM generator	Tegangan (V)	Ampere (A)	Hambatan (Ohm)	Daya (Watt)
170	340	85	4,03	1,57	40	6,33
230	460	115	5,59	1,59	139	8,89
322	644	161	9,39	1,51	870	14,13
432	864	216	11,74	1,34	1257	15,67
538	1076	269	13,31	1,44	1412	19,17
632	1264	316	13,76	1,52	1670	20,85
720	1440	360	15,48	1,44	1780	22,29

Hasil pengujian diode rectifier 3A ditunjukkan pada Tabel 3.

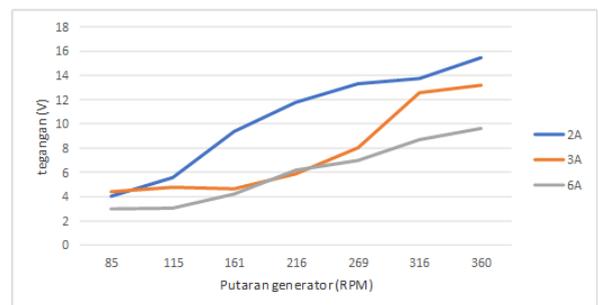
Tabel 3. Hasil uji coba menggunakan diode rectifier 3A

RPM roda	RPM poros	RPM generator	Tegangan (V)	Ampere (A)	Hambatan (Ohm)	Daya (Watt)
170	340	85	4,42	0,89	900	3,93
230	460	115	4,8	0,79	1767	3,79
322	644	161	4,645	0,8	894	3,72
432	864	216	5,845	0,58	842	3,39
538	1076	269	8,02	0,685	1136	5,49
632	1264	316	12,58	0,645	117	8,11
720	1440	360	13,15	1,105	903	14,53

Tabel 4. Hasil uji coba menggunakan diode rectifier 6A

RPM roda	RPM poros	RPM generator	Tegangan (V)	Ampere (A)	Hambatan (Ohm)	Daya (Watt)
170	340	85	2,96	0,22	1483	0,65
230	460	115	3,05	0,75	1527	2,29
322	644	161	4,225	0,67	1442	2,83
432	864	216	6,21	0,565	1558	3,51
538	1076	269	6,965	0,87	1934	6,06
632	1264	316	8,72	0,77	1977	6,71
720	1440	360	9,635	0,805	1704	7,76

Berdasarkan hasil penelitian pada alat uji yang dibuat menggunakan planetary gear sehingga putaran dari roda akan direduksi oleh planetary gear. Hasil perbandingan tegangan yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 5.

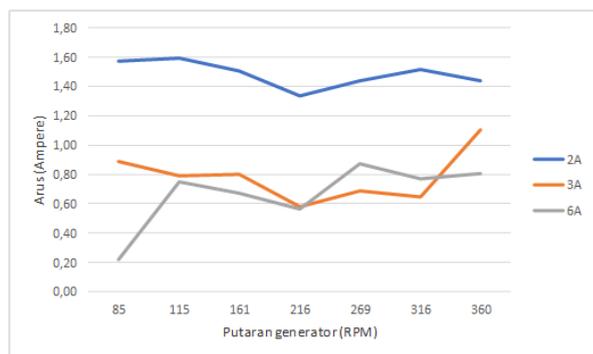


Gambar 5. Perbandingan tegangan yang dihasilkan berdasarkan putaran generator

Berdasarkan gambar 5 menunjukkan semakin tinggi putaran semakin tinggi tegangan yang

dihasilkan. Karena tegangan telah diberi penyearah tegangan yang dihasilkan searah agar dapat disimpan di baterai. Tegangan terendah 2,96 V dengan diode 6A pada putaran 85 rpm, dan tegangan tertinggi 15,48 V pada pu-taran 360 rpm dengan dioda 2A. dari hasil penelitian tegangan tertinggi dan stabil dihasilkan menggunakan dioda 2A.

Hasil perbandingan arus yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 6.

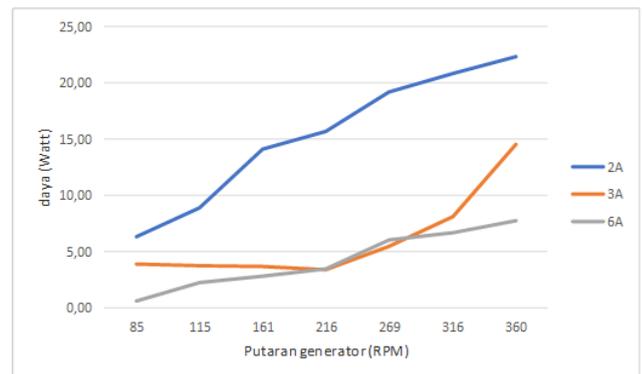


Gambar 6. Perbandingan arus yang dihasilkan berdasarkan putaran generator

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan semakin tinggi putaran semakin tinggi arus yang dihasilkan. Arus yang dihasilkan terendah 0,22 ampere pada putaran 85 rpm dengan diode 6A, dan arus tertinggi dihasilkan pada 1,59 ampere pada putaran 115 rpm. Hasil perbandingan arus yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 7.

Berdasarkan gambar 7 daya yang dihasilkan dari pengereman paling rendah adalah 0,65 watt pada pu-taran 85 rpm yang menggunakan dioda penyearah 6A. daya yang paling tinggi dihasilkan pada putaran 360 rpm sebesar 22,29 watt. Semakin tinggi putaran semakin tinggi daya yang dihasilkan. Pada putaran 216 rpm penggunaan diode 3A dan 6A mengalami penurunan, untuk menyetabilkan arus dan tegangan generator ke baterai diperlukan inverter atau sistem kontrol (power control unit) yang dapat menaikkan tegangan serta sesuai dengan kapasitas baterai.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada putaran semakin tinggi putaran daya yang dihasilkan dari proses pengereman regeneratif dapat mengalami penurunan daya. Hal ini disebabkan karena aplikasi penyearah yang kurang stabil. Untuk itu diperlukan sistem kontrol yang tepat agar pengisian daya baterai dapat menyesuaikan kondisi putaran mesin dan sesuai kebutuhan baterai.



Gambar 7. Perbandingan daya dari pengereman regeneratif

4. KESIMPULAN

Regenerative braking system merupakan suatu sistem mekanik yang berfungsi memperlambat atau menghentikan laju kendaraan disertai dengan regenerasi energi ke baterai. Motor penggerak dihubungkan dengan planetary gear unit set. Planetary gear unit set dihubungkan ke motor/ generator 2. Ketika rem dioperasikan maka akan memutar flywheel (motor/generator 2). Energi yang dihasilkan akan ditransfer ke baterai sebagai tambahan energi (regenerasi) pada kendaraan yang akan menambah jarak tempuh dari kendaraan. Untuk memperbesar daya output rem regeneratif dibutuhkan rangkaian step up tegangan, sehingga daya regenreatif dapat maksimal digunakan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Arya Yudistira Dwinanto, Fadhil Burhanuddin Muhammad. 2015. Analisis Karakteristik Bodi Dan Chassis Pada *Prototype Kendaraan Listrik. Jurnal Rekayasa Mesin*. Vol 6 No 2. Hlm. 119-126.
- Bawage, Santosh., Prashant Ranjan, Omar Chaudhari , Sasmit Rai. 2017. Regenerative Braking System In Automobiles. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Volume: 04 Issue: 04 | Apr - 2017. Hal. 2367- 2369.
- Budiyono, Afif.2001. Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. *Beika Dirgantara*. Vol 2. No. 1 hal. 21-27.
- Fajri, P. dan Asaei, B. 2008. Plug-in hybrid conversion of a series hybrid electric vehicle and simulation comparison’, *11th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment*, 2008. OPTIM 2008, IEEE, Mei hal.287–292.
- Fenton, J. dan Hodgkinson, R. 2001. *Lightweight Electric/Hybrid Vehicle Design*, Elsevier.
- Jaya, Arman Jaya, Endro Wahjono, dan Ainii Siti Khodijah. 2014. Sistem Pengereman Regeneratif Menggunakan Kapasitor Pada Motor Listrik Berpenggerak Motor Induksi Tiga Fasa. *Prosiding Seminar RiTekTra*.
- M.K. Yoong , Y.H Gan, C.K Leong, Z.Y Phuan, B.K Cheah, K.W Chew. 2010. Studies of Regenerative Braking in Electric Vehicle. *Proceedings Of the 2010 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology University Tunku Abdul Rehman*, November 20-21,
- Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Karen L Butler. Application of Electrically Peaking Hybrid (ELPH) Propulsion System To A Full Size Passenger Car With Simulated Design Verification. *IEEE Transaction On Vehicular Technology*. Vol.48, No.6, Nov. 1999.
- Peraturan Presiden. 2019. Peraturan Presiden No 55 tahun 2019 “*Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan*” <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/116973/perpres-no-55-tahun-2019>.
- Sa’adah, Ana Fitriyatus, Akhmad Fauzi, Bambang Juanda. 2017. Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*. Vol. 17 No. 2 hal 118–137.
- Soeprapto, Unggul Wibawa, Mahfudz Sidiq, Teguh Utomo, Sari Yuniarti. 2016. Pengereman Regeneratif Motor Arus Searah Tanpa Sikat (BLDC) Untuk Mengisi Baterai Pada Sepeda Gowes. *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology*. Vol 3 No 2. Hlm. 112-120.
- Stephen J Chapman. 2005. 4th edition. *Electric Machinery Engineering*.
- Yinmin Gao, Liping Chen, Mehrdad Ehsani. 1999. Investigation of the Effectiveness of Regenerative Braking for EV and HEV. *SAE International SP-1466*.1999-01-2910.