

Rekayasa *Engine Brake* Mobil Listrik

Sulaiman Tampubolon¹, Yohanes Agus Jayatun²

¹ Prodi. Teknik Mesin DIII, FV, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

² Prodi Teknik Mesin S1, FTI, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : jayatun@itny.ac.id

ABSTRAK

Pengujian *engine brake* dari hasil rekayasa *alternator* sebagai beban eksitasi arus listrik pada mobil listrik buatan ITNY tahun 2019. Poros keluaran motor dihubungkan dengan gearbox yang mempunyai dua poros keluaran, satu poros dihubungkan dengan differential gear yang selanjutnya memutar roda belakang, sementara yang lain dihubungkan dengan poros input generator DC Shunt. Daya motor penggerak 3 kW dan daya generator 1 kW (*alternator* mobil 85 Amper 12 V), Sumber tenaga mobil ini adalah baterai 60 VDC, 60 AH yang berupa susunan seri dari 5 buah baterai, masing-masing 12 VDC, 60 AH. Rangkaian uji dilengkapi dengan controller dan switching. Controller merupakan peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor yang sekaligus mengatur kecepatan mobil listrik, yang pengaturannya menggunakan pedal. Switching digunakan untuk mengarahkan arus apakah masuk ke motor atau ke generator, bila pedal diinjak arus masuk ke motor, namun bila pedal dilepas arus masuk ke generator. Hasil uji coba langsung di jalan raya pada turunan curam, didapat bahwa terdapat perbedaan durasi waktu tempuh pada jarak 200 m, dengan kemiringan jalan turun rata-rata 45 derajat, antara tanpa pengereman waktu tempuh (t_{nEB}) = 34 detik dan dengan *engine brake* waktu tempuh (t_{EB}) 48 detik, sehingga menghasilkan bahwa nilai efisiensi Engine Brake (η_{EB}) adalah 70,83 %.

Kata kunci: mobil listrik, *engine brake*, *Alternator*

ABSTRACT

Testing the *engine brake* from the *alternator* engineered as an electric current excitation load on an electric car made by ITNY in 2019. The motor output shaft is connected to a gearbox which has two output shafts, one shaft is connected to the differential gear which then rotates the rear wheel, while the other is connected to the axle Shunt DC generator input. The driving motor power is 3 kW and the generator power is 1 kW (the car *alternator* is 85 Amperes 12 V). The power source for this car is a 60 VDC, 60 AH battery in the form of a series arrangement of 5 batteries, each 12 VDC, 60 AH. The test circuit is equipped with a controller and switching. The controller is an electronic device that is used to regulate the rotational speed of the motor which at the same time regulates the speed of an electric car, which is controlled using a pedal. Switching is used to direct current whether it goes to the motor or to the generator, when the pedal is stepped on, current enters the motor, but when the pedal is released, current enters the generator. The results of direct trials on the highway on steep descents, it was found that there was a difference in the duration of travel time at a distance of 200 m, with an average downhill slope of 45 degrees, between without braking the travel time (t_{nEB}) = 34 seconds and with *engine brake* time traveled (t_{EB}) 48 seconds, resulting in that the efficiency value of the Engine Brake (η_{EB}) is 70.83%.

Keywords: electric car, *engine brake*, *alternator*

1. PENDAHULUAN.

1.1 Latar Belakang.

Mobil yang digerakan dengan motor listrik disebut mobil listrik. Mobil harus dilengkapi sistem pengereman (*braking system*) yang digunakan untuk mengurangi laju kecepatan dan atau menghentikan mobil, pengereman dapat dilakukan dengan dua cara yakni memberikan hambatan putaran roda dengan menggunakan rem mekanis, dan dengan *engine brake*. Rem mekanis digunakan untuk memperlambat laju kecepatan mobil dan menghentikan putaran roda, sementara *engine brake* digunakan hanya untuk memperlambat putaran roda. Rem mekanis bekerja berdasarkan gaya hambatan yang dihasilkan dari gesekan antara dinding permukaan bagian roda yang berputar dengan kampas rem (*brake pad*), pada rem mekanis kemampuan pengereman sangat tergantung dari besarnya angka koefisien gesek antara dua permukaan, dan ketika bekerja rem mekanis menghasilkan panas dan bila panas yang dihasilkan berlebih dapat menurunkan angka koefisien gesek yang dapat menyebabkan gagal pengereman. *Engine brake* adalah sebuah proses pengereman yang terjadi karena putaran roda relatif lebih cepat dibanding dengan putaran mesin, sehingga roda dipaksa oleh mesin untuk memperlambat putarannya agar seimbang dengan putaran mesin. *Engine brake* sangat membantu proses pengereman pada saat mobil melaju di jalan yang menurun karena

mengurangi beban rem mekanis, karena beban berlebih pada rem mekanis dapat mengakibatkan timbulnya panas berlebih yang selanjutnya dapat mengakibatkan gagal pengereman.

Mobil listrik harus pula dilengkapi dengan dua buah sistem pengereman yakni rem mekanis dan pengereman yang serupa dengan *engine brake*. Rem mekanis dapat dengan mudah dipasang pada roda-roda mobil listrik, namun tidak demikian dengan sistem pengereman dengan *engine brake*. Mobil listrik tidak digerakan dengan mesin pembakaran dalam sehingga tidak ada sistem yang mampu menghambat putaran roda sebagaimana pada mobil. Oleh karena itu harus didesain sebuah sistem pengereman yang mampu bekerja sebagaimana *engine brake* pada mobil yakni mampu memperlambat putaran roda tanpa harus mengaktifkan rem mekanis. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain rem mobil listrik yang mampu memperlambat laju putaran roda tanpa harus mengoperasikan rem mekanis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh sebuah benda yang bergerak. Besarnya energi kinetik dapat dihitung dengan rumus :

$$E_k = \frac{1}{2} M V^2 \quad (2.1)$$

dengan,

- E_k : Energi kinetik pada benda bergerak (*Joule* atau ditulis J)
 M : massa benda yang bergerak (kg)
 V : kecepatan sesaat benda yang bergerak (m/s)

2.2. Laju Pengereman dan Daya Pengereman

Laju pengereman adalah pengurangan kecepatan sesaat dalam rentang waktu tertentu atau dengan kata lain percepatan sesaat dengan arah vektor melawan arah kecepatan, yang selanjutnya disebut perlambatan sesaat. Model matematik yang dapat menggambarkan perlambatan sesaat adalah :

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (2.2)$$

dengan

- a : Perlambatan sesaat (m/s²)
 ΔV : Perubahan kecepatan sesaat (m/s)
 Δt : waktu perubahan (detik atau second, ditulis s)

Bila Δt mendekati nol , maka :

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

atau

$$a = \frac{dV}{dt} \quad (2.3)$$

Salah satu fungsi sistem pengereman adalah mengurangi laju kecepatan benda yang bergerak, sehingga terjadi penurunan kecepatan sesaat. Ketika kecepatan sesaat berkurang maka energi kinetik yang dimiliki benda yang bergerak itu juga berkurang. Pengurangan sesaat energi kinetik per detik sama dengan besarnya daya yang diperlukan untuk pengereman (daya pengereman), sehingga daya pengereman dapat dimodelkan dengan bentuk matematika sebagai berikut :

$$P_{rem} = \frac{\Delta E_k}{\Delta t} \quad (2.4a)$$

dengan,

- P_{rem} : Daya pengereman (J/s atau Watt, ditulis W)
 ΔE_k : Perubahan energi kinetik (J)
 Δt : waktu pengereman (detik atau second, ditulis s)

Bila Δt mendekati nol , maka :

$$P_{rem} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta E_k}{\Delta t}$$

atau

$$P_{rem} = \frac{dE_k}{dt} \quad (2.4b)$$

Bila persamaan (2.1) disubstitusikan ke persamaan (2.4b), didapatkan

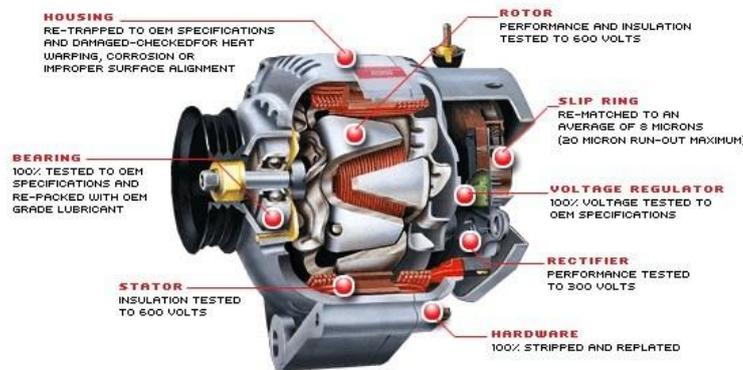
$$P_{rsm} = MV \frac{dV}{dt} \tag{2.5}$$

Bila persamaan (2.3) disubstitusikan ke persamaan (2.5) didapatkan :

$$P_{rsm} = MVa \tag{2.6}$$

2.3. Generator Listrik

Generator listrik adalah mesin listrik yang bekerja untuk memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, dengan cara menggunakan induksi elektromagnetik. Proses tersebut dikenal sebagai proses pembangkitan listrik. Sumber energi mekanik berupa energi yang dihasilkan oleh poros mesin bensin, mesin turbin, mesin uap, atau juga energi yang dihasilkan oleh putaran roda.



Gambar 2.1 Generator Listrik (= Alternator)

Generator bekerja berdasarkan hukum Faraday, apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet hingga memotong garis gaya magnet maka pada kedua ujung penghantar tersebut akan timbulkan ggl (gaya gerak listrik) yang dapat diukur tegangannya.

Daya yang dihasilkan oleh generator dapat diketahui apabila tegangan keluaran generator (tegangan antar ujung lilitan rotor) dan arus pada rotor diketahui. Untuk menghitung daya yang dihasilkan dapat menggunakan rumus :

$$P_G = VI \tag{2.7}$$

dengan,

- P_G : Daya Generator (W)
- V : Tegangan keluaran generator (V)
- I : Arus listrik lilitan rotor (A)

2.4. Hubungan daya pengereman (P_{rem}) dan daya generator (P_G)

Generator digunakan untuk menyerap energi kinetik melalui roda mobil dan mengubahnya menjadi energi listrik. Karena energi kinetik mobil diserap maka laju kecepatan mobil turun sebagaimana ketika mobil direm. Sesuai dengan hukum kekekalan energi, laju penurunan energi kinetik harus sama dengan daya yang dihasilkan oleh generator. Bila efisiensi konversi itu berjalan 100 % maka :

$$P_{rsm} = P_G \tag{2.8}$$

Bila ternyata daya generator lebih kecil dibanding dengan daya pengereman, maka sebagian dari daya pengereman digunakan untuk melawan tahanan-tahanan mekanis ketika mobil masih bergerak, sehingga persamaan (2.8) terkoreksi menjadi :

$$P_{rsm} = \frac{P_G}{\eta} \tag{2.9}$$

dengan,

- η : efisiensi konversi energi.

3. PENELITIAN TERDAHULU

Triwahju Hadrianto (2015), melakukan perhitungan energi kinetik pada sistem pengereman regenerative mobil listrik. Penelitian ini adalah tahap awal dari pelaksanaan penelitian mengenai sistem pengereman regenerative mobil listrik. Universitas Jember. Aplikasi system pemulihan energi menggunakan energi kinetik pada mobil listrik pada saat melakukan pengereman. Aplikasi KERS (Kinetic Energy Recovery System) diharapkan dapat memperbaiki performa system penyimpanan energi listrik dan meningkatkan jarak tempuh mobil listrik dengan adanya system regenerative pada system pengisian baterai sebagai hasil bangkitan dari system pengereman. Sistem pengereman regeneratif yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan membuat prototipe yang terdiri atas tiga komponen utama yakni CVT (continuously variable transmission), flywheel dan clutch. Data yang diperoleh pada hasil percobaan menunjukkan hubungan parameter-parameter yaitu kecepatan roda mobil, kecepatan flywheel dan durasi putaran pada saat dilakukan pengereman. Pada salah satu hasil pengambilan data diperoleh data kecepatan roda sebesar 680 rpm, kecepatan flywheel 128 rpm dengan durasi putaran flywheel setelah pengereman adalah 21,42 detik.

Soeprpto (2016), melakukan penelitian tentang pengereman regeneratif motor arus searah tanpa sikat (bldc), untuk mengisi baterai pada sepeda gowes, Berdasarkan hasil pengujian didapatkan energi rata-rata sebesar 4,836 mWh untuk kecepatan awal 30 km/jam dan 10,030 mWh untuk kecepatan awal 40 km/jam dengan beban inersia mesin saja.

Indra Maulana (2016), melakukan pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada perancangan mini plant regenerative braking sebagai sumber daya listrik dengan hasil, Tegangan yang dihasilkan regenerative braking pada tugas akhir ini mencapai 299 V pada saat sistem diberikan tegangan masukan ke motor 200 V dan tegangan generator 220 V. Sistem ini dapat melakukan pengereman dalam waktu 15 detik. Tegangan yang dihasilkan akan semakin besar jika masukan tegangan ke motor dan generator semakin besar. Proses pengereman akan semakin cepat jika masukan tegangan ke generator semakin besar. Pengisian akan semakin cepat saat masukan tegangan ke motor dan generator besar.

Melda Latif (2018), melakukan penelitian tentang energi listrik dari pengereman regeneratif sepeda motor dengan menggunakan dinamo sepeda, Pengereman regeneratif adalah mekanisme untuk memperoleh kembali energi yang terbuang saat proses pengereman. Biasanya saat direm energi kinetik dari roda motor yang bergerak akan terkonversi menjadi panas akibat gesekan rem. Pada pengereman regeneratif energi kinetik tersebut dirubah menjadi energi listrik dengan bantuan dinamo. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar arus, tegangan dan daya yang dihasilkan dari pengereman regeneratif sepeda motor dengan memanfaatkan dinamo sepeda. Dengan menambahkan suatu prototipe, yang terdiri dari dinamo sepeda, penyearah dan dc-dc converter, maka pengereman regeneratif dapat diubah menjadi energi listrik. Penelitian dilakukan dengan tiga perilaku di cakram depan sepeda motor yaitu dengan memberikan isolasi kasar, isolasi polos dan tanpa isolasi. Hasil pengujian yang terbaik adalah dengan pemasangan isolasi kasar. Pada kecepatan 70 km/jam, nilai tegangan, arus dan daya yang dihasilkan adalah 12,8 Volt, 130 mA dan 1664 mWatt. Keuntungan menggunakan isolasi kasar adalah gaya gesek dan slip yang dihasilkan kecil. Panas yang ditimbulkan tidak sebanyak isolasi polos dan tanpa isolasi. Bunyi yang dihasilkan pada pengujian juga lebih kecil.

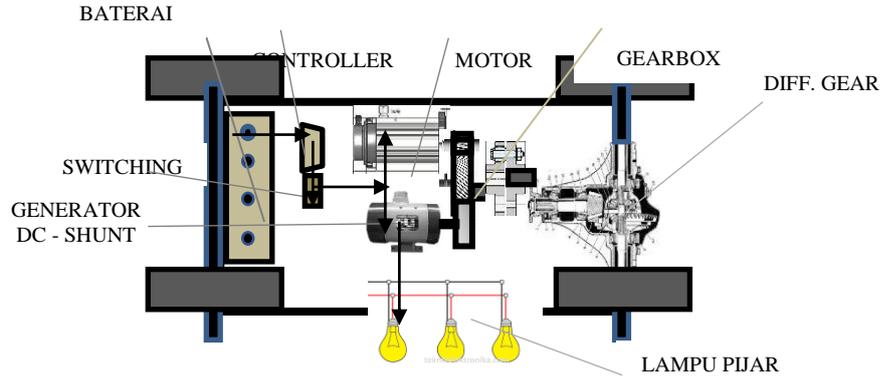
Dari beberapa penelitian tersebut diatas, maka pada penelitian ini akan melakukan penelitian dengan topik sistem pengereman dengan metode penyerapan energi kinetik dan mengubahnya menjadi energi listrik pada mobil listrik yang dinamai *Absorbed Kinetic Energy Braking System (AKEBS)*. Hasil penelitian digunakan untuk menyempurnakan mobil listrik buatan ITNY.

4. METODE PENELITIAN

4.1. Rangkain Uji dan Cara Kerja

Untuk mencapai tujuan penelitian maka dibuatlah rangkain komponen uji pada mobil listrik buatan ITNY sebagaimana pada Gambar 3.1 di bawah.

Rangkain uji terpasang pada mobil listrik buatan ITNY. Poros keluaran motor dihubungkan dengan *gearbox*. *Gearbox* mempunyai dua poros keluaran, satu poros dihubungkan dengan *defferential gear* yang selanjutnya memutar roda belakang, sementara yang lain dihubungkan dengan poros input generator DC Shunt. Daya motor 3 kW dan daya generator 3 kW. Sumber tenaga mobil ini adalah baterai 60 VDC, 60 AH yang berupa susunan seri dari 5 buah baterai, masing-masing 12 VDC, 60 AH. Rangkaian uji dilengkapi dengan *controller* dan *switching*. *Controller* merupakan peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor yang sekaligus mengatur kecepatan mobil listrik, yang pengaturannya menggunakan pedal. *Switching* digunakan untuk mengarahkan arus apakah masuk ke motor atau ke generator, bila pedal diinjak arus masuk ke motor, namun bila pedal dilepas arus masuk ke generator.



Gambar 3.1 : Rangkaian Uji

Ketika mobil listrik dioperasikan secara normal, pedal diinjak sehingga *switching* mengarahkan arus ke motor listrik. Semakin dalam injakan pedal, arus yang masuk ke motor semakin besar sehingga laju mobil listrik semakin cepat. Ketika injakan pedal dilepas, *switching* mengarahkan arus ke generator sehingga lilitan stator tereksitasi dan menimbulkan medan magnet sehingga generator mampu menyerap energi kinetik dan mengubahnya menjadi arus listrik. Arus listrik yang dihasilkan dibuang dengan cara digunakan untuk menyalakan rangkaian lampu pijar.

4.2. Besaran Ukur dan Alat Ukur

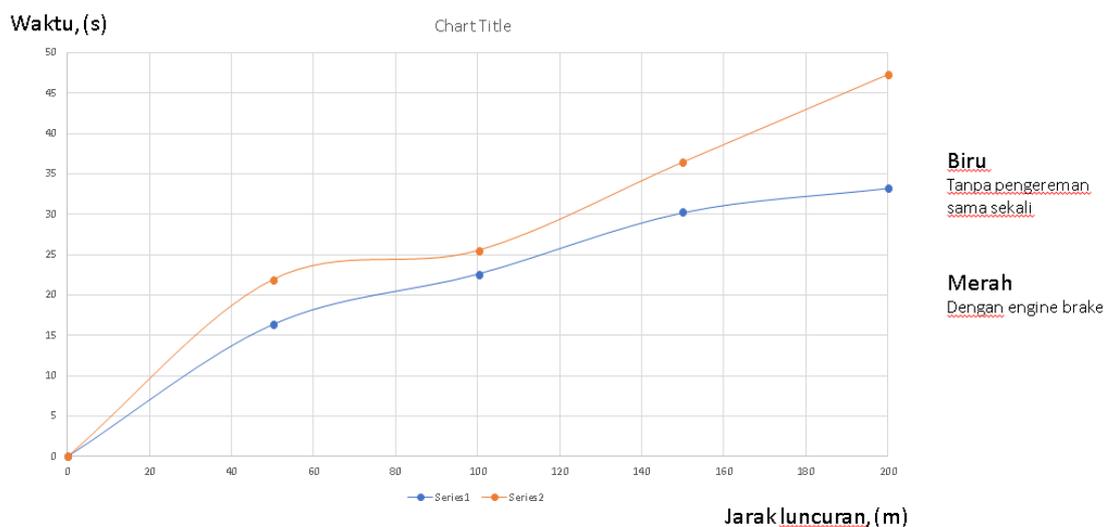
Penelitian ini adalah sebuah uji eksperimental laju pengereman yang menggunakan konversi energi dari energi kinetik menjadi energi listrik. Parameter laju pengereman yang harus diketahui adalah kecepatan dan waktu, sementara parameter keberhasilan konversi energi dari energi kinetik menjadi energi listrik adalah munculnya tegangan dan arus pada generator. Oleh karena itu dibutuhkan alat-alat ukur sebagai berikut :

1. Alat ukur waktu, digunakan untuk mengukur waktu perubahan kecepatan sesaat.
2. Alat ukur jarak, digunakan untuk panjang lintasan.
3. Alat ukur tegangan listrik, digunakan untuk mengukur tegangan keluaran generator.

5. HASIL DAN ANALISIS

Dari hasil uji coba langsung dijalan raya, didapat bahwa terdapat durasi waktu tempuh pada jarak 200 m, dengan kemiringan jalan turun rata-rata 45 derajat, antara tanpa pengereman (garis biru) waktu tempuh (t_{nEB}) = 34 detik dan dengan *engine brake* (garis merah) waktu tempuh (t_{EB}) 48 detik.

Table 1. Grafik Hasil Pengujian waktu vs jarak peluncuran



Seingga dapat dihitung efisiensi waktu pengereman, penggunaan eksitasi *alternator* sebagai engine break pada mobil listrik adalah:

$$\eta_{EB} = (t_{nEB}) / (t_{EB}) \times 100 \%$$

Pada :

(t_{nEB}) = waktu tempuh tanpa *Engine brake*

(t_{EB}) = waktu tempuh dengan *Engine brake*

Maka:

$$= 34 \text{ detik} / (t_{EB}) 48 \text{ detik} \times 100 \%$$

$$= 70,83 \%$$

Sehingga didapat bahwa nilai efisiensi Enginge Brake (η_{EB}) adalah 70,83 %

6. KESIMPULAN

Mobil listrik yang dilengkapi dengan pengereman *engine brake* mampu menghambat laju mobil sebesar 70,83 %. Oleh karena itu dibutuhkan suatu desain sistem pengereman *engine brake* pada mobil listrik yang mampu memperlambat putaran roda tanpa harus mengaktifkan rem mekanis atau dapat dikombinasi dengan ke dua sistem rem yaitu rem mekanis dan *engine brake*, pada penelitian ini sistem *engine brake* menggunakan *alternator* sebagai eksitasi arus listriknya, dan untuk kedepannya bisa juga beban eksitasi aus listrik dari *alternator* dapat dikembangkan sebagai sistem pengisian listrik ke aki mobil listrik untuk sistem hybrid. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain rem mobil listrik yang mampu memperlambat laju putaran roda tanpa harus mengoperasikan rem mekanis yang optimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih atas partisipasi-nya dalam penelitian ini kepada mahasiswa Teknik Mesin ITNY, Septyo Darmawan (210015039), Afdika Surya Pratama (210017036), Alvin Sution (210017135) & Fatur Rizki Anggun Juniar ((210019049).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hardianto T, dkk., 2015, *Perhitungan Energi Kinetik Pada Sistem Pengereman Regenerative Mobil Listrik*, Jurnal ROTOR, Volume 8 Nomor 1, April 2015, Jurusan Teknik Elektro dan Teknik Mesin , UniversitasJember, Jl.Kalimnatan 37 Jember 68121 Indonesia.
- [2] Soeprapto, dkk., 2016, *Pengereman Regeneratif Motor Arus Searah Tanpa Sikat (Bldc) Untuk Mengisi Baterai Pada Sepeda Gowes*, Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology (JEEST), Vol. 03 No. 02, November 2016, Pages 112-120, Teknik Elektro ekonomi Universitas Brawijaya, Fakultas Ekonomi Universitas Merdeka
- [3] Maulana I, dkk., 2016, *Rancang Bangun Mini Plant Regenerative Braking Sebagai Sumber Daya Listrik*, e- Proceeding of Engineering : Vol.3, No.3 December 2016 | Page 4943, Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- [4] Latif M, dkk., 2018, *Energi Listrik dari Pengereman Regeneratif Sepeda Motor dengan Menggunakan Dinamo Sepeda*, Jurnal Nasional Teknik Elektro, Vol. 7, No. 2, Juli 2018, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
- [5] Perdana Pb., 2018, *Analisa Penggunaan Regenerative Brake Pada Mobil Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik*, Skripsi - Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember