

RANCANG BANGUN MINI PLANT REGENERATIVE BRAKING SEBAGAI SUMBER DAYA LISTRIK

DESIGN OF MINI PLANT REGENERATIVE BRAKING AS A SOURCE OF POWER

Indra Maulana¹, Ismudiati Puri Handayani², Ahmad Qurthobi³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹indramaulana100@gmail.com, ²iphandayani@telkomuniversity.ac.id, ³qurthobi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sistem *regenerative braking* adalah cara untuk memperlambat kendaraan (pengereman) dengan menggunakan motor sebagai rem. Energi panas yang terbuang pada pengereman konvensional tidak akan terjadi pada sistem ini. Pada *regenerative braking* energi gerak dirubah menjadi energi listrik oleh motor yang difungsikan sebagai generator. Rancangan *mini plant regenerative braking* ini terdiri dari *flywheel* sebagai pengganti beban kendaraan, gear depan dan belakang sepeda yang dihubungkan dengan rantai sebagai sistem kopling, Motor Arus Searah (MAS) yaitu motor yang difungsikan sebagai generator, sumber putar dari motor bertorsi besar, dan seperangkat sistem kontrol yang akan menghentikan sumber putar secara otomatis sekaligus mengaktifkan generator sebagai rem. Proses pengereman dilakukan dengan cara menginjeksikan arus ke rotor generator yang menimbulkan medan magnet dengan arah melawan putarannya (rotor terkoneksi langsung dengan *flywheel*) sehingga putaran *flywheel* melambat. Dengan adanya putaran rotor dan medan magnet, maka akan timbul garis gaya *fluks* magnet yang akan menjadi sebab timbulnya gaya gerak listrik (GGL) induksi. Pada akhirnya, listrik yang dihasilkan akan disimpan pada baterai.

Kata kunci: *Regenerative braking*, pengereman, sistem pengereman regeratif.

Abstract

The braking process in regenerative braking occurs via a conversion of the motor's kinetic energy into electrical energy using a generator. The design of the mini plant regenerative braking is composed of a flywheel as a replacement for load of the vehicle, gear front and rear of the bike which is connected by a chain as a clutch system, Motor Direct Current (MAS) is a motor that functioned as a generator, a source of rotary from the motor with a large torque, and a set of the control system which will automatically stop the source of rotary and activate the generator as a brake. The braking process is done by injecting current into the rotor's generator which generate a magnetic field in the direction against the flywheel rotation and reduces the velocity of flywheel rotation. This process creates a changes of magnetic flux and subsequently induces electromotive force (EMF) induced. Finally, the electricity generated is stored in the battery.

Key word: Regenerative braking, braking.

1. Pendahuluan

Rem merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengurangi kecepatan (memperlambat) atau bahkan sampai menghentikan laju kendaraan [1]. Keefektifan rem dalam hal menghentikan laju kendaraan tidak diimbangi oleh keefisienannya dalam hal konsumsi energi. Prinsip kerja rem yang mengubah energi gerak menjadi energi panas karena gesekan antara terombol atau piringan cakram dengan ampas rem, tidak efisien karena energi panas yang dihasilkan tidak dimanfaatkan, bahkan di buang.

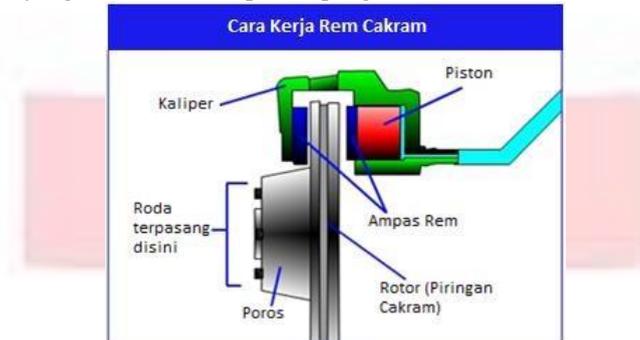
Regenerative braking merupakan mekanisme regenerasi energi dengan cara mengkonversi energi gerak menjadi energi lainnya (dalam hal ini menjadi energi listrik) pada saat proses pengereman laju kendaraan [2]. Hal ini dilakukan karena proses pengereman dilakukan dengan cara memberikan gaya magnet yang melawan putaran motor. Proses perlambatan putaran motor akan merubah besarnya fluks medan magnet pada aktuator yang selanjutnya akan menghasilkan tegangan (ggl) induksi yang bisa dikonversi menjadi daya listrik. Hasil pengkonversian bisa langsung di manfaatkan, bisa pula di simpan sampai dibutuhkan.

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam proses *regenerative braking* ini, yaitu kecepatan putar dari sumber geraknya, daya input ke generator *regenerative braking*, dan tentu saja output yang dihasilkan generator. Ketiga hal ini sangat mempengaruhi kinerja dari sistem *regenerative braking*. Pada skripsi ini akan dibuat *mini plant* dari *regenerative braking* untuk memahami bagaimana proses perubahan energi gerak pada saat proses pengereman menjadi energi listrik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi optimum proses *regenerative braking* akan diamati dan dianalisis.

2. Landasan Teori

2.1 Sistem Pengereman

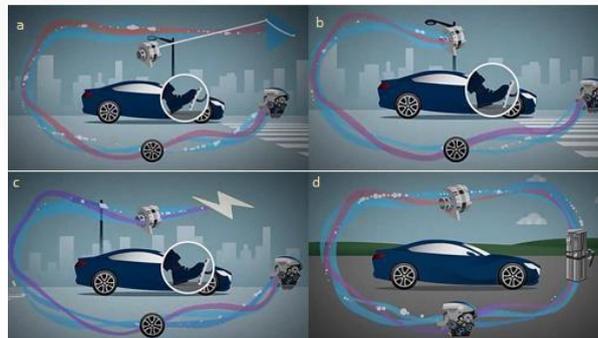
Pengereman dalam sistem otomotif adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan kendaraan, menghentikan kendaraan yang sedang berjalan, dan menjaga agar kendaraan tetap berhenti [1]. Rem merupakan sistem yang sangat penting dalam kendaraan, karena berfungsi sebagai perangkat keselamatan dan menjamin keamanan bagi pengendara. Mesin mengkonversi energi panas menjadi energi kinetik (energi gerak) untuk menggerakkan kendaraan. Sebaliknya, rem mengkonversi energi kinetik (energi gerak) menjadi energi panas [3]. Panas yang dihasilkan dalam proses pengereman disebabkan oleh gesekan antara terombol atau piringan cakram dengan ampas rem. Gesekan inilah yang menyebabkan mobil melambat dan berhenti. Dalam mobil konvensional, energi panas yang dihasilkan dari proses pengereman ini tidak dimanfaatkan.



Gambar 1 prinsip pengereman konvensional [2]

2.2 Regenerative Braking

Regenerative braking dapat ditemukan di sistem pengereman mobil listrik dan mobil *hybrid*. Dalam *regenerative braking* fungsi ampas rem dan piringan cakram digantikan oleh generator DC dengan memanfaatkan arah medan magnet dari stator yang melawan putaran *rotor*. Bagian utama dari sistem *regenerative braking* adalah generator DC yang difungsikan sebagai alat untuk mengkonversi energi kinetik menjadi energi listrik.



Gambar 2 Proses *regenerative braking*

Gambar.2 menjelaskan proses *regenerative braking*. (a) Pedal rem berfungsi sebagai *switch* untuk menginputkan daya sebesar 0 sampai 106 Watt ke *rotor*. (b) Daya yang diinputkan ke *rotor* menimbulkan medan magnet yang melawan arah putaran *rotor*. Selain menghentikan gerakan mobil akibat arah putaran *rotor* dilawan, putaran *rotor* ini juga menimbulkan perubahan fluks magnet pada generator sehingga muncul tegangan induksi pada generator DC seperti digambarkan pada proses (c). (d) energi listrik atau daya yang dihasilkan berubah-ubah tergantung input yang diberikan, yaitu antara 0.05 sampai 48,5 Watt.

2.3 Generator DC

Generator DC adalah alat yang berfungsi untuk mengkonversi energi kinetik (gerak) menjadi energi listrik dengan arus searah. Generator DC nantinya akan mengkonversi energi gerak (kinetik) mobil menjadi energi listrik. Bagian terpenting dari generator ada dua, yaitu *rotor* dan *stator*. *Rotor* adalah bagian generator yang berputar, dimana terdapat kumparan yang melilit magnet permanen. Sedangkan *stator* adalah bagian generator yang diam. Sama halnya seperti *rotor*, di *stator* juga terdapat kumparan. Bagian utama yang membedakan generator DC

dengan generator AC adalah komutator atau disebut juga cincin belah. Prinsip kerja suatu generator berdasarkan hukum faraday.

$$\epsilon = -N \frac{d\Phi_b}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana, ϵ : GGL induksi (V)
 N : Banyaknya lilitan
 $d\Phi_b$: Perubahan *fluks* (T)
 dt : Perubahan waktu (s)

Dari persamaan di atas, dapat di simpulkan bahwa GGL induksi berbanding lurus dengan laju perubahan *fluks* (Hukum Faraday). GGL induksi dapat dibangkitkan jika adanya *konduktor* (hantaran kawat), adanya medan magnet, dan harus ada gerak atau putaran dari *konduktor* dalam medan magnet sehingga menimbulkan garis gaya *fluks* magnet. GGL induksi akan semakin besar jika semakin banyak *fluks* yang timbul, atau jika semakin banyak medan magnet yang menembus suatu luasan. Arus yang diinputkan ke *stator* menimbulkan gaya (F) dan medan magnet (B). Medan magnet ini menginduksi kumparan di *rotor*. Akibat induksi dari medan magnet tersebut, maka timbullah *fluks* magnet yang merupakan penyebab utama timbulnya Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi [5]. Besarnya *fluks* magnet ditentukan oleh:

$$\Phi = B.A \cos \theta \dots\dots\dots(2)$$

Dimana, Φ : *Fluks* magnet (Wb)
 B : Medan magnet (T)
 A : Luas penampang kawat (m²)
 θ : sudut antara B dengan A

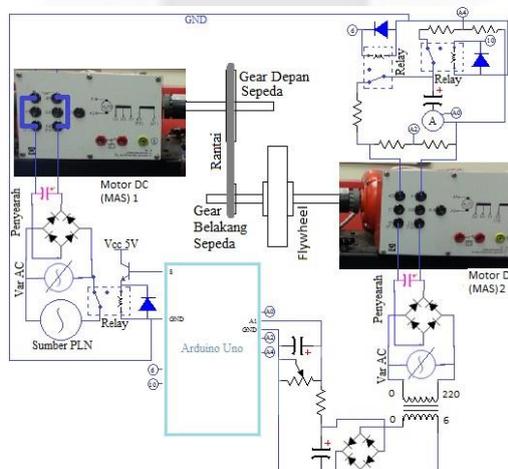
Cos θ muncul karena adanya perbedaan sudut antara medan magnet yang akan di tembuskan (B) dengan luas permukaan dari kumparan yang akan ditembus (A).

3. Metodologi Penelitian

Mini plant ini menggunakan dua buah mesin arus searah (MAS) sebagai sumber putar dan sistem pengereman. Motor diberi masukan tegangan untuk memutarakan *flywheel* dan generator diberi tegangan pula untuk meredam putaran *flywheel* saat pengereman. Proses ini menghasilkan tegangan yang disimpan di kapasitor.

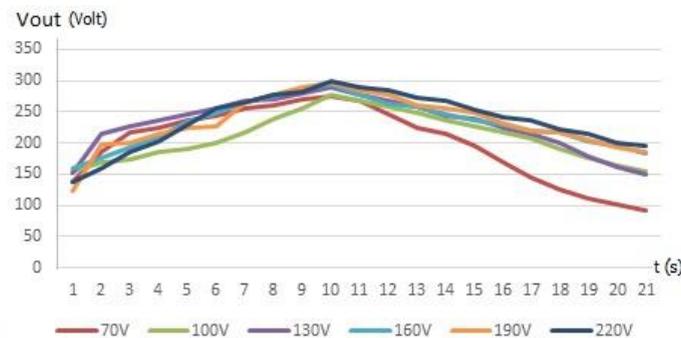
4. Realisasi, Pengujian, dan Analisis

Realisasi sistem meliputi pembuatan alat peraga (*mini plant*) *regenerative braking*, dilanjutkan dengan pengujian yang meliputi karakterisasi sistem dan energi yang dihasilkan sistem. Karakterisasi sistem dilakukan dengan cara mengukur tegangan dan arus keluaran stator generator, tegangan yang diberikan ke rotor generator, tegangan yang tersimpan di kapasitor dan kecepatan putar sistem (rpm). Energi yang dihasilkan disimpan ke kapasitor dan diamati selama proses pengisian dan pengosongan. Gambar 3 merupakan desain realisasi sistem *regenerative braking* pada topik ini.



Gambar 3 rangkaian sistem *regenerative braking*

Dari gambar 3 diambil beberapa data keluaran untuk mengamati keefisienan sistem ini. Gambar 4 merupakan grafik keluaran tegangan yang dibaca pada stator generator.



Gambar 4 grafik t-Vout

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada perancangan *mini plant regenerative braking* sebagai sumber daya listrik dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. 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.
2. Tegangan yang dihasilkan akan semakin besar jika masukan tegangan ke motor dan generator semakin besar.
3. Proses pengereman akan semakin cepat jika masukan tegangan ke generator semakin besar.
4. Pengisian akan semakin cepat saat masukan tegangan ke motor dan generator besar.

5.2 Saran

Pengembangan selanjutnya untuk optimasi daya keluaran generator dan untuk penyempurnaan sistem secara keseluruhan, dapat dilakukan dengan cara:

1. Pemeliharaan generator terutama pada bagian *brush* dan komutator yang akan bekerja keras untuk pengereman.
2. Agar keluaran dapat tersimpan lebih lama, gunakan baterai.
3. Buat rangkaian penstabil keluaran agar dapat disimpan di baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] NN. (2013). *Rem*. [Online]. Tersedia: <http://id.wikipedia.org/wiki/Rem> [2013, Juli]
- [2] Jason. (2011). *Regenerative braking*. [Online]. Tersedia: <http://siam4uphysics.pbworks.com/w/page/38936885/Regenerative%20Braking> [2013, Juni]
- [3] Djanuaro. (2013). *Pemasangan Booster Rem dan Prinsip Kerja*. [Online]. Tersedia: <http://forum.solusisahabat.com/showthread.php?2331-DIY-Pemasangan-Booster-Rem-dan-Prinsip-Kerja> [2013, Juli]
- [4] Hatsidimitris, George. School of Physic Sydney. *DC Motor*. [Online]. Tersedia: <http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/electricmotors.html> [2013, Juni]
- [5] Maulana, Puri. (2013). *Pengertian Induksi Elektromagnetik, Hukum Faraday, Hukum Lens, Gaya Gerak Listrik Induksi, Rumus, Contoh Soal, Jawaban, Praktikum, Kumparan, Medan Elektromagnetik, Fisika*. [Online]. Tersedia: <http://perpustakaancyber.blogspot.com/2013/04/pengertian-induksi-elektromagnetik-hukum-faraday-hukum-lenz-gaya-gerak-listrik-ggl-rumus-contoh-soal-jawaban-praktikum-kumparan.html> [2013, Mei]
- [6] Husodo, Yanto, Budi, Ir., MSc. "Generator Arus Searah Berpenguat Terpisah". PUSAT PENGEMBANGAN BAHAN AJAR-UMB. Jakarta.
- [7] Hassan, Ali. (2012). *Classification of Electric Motors*. [Online]. Tersedia: <http://www.electrical-knowhow.com/2012/05/classification-of-electric-motors.html> [2013, Juni]

- [8] NN. (2012). *Cara Kerja Generator Listrik*. [Online]. Tersedia: http://carapedia.com/kerja_generator_listrik_info2559.html [2013, Juni]
- [9] Santoso, Edi. (2011). *Kinetic Energy Regenerative System (KERS)*. [Online]. Tersedia: <http://otosantoso.blogspot.com/2011/06/kinetic-energy-regenerative-system-kers.html> [2013, Juni]
- [10] B, Antonio. (2009). *Corona Timeline*. [Online]. Tersedia: <http://www.tunemytoyota.com/forum/showthread.php?t=1929> [2013, Juli]
- [11] Maulana, Puri. (2013). *Medan Magnet*. [Online]. Tersedia: <http://perpustakaancyber.blogspot.com/2013/04/medan-magnet-di-sekitar-arus-listrik-induksi-penghantar-lurus-dan-melingkar-sumbu-solenoida-toroida-contoh-soal-jawaban-fisika.html> [2013, Juli]
- [12] Sanwa. "Instruction Manual of Digital Multimeter Sanwa CD771". SANWA ELECTRIC INSTRUMENT CO.,LTD. TOKYO, JAPAN.
- [13] PT LINAD MULTYPOLLAR. (2011). *Free Flywheel Generator Electric*. [Online]. Tersedia: <http://ffge.wordpress.com/> [2014, Januari]