

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

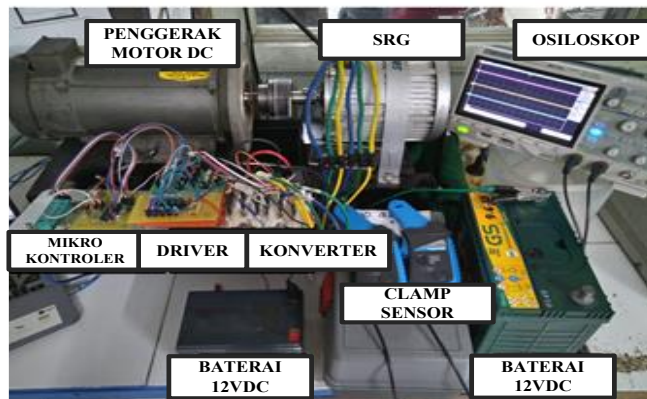
4.1 Pendahuluan

Pada Bab IV ini membahas mengenai hasil implementasi dengan pengujian dari sistem pengereman regeneratif. Hasil gelombang keluaran dari pengujian diukur dengan menggunakan osiloskop digital.

Hasil dari uji pengukuran pada prototipe berupa gelombang dari setiap modul dan kecepatan pengereman. Pengujian dan pengukuran ini dilakukan untuk membuktikan hasil dari implementasi dan percobaan yang penulis lakukan sesuai dengan teori yang sudah disajikan pada Bab II dan Bab III.

4.2 Hasil Pengujian Alat

Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan SRM yang diputar dengan motor DC untuk menghasilkan energi kinetik yang akan digunakan untuk sistem pengereman regeneratif. SRM yang digunakan adalah buatan SLT yang membutuhkan sumber tegangan 12VDC dengan arus maksimal 45A. Konverter yang digunakan adalah jenis *Asymmetric* dengan enam buah saklar statis dari modul IGBT tipe Semikron. Sensor *hall effect* dari bawaan SRM digunakan untuk masukan digital guna membangkitkan fasilitas *Input Capture* yang terdapat pada mikrokontroler yang akan digunakan untuk pensaklaran pulsa tunggal. Perangkat keras sistem pengereman regeneratif ditunjukkan pada Gambar-4.1.



Gambar-4. 1 Perangkat keras sistem pengereman regeneratif.

Pengujian pada sistem pengereman regeneratif dilakukan dua tahap dengan menggunakan pulsa tunggal. Pengujian tahap pertama dilakukan dengan parameter yang diubah adalah nilai θ_{eks} sedangkan parameter yang bernilai tetap adalah kecepatan putar rotor dan θ_{kom} . Pengujian tahap kedua dilakukan dengan mengubah parameter kecepatan putar rotor sedangkan θ_{eks} dan θ_{kom} bernilai tetap.

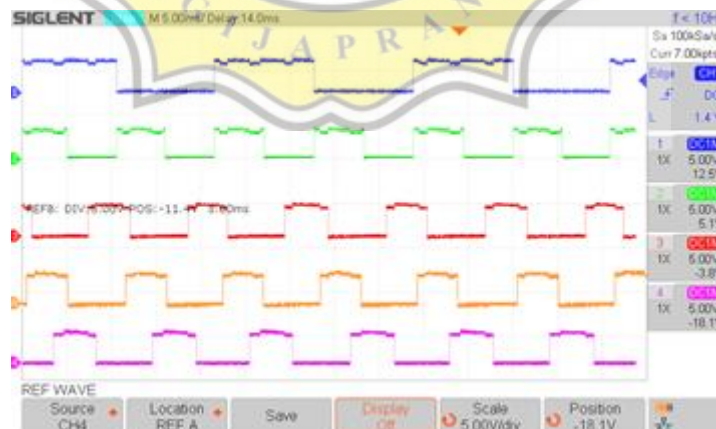
4.2.1 Hasil Pengujian Dengan Perubahan Nilai θ_{eks}

Berikut ini disajikan beberapa hasil dari pengujian tahap pertama yang dilakukan dengan tiga kondisi yaitu nilai θ_{eks} yang berbeda sedangkan nilai θ_{eks} tetap. Hasil pengujian dengan mengubah parameter nilai θ_{eks} pada kecepatan awal sebesar 1821 RPM menghasilkan perubahan pada kecepatan dan arus yang dihasilkan. Kecepatan putar awal rotor ditunjukkan pada Gambar-4.2.

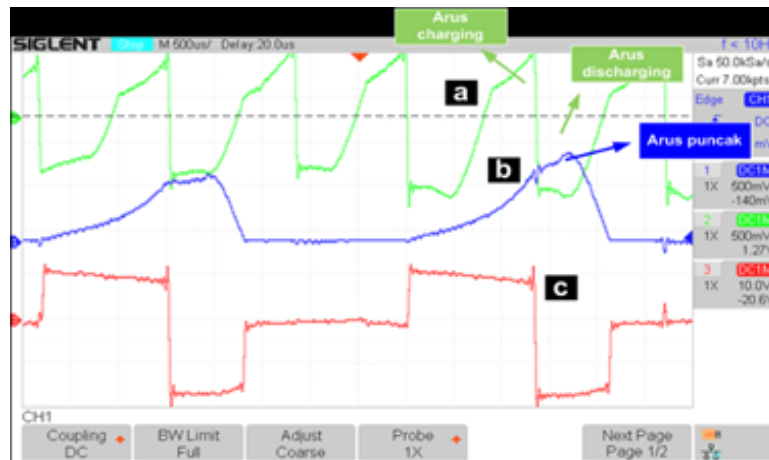


Gambar-4. 2 Kecepatan putar awal rotor

Parameter perubahan nilai θ_{eks} menghasilkan sinyal saklar yang berbeda. Pengujian awal dilakukan dengan mengamati hasil keluaran pada sinyal pensaklaran pada kondisi I yaitu nilai θ_{eks} sebesar 20° dan nilai θ_{kom} sebesar 170° . Setiap fasa pada keluaran dari saklar pada kondisi I memiliki jarak 150° elektrik dan mengalami *overlap* (saling bertabrakan) sebesar 30° antar fasanya. Hasil gelombang saklar kondisi I ditunjukkan pada Gambar-4.3 sedangkan hasil gelombang arus fasa dan arus batere ditunjukkan pada Gambar-4.4.

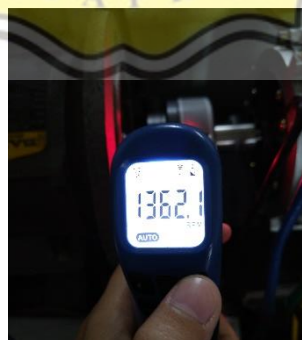


Gambar-4. 3 Hasil sinyal (a) *Input Capture* (b) *hall effect* (c) saklar fasa A (d) saklar fasa B (e) saklar fasa C pada Kondisi I



Gambar-4. 4 Hasil gelombang (a) arus batere (b) arus fasa (c) tegangan fasa pada Kondisi I

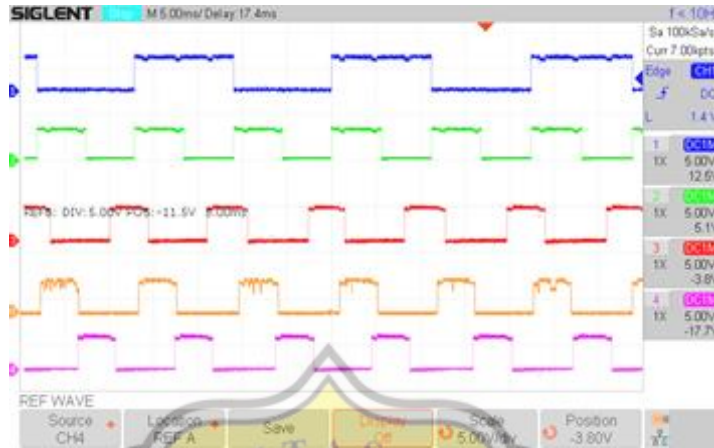
Gambar-4.4. menunjukkan arus fasa meningkat setelah saklar fasa dimatikan pada mode demagnetisasi. Pada kondisi ini, menghasilkan arus puncak sebesar 10 A dengan arus rata-rata 7.5A sehingga adanya arus yang dikirimkan ke sisi batere sebesar 2,5A dari proses pengereman regeneratif. Pada kondisi I terjadi perlambatan kecepatan sehingga kecepatan menjadi 1362 RPM yang di tunjukkan pada Gambar-4.5.



Gambar-4. 5 Perubahan Kecepatan pada kondisi I

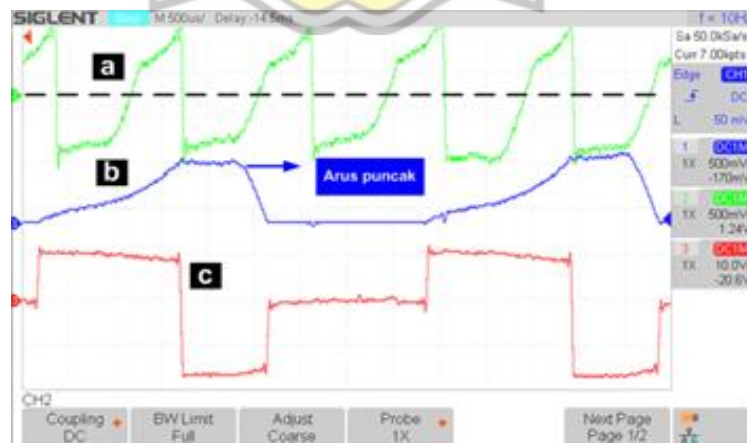
Pengujian pada kondisi II dilakukan dengan mengubah θ_{eks} dengan posisi induktansi menurun dan menjauhi posisi induktansi maksimum. Nilai θ_{eks} sebesar

30° dan nilai θ_{kom} sebesar 170° menghasilkan jarak antar saklar fasa sebesar 140° elektrik. Hasil gelombang keluaran saklar fasa ditunjukkan pada Gambar-4.6.



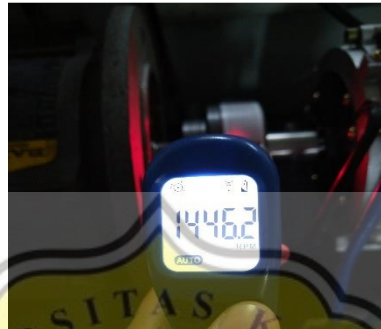
Gambar-4. 6 Hasil sinyal (a) *Input Capture* (b) *hall effect* (c) saklar fasa A (d) saklar fasa B (e) saklar fasa C pada Kondisi II

Keluaran hasil gelombang dari arus fasa dan arus baterai pada kondisi II berbeda dengan kondisi I. Keluaran dari gelombang arus fasa relatif konstan hal ini dapat dilihat dari arus puncak yang tidak mengalami peningkatan maupun penurunan. Hasil gelombang keluaran pada kondisi II disajikan pada Gambar-4.5.



Gambar-4. 7 Hasil gelombang (a) arus baterai (b) arus fasa (c) tegangan fasa pada Kondisi II

Gambar-4.7 menunjukkan arus fasa memiliki nilai yang konstan sehingga GGL balik sama dengan tegangan batere. Hal tersebut dibuktikan dengan arus rata-rata bernilai sama dengan arus puncak yaitu sebesar 7.5A maka tidak ada arus yang dikirimkan ke sisi batere.



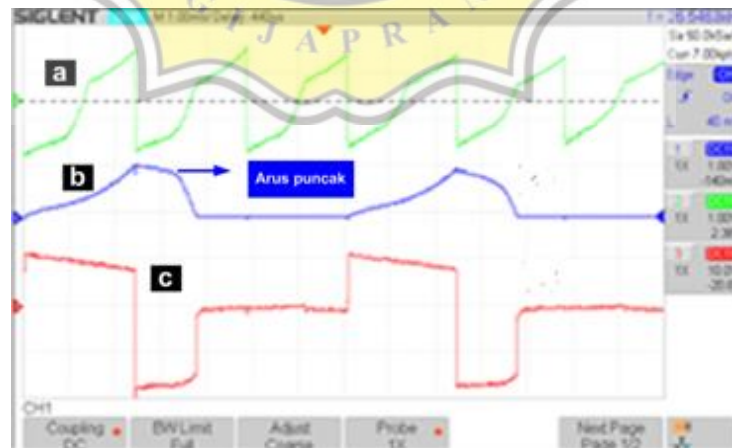
Gambar-4. 8 Perubahan Kecepatan pada kondisi II

Pengujian pada kondisi III dilakukan dengan mengubah θ_{eks} pada posisi induktansi turun. Nilai θ_{eks} sebesar 50° dan nilai θ_{kom} sebesar 170° menghasilkan jarak antar saklar fasa sebesar 120° elektrik. Pada kondisi ini, saklar tidak mengalami *overlap* (saling bertabrakan) antar fasa. Hasil gelombang keluaran saklar ditunjukkan pada Gambar-4.9.



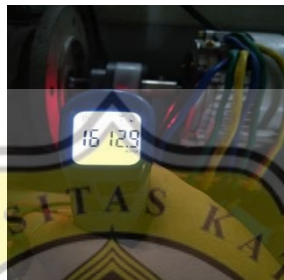
Gambar-4. 9 Hasil sinyal (a) *Input Capture* (b) *hall effect* (c) saklar fasa A (d) saklar fasa B (e) saklar fasa C pada Kondisi III

Keluaran hasil gelombang dari arus fasa dan arus batere pada kondisi III berbeda dengan kondisi I dan kondisi II. Keluaran dari gelombang arus fasa menurun dengan cepat hal ini dapat dilihat dari arus puncak yang lebih rendah dari arus rata-rata. Hasil gelombang keluaran pada kondisi III disajikan pada Gambar-4.7.



Gambar-4. 10 Hasil gelombang (a) arus batere (b) arus fasa (c) tegangan fasa Kondisi III

Gambar-4.10 terjadi penurunan arus fasa dengan cepat karena arus puncak fasa yang dihasilkan lebih kecil dari arus rata-rata sehingga tidak ada energi yang di kirimkan ke sisi batere. Pada Kondisi III terjadi perlambatan kecepatan menjadi 1615 RPM dari kecepatan awal sebesar 1822 RPM. Perubahan kecepatan sebesar 1615 RPM disajikan pada Gambar-4.11



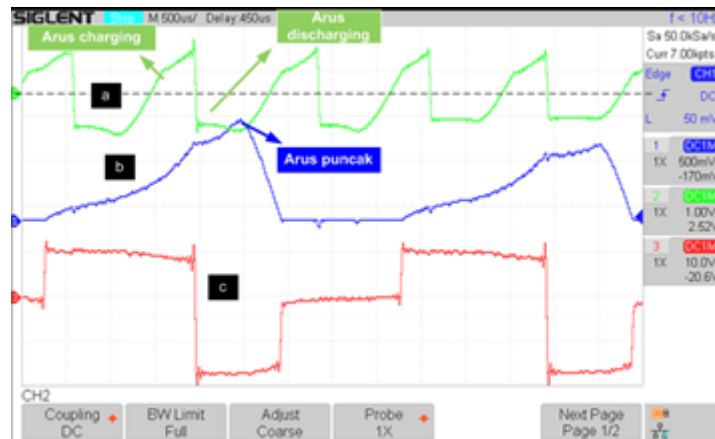
Gambar-4. 11 Perubahan Kecepatan pada kondisi III

4.2.2 Hasil Pengujian Dengan Perubahan Kecepatan Putar Awal.

Pada pengujian tahap kedua juga dilakukan dengan tiga kondisi yaitu dengan menggunakan parameter nilai kecepatan awal yang berbeda sedangkan parameter nilai dari θ_{eks} dan nilai θ_{kom} tetap. Nilai θ_{eks} yang digunakan sebesar 20° dan θ_{kom} sebesar 170° . Pada kondisi I kecepatan putar awal rotor sebesar 1821 RPM mengalami perlambatan kecepatan sebesar 1362 RPM. Pada Gambar-4.12 menunjukkan kecepatan putar awal rotor sebesar 1821 RPM.

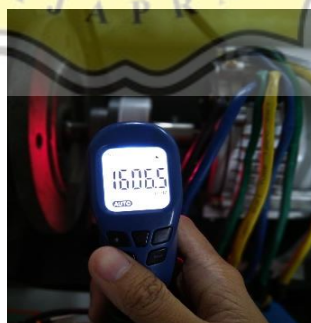


Gambar-4. 12 Kecepatan putar awal kondisi I



Gambar-4. 13 Hasil Gelombang (a) arus batere (b) arus fasa (c) tegangan fasa pada Kondisi I dengan kecepatan rotor 1821 RPM

Gambar-4.13 menunjukkan kemiringan arus fasa naik saat saklar fasa dimatikan sehingga menghasilkan arus puncak sebesar 10A dengan arus rata-rata sebesar 7.5A sehingga adanya pengiriman energi dari pengereman yang dikembalikan ke sisi batere saat terjadi pengereman. Gambar-4.14 menunjukkan perubahan kecepatan menjadi 1606 RPM.



Gambar-4. 14 Perubahan Kecepatan menjadi 1606 RPM

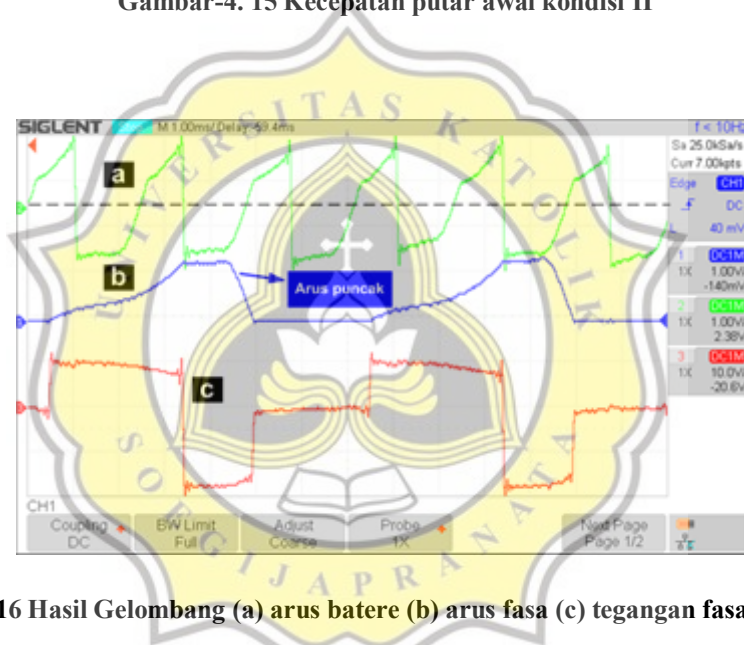
Pada Kondisi III kecepatan putar awal sebesar 1650 RPM mengalami perlambatan kecepatan menjadi 1446 RPM. Pengujian ini dilakukan dengan nilai

sudut yang tetap yaitu Nilai θ_{eks} yang digunakan sebesar 20° dan θ_{kom} sebesar 170° .

Gambar -4.15 menunjukkan kecepatan putar awal rotor sebesar 1650 RPM.



Gambar-4. 15 Kecepatan putar awal kondisi II



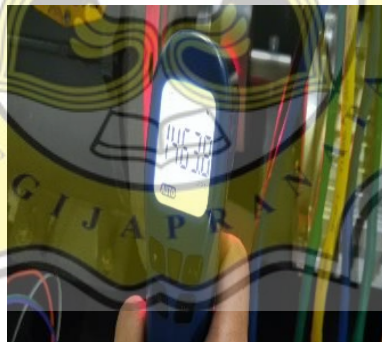
Gambar-4. 16 Hasil Gelombang (a) arus batere (b) arus fasa (c) tegangan fasa pada Kondisi II dengan kecepatan rotor 1650 RPM

Pada Kondisi II menunjukkan perlambatan kecepatan sebesar 204 RPM dari kecepatan 1650 RPM menjadi 1446 RPM. Gambar-4.15. menunjukan kemiringan arus fasa konstan sehingga arus rata-rata sama dengan arus puncak yaitu sebesar 7.5A sehingga tidak ada pengiriman energi yang dikirimkan ke sisi batere saat terjadi pengereman. Gambar-4.16 menunjukkan perubahan kecepatan putar rotor sebesar 1446 RPM.

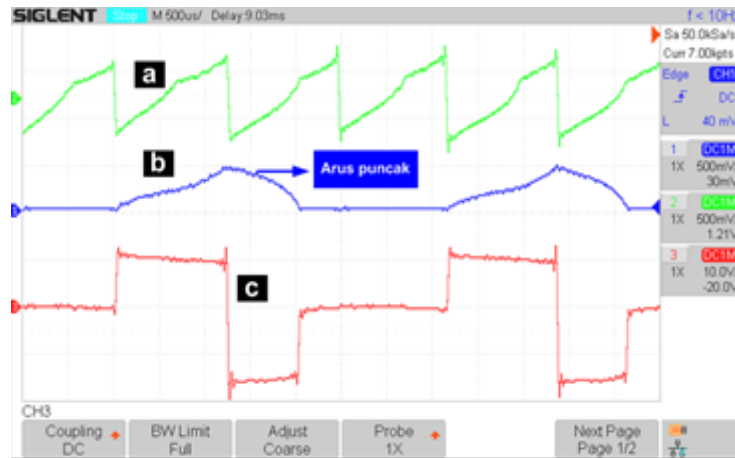


Gambar-4. 17 Perubahan Kecepatan menjadi 1446 RPM

Pada Kondisi III kecepatan putar awal sebesar 1463 RPM mengalami perlambatan kecepatan menjadi 1357 RPM. Pengujian ini dilakukan dengan nilai sudut yang tetap yaitu Nilai θ_{eks} yang digunakan sebesar 20° dan θ_{kom} sebesar 170° . Gambar -4.17 menunjukkan kecepatan putar awal rotor sebesar 1463 RPM.

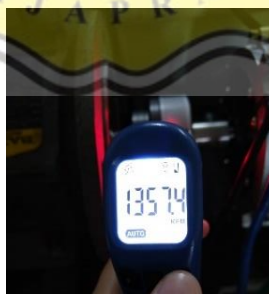


Gambar-4. 18 Kecepatan putar awal kondisi III



Gambar-4. 19 Hasil Gelombang (a) arus batere (b) arus fasa (c) tegangan fasa pada Kondisi III dengan kecepatan rotor 1463 RPM

Gambar-4.18. menunjukkan kemiringan arus fasa menurun. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai arus puncak lebih kecil dari arus rata-rata sehingga tidak ada perpindahan energi dari proses pengereman yang dikirimkan ke sisi batere. Untuk memperjelas hasil pengujian disajikan perubahan kecepatan pada tahap pengujian pada Tabel-4.1



Gambar-4. 20 Perubahan Kecepatan menjadi 1606 RPM

Tabel-4. 1 Hasil Perubahan Kecepatan.

Kondisi	Kecepatan putar awal (RPM)	Kecepatan setelah terjadi pengereman(RPM)	I _{rata-rata} (A)	I _{puncak} (A)
I	1822	1362	7.5	12.5
II	1606	1446	7.5	7.5
III	1420	1357	7.5	5

4.3 Pembahasan

Pengujian tahap pertama dilakukan dengan tiga kondisi yaitu nilai θ_{eks} yang berbeda sedangkan nilai θ_{kom} tetap. Hasil pengujian dengan mengubah parameter nilai θ_{eks} pada kecepatan awal sebesar 1807 RPM menghasilkan perubahan pada kecepatan dan arus yang dihasilkan.

Pada pengujian tahap pertama dilakukan dengan tiga kondisi. Kondisi I beroperasi dengan kecepatan awal 1821 RPM menjadi 1362 RPM sehingga adanya perlambatan kecepatan dimana arus puncak yang dihasilkan sebesar 10A dengan arus rata-rata sebesar 7.5A sehingga energi yang dihasilkan dari pengereman dapat dikembalikan ke sisi baterai. Kondisi II beroperasi dengan kecepatan awal yang tetap yaitu sebesar 1821 RPM menjadi 1446 RPM menghasilkan arus puncak sebesar 7.5 A dengan arus rata-rata sebesar 7.5A. Energi yang dihasilkan dari proses pengereman sama dengan tegangan baterai sehingga tidak adanya arus yang masuk ke sisi baterai. Kondisi III menghasilkan arus puncak sebesar 5A dengan kecepatan awal 1821 RPM menjadi 1612 RPM dimana energi dari proses pengereman tidak bisa digunakan untuk pengereman regeneratif karena tidak ada arus yang dikirimkan ke sisi baterai.

Pada pengujian tahap kedua menghasilkan kecepatan putar rotor dapat mempengaruhi nilai arus puncak fasa. Semakin tinggi nilai kecepatan putar rotor maka semakin besar nilai arus puncak fasa yang dihasilkan hal tersebut dapat dibuktikan kemiringan bentuk arus fasa yang meningkat.

Pengujian tahap kedua dilakukan dengan tiga kondisi. Kondisi I dengan kecepatan awal sebesar 1821 RPM menjadi 1362 RPM menghasilkan arus puncak sebesar 12.5 A. Pada kondisi tersebut, arus sebesar 5A dikirimkan ke sisi batere saat terjadi pengereman. Kondisi II dengan kecepatan awal sebesar 1650 RPM menjadi 1446 RPM menghasilkan arus puncak sebesar 7.5 A. Pada kondisi II nilai GGL balik sama dengan tegangan batere sehingga tidak ada arus yang dikirimkan ke sisi bater pada saat terjadi pengereman. Kondisi III dengan kecepatan awal 1463 RPM menjadi 1357 RPM menghasilkan arus puncak 5A. Pada kondisi tersebut tidak ada arus yang dikirimkan ke sisi batere saat karena bentuk arus fasa menurun dengan cepat saat saklar fasa dimatikan. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kecepatan dapat mempengaruhi nilai arus puncak fasa sesuai dengan persamaan dari GGL balik. Semakin tinggi kecepatan putar rotor maka semakin besar energi yang dihasilkan dari proses pengereman.

$$e \approx \omega i$$