

BAB IV

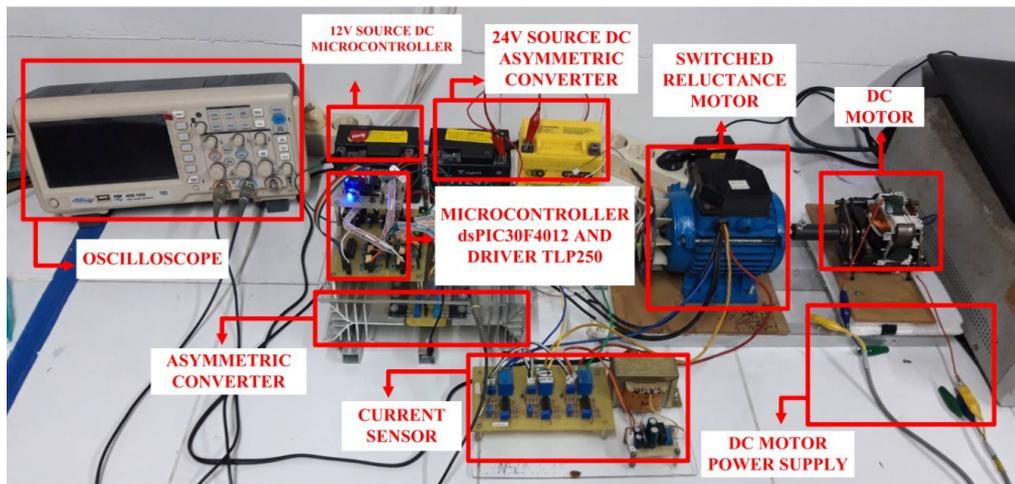
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Pembahasan yang disajikan pada bab ini mengenai hasil implementasi *hardware* dari pengereman regeneratif, menggunakan metode PWM dengan *duty cycle* konstan sebesar 75% untuk mengetahui pengaruh konversi energinya pada tiga kecepatan yang berbeda. Pembahasan pada bab ini juga meliputi pengukuran gelombang tegangan dan arus menggunakan *digital osiloscope*. Modul yang digunakan pada laporan tugas akhir ini antara lain modul mikrokontroler dsPIC30F4012, MOSFET IRFP250, *driver optocoupler* TLP250 dan *buffer* 74HC541 serta pendeteksi arus dengan tipe LEM HX 10-P. Hasil pengukuran yang dibahas pada bab ini berupa gelombang keluaran tiap modul dari *switched reluctance motor*, hasil pengukuran dilakukan guna membuktikan apakah implementasi alat sudah sesuai dengan teori dan perancangan yang sudah dijelaskan pada BAB II dan BAB III.

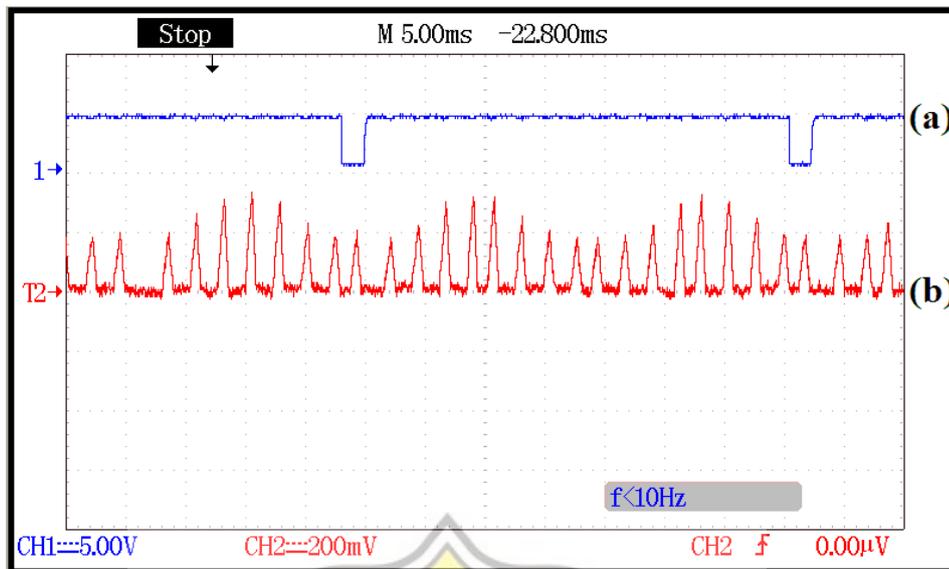
4.2. Hasil Pengujian

Pada laporan tugas akhir ini dilengkapi dengan *prototype* sebagai implementasi alat tugas akhir, *prototype* tersebut dapat dilihat pada Gambar-4.1 meliputi *board Microcontroller* dsPIC30F4012, *board driver* TLP250 dan *buffer* 74HC541, *switched reluctance motor* 12/8, *asymmetric converter*, batere, DC *motor*, *power supply*, *osiloscope*, pendeteksi arus (*current sensor*).



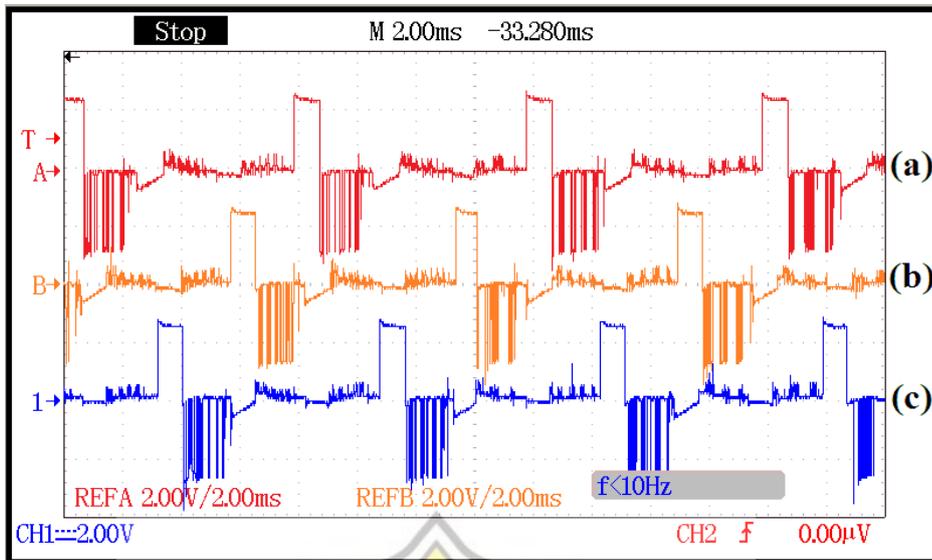
Gambar-4.1 Implementasi alat tugas akhir

Pengujian pada alat tugas akhir ini dioperasikan pada saat *switched reluctance motor* mulai mengalami pengereman. Referensi kecepatan awal yang digunakan, sesuai dengan akselerasi motoring pada *switched reluctance motor* sebesar 1485 RPM. Pengujian dilakukan dengan cara injeksi sinyal diskrit, langkah awal dilakukan dengan memutar motor DC, selanjutnya akan didapatkan nilai arus paling tinggi dan paling rendah. Nilai arus tersebut selanjutnya di bandingkan dengan sinyal referensi dari Sensor SM534 seperti pada Gambar-4.2.

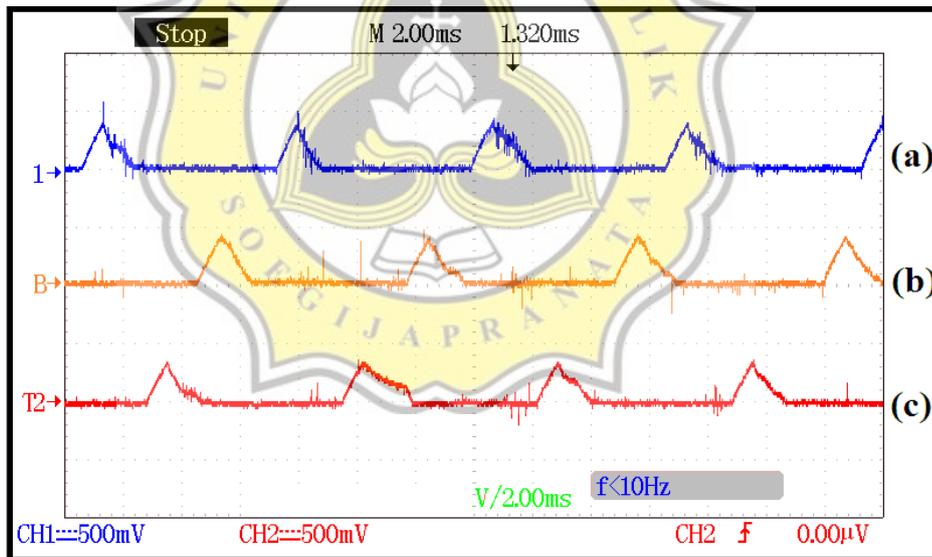


Gambar-4.2 (a) hasil pengujian sinyal keluaran pada fasa A, (b) hasil pengujian keluaran sinyal diskrit terhadap sensor SM534

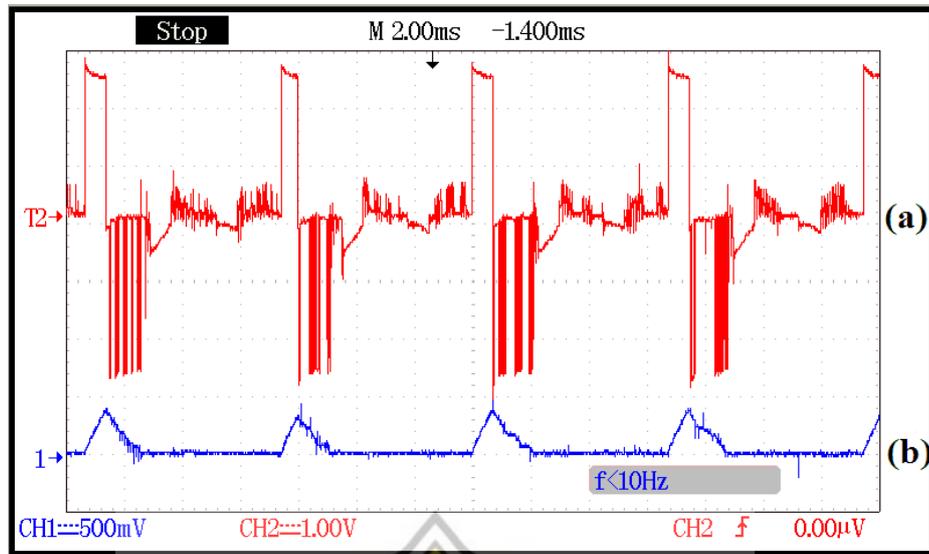
Proses injeksi sinyal diskrit dioperasikan ketika posisi rotor mulai berada pada posisi *unaligned*, setelah itu posisi rotor digunakan untuk mengisi baterai dengan metode PWM menggunakan *duty cycle* yang konstan. *Asymmetric converter* akan beroperasi seperti *boost chopper* hingga rotor kembali pada posisi *aligned*. Pada laporan tugas ini menggunakan tiga parameter pengujian dengan kecepatan yang berbeda – beda untuk mengetahui pengaruh konversi energinya pada saat pengereman regeneratif berlangsung. Tiap pengujian menggunakan sudut eksitasi untuk menginjeksi sinyal diskrit dengan sudut yang sama, percobaan pertama dimulai dengan kecepatan saat motoring sebesar 1115 RPM, saat pengereman regeneratif berlangsung kecepatan menjadi 1109 RPM. Gambar-4.3 menunjukkan tegangan tiap fasa pada motor saat proses pengereman regeneratif, selanjutnya Gambar-4.4 menunjukkan arus keluaran yang mengisi baterai dan Gambar-4.5 menunjukkan sinyal keluaran tegangan dan arus saat dibangkitkan energinya pada kecepatan 1109 RPM.



Gambar-4.3 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1109 RPM

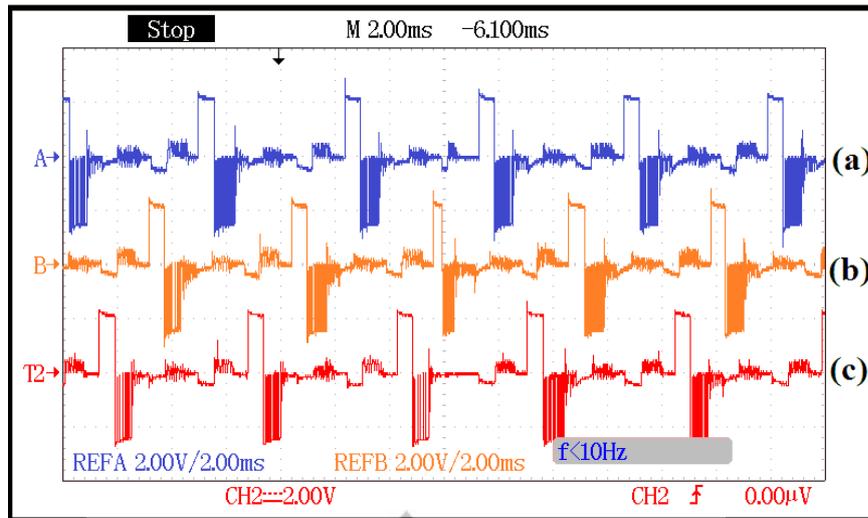


Gambar-4.4 (a) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1109 RPM

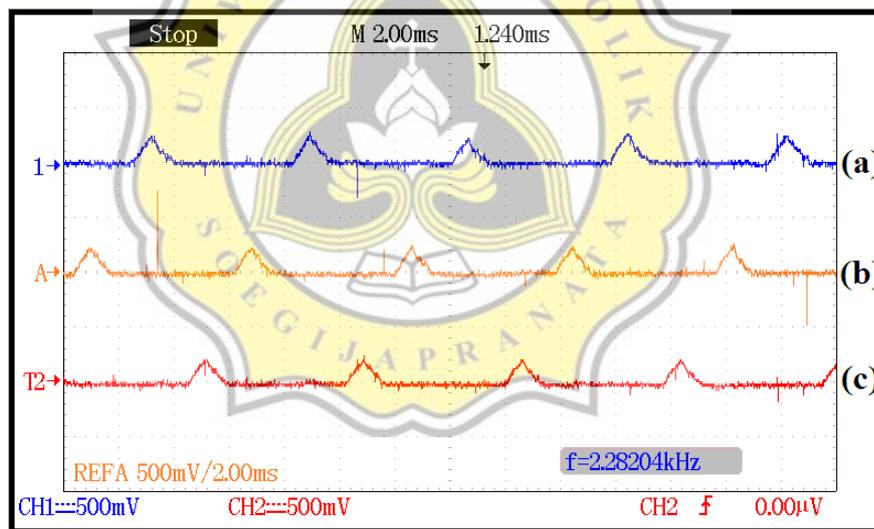


Gambar-4.5 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1109 RPM, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1109 RPM

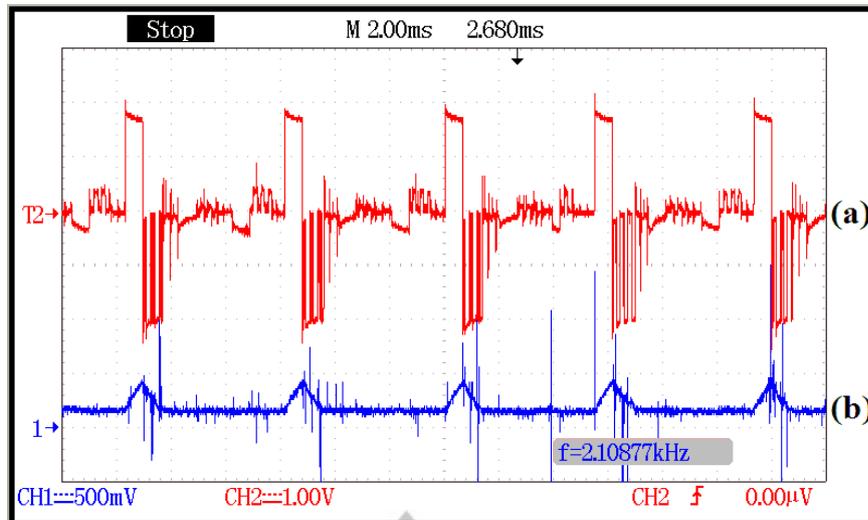
Hasil pengujian pada Gambar-4.5 terlihat bahwa konversi energi yang dihasilkan tidak optimal, tidak ada arus yang kembali untuk mengisi baterai sehingga tidak dapat digunakan untuk mengisi baterai kembali (proses regeneratif belum berhasil). Pada percobaan kedua kecepatan motor dinaikan menjadi 1400 RPM, saat pengereman regeneratif berlangsung kecepatan menjadi 1375 RPM. Gambar-4.6 menunjukkan tegangan tiap fasa pada motor saat proses pengereman regeneratif, selanjutnya Gambar-4.7 menunjukkan arus keluaran yang mengisi baterai dan Gambar-4.8 menunjukkan sinyal keluaran tegangan dan arus saat dibangkitkan energinya pada kecepatan 1375 RPM.



Gambar-4.6 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1375 RPM

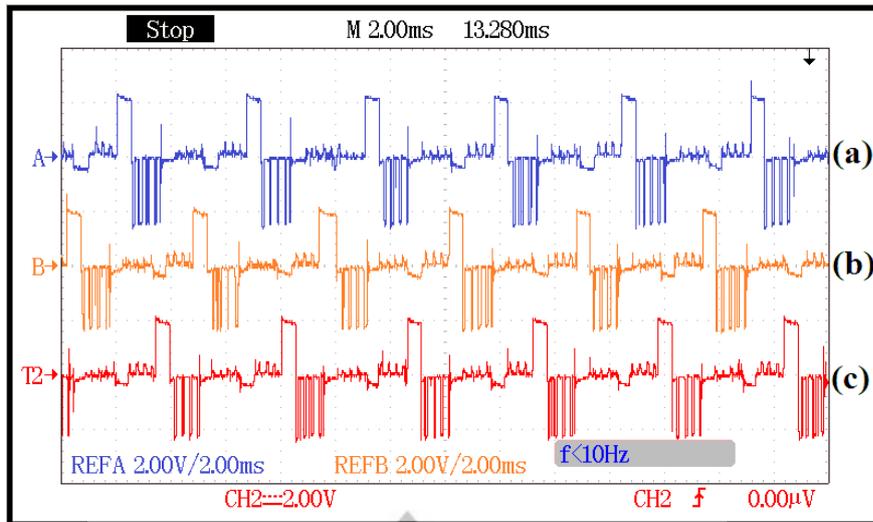


Gambar-4.7 (a) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1375 RPM

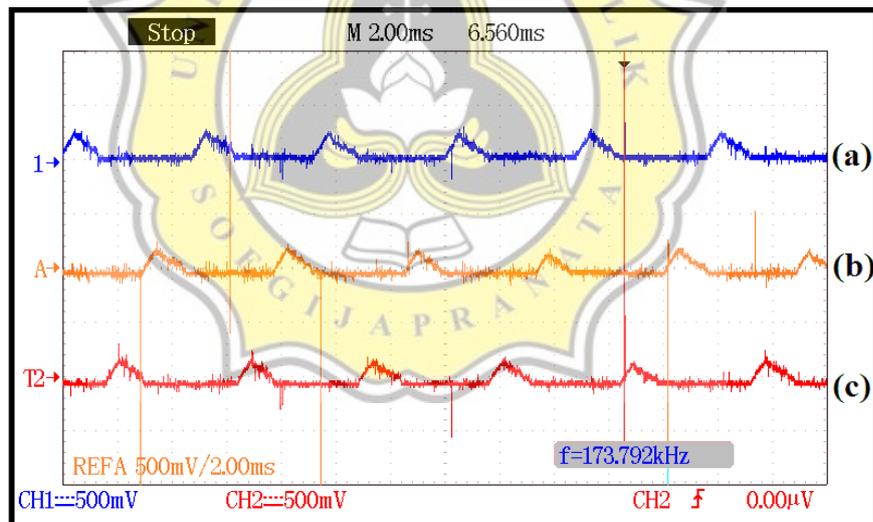


Gambar-4.8 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1375 RPM, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1375 RPM

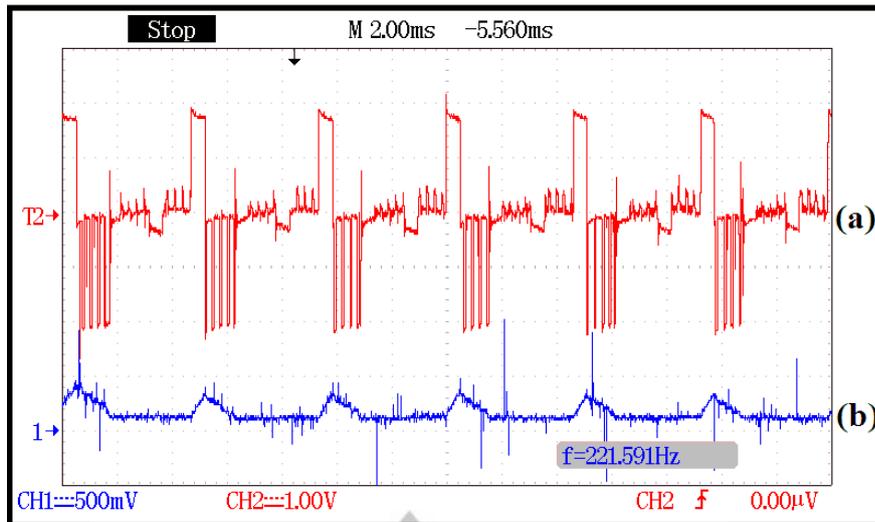
Hasil pengujian pada Gambar-4.8 terlihat bahwa konversi energi yang dihasilkan lebih lebar dari percobaan pertama yang artinya pada pengujian kedua ini proses regenerating telah berhasil. Sehingga dapat digunakan untuk mengisi batere kembali, namun pada percobaan kedua ini masih belum optimal karena pengisian pada batere berjalan lama. Pada percobaan ketiga kecepatan motor dinaikan lagi menjadi 1485 RPM, saat pengereman regeneratif berlangsung kecepatan menjadi 1438 RPM. Gambar-4.9 menunjukkan tegangan tiap fasa pada motor saat proses pengereman regeneratif, selanjutnya Gambar-4.10 menunjukkan arus keluaran yang mengisi batere dan pada Gambar-4.11 menunjukkan sinyal keluaran tegangan dan arus saat dibangkitkan energinya pada kecepatan 1438 RPM.



Gambar-4.9 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1438 RPM

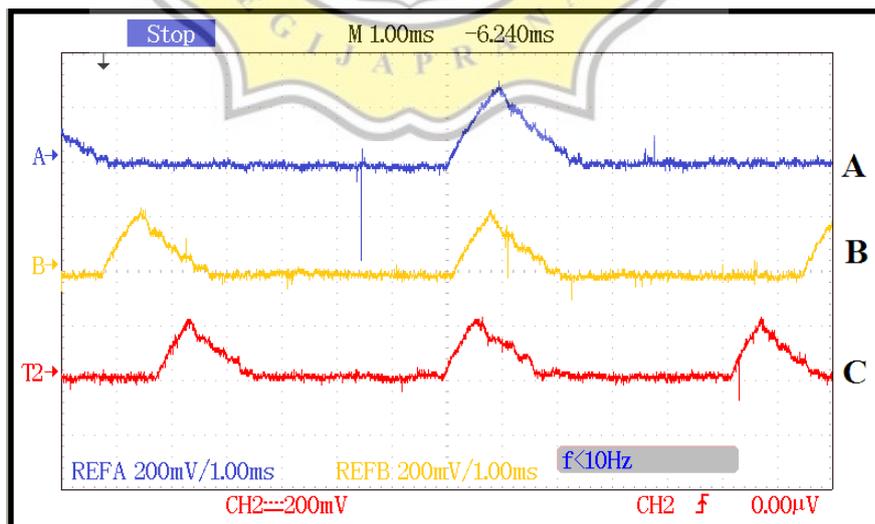


Gambar-4.10 (a) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1375 RPM



Gambar-4.11 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1438 RPM, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1438 RPM

Hasil pengujian pada Gambar-4.11 terlihat bahwa konversi energi yang dihasilkan lebih lebar dari percobaan pertama dan percobaan kedua. Pada percobaan ketiga ini pengereman regeneratif telah berhasil dengan optimal dan pengisian batere menjadi lebih cepat.



Gambar-4.12 (A) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif dengan kecepatan 1109 RPM, (B) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif dengan kecepatan 1375 RPM, (C) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif dengan kecepatan 1438 RPM

Hasil pengujian Gambar-4.12 merupakan perbandingan arus pada tiga kecepatan yang telah diuji. Hasil pengujian pada sinyal A merupakan keluaran arus pada pengujian pertama, hasil pengujian pada sinyal B merupakan keluaran arus pada pengujian kedua, dan hasil pengujian pada sinyal C merupakan keluaran arus pada pengujian ketiga. Pada keluaran arus A energi yang dibangkitkan tidak membuat arus keluaran melebihi arus masukan sehingga tidak dapat digunakan untuk mengisi batere (pengereman regeneratif belum berhasil). Pada keluaran arus B energi yang dibangkitkan dapat membuat arus keluaran melebihi arus masukan, namun masih belum optimal karena arus yang mengisi batere sangat sedikit sehingga pengisian batere menjadi lama. Pada keluaran arus C proses pengereman regeneratif berhasil, sehingga energi yang dibangkitkan membuat arus keluaran dapat melebihi arus masukan. Pada percobaan ketiga ini pengisian batere pada kendaraan listrik menjadi lebih cepat.

4.3. Pembahasan

Metode pengereman regeneratif ini dapat diterapkan pada kendaraan listrik dengan mengamati perbedaan energi yang dibangkitkan saat arus mengisi batere. Membuat jarak tempuh pada kendaraan listrik menjadi lebih jauh dalam satu kali pengisian batere, karena cadangan daya pada batere akan lebih banyak dan batere bertahan lebih lama. Metode ini juga membuat performa pada kendaraan listrik lebih baik, karena proses pengisian batere lebih cepat penuh dan membuat batere pada kendaraan listrik lebih awet. Pengujian ini dilakukan dengan kecepatan awal yang tidak melebihi rata – rata pada *switched reluctance motor* yang digunakan

pada laporan tugas akhir ini. Sinyal keluaran yang terdapat pada sensor SM534 digunakan sebagai referensi kecepatan awal, selanjutnya diolah dengan IC mikrokontroler dsPIC30F4012 menggunakan fasilitas *input capture*. Fasilitas *input capture* ini berkerja dengan cara merubah nilai digital dan dikonversi menjadi nilai *integer*. Nilai *integer* digunakan untuk menentukan sudut eksitasi pensaklaran pada tiap fasa, selanjutnya sudut eksitasi tersebut digunakan untuk menyuntikan energi pada *switched reluctance motor*. Penyuntikan energi ini bertujuan untuk menginduksi rotor sehingga rotor dapat menjadi remanen magnet dan tegangan balik (*back EMF*) yang dihasilkan dapat melebihi tegangan masukan sehingga pengereman regeneratif berhasil.

Hasil dari tegangan balik pada penyuntikan energi dilakukan dengan sudut eksitasi yang tepat, yaitu ketika motor berada pada posisi *aligned* agar tegangan keluaran pada motor meningkat. Penggunaan motor DC sebagai beban yang ditimbulkan saat mode akselrasi dapat meningkatkan arus pengisian ke batere, dalam laporan ini kecepatan motor berada pada rata rata 1500 RPM. Percobaan pertama dengan kecepatan motor sebesar 1115 RPM pada saat pengereman berlangsung kecepatan menjadi 1109 RPM, percobaan kedua dengan kecepatan motor 1400 RPM pada saat pengereman berlangsung kecepatan menjadi 1375 RPM, dan percobaan ketiga dengan kecepatan motor 1485 RPM pada saat pengereman berlangsung kecepatan menjadi 1438 RPM. Turunnya kecepatan pada *switched reluctance motor* menandakan, pengereman pada motor berfungsi dengan baik.