

## **BAB IV**

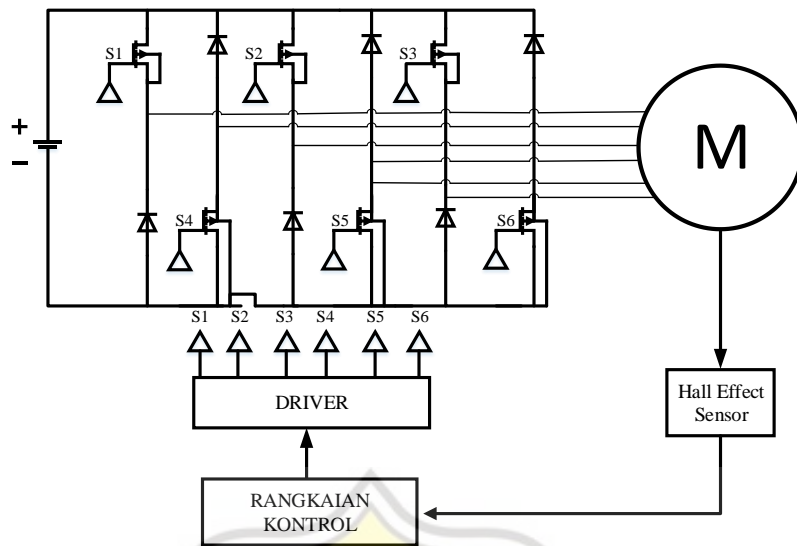
### **HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA**

#### **4.1 Pendahuluan**

Pada bab ini akan dibahas hasil simulasi dan hasil uji laboratorium mengenai komparasi kinerja Motor *Switched Reluctance* yang dioperasikan dengan konverter *asymmetric* dan konverter N+1. Simulasi dibuat menggunakan *software* PSIM untuk mengamati gelombang tegangan dan arus pada tiap fasa Motor *Switched Reluctance* tiga fasa. Setelah simulasi, selanjutnya prototip dibuat untuk melakukan uji coba. Prototip Motor *Switched Reluctance* 6/4 akan dioperasikan dengan konverter *asymmetric* dan konverter N+1. Uji laboratorium akan mengamati gelombang tegangan dan arus fasa Motor *Switched Reluctance* pada konverter yang berbeda dengan tegangan masukan yang sama. Dengan tegangan masukan yang sama pula, akan diamati kecepatan Motor *Switched Reluctance* dalam RPM.

#### **4.2 Hasil Simulasi**

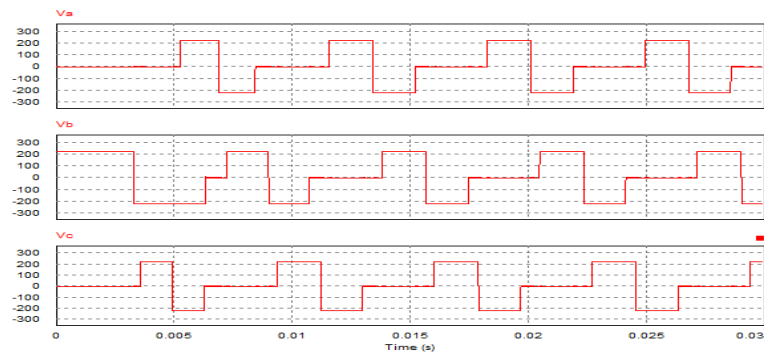
Simulasi menggunakan *software* PSIM dilakukan yang nantinya dapat memberikan gambaran hasil mendekati kondisi nyata. Kontrol analog masih digunakan pada simulasi ini, di mana *time delay* digunakan untuk mengatur hidup matinya saklar statis. Berikut merupakan skema sistem yang dirancang dan disimulasikan, Gambar 4.1.



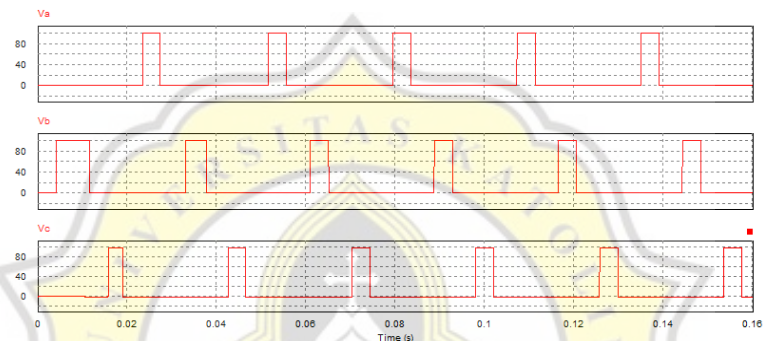
**Gambar 4.1.** Skema rangkaian *Switched Reluctance Motor*

Pada simulasi diatas menggunakan konverter *asymmetric* tiga fasa. Simulasi pada konverter N+1 akan dimodifikasi menggunakan konverter *asymmetric* dengan meng-*couple* ketiga saklar bagian atas menjadi satu. Posisi rotor dan kecepatan motor dikontrol dengan mengkonversi nilai kecepatan motor (RPM) menjadi rad/s. Nilai tersebut nantinya akan digunakan sebagai acuan posisi sensor. Nilai referensi dari posisi sensor selanjutnya akan digunakan untuk mengatur pola pensaklaran pada konverter, sehingga motor dapat berputar.

Dari simulasi ini dihasilkan gelombang tegangan dari masing-masing fasa dengan menggunakan konverter *asymmetric* dan konverter N+1. Gelombang tegangan pada tiap fasanya tergeser  $120^{\circ}$ . Hasil simulasi gelombang tegangan fasa menggunakan konverter *asymmetric* membentuk gelombang bipolar sedangkan menggunakan konverter N+1 membentuk gelombang unipolar, seperti pada gambar 4.2.



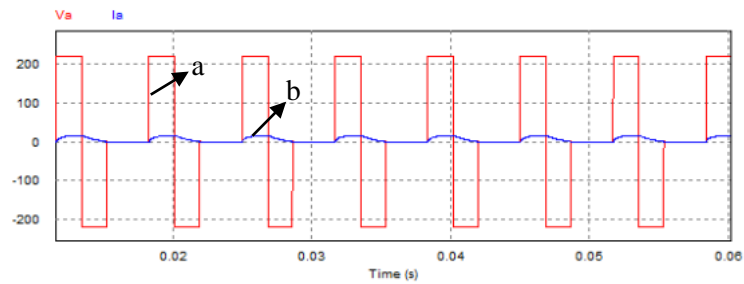
(a)



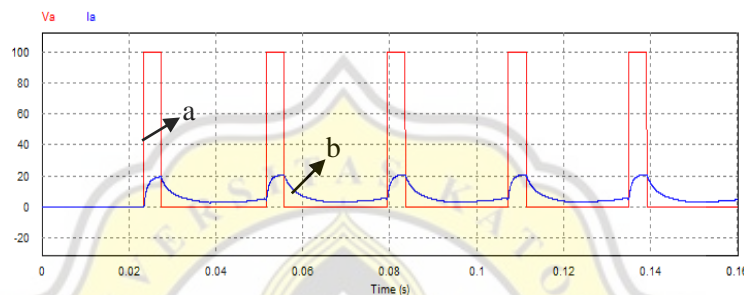
(b)

**Gambar 4.2.** Hasil simulasi gelombang tegangan fasa A, B dan C motor *Switched Reluctance* menggunakan (a) konverter *asymmetric* (b) konverter N+1

Pada Gambar 4.3. dan Gambar 4.4. ditampilkan hasil simulasi bentuk gelombang tegangan dan arus pada salah satu fasa Motor *Switched Reluctance* menggunakan konverter *asymmetric* dan konverter N+1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa arus fasa akan segera bergerak menuju 0A ketika tegangan fasa mati.



**Gambar 4.3.** Hasil simulasi (a) Gelombang tegangan fasa A motor (b) gelombang arus fasa A motor dengan konverter *asymmetric*



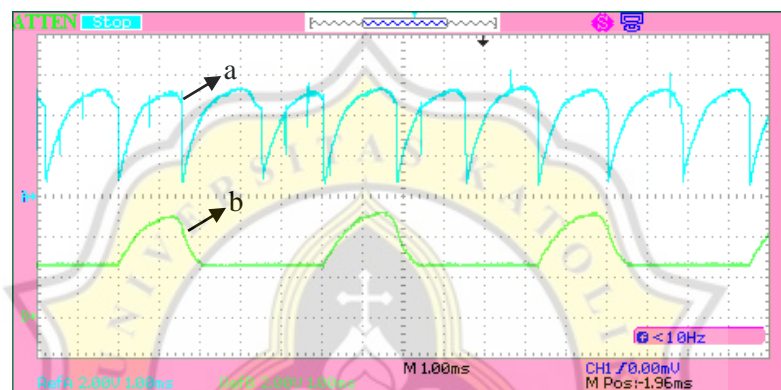
**Gambar 4.4.** Hasil simulasi (a) Gelombang tegangan fasa A motor (b) gelombang arus fasa A motor dengan konverter N+1

### 4.3. Hasil Uji Laboratorium

Desain dan implementasi alat dikerjakan dan diuji coba di laboratorium Program Studi Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Desain dan implementasi alat terdiri dari prototip Motor *Switched Reluctance* 6/4, konverter *asymmetric*, konverter N+1, DSC *dsPIC30f4012*, sensor *hall effect*, *driver* IGBT dan MOSFET serta catu daya. Uji coba dilakukan menggunakan prototip Motor *Switched Reluctance* 6/4 yang dioperasikan dengan konverter *asymmetric* dan konverter N+1. Uji laboratorium akan menampilkan gelombang tegangan dan arus fasa Motor *Switched Reluctance* pada konverter yang berbeda dengan tegangan masukan yang sama. Dengan tegangan masukan yang sama pula, akan ditampilkan kecepatan Motor *Switched Reluctance* dalam RPM.

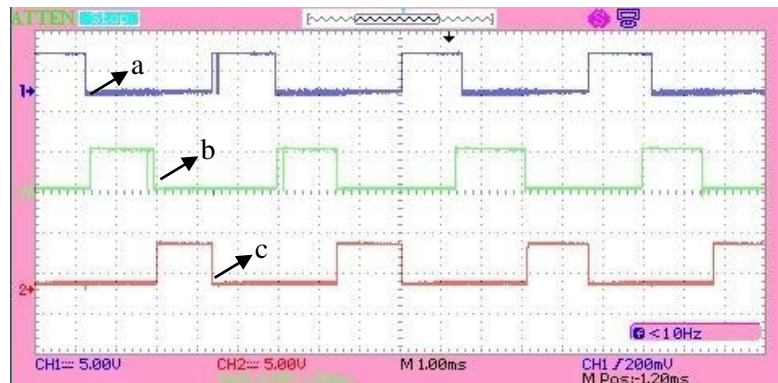
#### 4.3.1. Pengujian Motor *Switched Reluctance* dengan Konverter *Asymmetric*

Pada tahap ini dilakukan pengujian pada prototip Motor *Switched Reluctance* yang dioperasikan dengan konverter *asymmetric*. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan sumber 15 V. Pengujian ini diawali dengan melihat arus sumber guna mengetahui apakah arus dari sumber sudah mengalir ke bagian konverter atau belum.



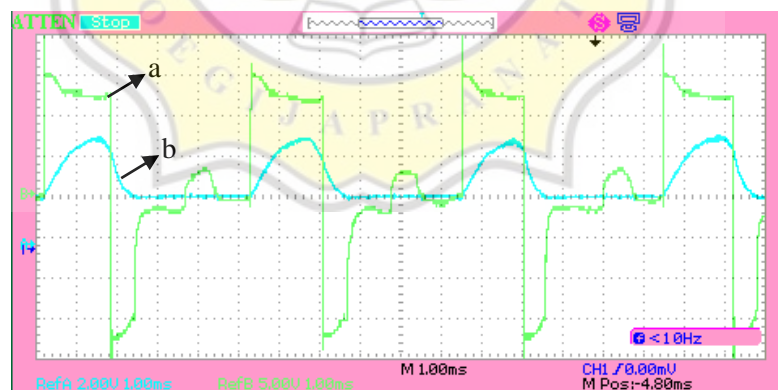
**Gambar 4.5** Hasil pengujian konverter *asymmetric* (a) gelombang arus dari catu daya (b) arus fasa (skala: 1 ms/div, 2A/div)

Dari Gambar 4.5. bisa dilihat bahwa arus mengalir dari sumber ke konverter *asymmetric*. Selanjutnya mengamati keluaran dari DSC yaitu dari PORTE mulai dari RE0-RE2.

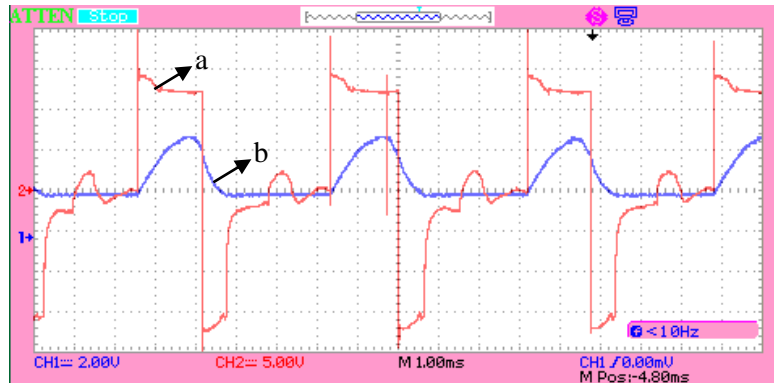


**Gambar 4.6.** Hasil pengujian konverter *asymmetric* Output DSC (a) RE0, (b) RE1, (c) RE2

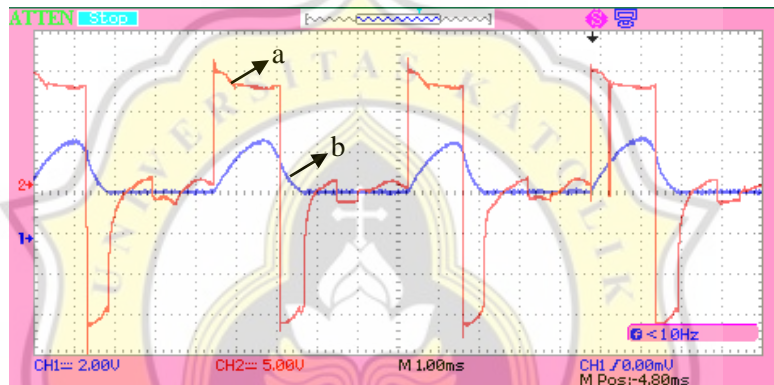
Gambar 4.6. menunjukkan keluaran dari DSC dsPIC30f4012. Keluaran dari DSC inilah yang nantinya akan menjadi masukan pada *driver* untuk mengendalikan saklar-saklar pada konverter *asymmetric*. Sinyal keluaran DSC bergantung pada masukan yang diterima dari sensor *hall effect*. Tahap berikutnya adalah mengamati keluaran dari tegangan dan arus pada tiap fasa serta tegangan antar fasa.



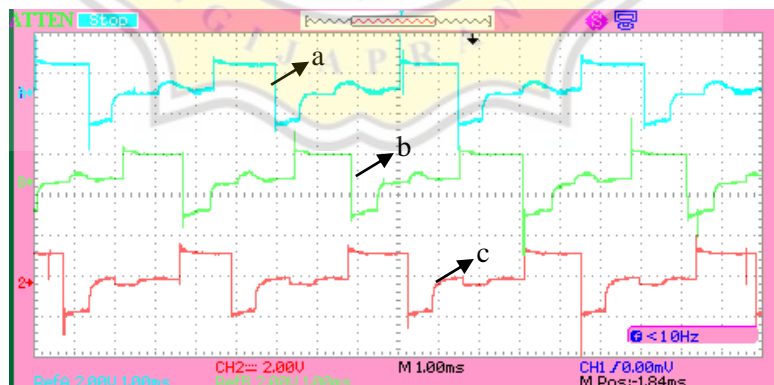
**Gambar 4.7.** Hasil pengujian konverter *asymmetric* (a) gelombang tegangan  $V_a$ , (b) gelombang arus  $I_a$  (skala: 5V/div, 2A/div – 1ms/div)



Gambar 4.8. Hasil pengujian konverter *asymmetric* (a) gelombang tegangan Vb, (b) gelombang arus Ib (skala: 5V/div, 2A/div – 1ms/div)



Gambar 4.9. Hasil pengujian konverter *asymmetric* (a) gelombang tegangan Vc, (b) gelombang arus Ic (skala: 5V/div, 2A/div – 1ms/div)



Gambar 4.10. Hasil pengujian konverter *asymmetric* gelombang tegangan tiap fasa dalam satu screen (a)Va, (b) Vb, (c) Vc (skala: 2V/div, 1ms/div probe 10x)

Pada Gambar 4.10. terlihat bahwa tegangan tiap fasanya bergeser  $120^{\circ}$  satu sama lain. Selain itu, pada konverter *asymmetric* bentuk gelombang tegangan

yang muncul yaitu itu bipolar. Hal ini disebabkan karena pada konverter *asymmetric* mengalami mode *magnetizing - demagnetizing*, sehingga terbentuk gelombang tegangan bipolar.

Tahap selanjutnya yaitu melihat kecepatan Motor *Switched Reluctance* menggunakan alat ukur tacho meter serta melihat besar arus yang keluar dari sumber.



Gambar 4.11. Tegangan serta arus masukan pada konverter *asymmetric*



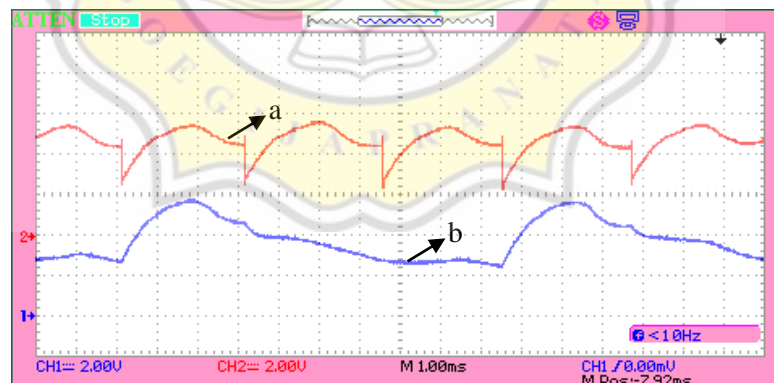
Gambar 4.12. Kecepatan Motor *Switched Reluctance* dengan konverter *asymmetric*



Dari Gambar 4.11. dan Gambar 4.12. dapat dilihat dengan tegangan masukan sebesar 15V menghasilkan arus 3A dan kecepatan motor sebesar 3436.4 RPM.

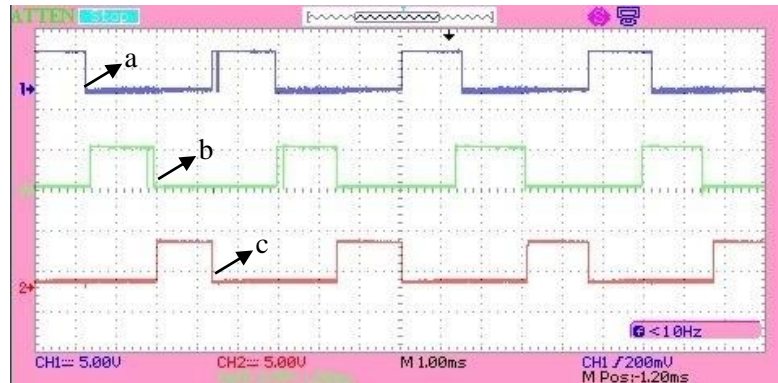
#### 4.3.2. Pengujian Motor *Switched Reluctance* dengan Konverter N+1

Setelah melakukan pengujian menggunakan konverter *asymmetric*, selanjutnya dilakukan pengujian pada prototip Motor *Switched Reluctance* yang dioperasikan dengan konverter N+1. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan hasil keluaran Motor *Switched Reluctance* yang dioperasikan dengan konverter *asymmetric* dan konverter N+1. Dengan memberikan tegangan sumber yang sama yaitu 15 V, pengujian ini diawali dengan melihat arus sumber guna mengetahui apakah arus dari sumber sudah mengalir ke bagian konverter N+1 atau belum.



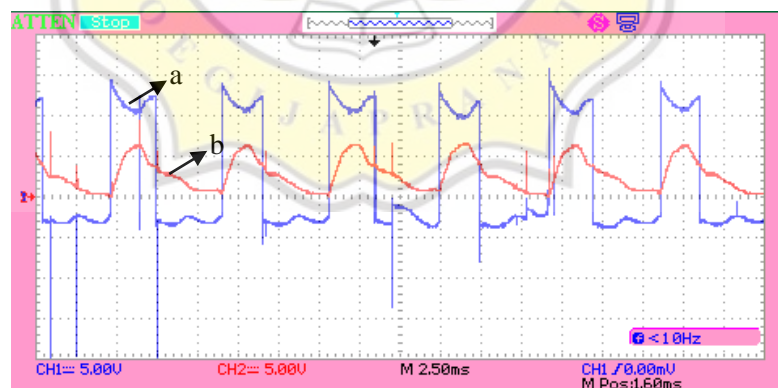
**Gambar 4.13.** Hasil pengujian konverter N+1 (a) gelombang arus dari catu daya (b) arus fasa (skala: 1 ms/div, 2A/div)

Dari Gambar 4.13 bisa dilihat bahwa arus mengalir dari sumber ke konverter N+1. Selanjutnya sama dengan pada konverter *asymmetric*, mengamati keluaran dari DSC yaitu dari PORTE mulai dari RE0-RE2.

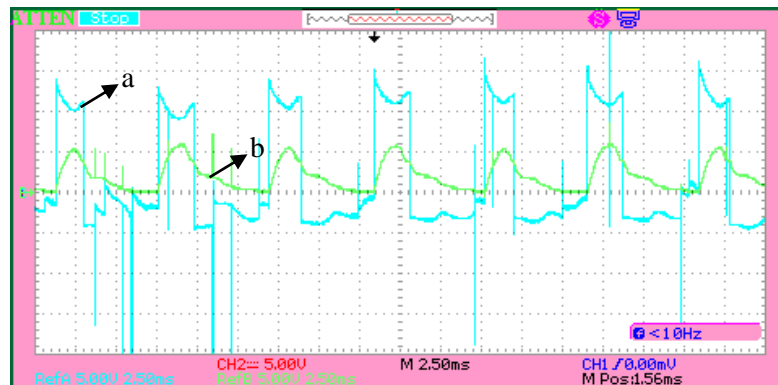


**Gambar 4.14.** Hasil Pengujian konverter N+1 Output DSC (a) RE0, (b) RE1, (c) RE2

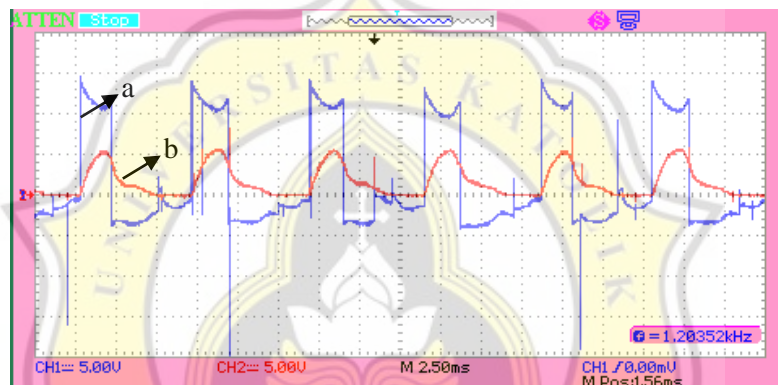
Gambar 4.14. menunjukkan keluaran dari DSC dsPIC30f4012. Keluaran dari DSC inilah yang nantinya akan menjadi masukan pada *driver* untuk mengendalikan saklar-saklar pada konverter N+1. Sinyal keluaran DSC bergantung pada masukan yang diterima dari sensor *hall effect*. Tahap berikutnya adalah mengamati keluaran dari tegangan dan arus pada tiap fasa serta tegangan antar fasa.



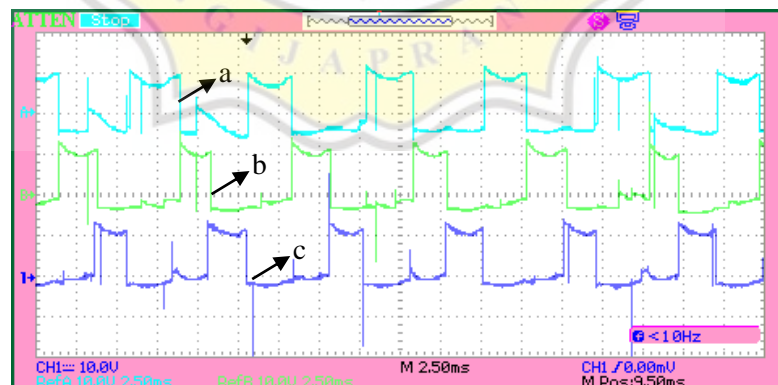
**Gambar 4.15.** Hasil pengujian konverter N+1 (a) gelombang tegangan  $V_a$ , (b) gelombang arus  $I_a$  (skala: 5V/div, 5A/div – 2.5ms/div)



Gambar 4.16. Hasil pengujian konverter N+1 (a) gelombang tegangan Vb, (b) gelombang arus Ib (skala: 5V/div, 5A/div – 2.5ms/div)



Gambar 4.17. Hasil pengujian konverter N+1 (a) gelombang tegangan Vc, (b) gelombang arus Ic (skala: 5V/div, 5A/div – 2.5ms/div)



Gambar 4.18. Hasil pengujian konverter N+1 gelombang tegangan tiap fasa dalam satu screen (a)Va, (b) Vb, (c) Vc (skala: 2V/div, 1ms/div probe 1x)

Pada Gambar 4.18. terlihat bahwa tegangan tiap fasanya bergeser  $120^0$  satu sama lain. Berbeda dengan konverter *asymmetric*, bentuk gelombang

tegangan yang muncul pada konverter N+1 yaitu itu unipolar. Hal ini disebabkan karena pada konverter N+1 tidak mengalami mode *magnetizing - demagnetizing*, melainkan mode *magnetizing - freewheeling* sehingga terbentuk gelombang tegangan unipolar.

Tahap selanjutnya yaitu melihat kecepatan Motor *Switched Reluctance* menggunakan alat ukur tacho meter serta melihat arus yang keluar dari sumber.



Gambar 4.19. Tegangan serta arus masukan pada konverter N+1



Gambar 4.20. Kecepatan Motor *Switched Reluctance* dengan konverter N+1

Dari Gambar 4.19. dan Gambar 4.20. dapat dilihat pengoperasian Motor *Switched Reluctance* menggunakan konverter N+1 dengan tegangan masukan sebesar 15V menghasilkan arus 2.8A dan kecepatan motor sebesar 2038 RPM.

#### 4.4. Pembahasan

Setelah melakukan pengujian, selanjutnya hasil uji laboratorium diamati dengan tujuan untuk membandingkan hasil keluaran berupa tegangan masukan, arus dan kecepatan pada Motor *Switched Reluctance* yang dioperasikan dengan konverter *asymmetric* dan konverter N+1, seperti Tabel 4.1.

**Tabel 4.1. Hasil Pengamatan Pengoperasian Motor *Switched Reluctance***

No	Konverter	Vin	Irms	Kecepatan
1	<i>Asymmetric</i>	15 V	3 A	3436.4 RPM
2	N+1	15 V	2.8 A	2038.0 RPM

Dari hasil tabel diatas, dapat dilihat bahwa konverter *asymmetric* memberikan kecepatan motor lebih tinggi karena arus rata-rata yang dihasilkan juga lebih besar dari konverter N+1.

Selain itu, dengan mengamati bentuk gelombang tegangan dan arus fasa pada masing-masing konverter, dapat dilihat bahwa bahwa ketika tegangan fasa mati, maka arus fasa akan bergerak menuju 0A. Yang membedakan keduanya yaitu pada konverter *asymmetric*, arus fasa lebih cepat mati daripada arus fasa pada konverter N+1. Hal ini disebabkan karena dengan menggunakan konverter *asymmetric* terbentuk gelombang tegangan bipolar, sedangkan jika menggunakan konverter N+1 yang terbentuk adalah gelombang tegangan unipolar. Lebih cepat matinya arus fasa motor pada konverter *asymmetric* menghasilkan torsi negatif

yang lebih kecil dari konverter N+1. Sehingga resultan torsi motor yang dihasilkan menggunakan konverter *asymmetric* lebih besar dari konverter N+1.

