

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang hasil simulasi dan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium. Penelitian ini mencakup pengaruh pergeseran sudut fasa terhadap kinerja SRM dengan beberapa kondisi. Pengukuran gelombang saat pengujian alat dilakukan pada setiap rangkaian di antaranya mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810, *driver* TLP 250, DC-DC *isolated regulator*, konverter *asymmetric*, sensor arus LEM HX-10P dengan menggunakan osiloskop digital.

Penelitian ini mencakup pengaruh pergeseran sudut fasa terhadap kinerja SRM dengan beberapa kondisi dengan parameter yang sama. Hasil dari simulasi akan diverifikasi dengan hasil pengujian alat untuk mendukung kajian analisa.. Setiap hasil akan diuraikan untuk menentukan sudut fasa yang tepat dalam memaksimalkan kinerja SRM.

4.3. Hasil Simulasi

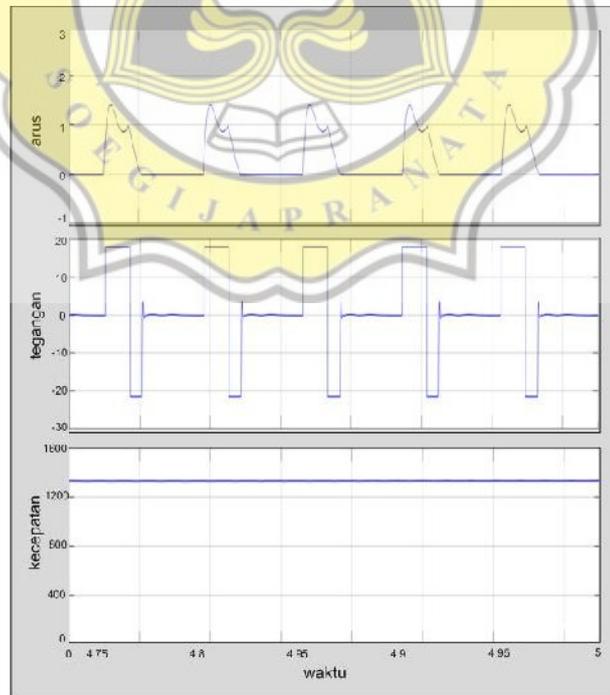
Simulasi dilakukan menggunakan *software simulink Matlab* sebagai pendukung dalam memverifikasi hasil analisis. Simulasi ini menggunakan *timing diagram* dengan menunjukkan arus, tegangan, kecepatan setiap kondisi dengan parameter yang sama yang ditampilkan pada Tabel- 4.1. Simulasi dilakukan dengan menggeser sudut penyalaan menjadi tiga kondisi. Kondisi-1 $\theta_{on} = 0^\circ$ $\theta_{off} = 15^\circ$, Kondisi-2 $\theta_{on} = 5^\circ$ $\theta_{off} = 20^\circ$, dan Kondisi-3 $\theta_{on} = 15^\circ$ $\theta_{off} = 30^\circ$.

Tabel. 1 Parameter Motor

Parameter	Nilai	Satuan
Rotor	6	-
Stator	8	-
Fasa	4	-
Tegangan	20	VDC
Induktansi	2.8	mH
Resistansi	5.6	Ohm

4.2.1 Hasil Simulasi Kondisi-1

Simulasi pada Kondisi-1 sudut fasa dinyalakan pada 0° (on) dan dipadamkan pada sudut 15° (off). Pemberian sudut fasa berada pada induktansi minimal hingga kemiringan induktansi positif. Hasil Simulasi pada Kondisi-1 ditunjukkan pada Gambar-4.1.

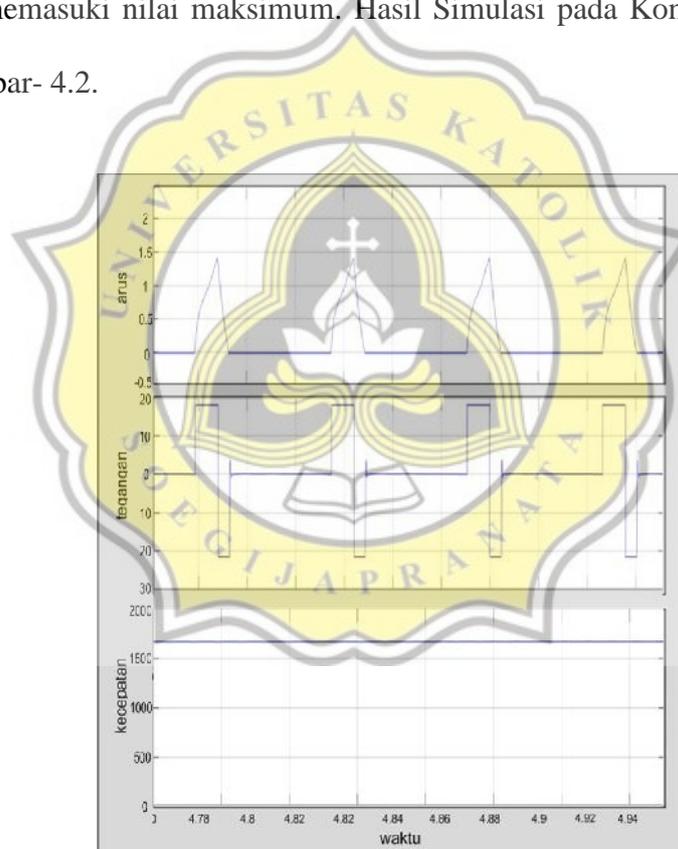


Gambar- 4.1 Hasil simulasi Kondisi-1

Dari hasil simulasi, SRM menghasilkan arus puncak 1,2 Ampere dengan kecepatan rata - rata 1300 RPM.

4.2.2 Hasil Simulasi Kondisi-2

Simulasi pada Kondisi-2 sudut fasa digeser 5° ke kanan dari Kondisi- 1 serta sudut fasa dinyalakan pada 5° (on) dan dipadamkan pada sudut 20° (off). Pemberian sudut fasa berada pada kemiringan induktansi positif hingga induktansi sebelum memasuki nilai maksimum. Hasil Simulasi pada Kondisi-2 ditunjukkan pada Gambar- 4.2.

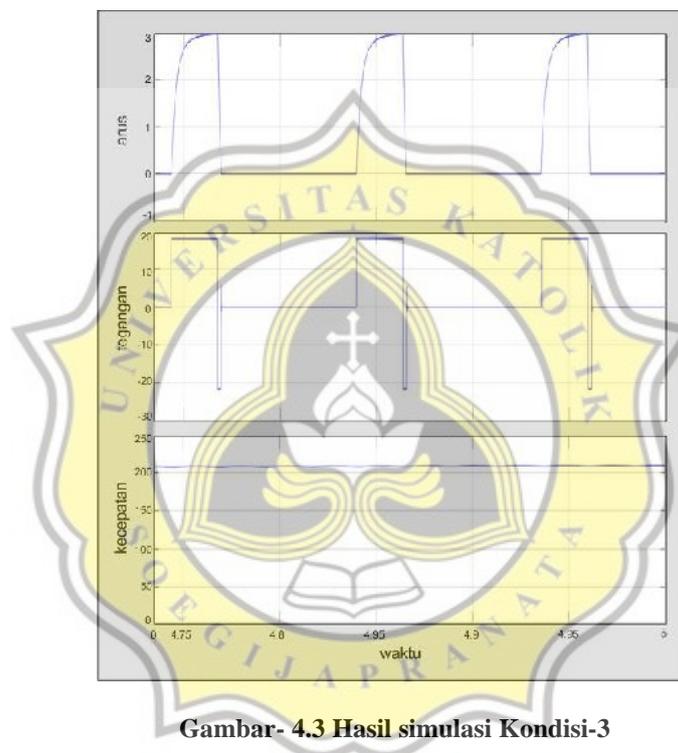


Gambar- 4.2 Hasil simulasi Kondisi-2

Dari hasil simulasi kondisi sebelumnya, SRM pada kondisi ini mengalami kenaikan arus puncak sebesar 0,3 Ampere dengan kecepatan rata - rata 1600 RPM.

4.2.3 Hasil Simulasi Kondisi-3

Simulasi pada Kondisi-3 sudut fasa digeser 15° ke kanan dari Kondisi- 1 serta sudut fasa dinyalakan pada 15° (on) dan dipadamkan pada sudut 30° (off). Pemberian sudut fasa berada pada induktansi maksimal hingga kemiringan induktansi negatif. Hasil Simulasi pada Kondisi- 3 ditunjukkan pada Gambar- 4.3.

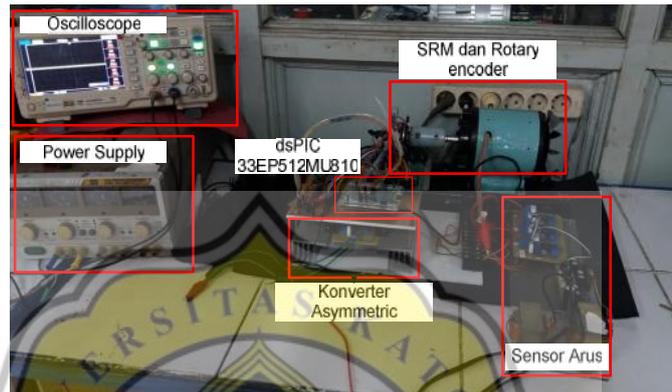


Gambar- 4.3 Hasil simulasi Kondisi-3

Dari hasil simulasi dua kondisi sebelumnya, SRM menghasilkan peningkatan arus puncak sebesar 1,5 Ampere dengan kecepatan rata – rata 200 RPM. Hasil simulasi setiap kondisi digunakan sebagai pendukung dalam kajian analisa pergeseran sudut dalam meningkatkan performa SRM yang optimal.

4.4. Hasil Pengujian Alat

Untuk memvalidasi hasil simulasi dan hasil analisis maka dilakukan pengujian alat yang ditampilkan pada Gambar- 4.4. Spesifikasi SRM dapat dilihat pada Tabel- 4.1.



Gambar- 4.4 Prototype SRM

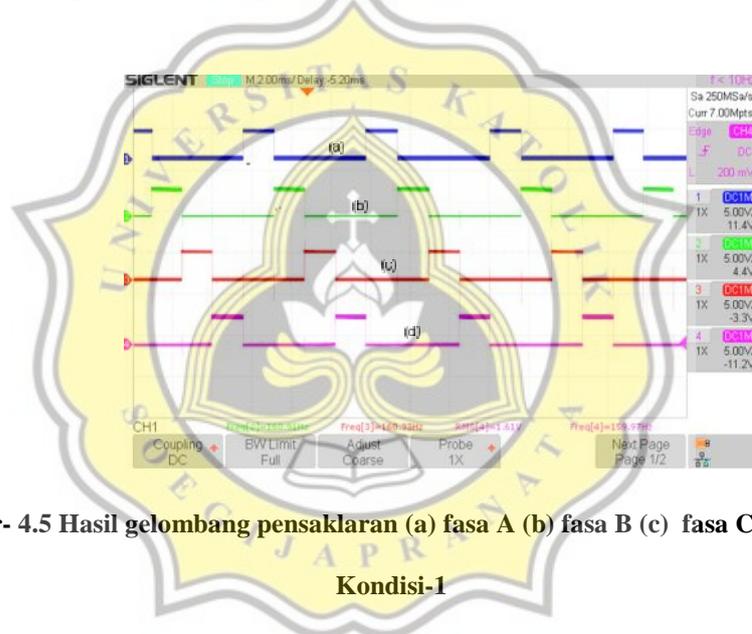
Dalam pengujian ini digunakan mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810 sebagai controller dan *rotary encoder* sebagai deteksi posisi rotor. Pulsa keluaran dari *rotary encoder* pin A dan pin Z digabungkan untuk menghasilkan pulsa yang merepresentasikan posisi rotor terhadap stator. Pulsa tersebut akan digunakan sebagai acuan eksitasi. Pulsa pin A pada *rotary encoder* dihubungkan dengan INT1 sebagai interupsi penghitung pulsa dan pulsa pin Z digunakan sebagai interupsi apabila pulsa pin A telah melewati satu putaran penuh.

Pengujian dilakukan dengan menggeser sudut fasa dengan tiga kondisi, Kondisi-1 $on=0^\circ$ $off=15^\circ$, Kondisi-2 $on=5^\circ$ pulsa $off=20^\circ$, dan Kondisi-3 $on=15^\circ$ $off=30^\circ$. Dalam menggeser sudut fasa dengan *rotary encoder* digunakan *logic switch* yang dihubungkan pada port *digital input* dsPIC 33EP512MU810 untuk memilih kondisi yang diperlukan. Hasil pengujian dilakukan dengan pengamatan

pada gelombang arus, tegangan, pensaklaran, dan kecepatan pada setiap kondisi sebagai tolak ukur untuk menentukan performa SRM yang maksimal.

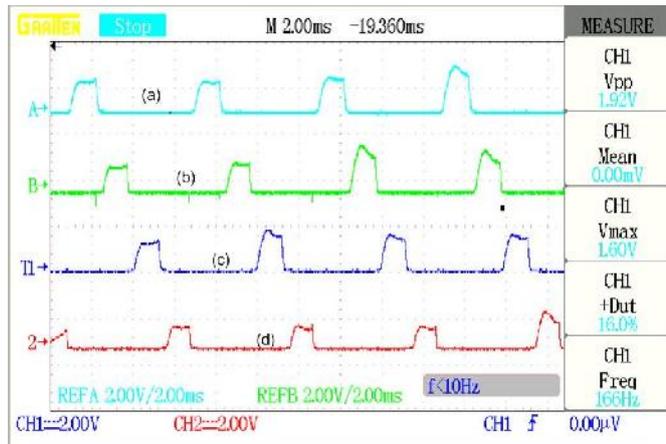
4.3.1 Hasil Pengujian Alat Kondisi-1

Pengujian alat pada Kondisi-1 *logic switch* diatur dengan logika 100 sehingga mikrokontrol dsPIC33EP512MU810 akan mengaktifkan pensaklaran pada Kondisi- 1. Pada kondisi ini $\theta_{on} = 0^\circ$ $\theta_{off} = 15^\circ$ sehingga menghasilkan pola pensaklaran yang ditunjukkan pada Gambar- 4.5.

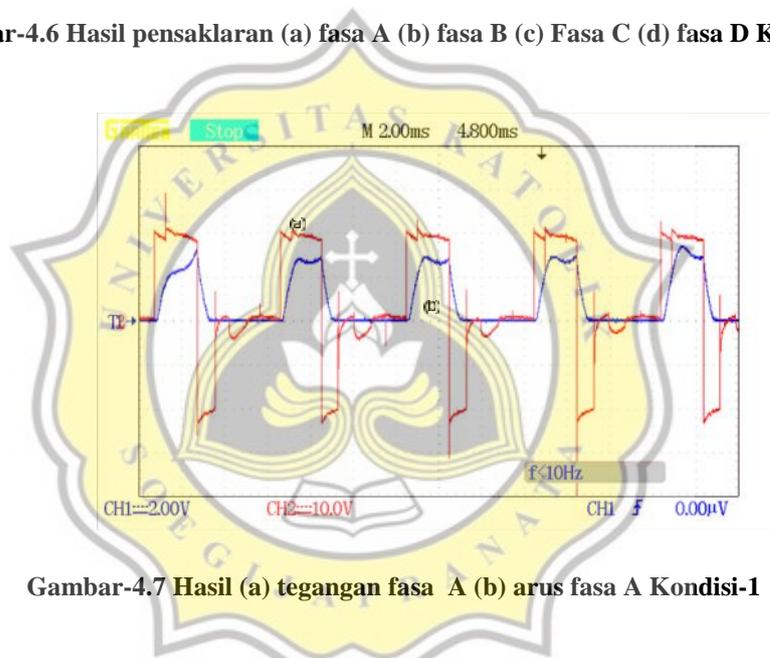


Gambar- 4.5 Hasil gelombang pensaklaran (a) fasa A (b) fasa B (c) fasa C (d) arus D Kondisi-1

Hasil pengujian pada Kondisi- 1 menghasilkan gelombang arus setiap fasa dengan nilai arus puncak berkisar 0,8 Ampere yang ditunjukkan pada Gambar-4.6, dan kecepatan 1321 RPM yang ditunjukkan pada Gambar-4.8. Pada Kondisi ini SRM dioperasikan dengan mode *magnetizing* dan *demagnetizing* sehingga SRM menghasilkan back-EMF yang menimbulkan arus balik ke sumber dan menghasilkan tegangan negatif yang ditunjukkan pada Gambar-4.7



Gambar-4.6 Hasil pensaklaran (a) fasa A (b) fasa B (c) Fasa C (d) fasa D Kondisi-1



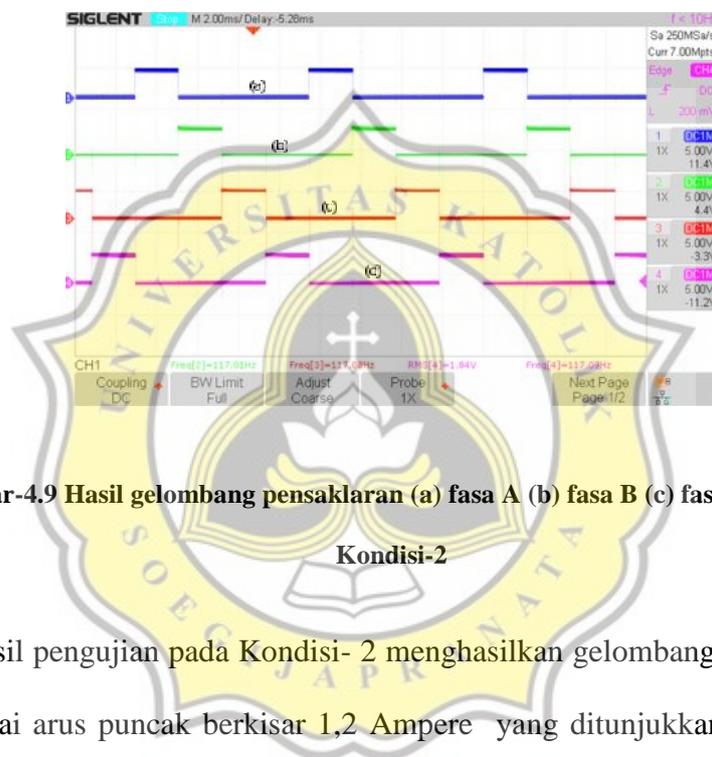
Gambar-4.7 Hasil (a) tegangan fasa A (b) arus fasa A Kondisi-1



Gambar-4.8 Hasil kecepatan motor Kondisi-1

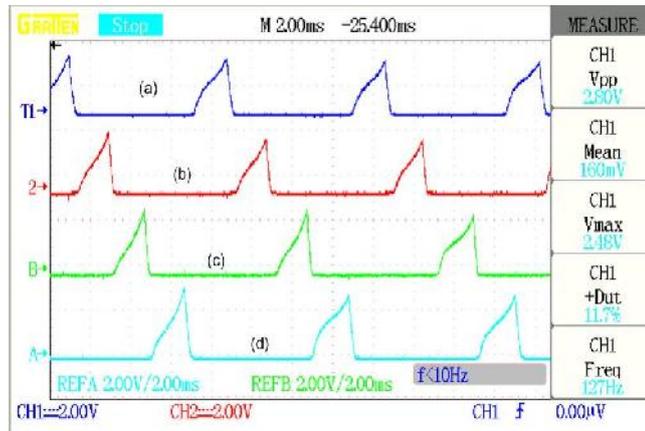
4.3.2 Hasil Pengujian Alat Kondisi-2

Pengujian alat pada Kondisi-2 *logic switch* diatur dengan logika 010 sehingga mikrokontrol dsPIC33EP512MU810 akan mengaktifkan pensaklaran pada Kondisi- 2. Pada kondisi ini $\theta_{on} = 5^\circ$ $\theta_{off} = 20^\circ$ sehingga menghasilkan pola pensaklaran yang ditunjukkan pada Gambar-4.9.



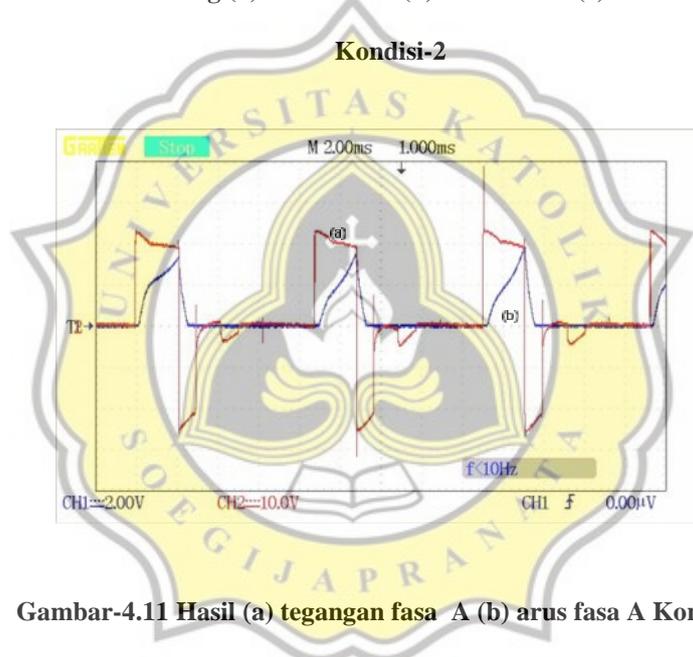
Gambar-4.9 Hasil gelombang pensaklaran (a) fasa A (b) fasa B (c) fasa C (d) fasa D Kondisi-2

Hasil pengujian pada Kondisi- 2 menghasilkan gelombang arus setiap fasa dengan nilai arus puncak berkisar 1,2 Ampere yang ditunjukkan pada Gambar-4.10, dan kecepatan 1661 RPM yang ditunjukkan pada Gambar-4.12. Pada Kondisi ini SRM mengalami kenaikan arus 0,4 Ampere dari kondisi sebelumnya dan pada Kondisi ini SRM dioperasikan dengan mode *magnetizing* dan *demagnetizing* sehingga SRM menghasilkan back-EMF yang menimbulkan arus balik ke sumber dan menghasilkan tegangan negatif yang ditunjukkan pada Gambar-4.11.



Gambar-4.10 Hasil Gelombang (a) arus fasa A (b) arus fasa B (c) arus Fasa C (d) arus fasa D

Kondisi-2



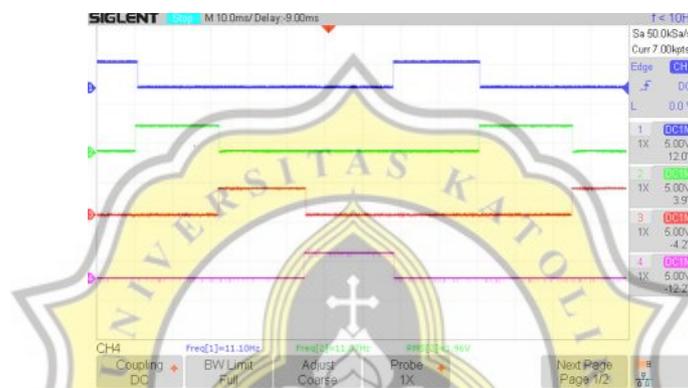
Gambar-4.11 Hasil (a) tegangan fasa A (b) arus fasa A Kondisi-2



Gambar-4.12 Hasil kecepatan motor Kondisi-2

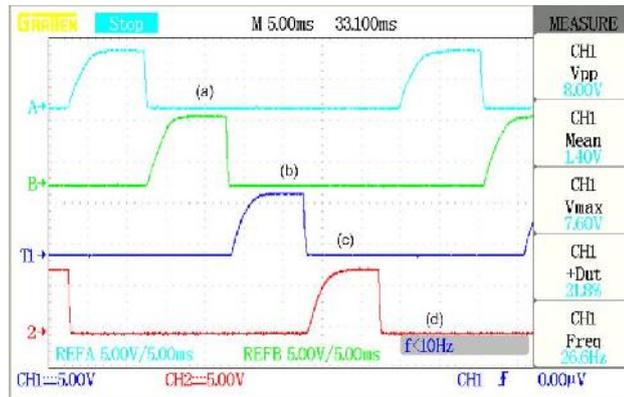
4.3.3 Hasil Pengujian Alat Kondisi-3

Pengujian alat pada Kondisi-3 *logic switch* diatur dengan logika 001 sehingga mikrokontrol dsPIC33EP512MU810 akan mengaktifkan pensaklaran pada Kondisi- 3. Pada kondisi ini $on = 15^\circ$ $off = 30^\circ$ sehingga menghasilkan pola pensaklaran yang ditunjukkan pada Gambar- 4.13.



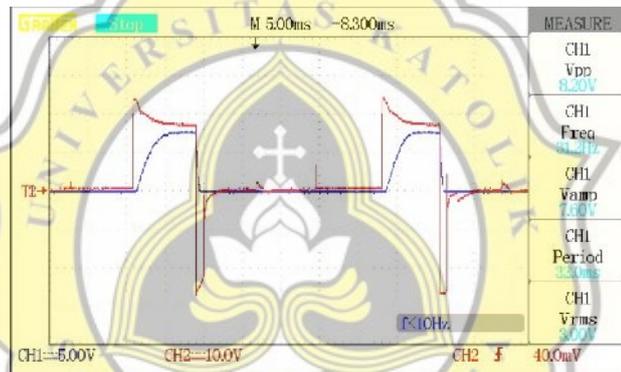
Gambar- 4.13 Hasil gelombang pensaklaran (a) fasa A (b) fasa B (c) fasa C (d) fasa D Kondisi-3

Hasil pengujian pada Kondisi- 3 menghasilkan gelombang arus setiap fasa dengan nilai arus puncak berkisar 3,6 Ampere yang ditunjukkan pada Gambar- 4.14 dan kecepatan 216 RPM yang ditunjukkan pada Gambar- 4.15. Pada Kondisi ini SRM mengalami kenaikan arus 1,8 Ampere dari dua kondisi sebelumnya dan mengalami penurunan kecepatan yang signifikan.



Gambar-4.14 Hasil gelombang (a) arus fasa A (b) arus fasa B (c) arus Fasa C (d) arus fasa D

Kondisi-2



Gambar- 4. 15 Hasil (a) tegangan fasa A (b) arus fasa A Kondisi-3



Gambar-4.16 Hasil kecepatan motor Kondisi-3

4.5. Pembahasan

Pada penelitian ini pengaruh pergeseran sudut fasa terhadap kinerja SRM memiliki tujuan untuk memaksimalkan efisiensi kinerja SRM dengan memberikan sudut eksitasi yang tepat. Dengan pemberian sudut eksitasi yang tepat dapat menghasilkan torka optimum pada SRM. Pada pengujian alat telah dilakukan dengan tiga kondisi. Gambar-4.6. ditunjukkan pergeseran sudut Kondisi-1 memiliki sudut penyalaan berada pada posisi induktansi minimum, arus pada belitan stator akan naik dengan cepat dan tidak menghasilkan torka sebelum memasuki interval induktansi maksimum atau posisi rotor mendekati stator (*overlap*). Sehingga torka yang dihasilkan pada kondisi ini tidak begitu besar.

Gambar- 4.10 ditunjukkan pergeseran sudut Kondisi-2, pada kondisi ini sudut penyalaan berada di posisi induktansi mulai meningkat (*overlap*) maka arus pada belitan stator akan naik dan SRM akan menghasilkan torka positif pada interval ini, hingga sudut fasa dimatikan sebelum induktansi mengalami penurunan agar arus yang tersimpan pada belitan stator tidak memasuki interval torka negatif.

Gambar- 4.14 ditunjukkan hasil pergeseran sudut untuk Kondisi-3. Kondisi ini sudut penyalaan (*on*) berada pada posisi induktansi maksimum dan sudut fasa dimatikan (*off*) pada posisi induktansi menurun, sehingga arus yang mengalir pada belitan stator akan naik dengan signifikan hingga memasuki interval induktansi minimum mengakibatkan nilai *back-EMF* kecil dengan kecepatan rendah serta menghasilkan torka negatif pada SRM. Hasil arus puncak dan kecepatan dalam proses pergeseran sudut fasa setiap kondisi disajikan pada Tabel-4.2.

Tabel- 4.2 Hasil Arus Puncak dan Kecepatan pada proses pergeseran sudut fasa.

Kondisi	Arus Puncak (A)	Kecepatan (RPM)
Kondisi-1 ($\vartheta_{on}= 0^\circ$ $\vartheta_{off}=15^\circ$)	0,8	1321
Kondisi-2 ($\vartheta_{on}= 5^\circ$ $\vartheta_{off}=20^\circ$)	1,2	1661
Kondisi-3 ($\vartheta_{on}= 15^\circ$ $\vartheta_{off}=30^\circ$)	3,6	216

