

## **BAB IV**

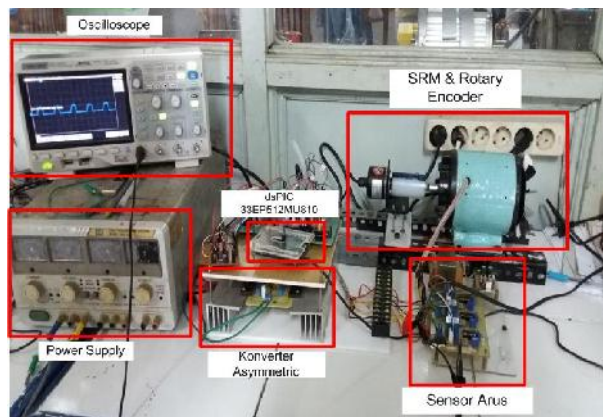
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pendahuluan**

Pada bab ini diuraikan tentang hasil pengujian dalam implementasi metode injeksi pulsa dalam meningkatkan kepresisian penggunaan *rotary encoder* pada SRM. Hasil pengujian meliputi proses injeksi pulsa yang menghasilkan impuls arus untuk dibandingkan dengan profil induktansi SRM, mensinkronkan posisi rotor dengan pulsa *rotary encoder*, dan pengujian pada gelombang arus, tegangan, dan kecepatan yang dihasilkan SRM. Pengujian ini menggunakan *rotary encoder* sebagai deteksi posisi rotor, DSC dsPIC 33EP512MU810 sebagai kontrol dalam memberikan pulsa pensaklaran pada konverter *asymmetric* melalui rangkaian *driver* yang terdiri dari IC *buffer* dan TLP 250. Dengan melakukan pengujian laboratorium didapatkan hasil pengujian sebagai berikut

#### **4.2 Hasil Pengujian Implementasi Alat**

Untuk mendukung metode analisa yang diuraikan di atas dilakukan pengujian pada prototype yang terdiri dari SRM empat fasa, mikrokontroller dsPIC 33EP512MU810, konverter *asymmetric* dan *rotary encoder*. Perancangan prototype ditampilkan pada Gambar-4.1 dan parameter motor SRM yang digunakan disajikan pada Tabel-4.1.

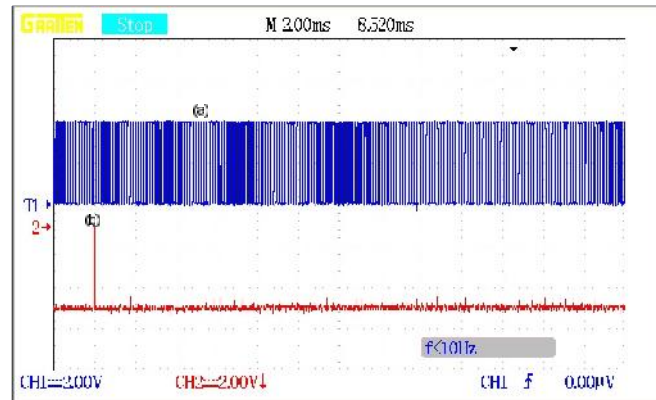


**Gambar-4.1 Prototipe SRM**

**Tabel- 4. 1 Parameter SRM**

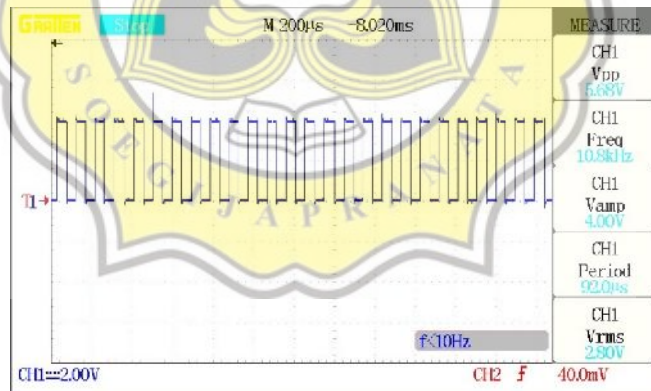
Parameter	Nilai
Rotor	6
Stator	8
Induktansi	2.8 mH
Resistansi	5.6 Ohm

Melalui sinkronisasi posisi rotor terhadap stator dengan pulsa pada *rotary encoder*, maka pengujian laboratorium dilakukan. Tahapan awal dalam penggunaan *rotary encoder* adalah melakukan pengukuran terhadap keluaran pulsa *rotary encoder* yang akan diolah oleh mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810. Keluaran pulsa *rotary encoder* memiliki amplituda 12Volt sehingga dibutuhkan rangkaian penurun tegangan dari 12Volt menjadi 5Volt yang digunakan sebagai referensi pulsa *eksternal interrupt* pada mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810. Pengukuran gelombang pulsa pada *rotary encoder* ditunjukkan pada Gambar-4.2.



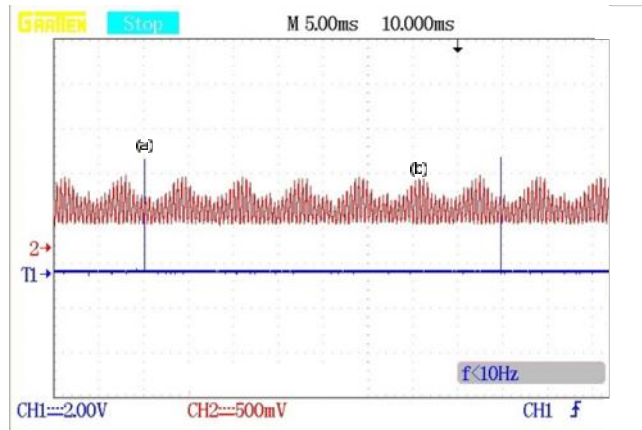
Gambar-4.2 Hasil gelombang (a) pulsa Pin-A (b) pulsa Pin-B

Untuk mengetahui posisi rotor dapat dilakukan dengan melihat karakteristik profil induktansi pada SRM. Profil induktansi dapat diketahui dengan metode injeksi pulsa. Pulsa yang diberikan memiliki frekuensi 10kHz dari mikrokontroler sebagai injeksi pulsa pada salah satu belitan stator yang ditunjukkan pada Gambar-4.3

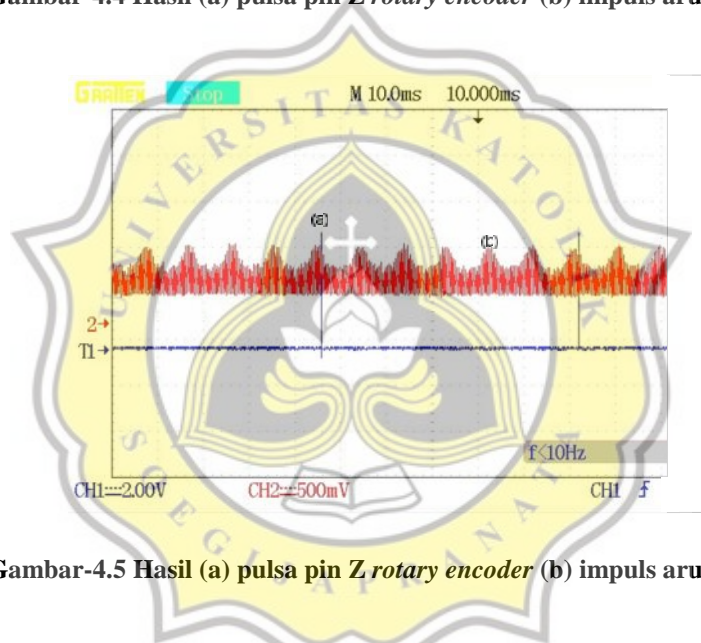


Gambar-4.3 Gelombang injeksi pulsa 10kHz pada belitan stator

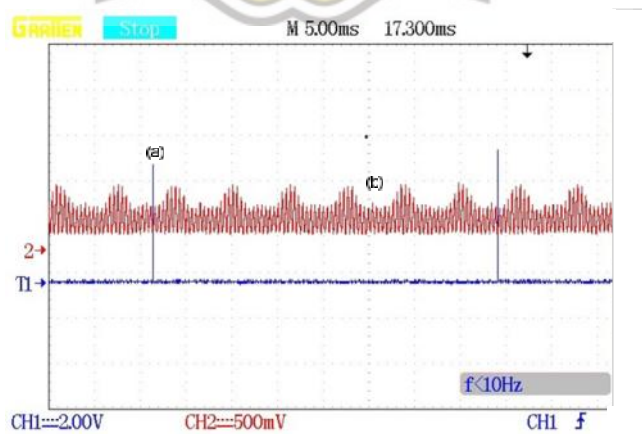
Proses injeksi pulsa menghasilkan impuls arus pada belitan stator. Hasil keluaran impuls arus pada belitan stator digunakan sebagai penentuan profil induktansi dan posisi rotor. Untuk mengetahui posisi rotor dalam setiap rotasi, ditunjukkan oleh pulsa Pin-Z pada *rotary encoder* dan impuls arus yang dihasilkan pada setiap fasa ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



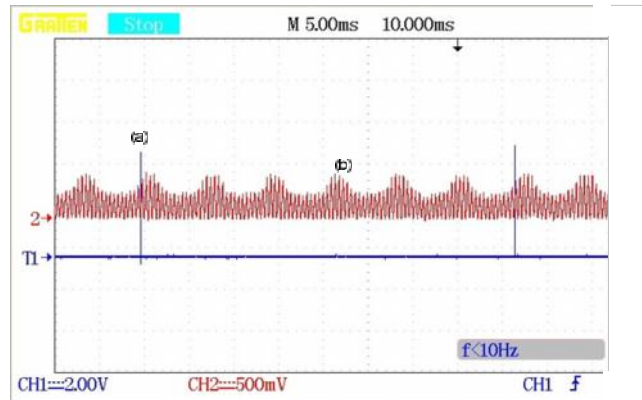
Gambar-4.4 Hasil (a) pulsa pin Z rotary encoder (b) impuls arus fasa A



Gambar-4.5 Hasil (a) pulsa pin Z rotary encoder (b) impuls arus fasa B



Gambar-4.6 Hasil (a) pulsa pin Z rotary encoder (b) impuls arus fasa C



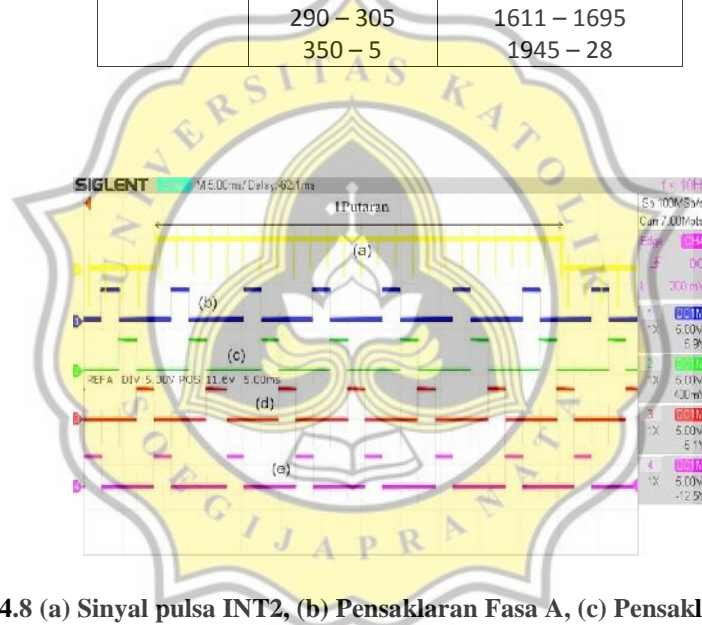
**Gambar-4.7 Hasil (a) pulsa pin Z rotary encoder (b) impuls arus fasa D**

Dari gelombang di atas dapat diketahui posisi rotor dan karakteristik profil induktansi SRM. Dari profil induktansi tersebut dilakukan penentuan sudut penyalaan setiap fasa SRM. Nilai sudut fasa dikonversi menjadi nilai pulsa pada *rotary encoder* sebagai pola pensaklaran menggunakan persamaan (3-2). Tabel-4.2 menyajikan hasil konversi sudut fasa menjadi nilai pulsa *rotary encoder* pada setiap fasa. Nilai pulsa diolah oleh mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810 dengan menggunakan fasilitas *timmer interrupt* (INT1-Pin-A, INT2-Pin-Z) untuk mengendalikan konverter *asymmetric* dalam memberikan eksitasi stator. INT1 dan INT2 difungsikan sebagai interupsi penghitung pulsa dan pengulang pulsa apabila Pin-A telah melewati satu putaran. Pola pensaklaran setiap fasa dan pulsa INT2 ditunjukkan pada Gambar-4.8.

**Tabel- 4.2 Penentuan Sudut fasa terhadap pulsa *rotary encoder***

Fasa	Sudut°	Pulsa
Fasa A	5 – 20	28 – 112
	65 – 80	362 – 445
	125 – 140	694 – 778
	185 – 200	1028 – 1111
	245 – 260	1361 – 1445
	305 – 320	1695 – 1778

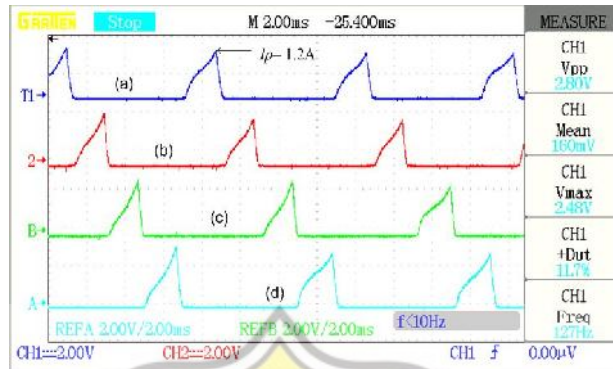
<b>Fasa B</b>	20 – 35	112 – 195
	80 – 95	445 – 528
	140 – 155	778 – 861
	200 – 215	1111 – 1195
	260 – 275	1445 – 1528
	320 – 335	1778 – 1861
<b>Fasa C</b>	35 – 50	195 – 278
	95 – 110	528 – 611
	155 – 170	861 – 945
	215 – 230	1195 – 1278
	275 – 290	1528 – 1611
	335 – 350	1861 – 1945
<b>Fasa D</b>	50 – 65	278 – 362
	110 – 125	611 – 694
	170 – 185	945 – 1028
	230 – 245	1278 – 1361
	290 – 305	1611 – 1695
	350 – 5	1945 – 28



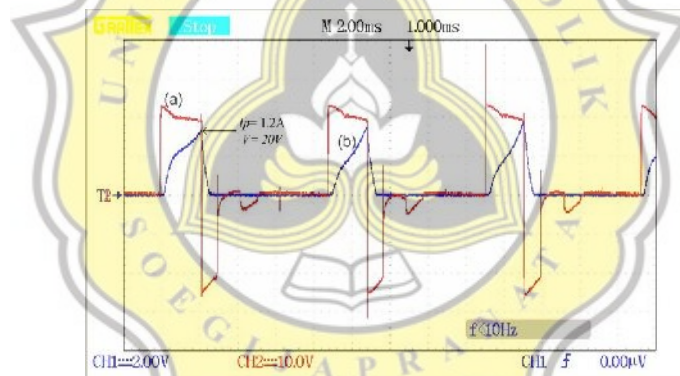
**Gambar-4.8 (a) Sinyal pulsa INT2, (b) Pensaklaran Fasa A, (c) Pensaklaran Fasa B, (d) Pensaklaran Fasa C, (e) Pensaklaran Fasa D**

Dari pola pensaklaran yang ditunjukkan pada Gambar-4.8 ditunjukkan bahwa dalam satu putaran terdapat enam kali proses pensaklaran sekuensial setiap fasanya. Dari proses pensaklaran tersebut SRM dapat beroperasi dan menghasilkan gelombang arus puncak sebesar 1.2 Ampere yang diukur menggunakan sensor arus LEM HX-10P ditunjukkan pada Gambar-4.9 dan menghasilkan tegangan rata-rata

20 Volt yang ditunjukkan pada Gambar-4.10 dengan kecepatan 1661 RPM yang diukur dengan *tachometer* ditunjukkan pada Gambar.-4.11.



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



Gambar-4.10 Hasil gelombang (a) tegangan fasa A (b) arus fasa A



Gambar-4.11 Hasil kecepatan motor

### 4.3 Pembahasan

Metode injeksi pulsa diterapkan untuk pengoperasian SRM dalam meningkatkan kepresisian penggunaan *rotary encoder*. Dengan metode injeksi pulsa profil induktansi dapat diketahui yang dibandingkan dengan impuls arus yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan masukan 20 Volt DC pada konverter *asymmetric* dalam memberikan eksitasi. Pada dasarnya dalam mengoperasikan SRM, *rotary encoder* digunakan sebagai informasi posisi rotor melalui pulsa setiap pin yang akan diolah oleh dsPIC 33EP512MU810.

Pulsa yang dihasilkan *rotary encoder* merupakan pulsa free running (Pin-A) sehingga dibutuhkan pulsa referensi untuk menunjukan posisi awal (Pin-Z). Rotor akan mulai bergerak jika pulsa referensi diperoleh, maka pada tahapan awal SRM akan dioperasikan seperti motor stepper hingga mencapai pulsa referensi atau pulsa Pin-Z terpenuhi. Apabila pulsa Pin-Z telah terpenuhi, pulsa Pin-A akan mulai menghitung sesuai dengan nilai pulsa yang dibutuhkan dalam memberikan sudut eksitasi pada konverter.

Pada Gambar-4.8 disajikan pola pensaklaran setiap fasa dan sinyal pulsa INT2 sebagai tanda SRM telah melewati satu putaran. Pemberian sudut fasa berada pada profil induktansi mulai meningkat pada posisi ini SRM menghasilkan torka positif dan sudut fasa dimatikan sebelum induktansi maksimal sehingga arus yang tersimpan pada belitan stator (back-EMF) tidak memasuki wilayah torka negatif yang ditunjukkan pada Gambar-4.9 arus puncak yang dihasilkan berkisar 1,2 Ampere dengan kecepatan 1661 RPM. Arus yang tersimpan pada belitan stator akan membuat SRM menghasilkan tegangan negatif sehingga ada arus yang



kembali ke sumber yang ditunjukkan pada Gambar-4.10 dengan tegangan rata-rata 20V. Pemberian sudut fasa yang tepat menghasilkan arus dan torka yang optimal sehingga dapat memaksimalkan kinerja dari SRM.

**Tabel- 4. 3 Hasil pengujian SRM**

Parameter	Nilai	Satuan
Tegangan	20	Volt
Arus Puncak	1.2	Ampere
Kecepatan	1661	RPM

