

## BAB IV

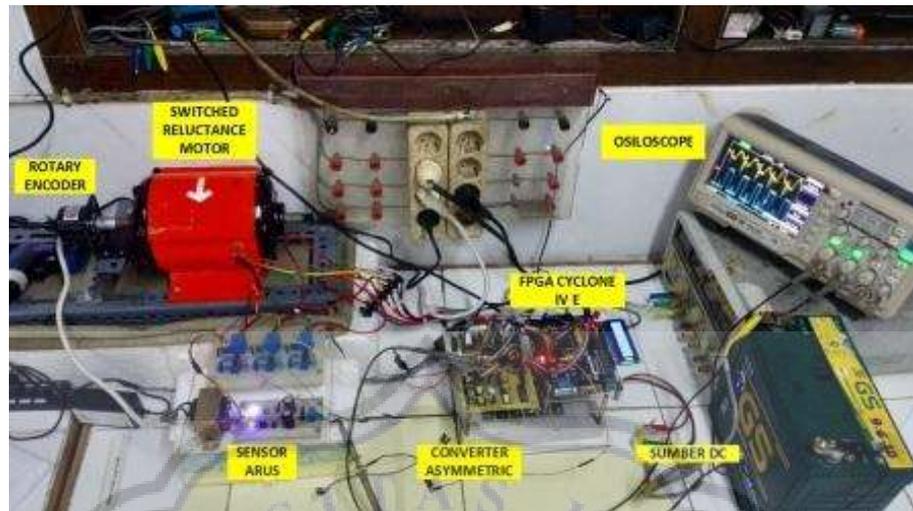
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pendahuluan

Hasil pengujian pada bab ini adalah penerapan strategi untuk optimalisasi kinerja *SRM* dengan menggunakan *rotary encoder* sebagai metode injeksi pulsa dan meningkatkan kepresisian deteksi posisi rotor. Proses injeksi pulsa akan menghasilkan impuls arus, kemudian dibandingkan dengan profil induktansi *SRM* yang akan menjadi acuan untuk penentu sudut penyalaan *SRM*, menyinkronkan posisi rotor, dan membandingkan gelombang tegangan, gelombang arus, dan kecepatan yang dihasilkan oleh *SRM* dengan metode sensor *hall effect* dan *rotary encoder*. *Rotary encoder* digunakan pada penelitian ini untuk mendeteksi posisi rotor pada *SRM*. Pemberian pulsa penyalaan pada konverter *asymmetric* akan melalui rangkaian driver yang terdiri dari *IC buffer* dan TLP 250 yang menggunakan rangkaian kontrol *FPGA*. Berdasarkan hasil pengujian alat didapatkan hasil uji sebagai berikut.

#### 4.2 Hasil Pengujian Implementasi Alat

*Prototype* alat uji laboratorium yang terdiri dari *SRM* tiga fasa, *FPGA*, *rotary encoder* dan konverter *asymmetric*. Hasil rancangan *prototype* ditampilkan pada Gambar-4.1 dan parameter *SRM* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel-4.1.

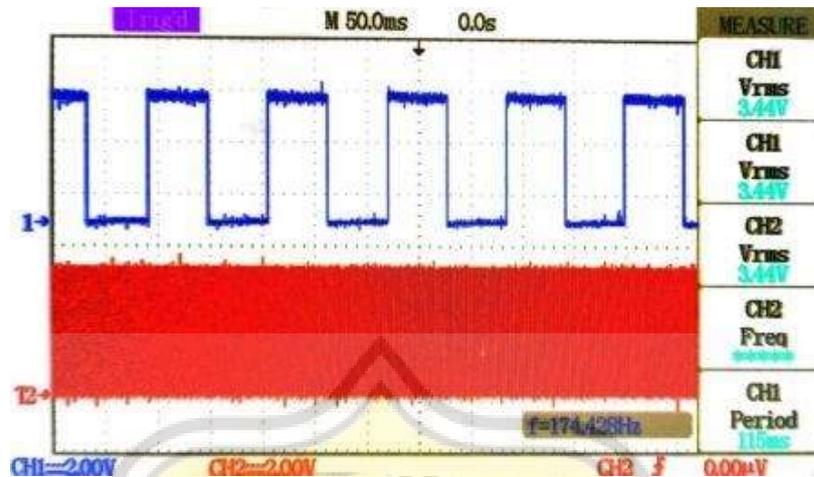


**Gambar-4.1** *Prototype penggerak SRM*

**Table-4.1** *Parameter SRM*

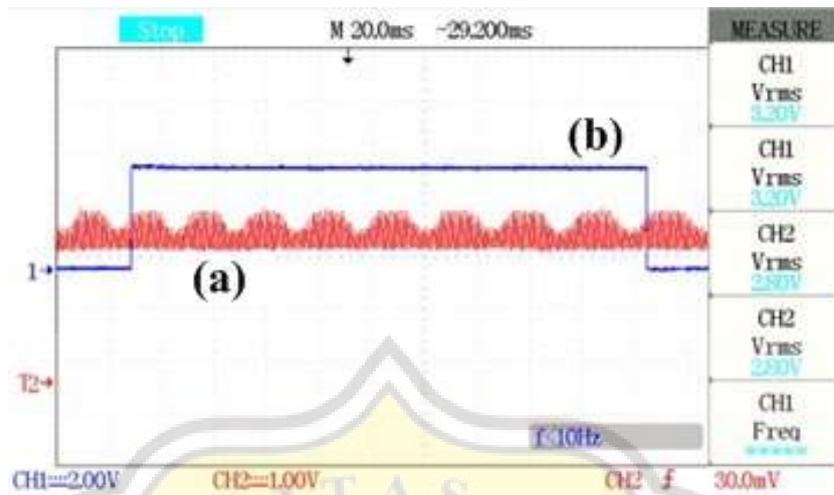
Parameter	Nilai	Satuan
Stator	12	-
Rotor	8	-
Resistansi	3,3	ohm
Induktansi	1,4	mh
Tegangan	12	volt

Pengujian laboratorium dilakukan dengan menyinkronkan posisi rotor dan stator dengan pulsa dari *rotary encoder*. Langkah pertama dalam menggunakan *rotary encoder* adalah mengukur output pulsa dari *rotary encoder* yang diproses oleh kontrol *FPGA*. Output pulsa *rotary encoder* memiliki amplitudo 5V dan digunakan sebagai pulsa referensi *clock (clk)* pada kontrol *FPGA*. Hasil gelombang dari pulsa *rotary encoder* ditampilkan pada Gambar-4.2.



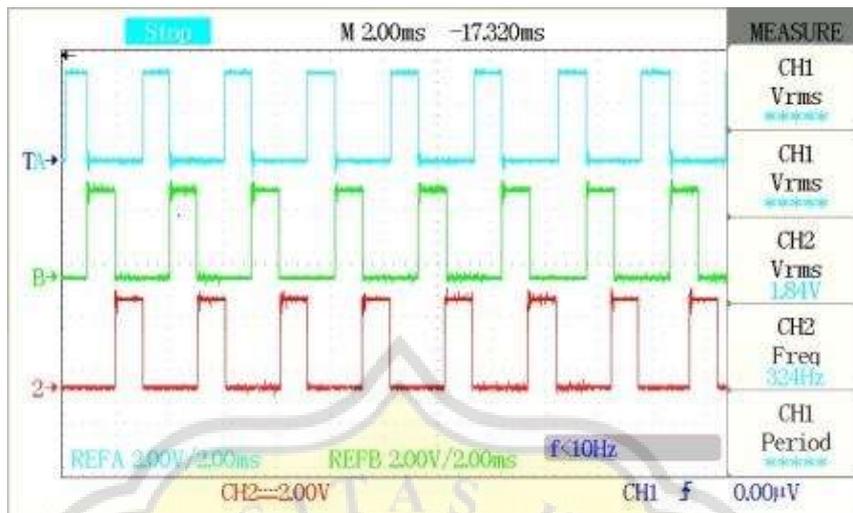
Gambar-4.2 Hasil gelombang (a) pulsa Pin-Z (b) pulsa Pin-A

Profil induktansi pada *SRM* dilihat karakteristiknya dan digunakan untuk mendeteksi posisi rotor pada motor. Salah satu belitan pada stator diberikan pulsa yang memiliki frekuensi tinggi yaitu 10kHz dari *FPGA* seperti yang ditunjukkan pada Gambar-4.3. Impul arus yang ada pada belitan stator merupakan hasil dari proses injeksi pulsa. Penentuan profil induktansi dan posisi rotor dihasilkan dari perbandingan keluaran impuls arus dari belitan stator. Pulsa Pin-Z pada *rotary encoder* berfungsi untuk mengetahui posisi rotor pada setiap putarannya, dan salah satu fasa yang menghasilkan impuls arus ditunjukkan melalui gambar gelombang di bawah ini.



Gambar-4.3 Hasil gelombang (a) pulsa impuls arus (b) pulsa Pin-Z

Karakteristik profil induktansi pada *SRM* dan posisi rotor dapat diketahui dari gelombang di atas. Penentuan sudut penyalan setiap fasa pada *SRM* dilakukan dari diduplikatnya profil induktansi tersebut dan pola penyalan didapatkan dari nilai pulsa pada *rotary encoder* yang telah dikonversi. Dalam memberikan eksitasi pada stator yang menggunakan konverter *asymmetric* diperlukan fasilitas internal *clock* maka nilai pulsa yang dihasilkan *rotary encoder* diolah oleh kontrol *FPGA*. Interupsi atau tanda penghitung pulsa dan pengulang pulsa apabila Pin-A sudah melewati satu putaran dihasilkan oleh *Clock FPGA*. Setiap fasa yang menghasilkan pola pensaklaran ditampilkan pada Gambar-4.4.



Gambar-4.4 Hasil gelombang pensaklaran (a) fasa 1 (b) fasa 2 (c) fasa 3

Dari pola pensaklaran yang ditunjukkan pada Gambar-4.4, dapat dilihat bahwa ada delapan operasi pensaklaran berurutan dalam satu siklus setiap fasanya. Dengan menggunakan sensor arus LEM HX-10P proses pensaklaran tersebut dapat menghasilkan gelombang arus puncak sebesar 1.2 Ampere dan SRM dapat beroperasi.

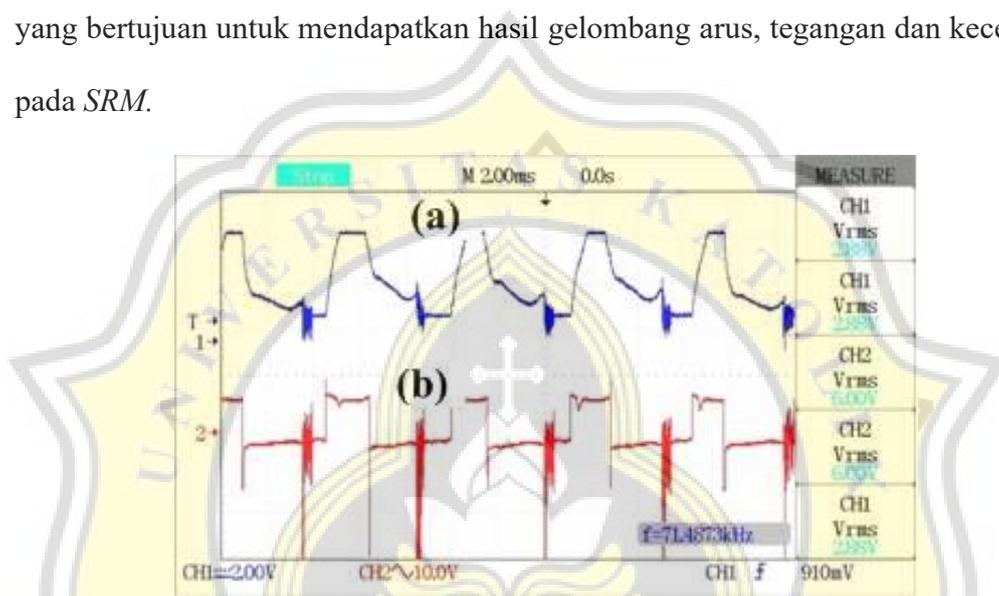
#### 4.3 Hasil Gelombang dan Kecepatan

Posisi rotor dan profil induktansinya dapat dilihat dari gelombang impuls arus yang dihasilkan dan juga penentuan titik pulsa penyalan ntuk setiap fasa SRM. Nilai pulsa diproses oleh FPGA Cyclone VI E untuk mengontrol konverter *asymmetric* yang akan menghasilkan eksitasi. Posisi pulsa penyalan SRM dapat ditentukan setelah mengetahui posisi rotor sehingga output mesin bekerja dengan

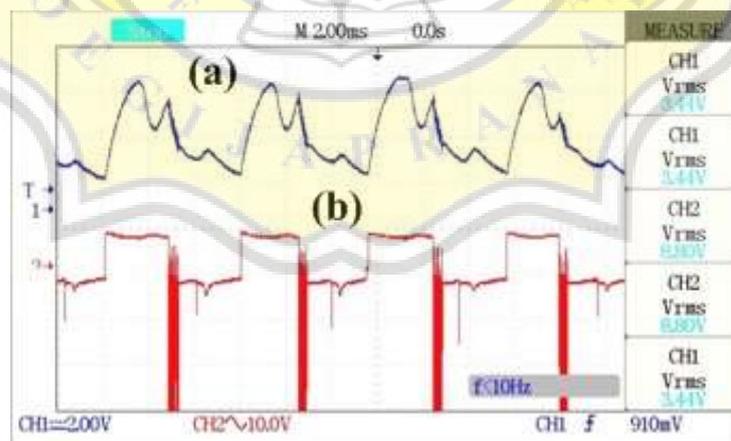
baik. Di bawah ini adalah perbandingan hasil arus, tegangan dan RPM menggunakan sensor *hall effect* dan *rotary encoder*.

#### 4.3.1 Hasil Pengujian SRM Menggunakan Sensor *Hall effect*

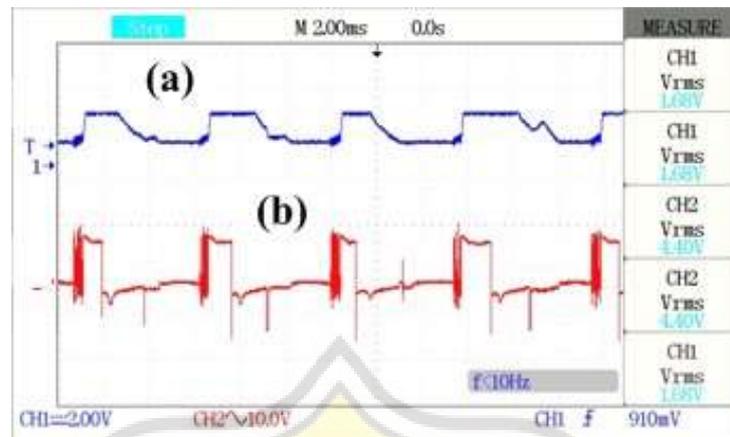
Pengujian pertama yang dilakukan menggunakan deteksi sensor *hall effect* yang bertujuan untuk mendapatkan hasil gelombang arus, tegangan dan kecepatan pada SRM.



Gambar-4.5 Hasil gelombang fasa 1 (a) gelombang arus (b) gelombang tegangan SRM menggunakan deteksi sensor *hall effect*



Gambar-4.6 Hasil gelombang fasa 2 (a) gelombang arus (b) gelombang tegangan SRM menggunakan deteksi sensor *hall effect*



Gambar-4.7 Hasil gelombang fasa 3 (a) gelombang arus (b) gelombang tegangan *SRM* menggunakan deteksi sensor *hall effect*

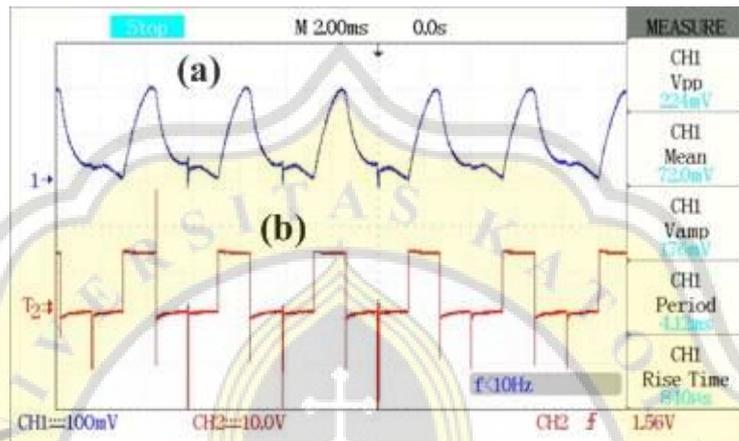


Gambar-4.8 Hasil kecepatan motor menggunakan deteksi sensor *hall effect*

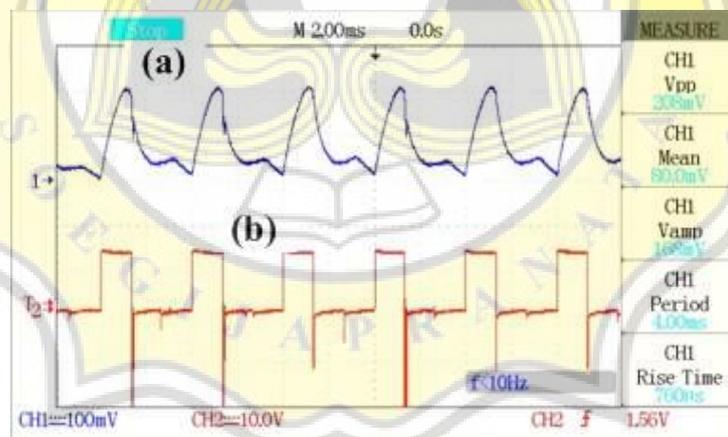
Berikut adalah hasil gelombang osiloskop dari pengujian *SRM* yang menggunakan metode deteksi dengan sensor *hall effect* yang berupa hasil gelombang arus dan gelombang tegangan yang menghasilkan kecepatan 1935 RPM seperti yang ditunjukkan pada Gambar-4.5 - Gambar-4.8.

### 4.3.2 Hasil Pengujian SRM Menggunakan Rotary Encoder

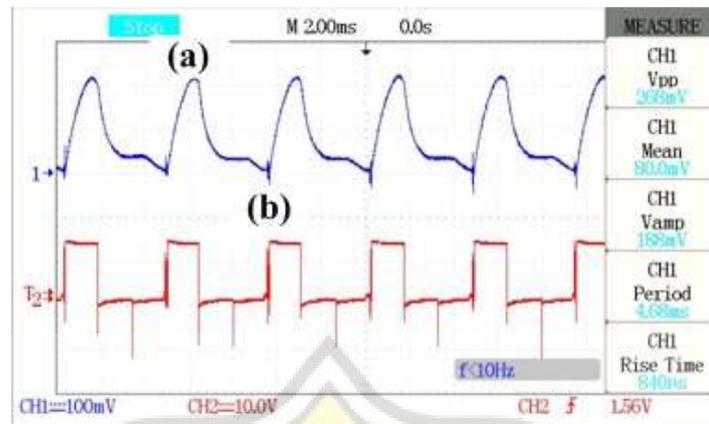
Pengujian kedua yang dilakukan menggunakan deteksi *rotary encoder* yang bertujuan untuk mendapatkan hasil gelombang arus, tegangan dan kecepatan pada SRM.



Gambar-4.9 Hasil gelombang fasa 1 (a) gelombang arus (b) gelombang tegangan SRM menggunakan deteksi *rotary encoder*



Gambar-4.10 Hasil gelombang fasa 2 (a) gelombang arus (b) gelombang tegangan SRM menggunakan deteksi *rotary encoder*



**Gambar-4.11 Hasil gelombang fasa 3 (a) gelombang arus (b) gelombang tegangan SRM menggunakan deteksi rotary encoder**



**Gambar-4.12 Hasil kecepatan motor menggunakan deteksi rotary encoder**

Berikut adalah hasil gelombang osiloskop dari pengujian SRM yang menggunakan metode deteksi dengan rotary encoder yang berupa hasil gelombang arus dan gelombang tegangan yang menghasilkan kecepatan 2210 RPM seperti yang ditunjukkan pada Gambar-4.9 - Gambar-4.12.

#### 4.4 Pembahasan

Metode injeksi pulsa diterapkan untuk mengoperasikan *SRM*, dan *rotary encoder* digunakan untuk meningkatkan kepresisian dalam mendeteksi posisi rotor. Impuls arus dibandingkan dengan profil induktansi yang dihasilkan oleh metode injeksi pulsa. Pada penelitian ini, untuk memberikan eksitasi adalah 12 Volt DC sebagai tegangan masukan yang diberikan oleh konverter *asymmetric*. Pada dasarnya kontrol *FPGA* akan mengolah pulsa yang masuk dari *rotary encoder* sebagai informasi dalam mendeteksi posisi rotor dan pengoperasian *SRM*.

Pulsa free running (Pin-A) dari *rotary encoder* membutuhkan pulsa referensi (Pin-Z) untuk mengetahui interval satu putaran. Jika pulsa referensi telah didapatkan maka rotor akan mulai bergerak, saat langkah awal, *SRM* akan bekerja selayaknya motor stepper untuk mencapai pulsa Pin-Z atau pulsa referensi terpenuhi. Sudut eksitasi pada konverter *asymmetric* akan diberikan ketika pulsa Pin-A mulai menghitung dan setelah pulsa Pin-Z telah didapatkan. Pada Gambar-4.4 ditampilkan gelombang pola penyalan fasa sebanyak delapan buah yang sesuai dengan jumlah rotornya (delapan) yang merupakan tanda bahwa *SRM* telah berputar sebanyak satu putaran. Pada saat profil induktansi mulai meningkat disitulah pemberian sudut fasa dilakukan, karena torka positif akan dihasilkan dan sebelum induktansi maksimal sudut fasa akan dimatikan agar arus yang ada pada belitan stator (*back-EMF*) tidak masuk ke bagian torka negatif.

Hasil pengujian *prototype* penggerak *SRM* dengan menggunakan *hall effect* memiliki kelemahan, deteksi sudut yang terbatas hanya bisa terbaca pada sudut tertentu, hal tersebut mempengaruhi kinerja penyalan dan kinerja motor.

Kecepatan yang dihasilkan oleh deteksi *hall effect* yaitu 1935 RPM dan memiliki bentuk arus juga tegangan yang tidak presisi sehingga torka *SRM* tidak bisa optimal. Kecepatan yang dihasilkan oleh deteksi *rotary encoder* yaitu 2210 RPM yang artinya memiliki kecepatan lebih tinggi karena *rotary encoder* bisa mendeteksi sudut lebih halus, sehingga metode deteksi dengan *rotary encoder* menunjukkan hasil kepresisian arus yang lebih baik dan torka yang lebih optimal.

