

BAB IV

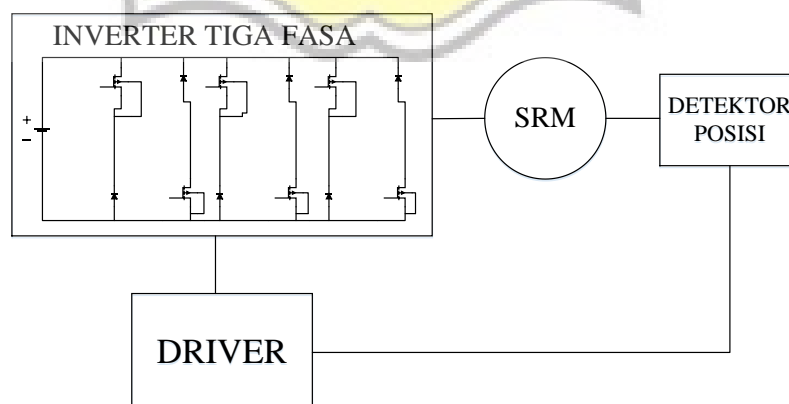
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pendahuluan

Pada bab IV ini penulis akan menjelaskan tentang hasil dari alat yang telah dirancang serta analisa pada sistem kontrol motor *Switched Reluctance* buatan SLT ini. Pengujian alat dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Elektro. Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisa tentang putaran motor *Switched Reluctance* dan kecepatan sepeda listrik menggunakan motor *Switched Reluctance* buatan SLT ini menggunakan inverter tiga fasa berbasis kontrol digital, serta diuraikan hasil pengujian dan pembahasan.

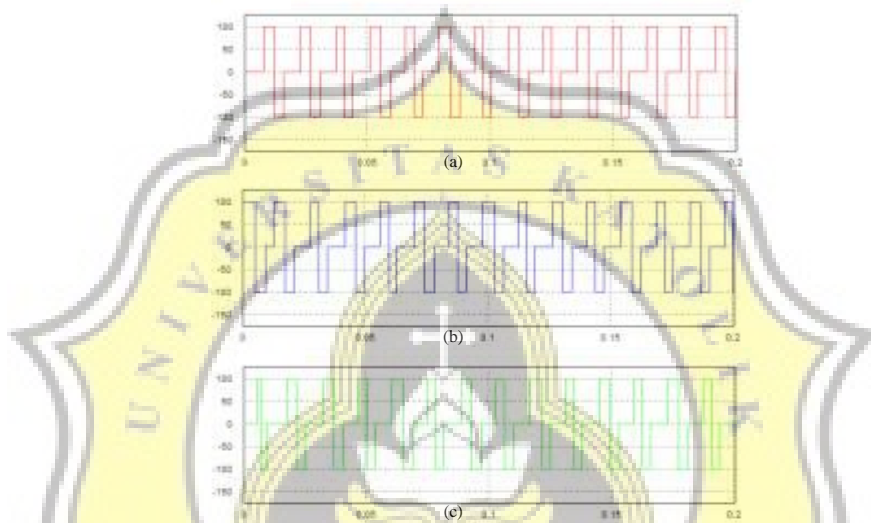
4.2 Hasil Simulasi

Simulasi pada tugas akhir ini menggunakan perangkat lunak PSIM. Simulasi pada tugas akhir ini bertujuan untuk memberikan gambaran hasil mendekati kondisi nyata. Berikut gambar skema sistem yang telah di simulasikan.

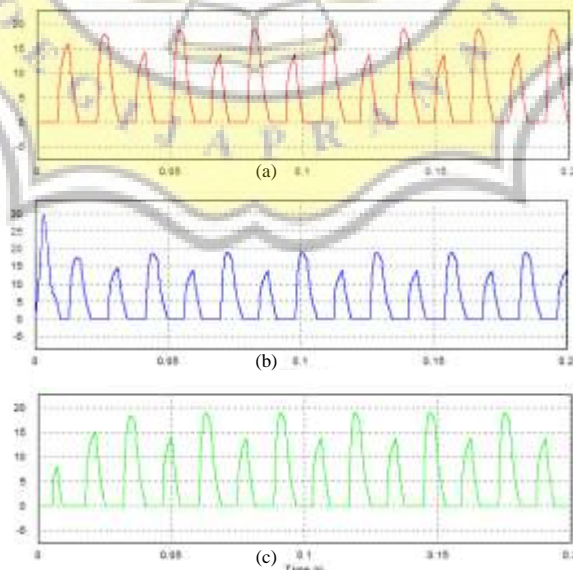


Gambar-4.1. Skema rangkaian motor *Switched Reluctance*

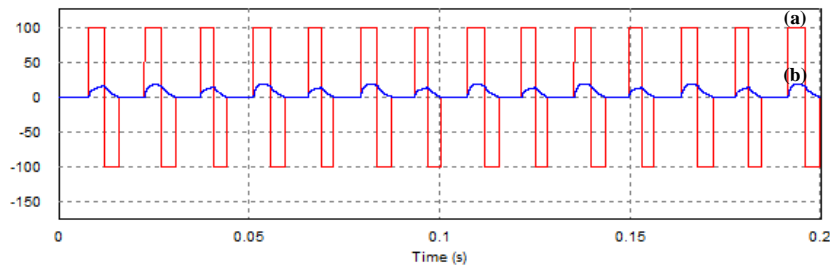
Pada simulasi pada perangkat lunak PSIM ini menggunakan inverter tiga fasa dengan enam buah saklar. Pada Gambar-4.2. ditunjukkan gelombang tegangan antar fasa R, S dan T pada simulasi di mana setiap tergeser. Pada Gambar-4.3. ditunjukkan gelombang arus antar fasa pada simulasi yang setiap fasanya bergeser. Pada Gambar-4.4. ditunjukkan gambar arus dan tegangan pada fasa R.



Gambar-4.2. (a) Tegangan fasa R, (b) Tegangan fasa S, (c) Tegangan fasa T



Gambar-4.3. (a) Arus fasa R, (b) Arus fasa S, (c) Arus fasa T



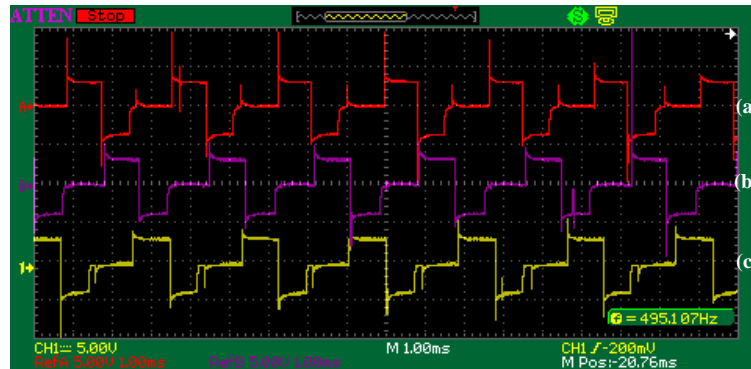
Gambar-4.4. (a)Tegangan pada fasa R, (b) arus pada fasa R

Pola pensaklaran yang dihasilkan *Digital Signal Controller* akan menentukan saklar mana pada konverter yang harus ON dan mana yang harus OFF. Pada Gambar-4.2., Gambar-4.3. dan Gambar-4.4. menunjukkan bahwa motor *Switched Reluctance* dapat beroperasi dengan baik. Pada simulasi ini membuktikan bahwa inverter tiga fasa sebagai rangkaian inverter dapat digunakan untuk mengoperasikan motor *Switched Reluctance*.

4.3 Pengujian Motor *Switched Reluctance*

Pada pengujian ini motor *Switched Reluctance* akan dioperasikan dengan menggunakan inverter tiga fasa dan potensiometer sebagai pengendali kecepatannya. Hal ini bertujuan untuk membuktikan bahwa hasil alat sesuai dengan hasil implementasi, motor *Switched Reluctance* dengan spesifikasi seperti Tabel-3.1. bisa dioperasikan dengan inverter tiga fasa dan di kontrol menggunakan *Digital Signal Controller*.

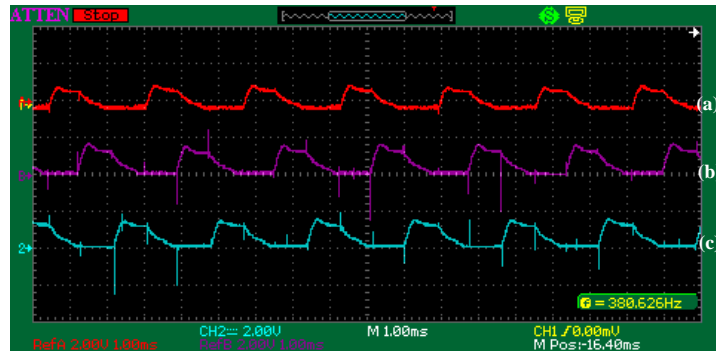
Berikut gambar-4.5. Tegangan antar fasa pada stator motor *Switched Reluctance*



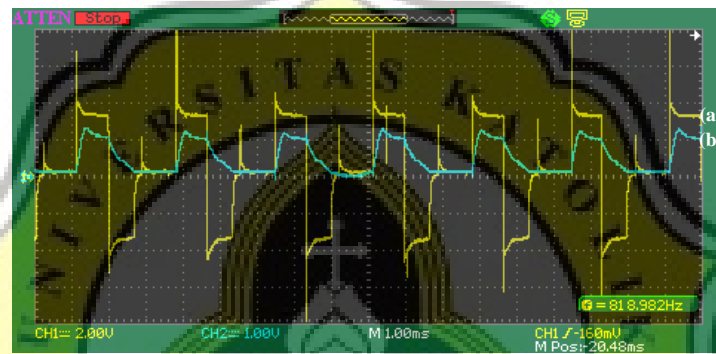
Gambar-4.5. (a) Tegangan fasa R, (b) Tegangan fasa S, (c) Tegangan fasa T kecepatan penuh
(skala 1 ms/div, RefA 4V/div x10, RefB 4V/div x10, CH1 4V/div x10)

Pada Gambar-4.5. terlihat jika tegangan antar fasa pada stator motor *Switched Reluctance* tiga fasa beroperasi pada tegangan 38 Volt dan bergeser seperti pada simulasi pada Gambar-4.2. dengan pergeseran antar fasa seperti pada simulasi pada stator motornya, maka motor *Switched Reluctance* tiga fasa bisa beroperasi dengan baik. Menggunakan inverter tiga fasa juga dapat memunculkan efek regeneratif pada saat mode *demagnetizing* pada motor *Switched Reluctance*.

Pada Gambar-4.6. pergeseran arus pada stator fasa R, S dan T seperti Gambar-4.3. memperlihatkan bahwa motor *Switched Reluctance* ini beroperasi dengan arus 16 Ampere dan keluaran arus pada setiap fasa seperti pada simulasi. Pada Gambar-4.7. menunjukkan bahwa gelombang dari tegangan dan arus pada fasa R seperti pada simulasi Gambar-4.4.

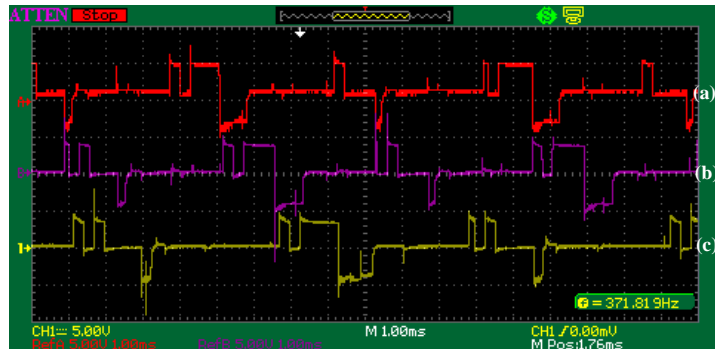


Gambar-4.6. (a) Arus fasa R, (b) Arus fasa S, (c) Arus fasa T
(skala 1ms/div, RefA 2V/div, RefB 2V/div, CH2 2V/div, 0,1V=1A)



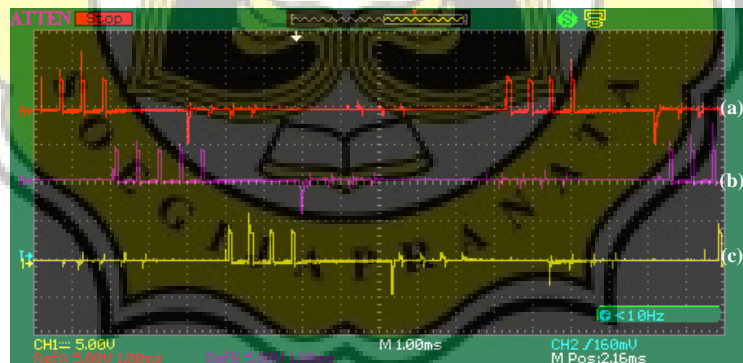
Gambar-4.7. (a) Tegangan fasa R, (b) Arus fasa R
(skala 1 ms/div, CH1 2V/div x10, CH2 1V/div 0,1V=1A)

Dengan melihat pada Gambar-4.5., Gambar-4.6. dan Gambar-4.7. maka hasil sesuai dengan hasil simulasi pada perangkat lunak PSIM. Setelah melihat bahwa hasil alat sesuai dengan hasil perangkat lunak PSIM maka penguji mengubah putaran potensiometer sebagai pengendali kecepatan sepeda listrik. Saat potensiometer yang berfungsi untuk mengatur kecepatan diatur setengah putaran, hasilnya dapat dilihat pada Gambar-4.8.



Gambar-4.8. (a) Tegangan fasa R, (b) Tegangan fasa S, (c) Tegangan fasa T kecepatan sedang (skala 1ms/div, RefA 4V/div x10, RefB 4V/div x10, CH1 4V/div x10)

Gambar-4.9. saat kondisi potensiometer hanya diputar sedikit maka *duty cycle* akan semakin kecil. Tetapi tegangan tidak pernah berubah, selalu sama pada saat kecepatan penuh dan menengah. Dari hasil sinyal saat kecepatan penuh, sedang dan rendah, maka kecepatan motor *Switched Reluctance* dapat diatur berdasarkan *duty cycle* yang di inginkan.



Gambar-4.9. (a) Tegangan fasa R, (b) Tegangan fasa S, (c) Tegangan fasa T kecepatan rendah (skala 1 ms/div, RefA 4V/div x10, RefB 4V x10, CH1 4V/div x10)

Dari Tabel-3.1., maka motor *Switched Reluctance* dapat diatur kecepatannya menggunakan inverter tiga fasa dengan kontrol digital. Lalu penggunaan inverter tiga fasa juga memiliki kelebihan dapat mendukung proses regeneratif pada motor

Switched Reluctance dengan baik walaupun waktu pensaklaran pada tiap IGBT pada inverter tiga fasa sangat tinggi seperti Gambar-4.7.

4.4 Hasil Prototype

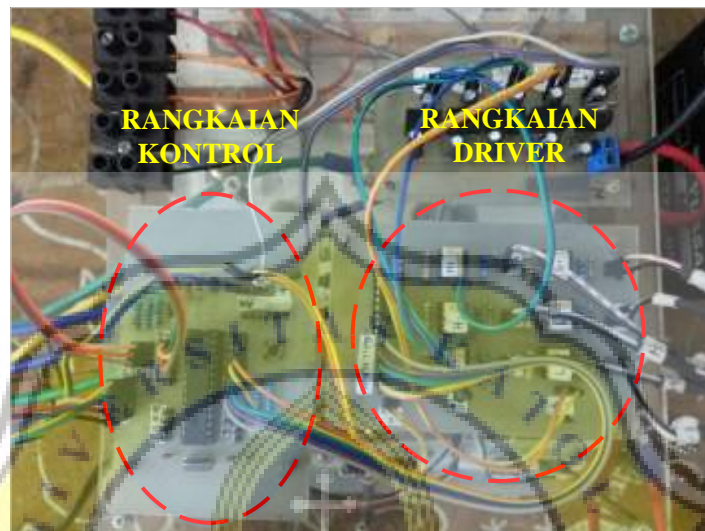
Pada makalah ini selain hasil simulasi dan hasil alat, penguji juga akan menunjukkan gambar *prototype* dari pengujian alat ini. Berikut gambar *prototype* dari alat pengujian di laboratorium.



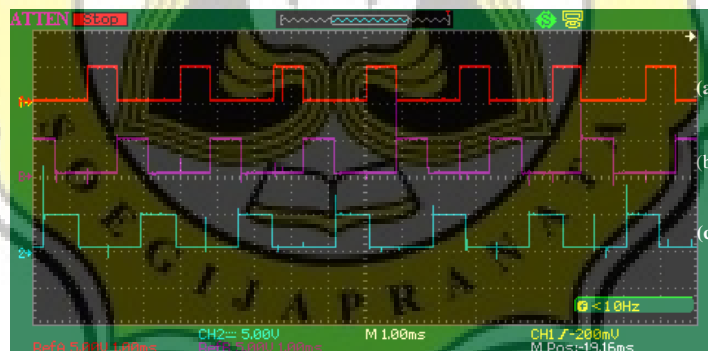
Gambar-4.10. *Prototype* sepeda listrik

Gambar di atas merupakan *prototype* sepeda listrik yang menggunakan motor *Switched Reluctance* sebagai penggerak sepeda listrik. *Prototype* sepeda listrik menggunakan rangkaian kontrol dan rangkaian driver seperti pada Gambar-4.11. Rangkaian kontrol menghasilkan pola pensaklaran seperti Gambar-4.12.

untuk saklar statis pada inverter tiga fasa. Rangkaian driver bertugas untuk mengkonversi tegangan 5 Volt dari *Digital Signal Controller* menjadi 12 Volt agar dapat memicu pensaklaran pada inverter.



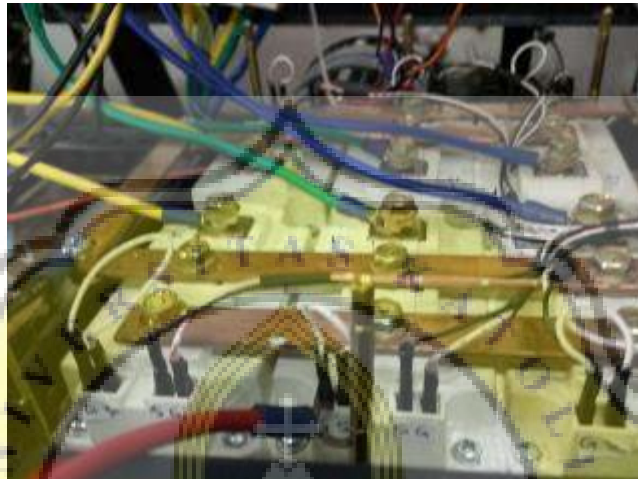
Gambar-4.11. Rangkaian kontrol dan rangkaian driver pada *prototype* sepeda listrik



Gambar-4.12. (a) Keluaran DSC RE0, (b) Keluaran DSC RE1, (c) Keluaran DSC RE2 (skala 1ms/div, RefA 5V/div, RefB 5V/div, CH2 5V/div)

Dengan sinyal yang dihasilkan dari keluaran *Digital Signal Controller* seperti pada gambar di atas, maka dipastikan pola pensaklaran pada inverter tiga fasa sudah berhasil karena saling bergeser sebesar 120° . Pola pensaklaran yang dihasilkan oleh *Digital Signal Controller*, berguna untuk mengaktifkan saklar pada tiap TLP250 pada rangkaian driver yang berjumlah enam buah, lalu

rangkaian driver berfungsi untuk memicu pensaklaran pada inverter tiga fasa sesuai dengan pola pensaklaran yang dihasilkan oleh rangkaian kontrol Pada Gambar-4.13. rangkaian inverter ini terdiri dari enam buah IGBT yang disesuaikan dengan kebutuhan motor *Switched Reluctance*.



Gambar-4.13. Rangkaian inverter tiga fasa



Gambar-4.14. (A) Tegangan VDC, (B) RPM motor *Switched Reluctance*, (C) RPM motor dengan gearbox, (D) RPM pada gearbox

Tegangan masukan sebesar 38 Volt DC, motor *Switched Reluctance* dapat berputar sebanyak 8763 RPM. Setelah dipasang gearbox, putaran pada motor *Switched Reluctance* berkurang karena beban gearbox dan setelah menggunakan gearbox didapatkan kecepatan putaran 543 RPM. Hasil dari kecepatan pada poros gearbox ini maka dapat mengukur kecepatan sepeda listrik dengan rumus yang telah disertakan pada makalah ini, maka sepeda listrik ini berjalan dengan kecepatan maksimal 4.8 m/s. Tetapi kecepatan yang dihasilkan motor *Switched Reluctance* ini masih dapat dimaksimalkan dengan memakai sumber tegangan yang tidak melebihi spesifikasi pada Tabel-3.1.

