

BAB IV

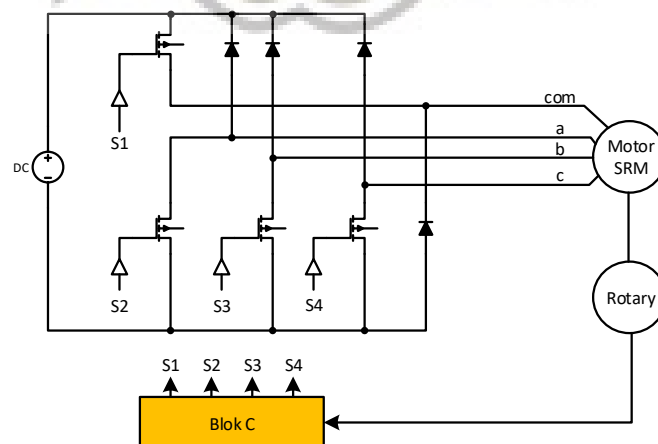
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pendahuluan

Pada bab IV ini akan diuraikan hasil simulasi dan implementasi dari tugas akhir ini tentang pengendalian kecepatan motor *switched reluctance* berbasis dsPIC30F4012. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan *software Power Simulator (PSIM)*. Setelah dilakukan simulasi kemudian diimplementasikan alat tersebut dengan menggunakan DSC (*Digital Signal Controller*) dsPIC30f4012. Dengan dilakukan uji laboratorium maka dapat diuraikan hasil pengujian dan pembahasan sebagai berikut.

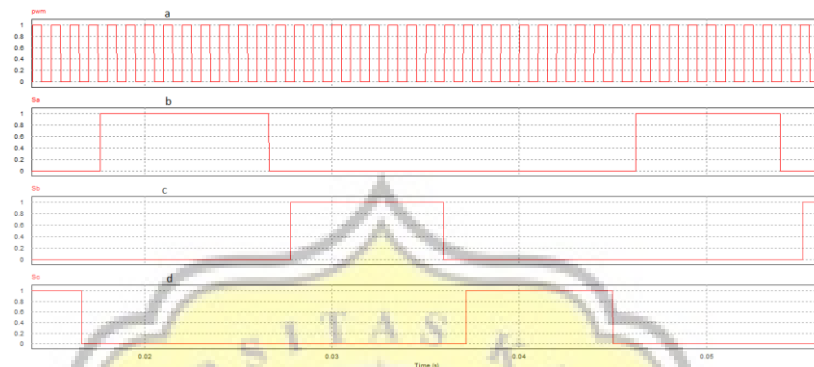
4.2 Hasil Simulasi Pada Software PSIM

Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software PSIM* untuk memberikan gambaran hasil yang mendekati kondisi nyata. Berikut ini merupakan skema rangkaian yang dirancang.



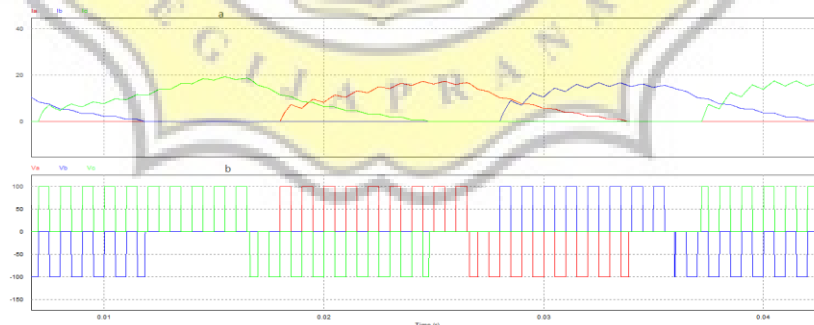
Gambar 4.1. Skema simulasi rangkaian motor *switched reluctance*

Motor *switched reluctance* dideteksi posisi rotornya oleh *rotary* kemudian diperoleh data yang akan diproses di dalam blok C. Blok C akan mengeluarkan pola pensaklaran yang kemudian digunakan untuk memutar motor tersebut.



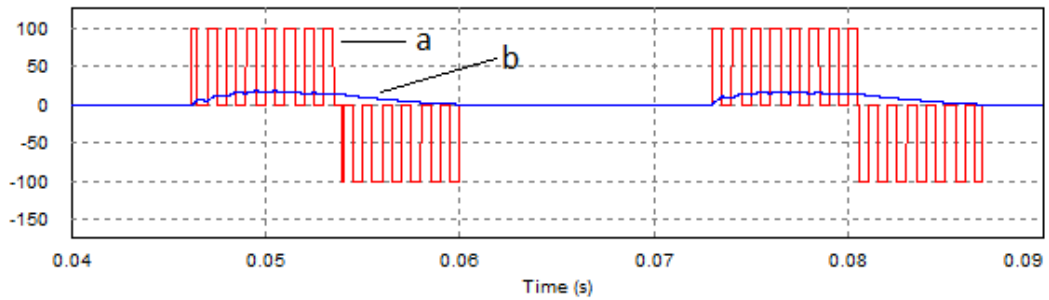
Gambar 4.2. Hasil Simulasi (a) sinyal PWM (b) sinyal pensaklaran fasa A (c) sinyal pensaklaran fasa B (d) sinyal pensaklaran fasa C

Pola pensaklaran yang digunakan untuk menjalankan motor *switched reluctance* pada simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.2. Sinyal pada Gambar 4.2. a merupakan sinyal PWM yang digunakan untuk saklar S1 sedangkan pada Gambar 4.2. b, c, d merupakan sinyal pensaklaran untuk saklar S2, S3, dan S4.



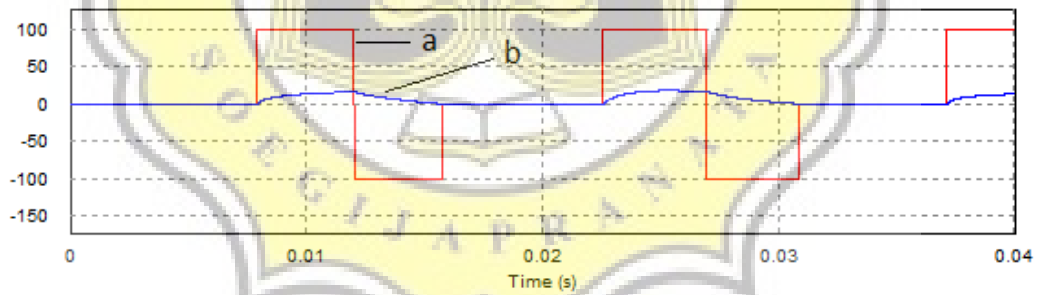
Gambar 4.3. Hasil simulasi (a) gelombang arus fasa A, B, C (b) gelombang tegangan fasa A, B, C

Dengan memasang deteksi arus pada tiap fasa maka didapatkan pembacaan gelombang arus dan tegangan pada masing-masing fasa yang saling bergeser seperti yang terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.4 (a) Gelombang tegangan (b) gelombang arus pada salah satu fasa dengan *duty cycle* $\frac{1}{2}$

Berikut ditampilkan bentuk gelombang arus dan tegangan pada salah satu fasa dalam waktu yang sama. Saat tegangan naik maka arus akan naik, saat tegangan turun maka arus akan turun. Naik dan turunnya tegangan dan arus disebabkan oleh sinyal PWM yang digunakan untuk kontrol dari saklar atas (S1). Pada Gambar 4.4 ditampilkan gelombang tegangan dan arus pada pengujian *duty cycle* $\frac{1}{2}$.

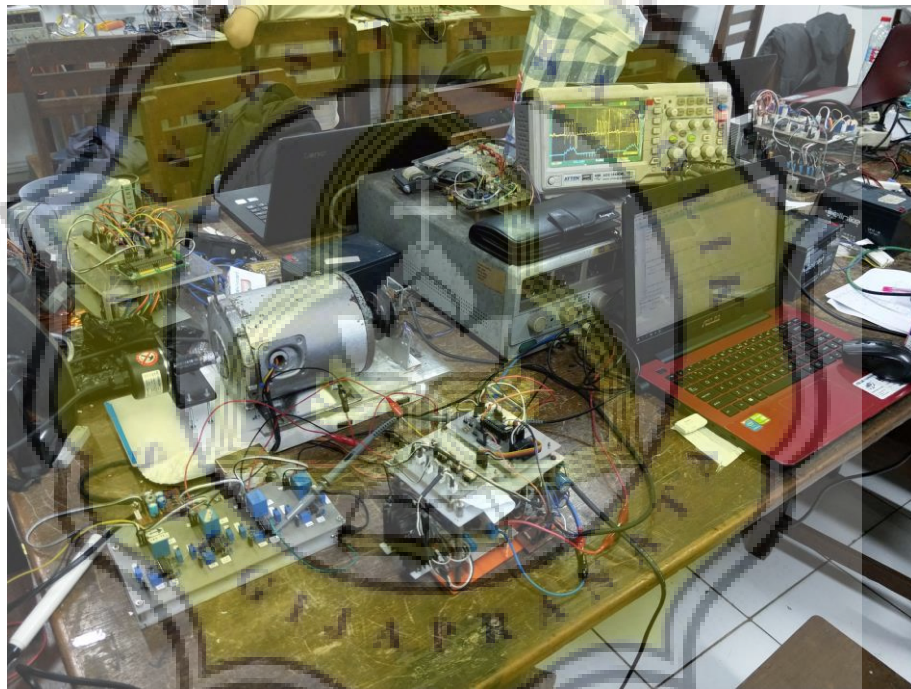


Gambar 4.5. (a) Gelombang tegangan (b) gelombang arus pada salah satu fasa dengan *duty cycle* 1

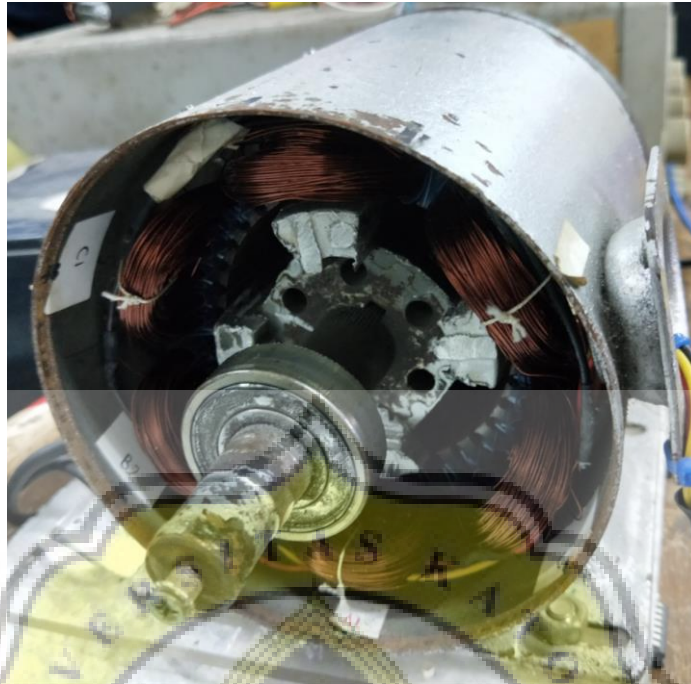
Pada Gambar 4.5 ditampilkan bentuk gelombang tegangan dan arus pada pengujian *duty cycle* 1. Terlihat bahwa bentuk gelombang pada pengujian ini lebih halus hal tersebut dikarenakan saklar bagian atas (S1) menyala secara terus menerus.

4.3. Hasil Pengujian Laboratorium

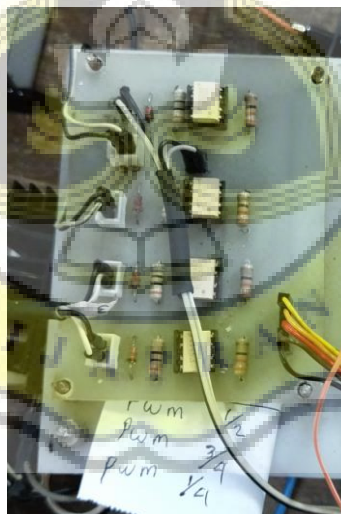
Pengimplementasi alat yang dikerjakan dan diuji coba dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Elektro Unika Soegijapranata. Uji coba dilakukan guna membuktikan kebenaran dari hasil yang sudah disimulasikan serta membuktikan bahwa dengan mengatur *duty cycle* pada pensaklaran maka kecepatan putar dari motor *switched reluctance* dapat berubah-ubah. Berikut ini beberapa gambar dari alat yang dibuat.



Gambar 4.6. Prototip yang dibuat



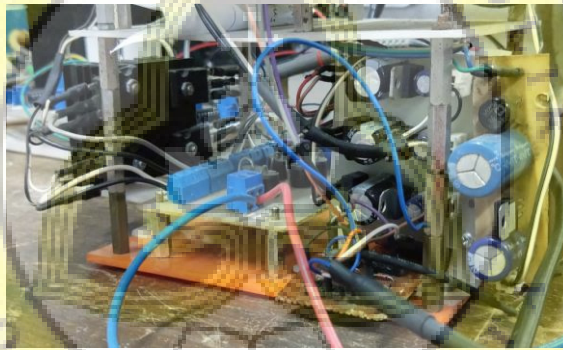
Gambar 4.7. Konstruksi dari motor *switched reluctance*



Gambar 4.8. Rangkaian *driver*



Gambar 4.9. Rangkaian DSC dsPIC30F4012



Gambar 4.10. Rangkaian konverter N+1



Gambar 4.11. Posisi pemasangan rotary encoder pada motor switched reluctance

4.3.1. Pengujian Tegangan dan Arus

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap tegangan, arus, dan kecepatan dari motor *switched reluctance*. Dengan memasang sensor deteksi arus pada masing-masing fasa dan diukur juga kecepatan dengan menggunakan *tacometer*, pengujian ini dibagi menjadi tiga tahap yaitu : pengujian pada *duty cycle* $\frac{1}{2}$, pengujian pada *duty cycle* $\frac{3}{4}$, dan pengujian pada *duty cycle* 1.

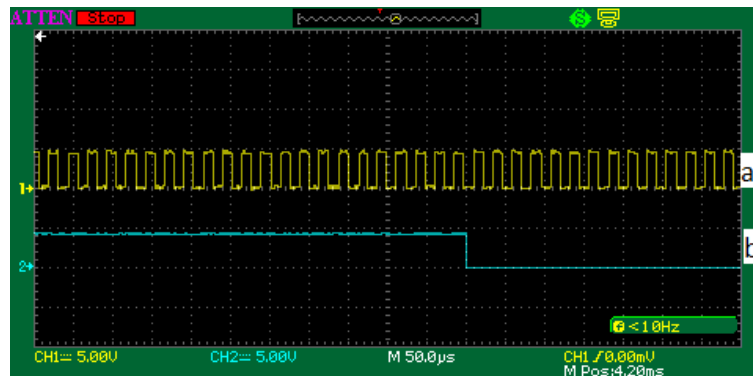
4.3.1.1. Hasil Pengujian pada *duty cycle* $\frac{1}{2}$

Pada pengujian tahap ini digunakan catu daya DC sebagai sumber dari konverter N+1. Dalam pengujian ini potensio diatur pada posisi tengah yaitu *duty cycle* $\frac{1}{2}$. Pengujian diawali dengan mengamati keluaran dari DSC dsPIC30F4012 yaitu pada PORTE RE0, RE1, RE2 dan RE3.



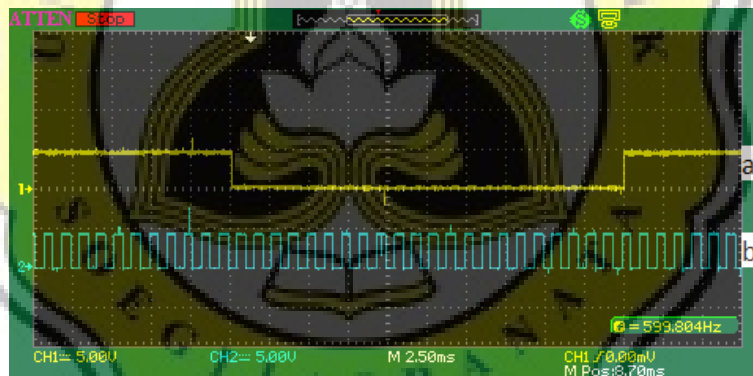
Gambar 4.12. Hasil pengujian (a) pulsa keluaran *rotary encoder* (b) pulsa setiap 2000 putaran

Pada Gambar 4.12.a terlihat gambar pulsa keluaran dari *rotary encoder* sedangkan Gambar 4.12.b merupakan sinyal yang keluar setiap *rotary encoder* membaca pulsa sebanyak 2000. Pada Gambar 4.13. diperjelas dari Gambar 4.12. dengan melakukan *zoom* dengan mengubah *time/div* menjadi 50us.

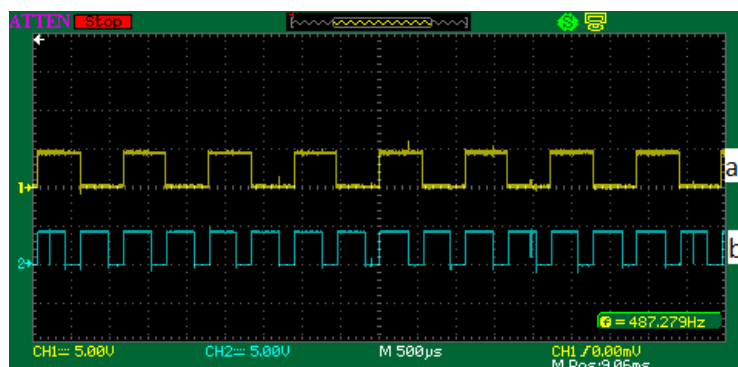


Gambar 4.13. Hasil pengujian (a) pulsa keluaran *rotary encoder* (b) pulsa setiap 2000 yang di perbesar

Hasil keluaran pulsa *rotary* tersebut kemudian dibandingkan dengan *timer interrupt* sehingga menghasilkan pola pensaklaran seperti yang terlihat pada Gambar 4.16.

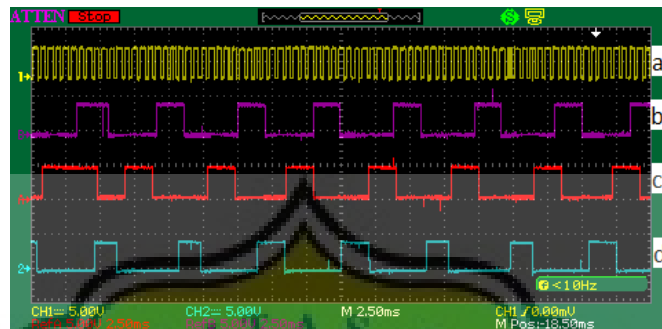


Gambar 4.14. Hasil pengujian (a) pulsa keluaran *rotary encoder* setiap 2000 (b) *timer interrupt*



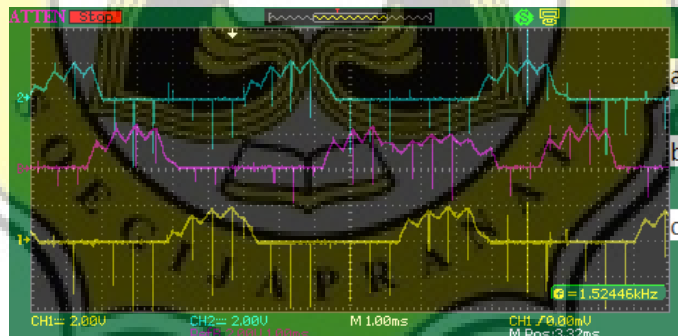
Gambar 4.15. Hasil pengujian (a) Sinyal *timer interrupt* (b) PWM pada *duty cycle* $\frac{1}{2}$

Pada Gambar 4.15. ditampilkan sinyal dari *timer interrupt* dan sinyal PWM dengan *duty cycle* $\frac{1}{2}$. Sinyal PWM dihasilkan dari perbandingan *timer interrupt* yang dibandingkan dengan sinyal DC terlihat pada Gambar 4.15.b.

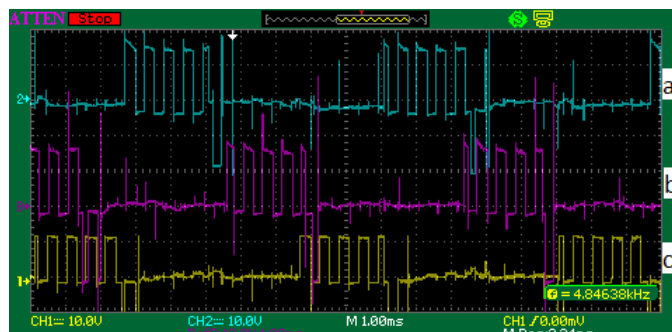


Gambar 4.16. Hasil Pengujian *Output* PORTE RE3, RE0, RE1, dan RE2

Dari Gambar 4.16. bisa dilihat pola pensaklaran yang dihasilkan DSC nantinya digunakan untuk mengendalikan MOSFET pada konverter N+1 sehingga motor dapat berputar.

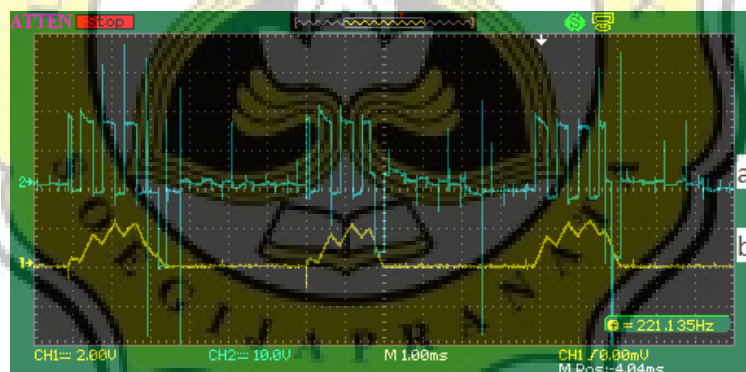


Gambar 4.17. Hasil pengujian gelombang arus pada (a) fasa A, (b) fasa B, (c) fasa C



Gambar 4.18. Hasil pengujian gelombang tegangan pada (a) fasa A, (b) fasa B, (c) fasa C

Gambar 4.17. merupakan gelombang arus pada masing-masing fasa yang diukur menggunakan sensor arus dengan perbandingan 1:1 ($1A = 1V$) sehingga pada Gambar 4.17. terukur sebesar 2A sedangkan Gambar 4.18. merupakan gelombang tegangan pada masing-masing fasa yang terukur sebesar 16V. Masing-masing tegangan dan arus pada Gambar 4.17. dan Gambar 4.18. saling tergeser 120° . Pada Gambar 4.19. ditampilkan gelombang tegangan dan arus dalam satuan waktu. Bentuk dari gelombang tegangan adalah gelombang kotak ON-OFF-ON-OFF dengan *duty cycle* $\frac{1}{2}$ yang disebabkan oleh sinyal PWM sedangkan bentuk gelombang arusnya adalah gelombang sinus pada sisi positifnya. Saat tegangan ON maka arus akan naik, ketika tegangan OFF maka arus akan turun. Hal tersebut yang menyebabkan arus pada pengujian ini berbentuk kasar (seperti gigi gergaji).



Gambar 4.19. Hasil pengujian (a) gelombang tegangan (b) gelombang arus salah satu fasa

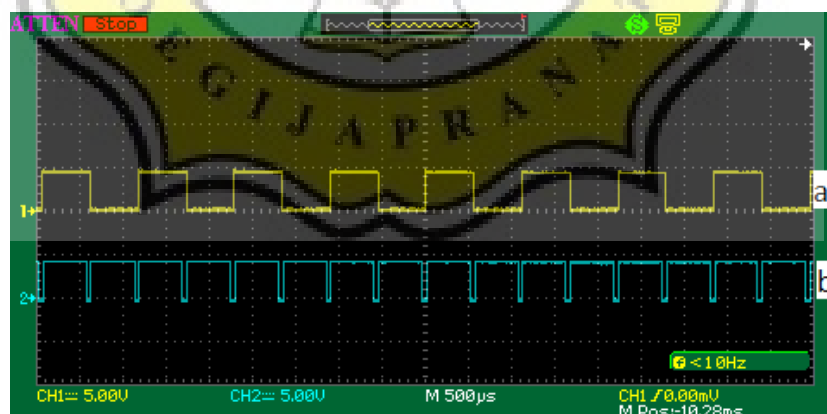
Setelah pengambilan data dari bentuk gelombang dan arus, diukur juga kecepatan pada pengujian ini dengan menggunakan *tacometer*. Pada Gambar 4.20. ditampilkan hasil pengujian kecepatan pada kondisi *duty cycle* $\frac{1}{2}$ dan didapatkan hasil putaran motor pada kecepatan 2399,3 RPM.



Gambar 4.20. Hasil pengujian kecepatan pada *duty cycle* $\frac{1}{2}$

4.3.1.2. Hasil pengujian pada *duty cycle* $\frac{3}{4}$

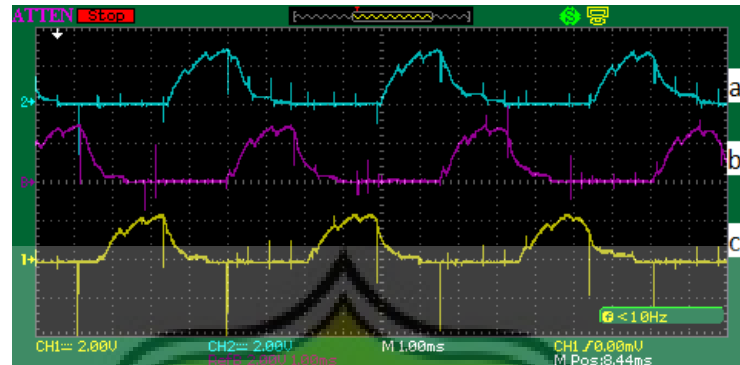
Setelah dilakukan pengujian pada *duty cycle* $\frac{1}{2}$ sekarang akan dibahas hasil dari pengujian pada *duty cycle* $\frac{3}{4}$. Pengujian dilakukan dengan memutar potensio pada posisi hampir penuh (posisi $\frac{3}{4}$). Pengukuran yang pertama kali diamati adalah sinyal *timer interrupt* dengan sinyal PWM seperti yang terlihat pada Gambar 4.21.



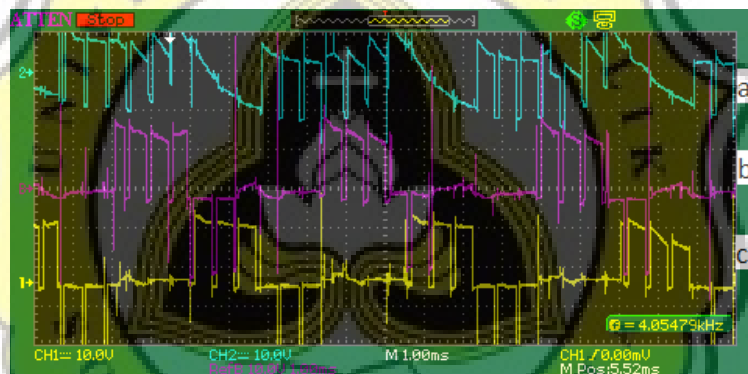
Gambar 4.21. Hasil pengujian (a) sinyal *timer interrupt* dan (b) PWM pada *duty cycle* $\frac{3}{4}$

Dapat dilihat pada Gambar 4.21. bahwa sinyal PWM lebih lama penyalannya dibandingkan pada pengujian pada *duty cycle* $\frac{1}{2}$. Sinyal inilah yang

mengakibatkan kecepatan pada motor dapat berubah. Berikutnya akan ditampilkan dari gelombang tegangan dan arus setiap fasa.

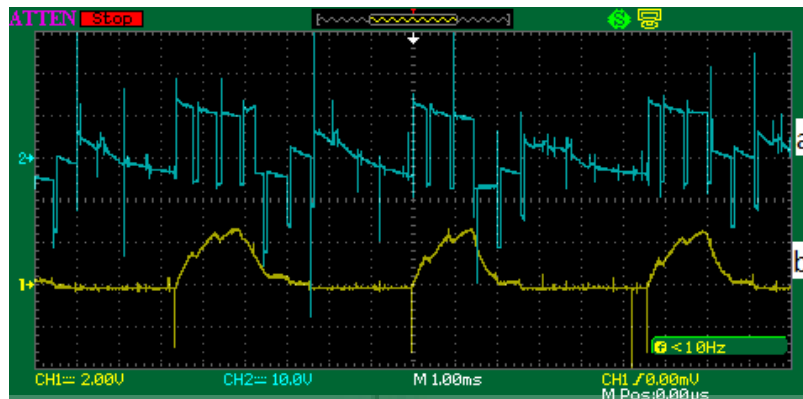


Gambar 4.22. Hasil pengujian gelombang arus pada (a) fasa A, (b) fasa B, (c) fasa C



Gambar 4.23. Hasil pengujian gelombang tegangan pada (a) fasa A, (b) fasa B, (c) fasa C

Pada Gambar 4.22. ditampilkan bentuk gelombang arus dari masing-masing fasa sedangkan pada Gambar 4.23. ditampilkan gelombang tegangan pada masing-masing fasa. Pada pengujian ini bentuk gelombang tegangannya menyala lebih lama sedangkan waktu matinya lebih sedikit dibandingkan pada pengujian sebelumnya. Hal tersebut berpengaruh pada bentuk arusnya, bentuk arus pada pengujian *duty cycle* $\frac{3}{4}$ menghasilkan bentuk arus yang lebih halus dibandingkan dengan pengujian pada *duty cycle* $\frac{1}{2}$ namun masih terlihat bentuk sinyal gergaji pada arusnya.



Gambar 4.24. Hasil pengujian (a) gelombang tegangan (b) gelombang arus salah satu fasa

Pada pengujian ini tegangan yang terukur bernilai sebesar 16V sedangkan arusnya terukur sebesar 3A. Pada pengujian ini diukur pula kecepatannya dengan menggunakan *tacometer* dan hasilnya sebesar 2688,6 RPM seperti yang terlihat pada Gambar 4.25.

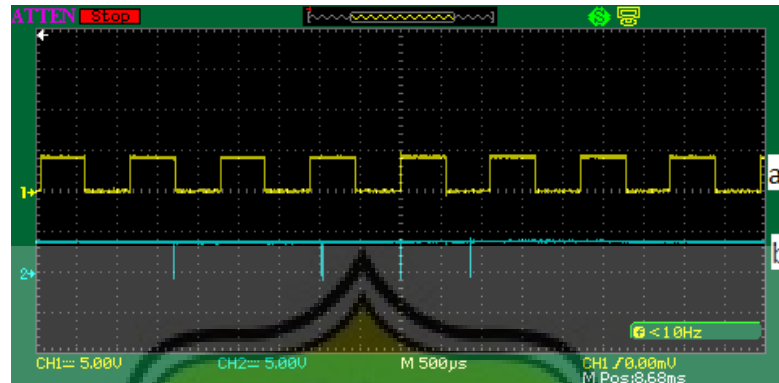


Gambar 4.25. Hasil pengujian kecepatan pada *duty cycle* $\frac{3}{4}$

4.3.1.3. Hasil pengujian pada *duty cycle* 1

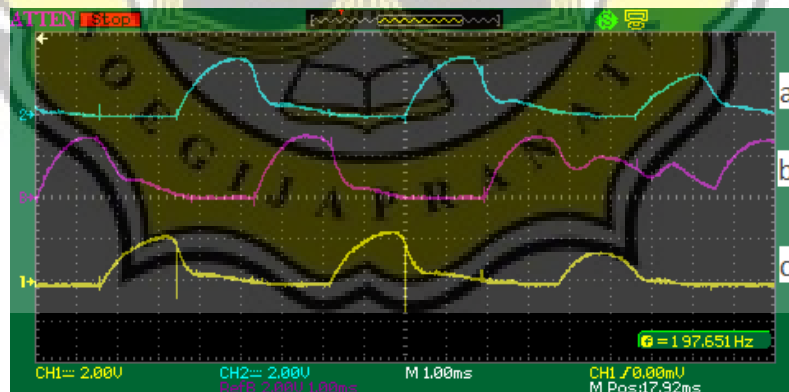
Pada pengujian kali ini *duty cycle* diatur pada kondisi 1 (ON penuh) dengan memutar potensio pada posisi maksimal. Seperti pada pengujian

sebelumnya yaitu pengukuran diawali dengan melihat sinyal *timer interrupt* dan sinyal PWM seperti yang terlihat pada gambar 4.26.

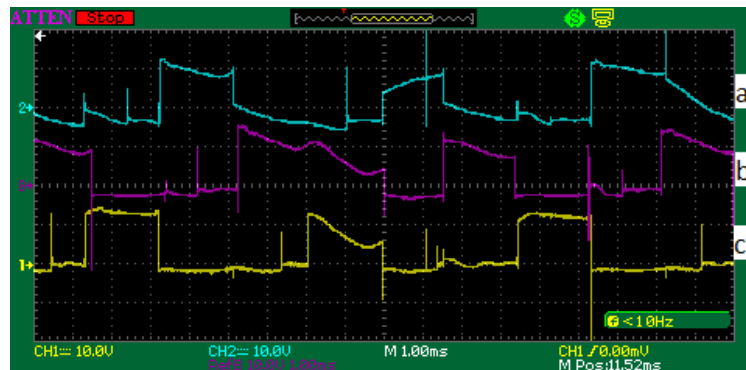


Gambar 4.26. Hasil pengujian (a) sinyal *timer interrupt* dan (b) PWM pada *duty cycle* 1

Pada Gambar 4.26. dapat dilihat bahwa sinyal PWM pada kondisi 1 dapat diartikan bahwa PWM ON terus. Sinyal PWM akan berpengaruh terhadap bentuk gelombang tegangan dan arus serta kecepatan putar dari motor. Berikut ini akan ditampilkan gelombang tegangan dan arus dari hasil pengujian pada *duty cycle* 1.

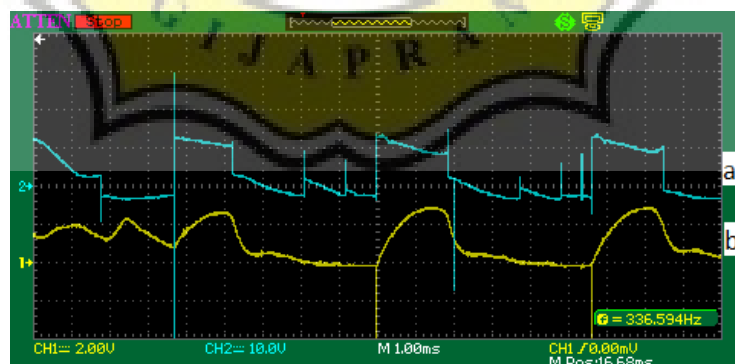


Gambar 4.27. Hasil pengujian gelombang arus pada (a) fasa A, (b) fasa B, (c) fasa C



Gambar 4.28. Hasil pengujian gelombang tegangan pada (a) fasa A, (b) fasa B, (c) fasa C

Pada Gambar 4.27. ditampilkan bentuk gelombang arus dari masing-masing fasa sedangkan pada Gambar 4.28. ditampilkan gelombang tegangan pada masing-masing fasa. Pada pengujian ini gelombang tegangan berbentuk gelombang kotak ON dan OFF sehingga lebih baik dibandingkan dengan pengujian pada *duty cycle* $\frac{1}{2}$ maupun $\frac{3}{4}$. Hal tersebut juga berpengaruh pada bentuk arusnya, bentuk arus pada pengujian *duty cycle* 1 menghasilkan bentuk arus yang lebih halus dibandingkan dengan pengujian pada *duty cycle* $\frac{1}{2}$ maupun *duty cycle* $\frac{3}{4}$.



Gambar 4.29. Hasil pengujian (a) gelombang tegangan (b) gelombang arus salah satu fasa

Pada pengujian ini tegangan yang terukur sebesar 16 V sedangkan arusnya terukur 3A. Selain mengukur tegangan dan arus, dilakukan pula pengukuran

kecepatan dan didapatkan hasil sebesar 2743 RPM seperti yang terlihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30. Hasil pengujian kecepatan pada *duty cycle* 1

4.4. Hasil Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian dan didapatkan hasil, kemudian dilakukan analisa terhadap hasil tersebut yang digunakan untuk membandingkan kecepatan tegangan dan arus. Hasil pengujian terlihat pada Tabel 4.1

Tabel. 4.1. Hasil pengujian

Kondisi	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan (RPM)
<i>Duty cycle</i> ½	16 V	2 A	2399,3 RPM
<i>Duty cycle</i> ¾	16 V	3 A	2688,6 RPM
<i>Duty cycle</i> 1	16 V	3 A	2743 RPM

Dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa dengan tegangan yang konstan, kecepatan motor dapat berubah-ubah hanya dengan mengatur *duty cyclenya*. Semakin lama ON pada *duty cycle* maka semakin cepat putaran dari motor.