

BAB IV

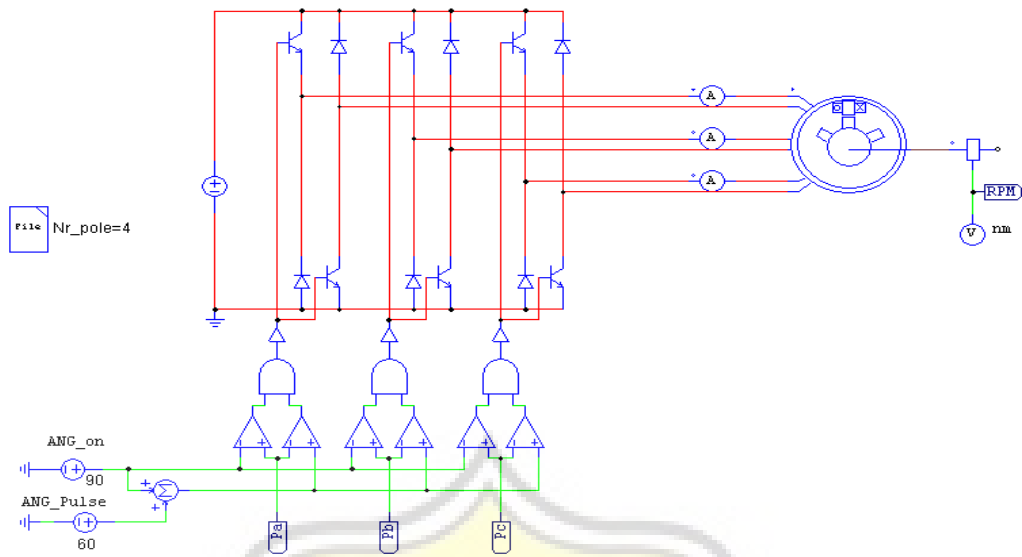
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan tentang simulasi dan hasil penelitian serta analisa Motor *Switched Reluctance*. Pengujian alat ini dilakukan di Laboratorium Progam Studi Teknik Elektro. Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan analisa dan perbandingan terhadap motor dengan rangkaian seri maupun paralel, kecepatan Switched Reluctance Motor 3 fasa, serta di uraikan hasil pengujian dan pembahasan.

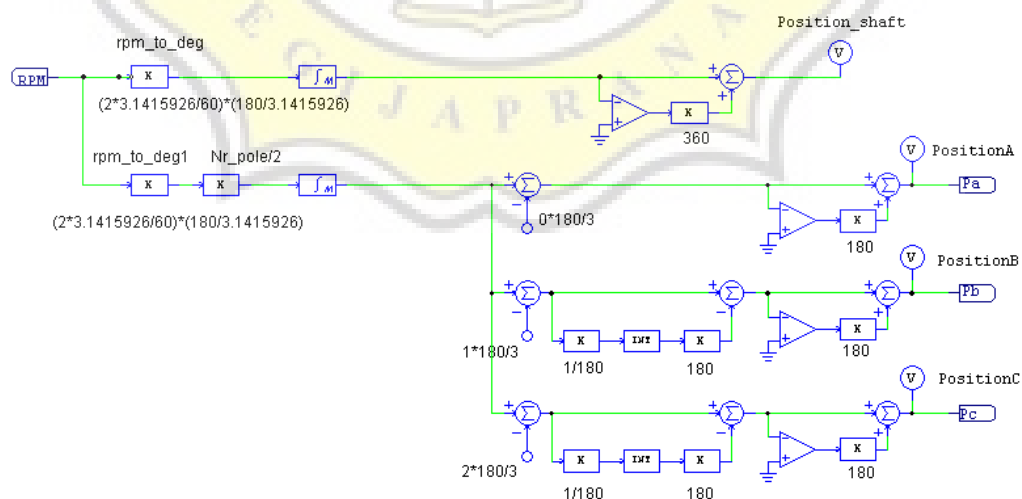
4.2 Simulasi pada *Software* PSIM

Simulasi tugas akhir ini menggunakan *software* PSIM, dengan demikian dapat memberikan gambaran hasil mendekati kondisi nyata. Pada simulasi ini masih menggunakan kontrol analog, di mana hidup matinya saklar statis diatur oleh time delay. Berikut merupakan skema sistem yang telah dirancang dan disimulasikan.

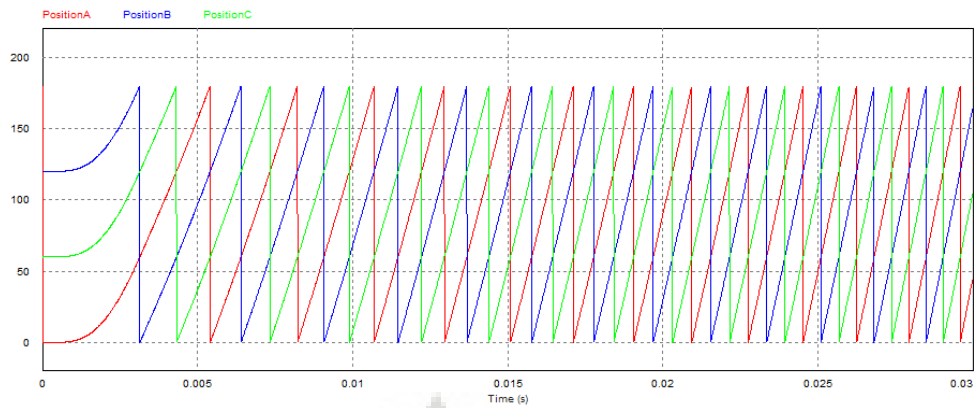


Gambar 4.1. Skema rangkaian Switched Reluctance Motor

Pada simulasi ini digunakan inverter 3 fasa dengan 6 saklar. Untuk mengontrol posisi rotor dan kecepatan motor yang pertama dilakukan adalah dengan mengkonversi nilai kecepatan motor yang dihasilkan (RPM) menjadi rad/s di mana nilainya nanti akan digunakan sebagai acuan posisi sensor. Setelah itu nilai referensi dari posisi sensor akan digunakan untuk mengatur duty cycle pada saklar inverter, yang pada akhirnya akan mengatur kecepatan motor.

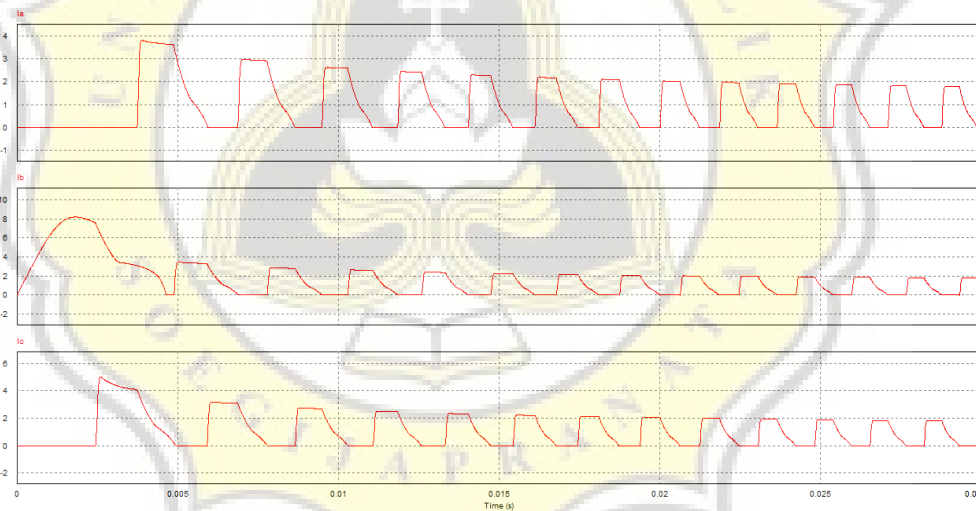


Gambar 4.2. Skema rangkaian kontrol Switched Reluctance Motor



Gambar 4.3. Sinyal Hall Effect

Pada simulasi ini, dihasilkan keluaran sinyal dari Hall effect di mana masing-masing sensor berjarak 30° , kemudian keluaran dari sensor hall effect digunakan untuk mengatur mati hidupnya saklar pada inverter.



Gambar 4.4. Arus Motor Switched Reluctance

Dari Pensaklaran PWM akan mengendalikan inverter 3 fasa dan menentukan arah arus dari sumber menuju beban motor. Dan pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa motor sudah berputar. Ini membuktikan bahwa inverter tiga fasa yang berperan menjadi driver Motor *Switched Reluctance* sudah bekerja baik.

4.3 Hasil Alat

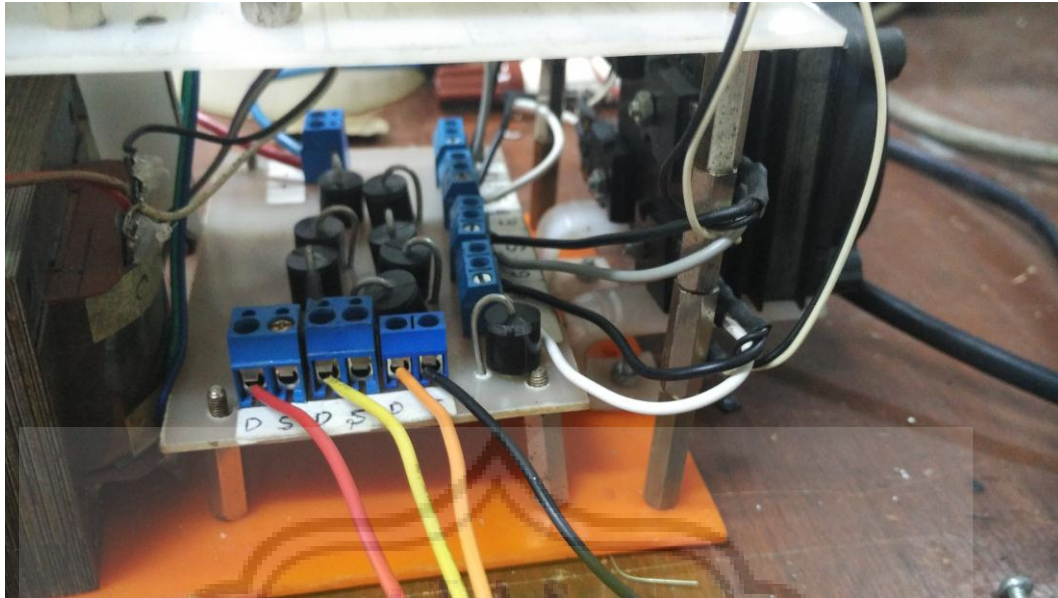
Disini akan dibahas mengenai foto realisasi dari Motor Switched Reluctance, yang meliputi konstruksi rotor dan stator, konverter daya, dan rangkaian kontrol, untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari Gambar di bawah ini.



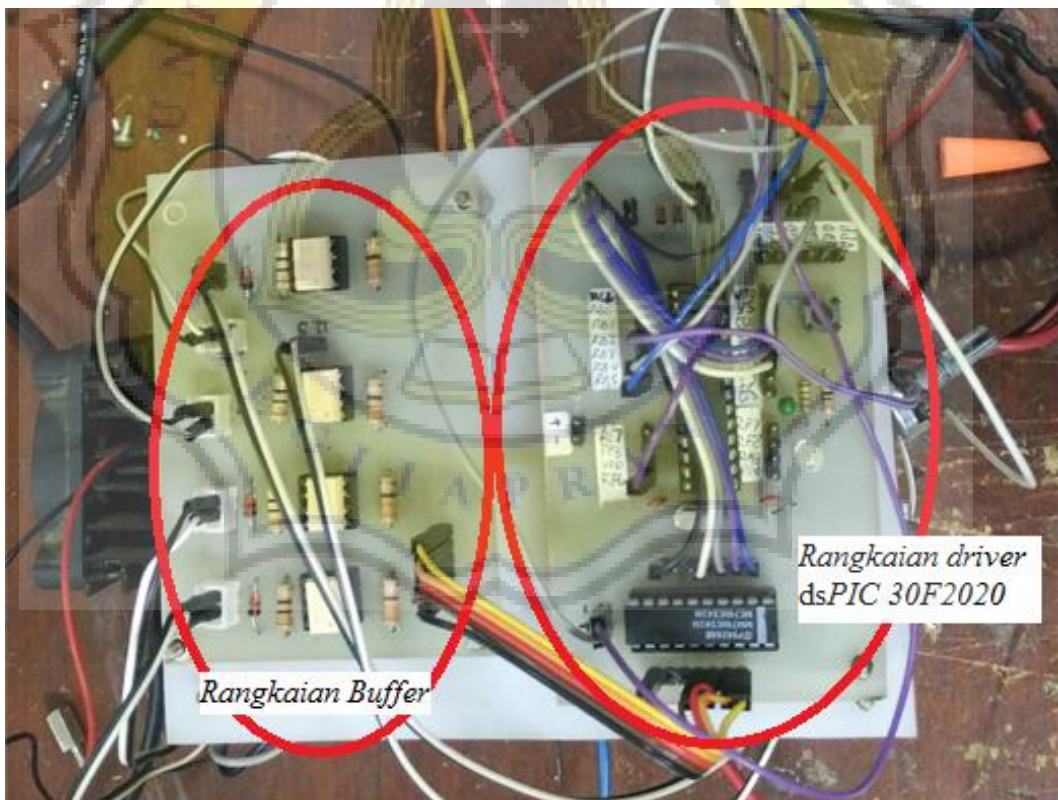
Gambar 4.5. Konstruksi Stator 6 Kutub



Gambar 4.6. Konstruksi rotor 4 Kutub



Gambar 4.7. Rangkaian Konverter daya tipe N+1 *switched konverter*



Gambar 4.8. Rangkaian *buffer* dan rangkaian kontrol digital *dsPIC 30F2020*

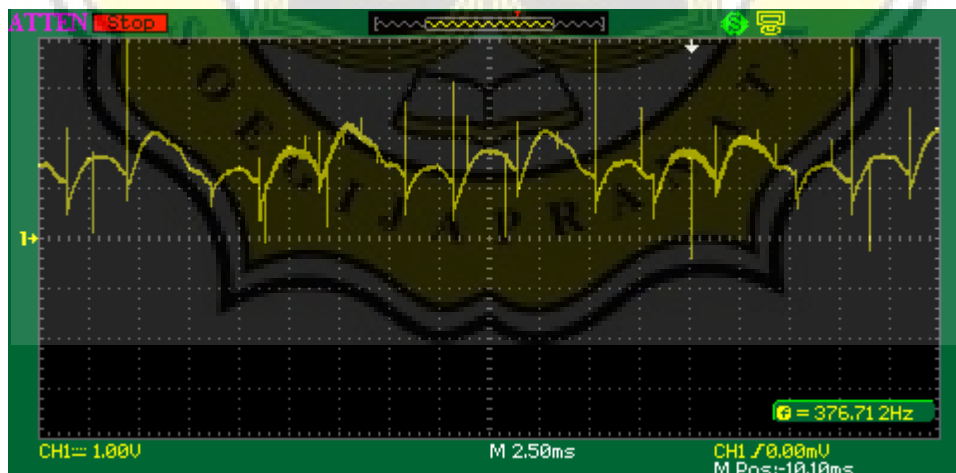
4.4 Pengujian Tegangan Dan Arus

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap tegangan dan arus dari Motor *Switched Reluctance*. Pada pengujian ini Motor *Switched Reluctance* dibagi menjadi 2 menurut rangkaian belitan statornya, yaitu saat rangkaian seri maupun paralel hal ini bertujuan untuk membandingkan mana yang lebih efisiensi dari kedua rangkaian stator tersebut. Dan masing-masing rangkaian dibagi menjadi 2 kondisi, yaitu dengan PWM maupun tanpa PWM.

4.4.1 Rangkaian Seri

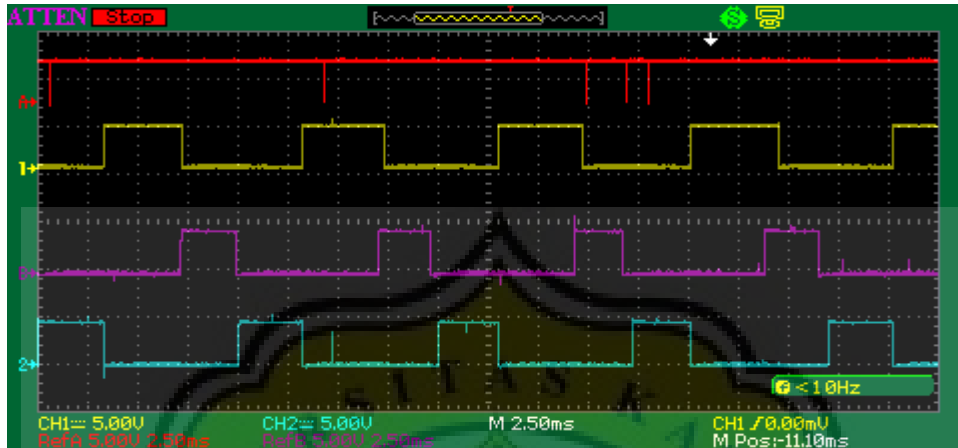
4.4.1.1 Tanpa PWM

Dalam tahap ini, pengujian dilakukan dengan menggunakan catu daya DC sebagai sumber inverter 3 fasa. Dalam pengujian ini potensio diatur pada kondisi penuh, dan tanpa duty diartikan dengan 1. Pengujian diawali dengan melihat arus dari sumber apakah sudah mengalir arus atau belum.



Gambar 4.9. Arus dari catu daya skala 10x (duty=1)

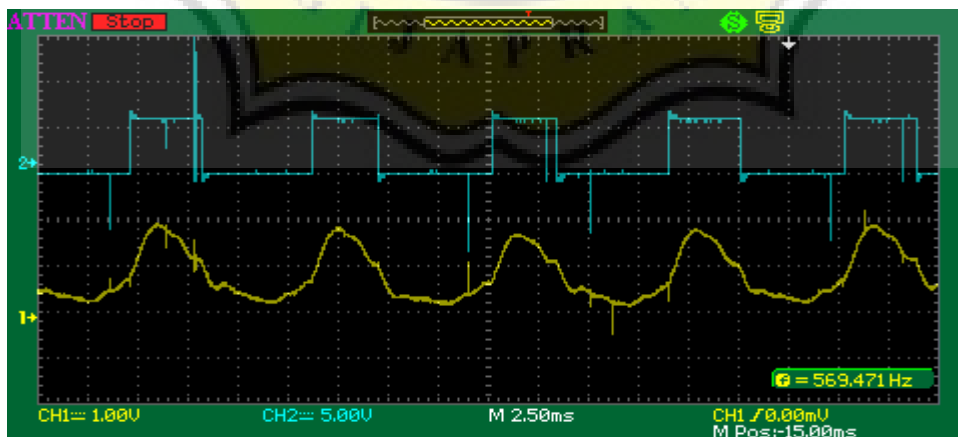
Kemudian tahap yang dilakukan adalah mengamati output dari mikrokontroler dsPIC30f2020 yang di mana digunakan PORTE mulai dari RE0-RE3 sebagai port keluaran.



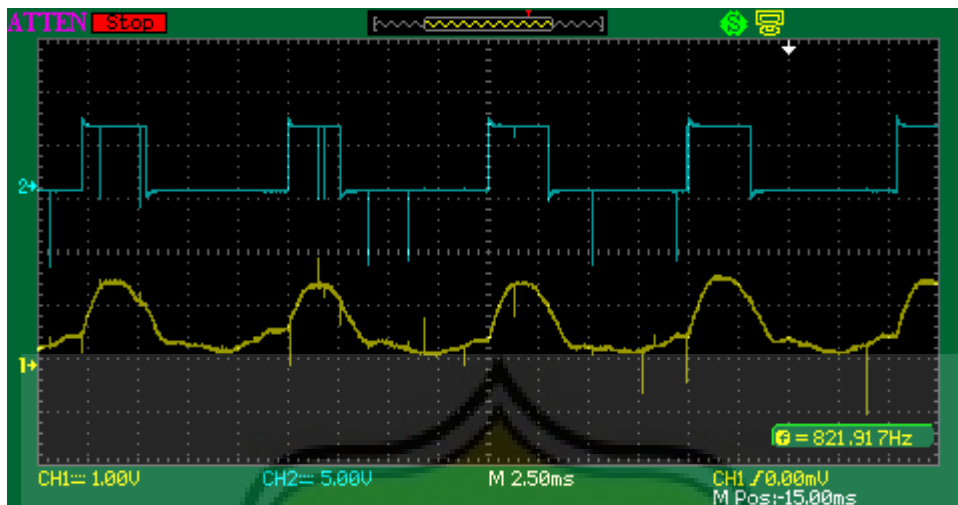
Gambar 4.10. Output Mikrokontrol RE0, RE1, RE2 dan RE3

Dari gambar di atas ditunjukkan sebagai output dari mikrokontrol yang nantinya akan menjadi inputan driver untuk mengendalikan IGBT pada inverter. Sinyal dari keluaran dsPIC30f2020 ini bergantung pada inputan mikrokontrol dari *hall effect*.

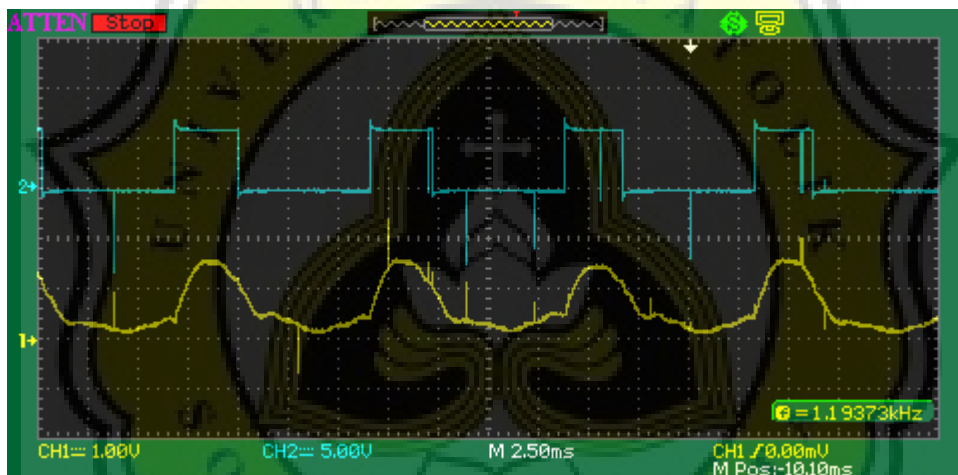
Tahap berikutnya adalah mengamati bentuk gelombang masing-masing keluaran dari tegangan arus antar fasa.



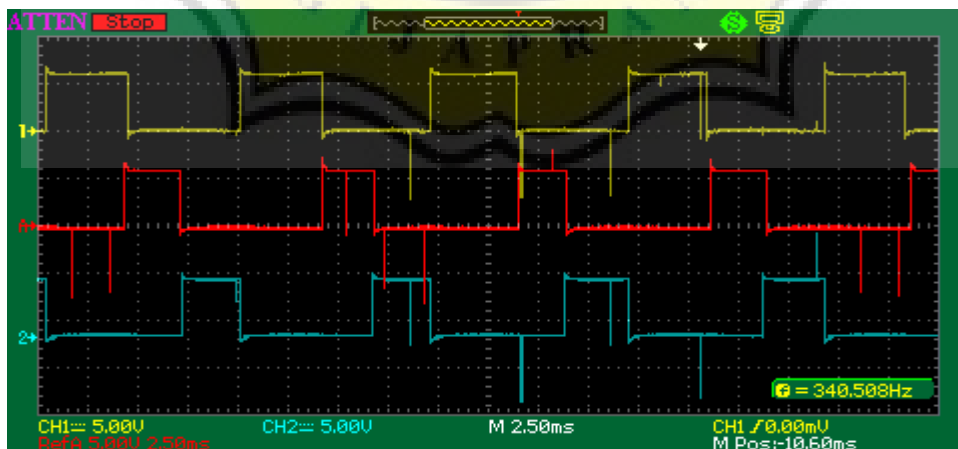
Gambar 4.11. Tegangan dan arus per fasa skala 10x Van



Gambar 4.12. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{bn}

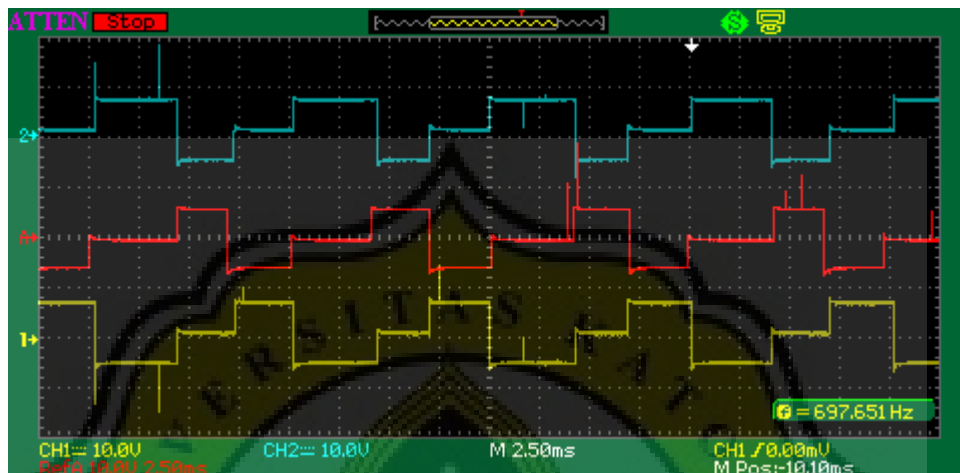


Gambar 4.13. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{cn}



Gambar 4.14. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{an} , V_{bn} , V_{cn} dalam satu screen

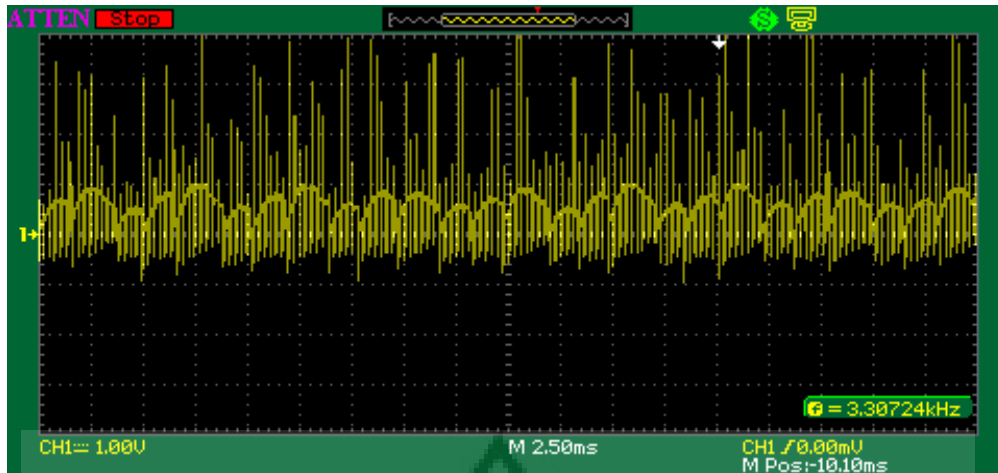
Pada Gambar 4.14 terlihat bahwa tegangan per fasanya bergeser 120° antara satu dengan yang lain. Pergeseran ini bertujuan agar terjadi perputaran oleh medan pada stator. Kemudian tahap pengujian yang yang perlu diamati berikutnya adalah tegangan antar fasa yaitu A-B, B-C, C-A.



Gambar 4.15. Tegangan antar fasa

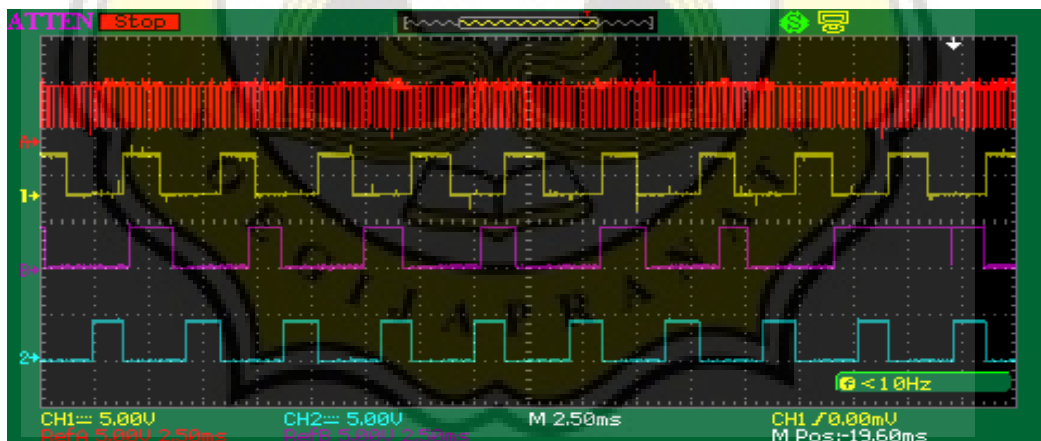
4.4.1.2 PWM

Setelah sebelumnya, pengujian dilakukan tanpa PWM dan potensio berada pada kondisi penuh, maka dalam pengujian ini potensio diatur pada kondisi di mana motor dalam kondisi kecepatan maksimal. Pengujian tetap diawali dengan melihat arus dari sumber apakah sudah mengalir arus atau belum.



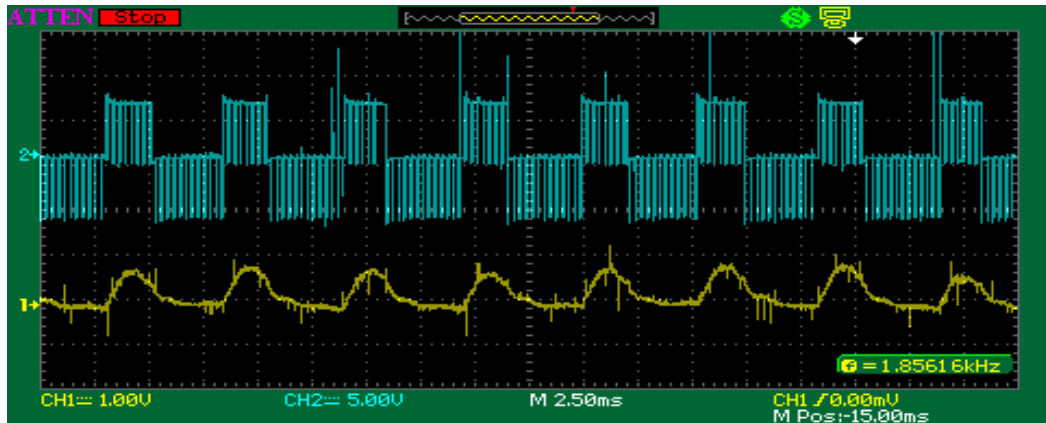
Gambar 4.16. Arus dari catu daya skala 10x dengan PWM

Dari gambar di atas dapat dibandingkan pada saat motor berjalan tanpa PWM dan dengan PWM, di mana pada kondisi dengan PWM terjadi peningkatan arus pada motor yang mengakibatkan torsi motor lebih besar dibanding dengan kondisi tanpa PWM. Kemudian tahap yang sama dilakukan adalah mengamati output dari mikrokontroler dsPIC30f2020.

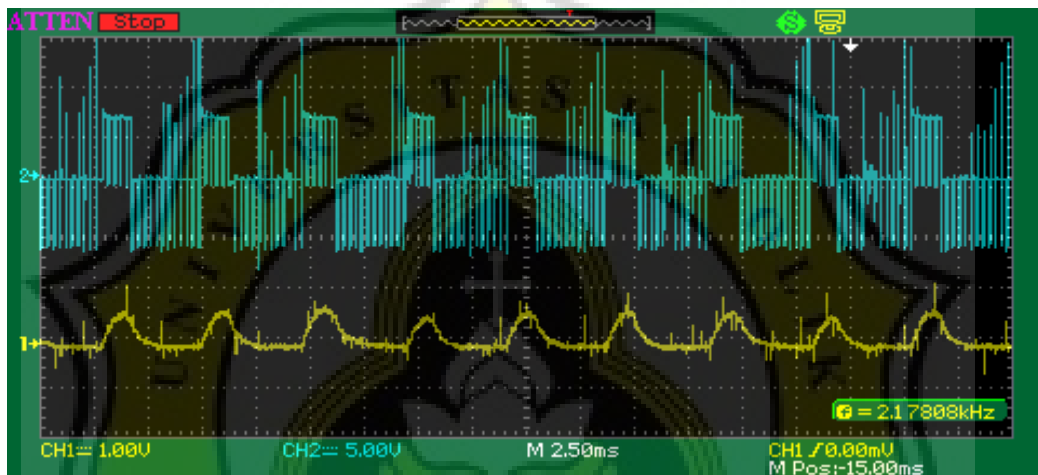


Gambar 4.17. Output Mikrokontroler RE0, RE1, RE2 dan RE3 dengan PWM

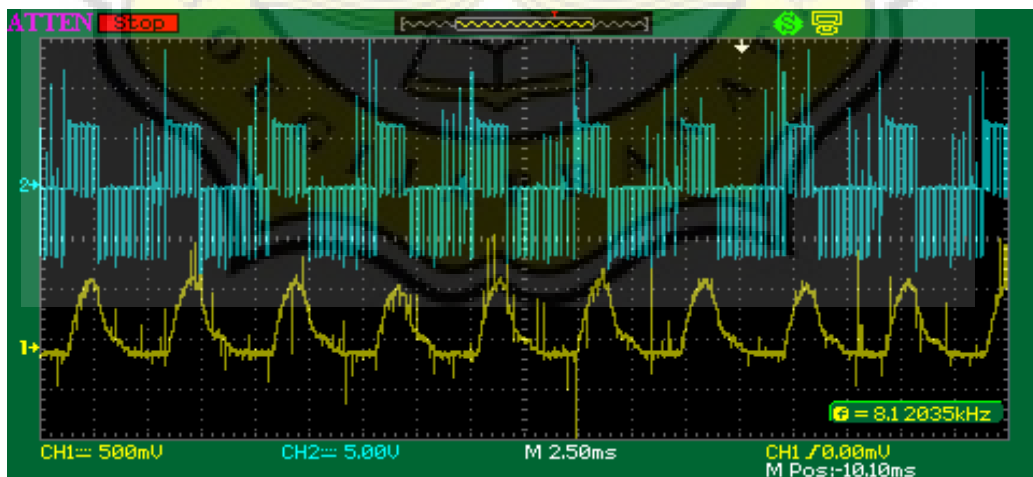
Dapat dilihat pada gambar bahwa setiap sinyal keluaran dari mikrokontroler dsPIC30f2020 ber-PWM dengan duty tertentu. Sinyal ini mengakibatkan kecepatan pada motor *switched reluctance* berubah, bahkan dalam kondisi kecepatan maksimal. Berikutnya adalah mengamati tegangan dan arus setiap fasa.



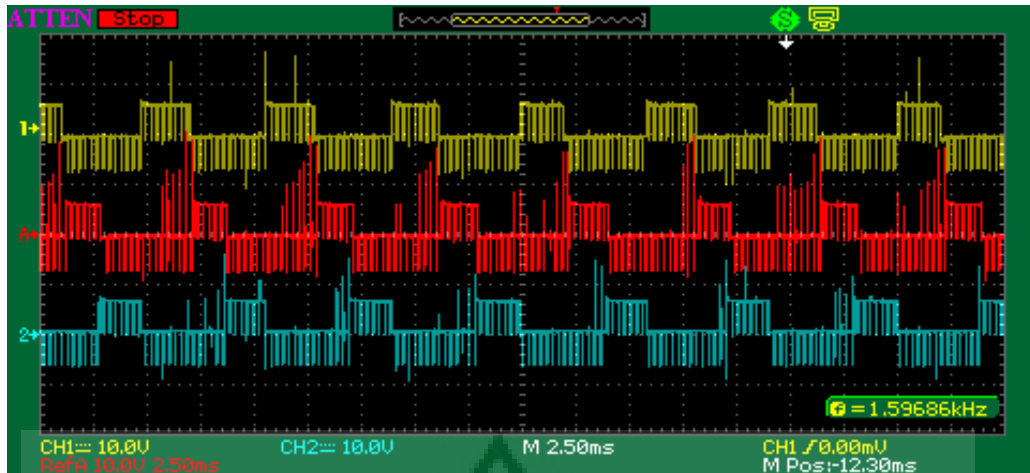
Gambar 4.18. Tegangan dan arus per fasa skala 10x Van



Gambar 4.19. Tegangan dan arus per fasa skala 10x Vbn

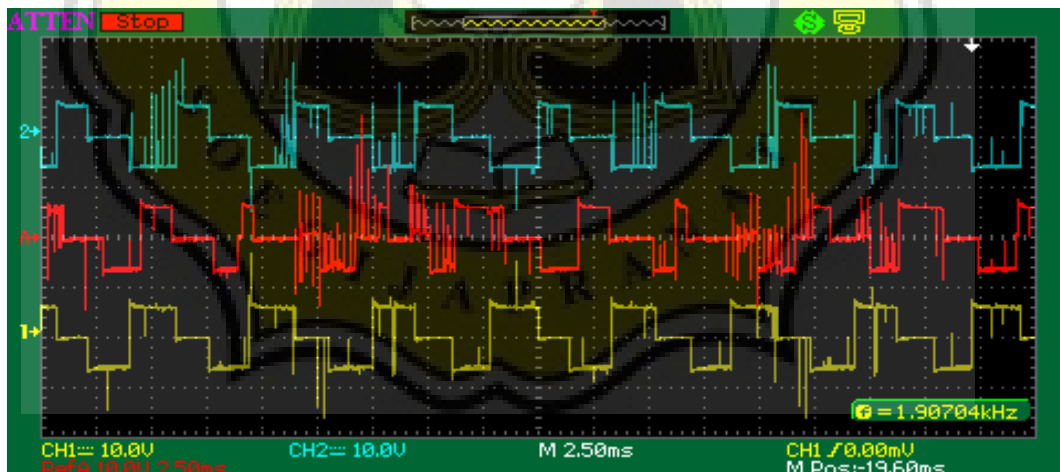


Gambar 4.20. Tegangan dan arus per fasa skala 10x Vcn

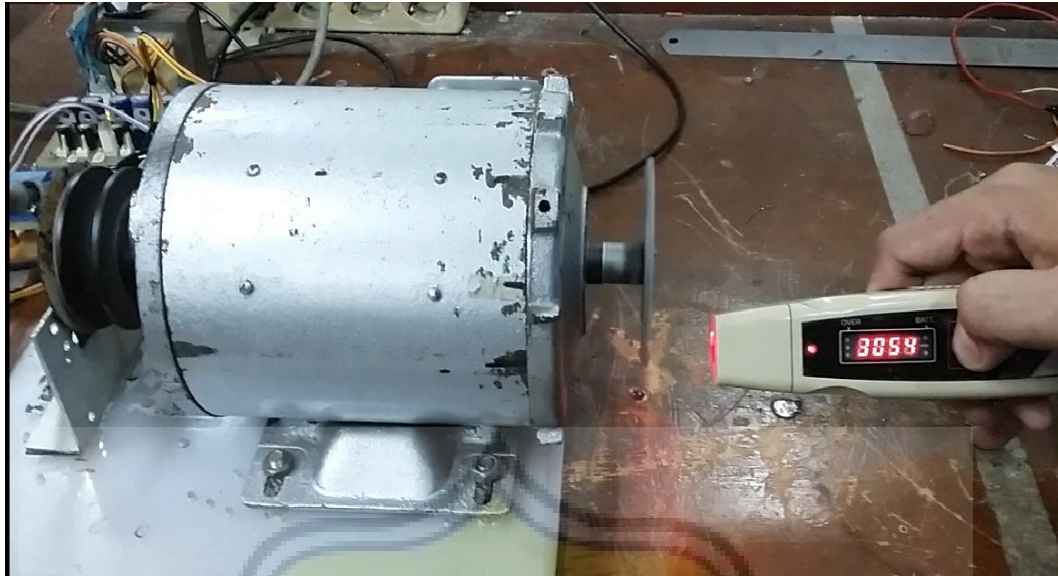


Gambar 4.21. Tegangan dan arus per fasa skala 10x Van, Vbn, Vcn dalam satu screen dengan PWM

Sinyal pensaklaran berada pada kondisi dengan PWM sehingga mengakibatkan outputan dari inverter juga ber-PWM. Hasil Sinyal inilah yang menyebabkan kecepatan pada Motor *Switched Reluctance* dapat diatur secara variabel sesuai *duty* yang diinginkan. Berikutnya akan diamati tegangan dan arus antar fasanya.



Gambar 4.22. Tegangan dan arus antar fasa dengan PWM

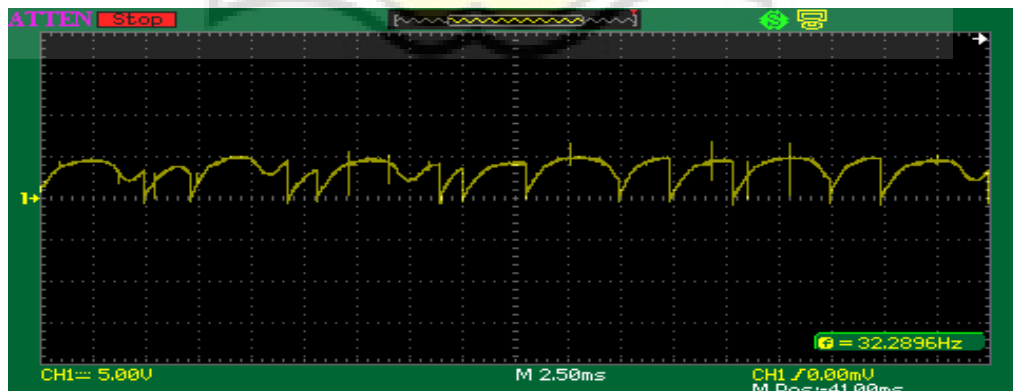


Gambar 4.23. RPM maksimal motor rangkaian seri

4.4.2 Rangkaian Paralel

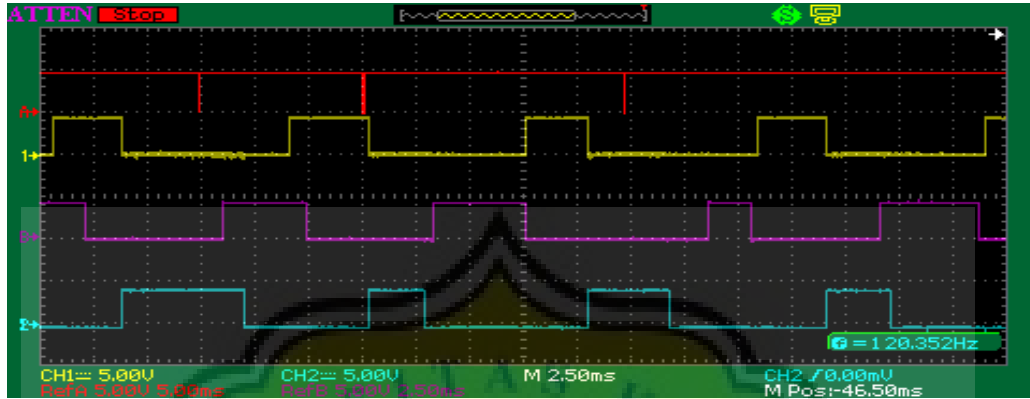
4.4.2.1 Tanpa PWM

Selanjutnya pengujian yang dilakukan adalah menganalisa tegangan dan arus dari Motor *Switched Reluctance* dengan rangkaian stator paralel, pengujian ini bertujuan untuk membandingkan hasil keluaran dari Motor *Switched Reluctance* jika dirangkai seri dan paralel. Dalam pengujian ini potensio diatur pada kondisi penuh, dan tanpa dengan duty diartikan 1. Pengujian diawali dengan melihat arus dari sumber apakah sudah mengalir arus atau belum.



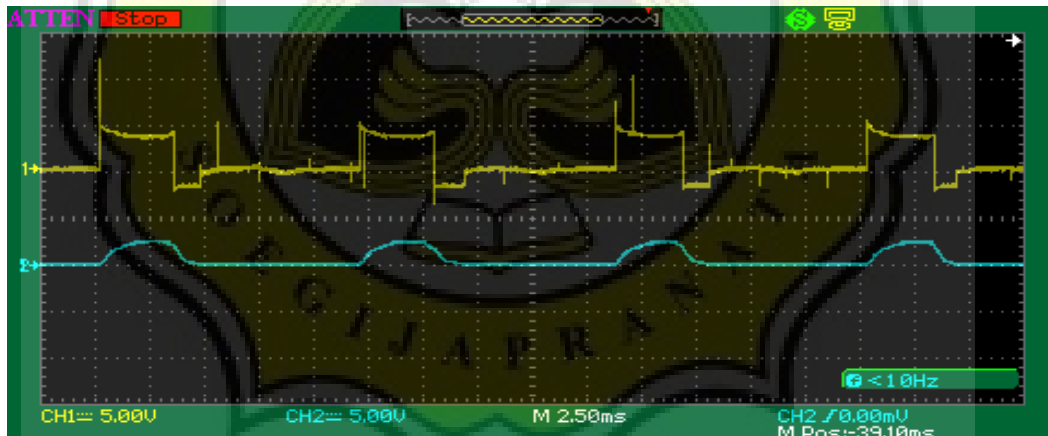
Gambar 4.24. Arus dari catu daya skala 10x (duty=1) (paralel)

Kemudian tahap yang dilakukan selanjutnya adalah mengamati output dari mikrokontroler dsPIC30f2020 yang di mana digunakan PORTE mulai dari RE0-RE3 sebagai port keluaran.

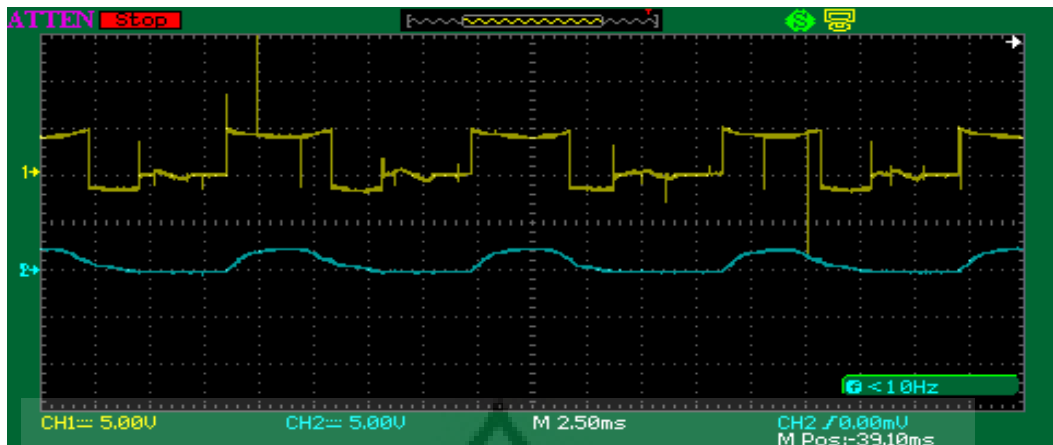


Gambar 4.25. Output Mikrokontrol RE0, RE1, RE2 dan RE3

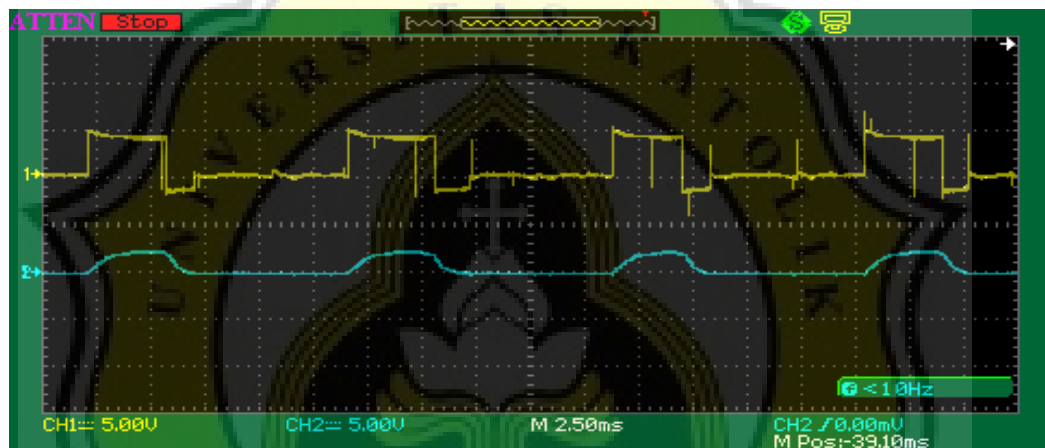
Tahap berikutnya adalah mengamati bentuk gelombang masing-masing keluaran dari tegangan arus antar fasa.



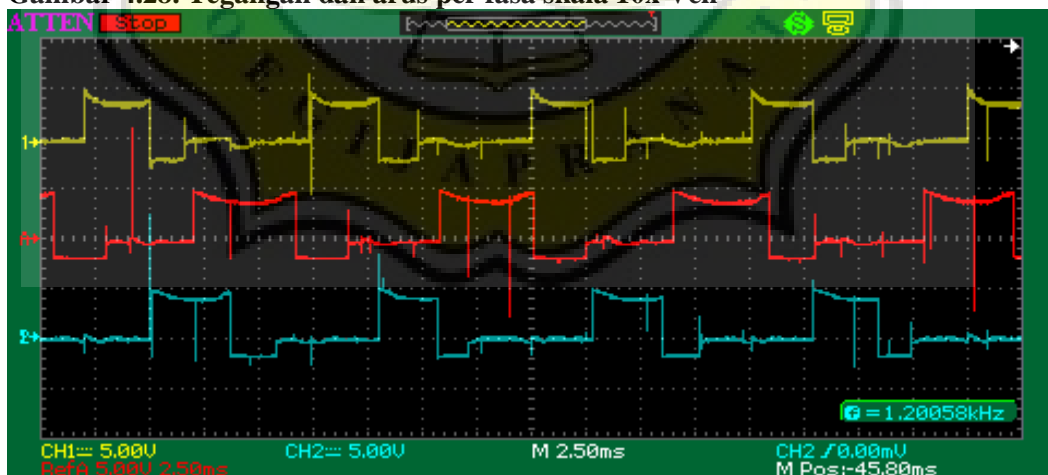
Gambar 4.26. Tegangan dan arus per fasa skala 10x Van



Gambar 4.27. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{bn}

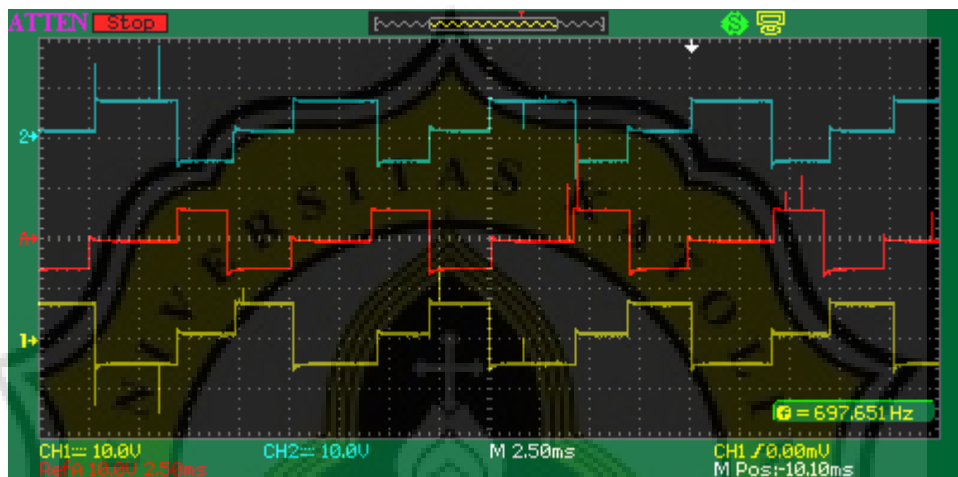


Gambar 4.28. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{cn}



Gambar 4.29. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{an}, V_{bn}, V_{cn} dalam satu screen

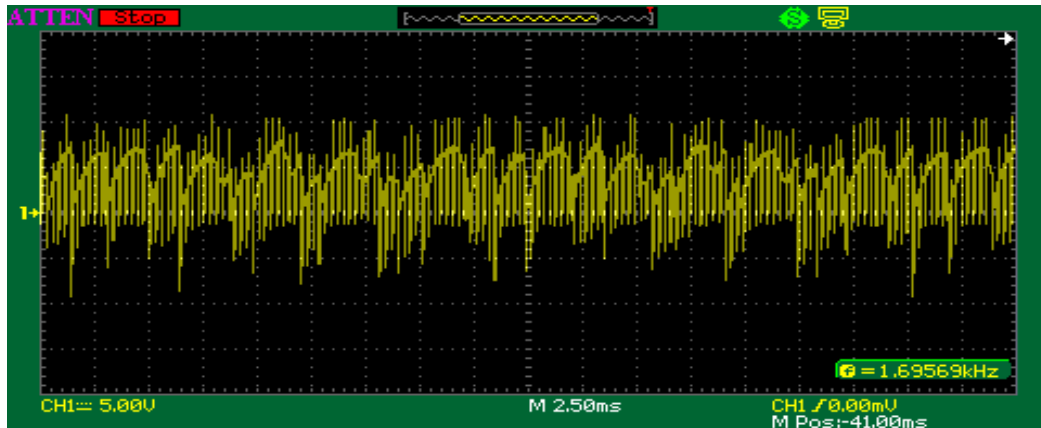
Pada gambar terlihat bahwa tegangan per fasanya bergeser 120° antara satu dengan yang lain, dan jika dibandingkan dengan rangkaian seri terlihat arus pada paralel lebih kecil sehingga torsi yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan rangkaian seri. Kemudian tahap pengujian yang yang perlu diamati berikutnya adalah tegangan antar fasa yaitu A-B, B-C, C-A.



Gambar 4.30. Tegangan antar fasa

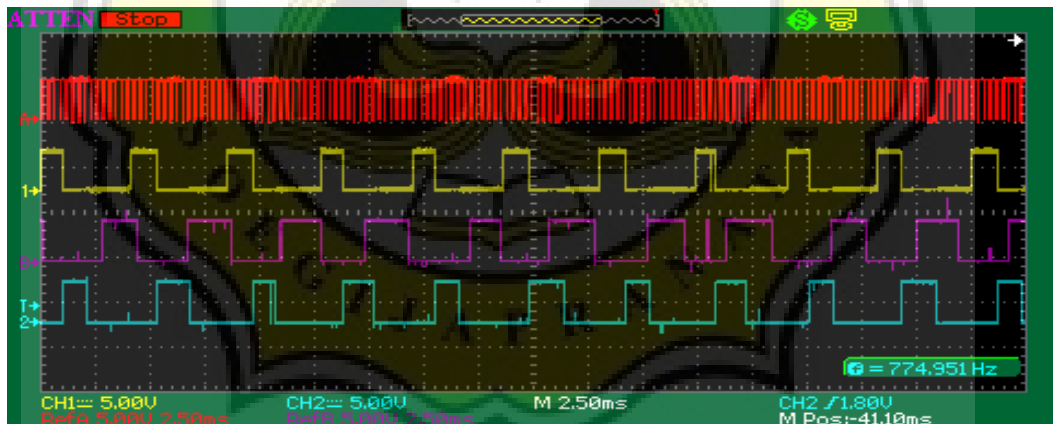
4.4.2.2 PWM

Setelah sebelumnya, pengujian dilakukan tanpa PWM dan potensio berada pada kondisi penuh, maka dalam pengujian ini potensio diatur pada kondisi di mana motor dalam kondisi kecepatan maksimal. Pengujian tetap diawali dengan melihat arus dari sumber apakah sudah mengalir arus atau belum.



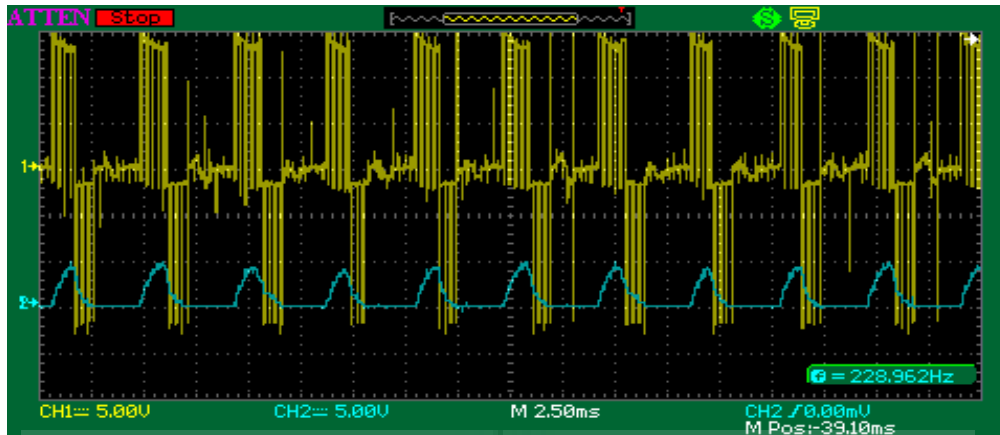
Gambar 4.31. Arus dari catu daya skala 10x dengan PWM (paralel)

Dari gambar di atas dapat dibandingkan pada saat motor berjalan tanpa PWM dan dengan PWM, di mana pada kondisi dengan PWM terjadi peningkatan arus pada motor yang mengakibatkan terjadinya peningkatan kecepatan putar dan torsi motor. Kemudian tahap yang sama dilakukan adalah mengamati output dari mikrokontroler dsPIC30f2020.

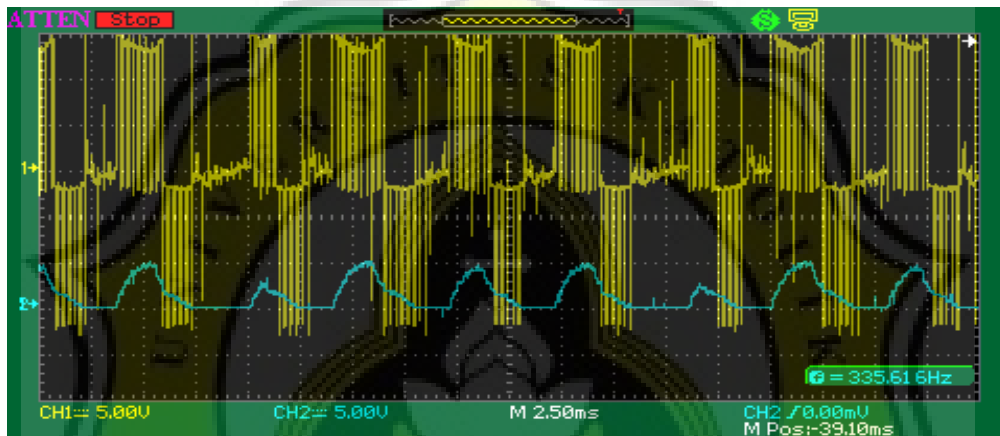


Gambar 4.32. Output Mikrokontroler RE0, RE1, RE2 dan RE3 dengan PWM

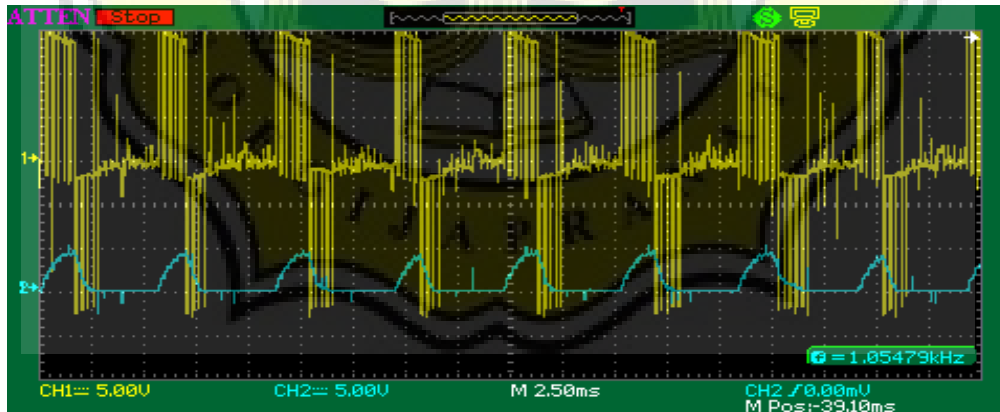
Dapat dilihat pada gambar bahwa setiap sinyal keluaran dari mikrokontroler dsPIC30f2020 ber-PWM dengan duty tertentu. Sinyal ini mengakibatkan kecepatan pada Motor *Switched Reluctance* berubah, bahkan dalam kondisi kecepatan maksimal. Berikutnya adalah mengamati tegangan dan arus setiap fasa.



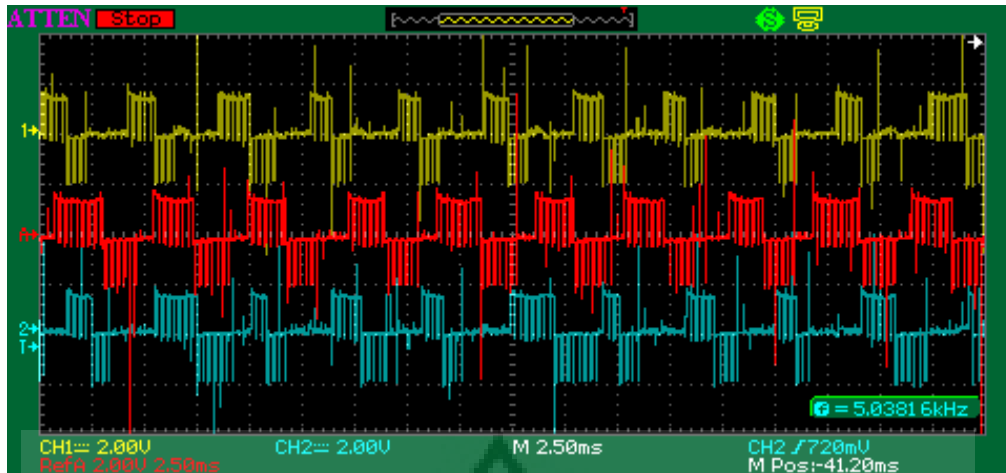
Gambar 4.33. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{an}



Gambar 4.34. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{bn}

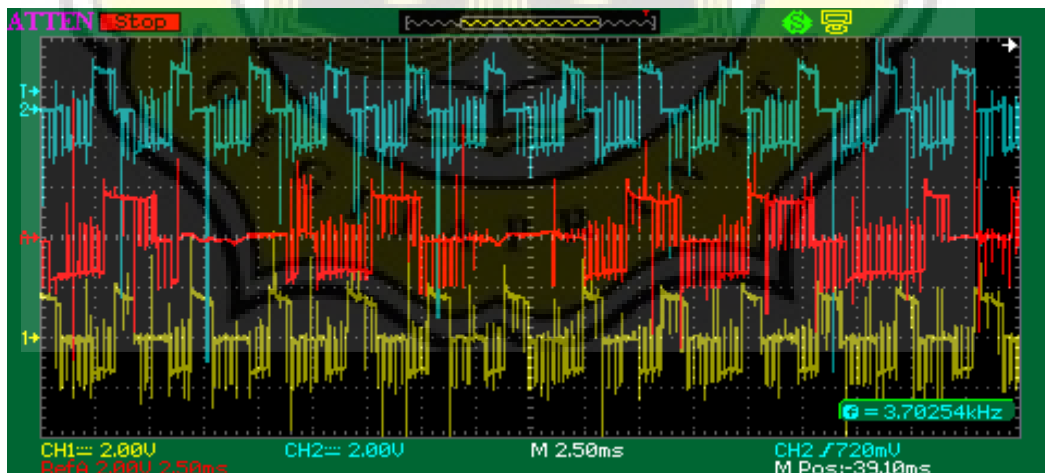


Gambar 4.35. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{cn}



Gambar 4.36. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{an}, V_{bn}, V_{cn} dalam satu screen dengan PWM

Sinyal pensklaran berada pada kondisi dengan PWM sehingga mengakibatkan outputan dari inverter juga ber-PWM. Hasil Sinyal inilah yang menyebabkan kecepatan pada Motor *Switched Reluctance* dapat diatur secara variabel sesuai *duty* yang diinginkan. Berikutnya akan diamati tegangan dan arus antar fasanya.

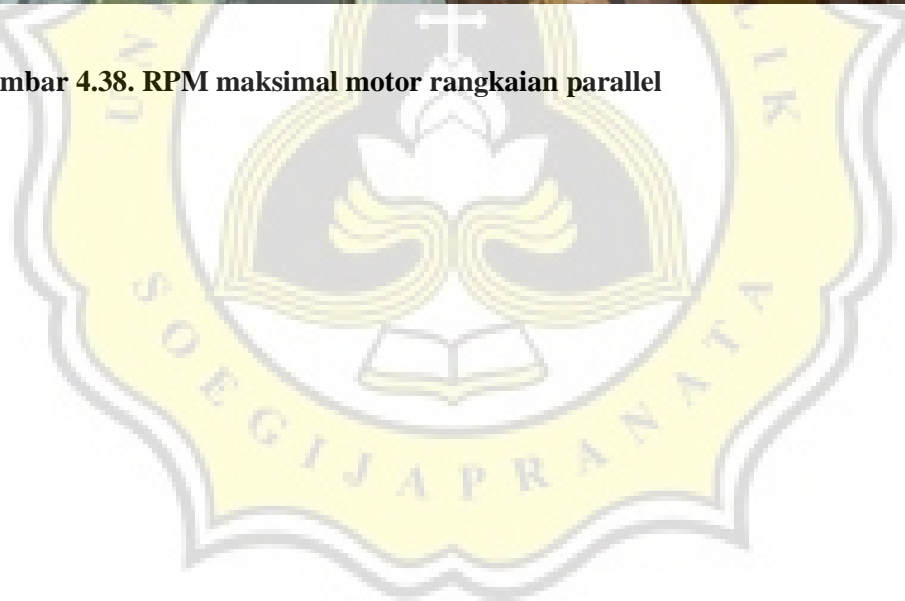


Gambar 4.37. Tegangan dan arus antar fasa dengan PWM

Dari pengujian ini, didapati bahwa arus keluaran pada rangkaian paralel lebih kecil dibandingkan dengan rangkaian seri, namun tegangan yang dihasilkan lebih besar sehingga pada rangkaian paralel kecepatan motor lebih maksimal.



Gambar 4.38. RPM maksimal motor rangkaian paralel



4.5 Hasil Pengamatan

Pengamatan yang telah dilakukan sebelumnya, bertujuan untuk membandingkan hasil keluaran berupa kecepatan, tegangan, dan arus saat dirangkai seri maupun paralel baik dengan PWM atau tanpa PWM. Dan untuk hasilnya dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel. 4.1. Hasil Pengamatan

	Seri		Paralel	
	non PWM	PWM	non PWM	PWM
RPM	1600	3000	1700	4600
Tegangan (V)	60 v	60 v	8	20
Arus (I)	1.8 a	0.7 a	2.5 a	3.0 a

Dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa motor mencapai rpm maksimal pada kondisi dengan PWM. Saat motor dirangkai paralel arus keluarannya lebih besar dibandingkan saat dirangkai seri, namun tegangan keluarannya lebih kecil dibandingkan dengan rangkaian seri, dan motor dengan rangkaian paralel menghasilkan rpm yang lebih besar dibandingkan dengan rangkaian seri.