

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

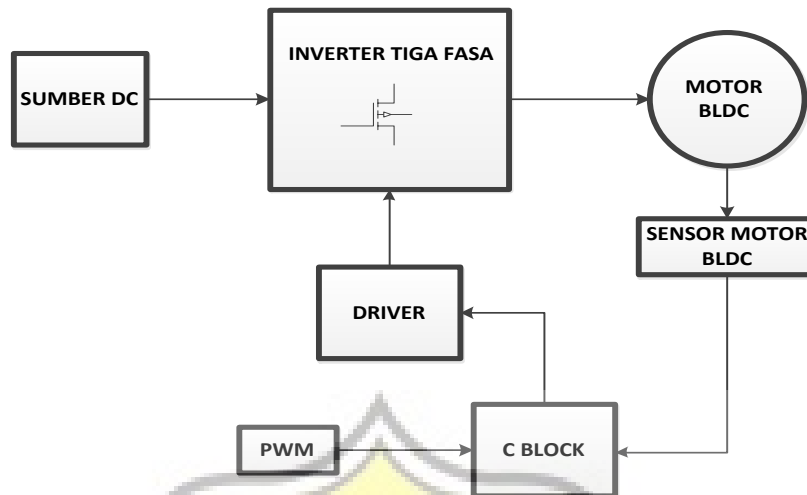
4.1 Pendahuluan

Pada bab IV ini akan dibahas hasil simulasi dan implementasi alat dari tugas akhir ini tentang pengaturan kecepatan pada BLDC menggunakan PWM. Simulasi alat ini dilakukan menggunakan *software Power Simulator (PSIM)*. Dengan demikian dapat diketahui hasil dari rancangan sistem melalui sebuah simulasi.

Pada implementasi ini menggunakan (*Digital Signal Controller*) DSC dsPIC30f4012 sebagai kendali *driver* pada inverter tiga fasa yang berperan sebagai driver motor BLDC. Pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan PWM dengan cara mengatur *Duty Cycle*. Pada tahap awal uji coba melalui simulasi sebelum implementasi dilakukan.

4.2 Hasil Simulasi Pada *Software PSIM*

Simulasi dibuat menggunakan *software PSIM*, dengan demikian dapat memberikan gambaran hasil mendekati kondisi nyata. Rangkaian simulasi terdiri dari sumber DC, rangkaian inverter tiga fasa, motor BLDC yang sudah terdapat sensor, rangkaian driver, *C Block* sebagai mikrokontroller dan PWM sebagai pengatur *duty cycle* dari keluaran *C Block*.



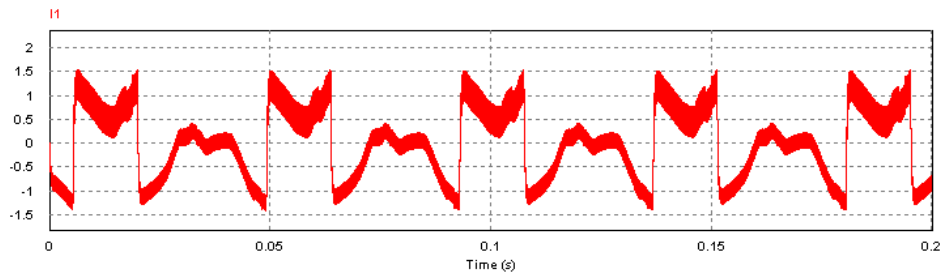
Gambar 4.1. Skema simulasi menggunakan *software* PSIM

Pada simulasi telah diprogram kedalam *C Block*. Dimana pada implementasi aktual menggunakan mikrokontrol *dsPIC30F4012*. Pemrograman dasar *C Block* menggunakan *Bahasa C* mirip dengan memrogram mikrokontroler. Beberapa deklarasi program digunakan sebagai proses awal pemrograman.

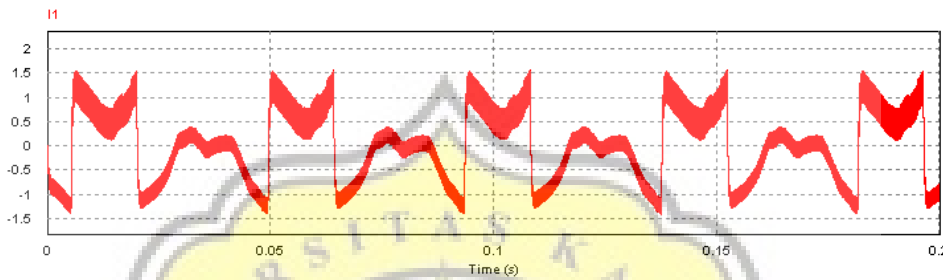
Tabel 4.1 Parameter komponen simulasi

NAMA	PARAMETER	RATING
Sumber DC	Volt	300 Volt
Inverter	Frekuensi (KHz)	10 KHz
Motor BLDC	Resistansi	11 ohm
	Induktansi	0,02 H

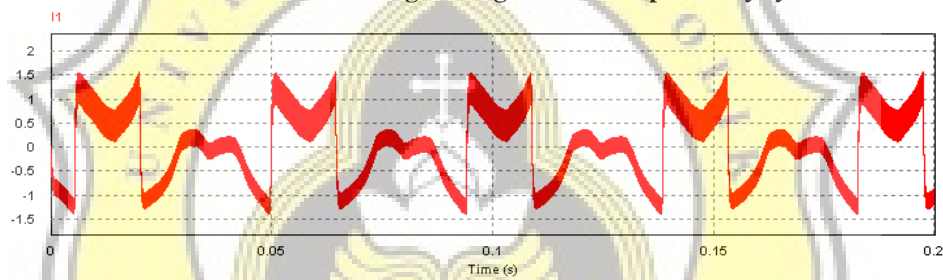
Berikut merupakan hasil pengambilan data gelombang arus dan tegangan dari rangkaian sistem yang telah disimulasikan.



Gambar 4.2. Hasil simulasi gelombang arus fasa A pada *duty cycle* 75%

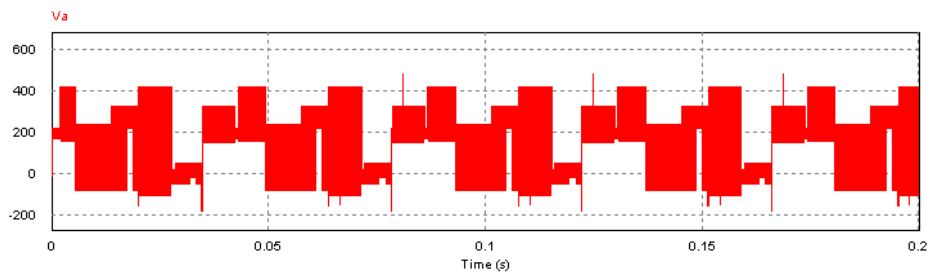


Gambar 4.3. Hasil simulasi gelombang arus fasa A pada *duty cycle* 50%

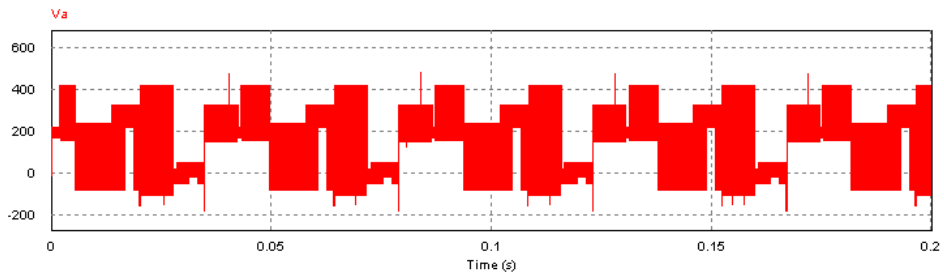


Gambar 4.4. Hasil simulasi gelombang arus fasa A pada *duty cycle* 25%

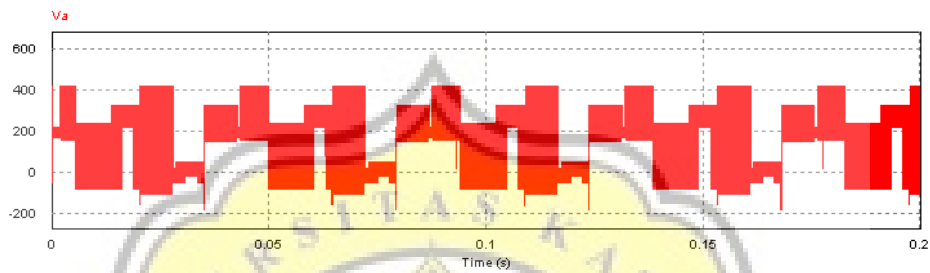
Pada Gambar 4.2, hingga 4.4 membuktikan bahwa hasil gelombang arus kurang lebih mendekati kondisi hasil gelombang arus sesungguhnya. Gelombang arus akan melebar ketika nilai *duty cycle* diturunkan begitupun juga pada gelombang tegangan.



Gambar 4.5 Hasil data gelombang tegangan fasa A pada *duty cycle* 75%



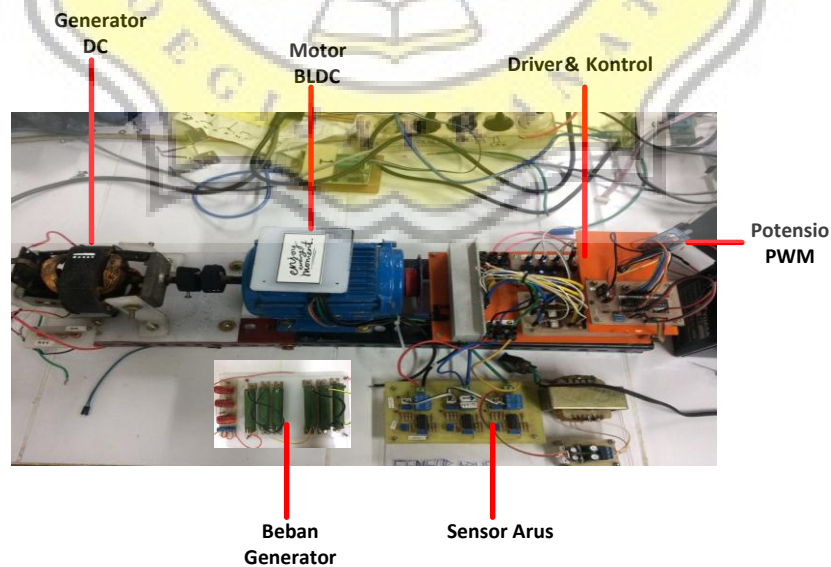
Gambar 4.6 Hasil data gelombang tegangan fasa A pada *duty cycle* 50%



Gambar 4.7 Hasil data gelombang tegangan fasa A pada *duty cycle* 25%

4.3. Hasil Pengujian Laboratorium

Implementasi dan pembuatan alat, keseluruhan dikerjakan dan diuji coba di laboratorium Program studi Teknik Elektro Unika Soegijapranata. Pengujian serta pengambilan data dilakukan untuk mendukung analisa.



Gambar 4.8. Foto Implementasi Alat

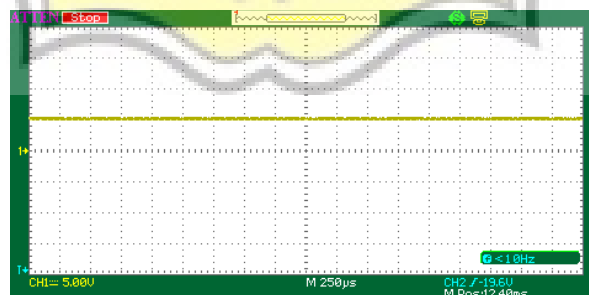
Implementasi alat motor BLDC yang telah dikerjakan terdiri dari inverter tiga fasa, mikrokontroler *dsPIC30F4012*, Sensor arus, rangkaian driver IGBT, dan catu daya. Parameter komponen yang digunakan dalam pengujian hampir mirip dengan parameter pada simulasi.

4.3.1. Pengujian motor BLDC

Pengujian alat dijalankan menggunakan sumber tegangan DC apakah sistem sudah berjalan dengan baik. Motor BLDC dijalankan menggunakan sumber tegangan DC dengan kendli PWM, yaitu dengan mengatur menentukan *duty cycle* tertentu. Pengujian ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu : pengujian tanpa PWM, PWM kondisi 1 *duty cycle* 75%, PWM dalam kondisi 2 *duty cycle* 50% dan PWM dalam kondisi 3 *duty cycle* 25%.

4.3.1.1. Hasil Pengujian Ketika Tanpa PWM

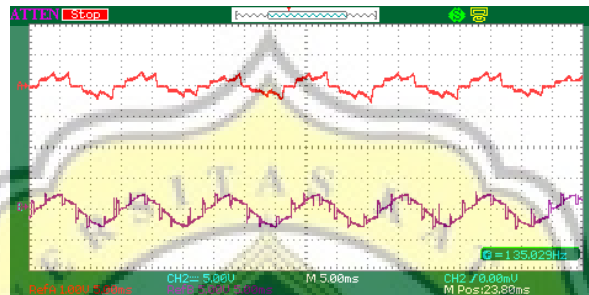
Dalam pengujian pada tahap ini menggunakan sumber DC sebagai *suply* inverter tiga fasa. *Duty cycle* diatur penuh atau sama dengan satu. Pengujian diawali dengan melihat arus dari sumber apakah sudah mengalir arus atau belum.



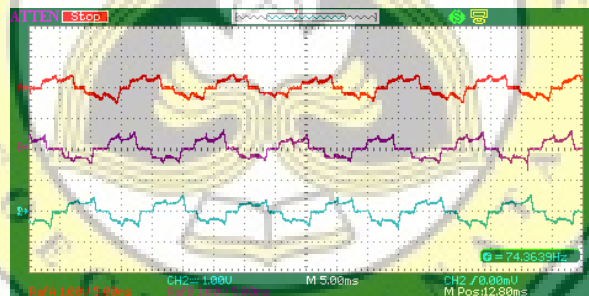
Gambar 4.9. Gelombang dari mikrokontroler saat kondisi motor BLDC off pada *duty cycle* 100% (skala 250us/div, 5v/div)

Dari Gambar 4.9 bisa dilihat bahwa *duty cycle* telah diseting pada posisi penuh (100%) dari sumber sebesar 5V karena keluaran dari mikrokontroler yang

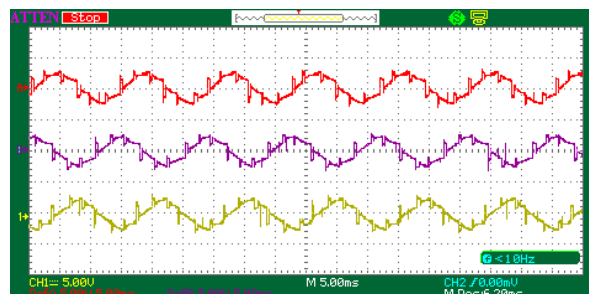
digunakan adalah 5V. Output dari mikrokontrol yang nantinya akan menjadi inputan driver untuk mengendalikan saklar pada inverter. Sinyal dari keluaran dsPIC30f4012 ini bergantung pada inputan mikrokontrol dari *hall effect*. Berikutnya adalah mengamati dari gelombang perbandingan arus dan tegangan fasa A, arus tiap fasa, tegangan tiap fasa dan tegangan antar fasa.



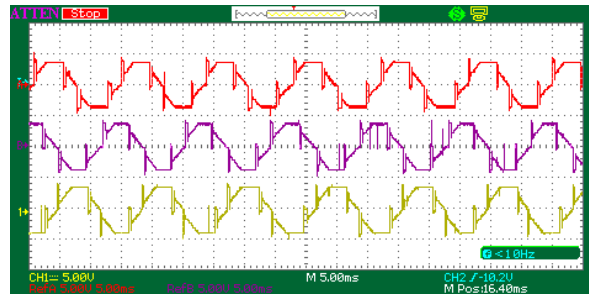
Gambar 4.10. Gelombang perbandingan arus dan tegangan fasa A pada *duty cycle* 100% (skala 5ms/div, CH1 1A/div, CH2 50V/div) gelombang warna merah arus Ia dan ungu tegangan Va



Gambar 4.11. Gelombang arus tiap fasa pada *duty cycle* 100% (skala 5ms/div, CH1 1A/div, CH2 1A/div) gelombang warna merah Ia, ungu Ib, dan biru Ic

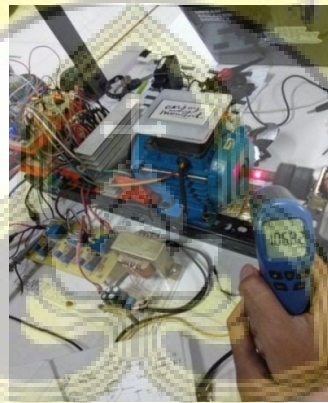


Gambar 4.12. Gelombang tegangan tiap fasa pada *duty cycle* 100% (skala 5ms/div, 50V/div) gelombang warna merah Van, ungu Vbn, dan kuning Vcn dalam



Gambar 4.13. Gelombang tegangan antar fasa pada *duty cycle* 100% (skala 5ms/div, 50V/div) gelombang warna merah Vab, ungu Vbc, dan kuning Vca

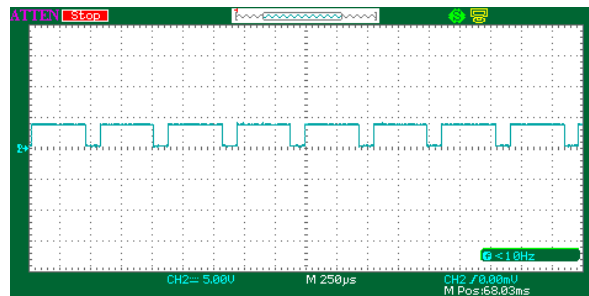
Dari hasil gelombang arus dan tegangan pada kondisi *duty cycle* 100% menghasilkan kecepatan 1068,2 RPM dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14. Kecepatan motor Bldc tanpa PWM

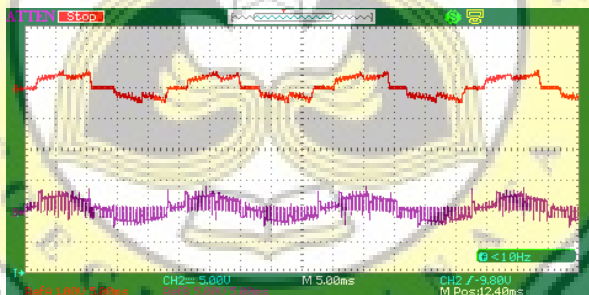
4.3.1.2. Hasil Pengujian Ketika PWM 75%

Pengujian ini motor BLDC dijalankan menggunakan sumber daya DC. Berikutnya adalah pengujian dengan *duty cycle* 75 %. Pada *duty cycle* tersebut diatur lebih rendah daripada pengujian sebelumnya. Pengujian diawali dengan mengatur keluaran dari mikrokontrol pada *duty cycle* 75%.

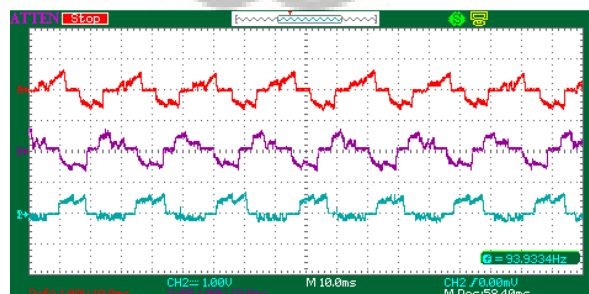


Gambar 4.15. Output mikrokontroler pada saat motor BLDC kondisi off *duty cycle 75%* (skala 250µs/div, 5v/div)

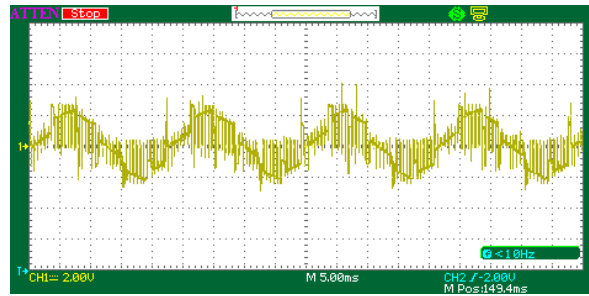
Dapat dilihat pada Gambar 4.15 bahwa sinyal PWM keluaran dari mikrokontroler dsPIC30f4012 telah diatur pada *duty cycle 75%*. Sinyal ini mengakibatkan kecepatan pada motor BLDC berubah dari kecepatan pengujian sebelumnya. Berikutnya adalah mengamati gelombang perbandingan arus dan tegangan fasa A, arus tiap fasa, tegangan tiap fasa, dan tegangan antar fasa



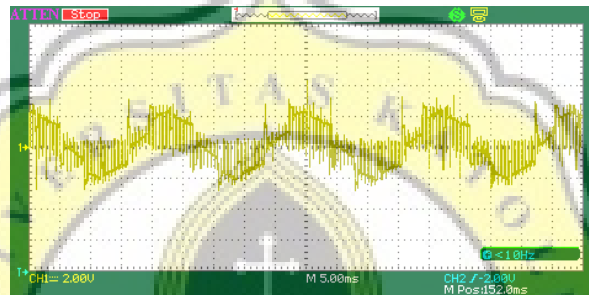
Gambar 4.16. Gelombang perbandingan arus dan tegangan fasa A pada *duty cycle 75%* (skala 10ms/div, CH1 1A/div, CH2 1A/div)



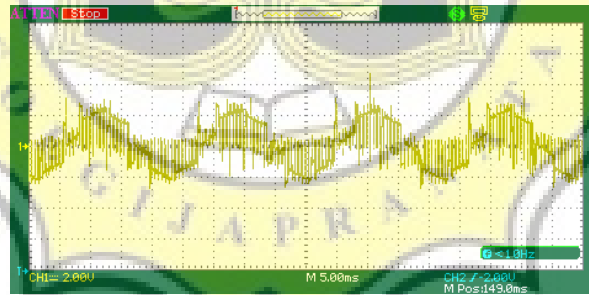
Gambar 4.17. Gelombang arus tiap fasa pada *duty cycle 75%* (skala 10ms/div, CH1 1A/div, CH2 1A/div) gelombang warna merah Ia, ungu Ib, dan biru Ic



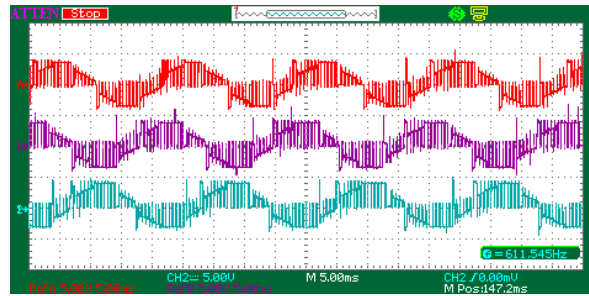
Gambar 4.18. Gelombang tegangan tiap fasa Van pada *duty cycle* 75% (skala 5ms/div, CH1 20V/div)



Gambar 4.19. Gelombang tegangan tiap fasa Vbn pada *duty cycle* 75% (skala 5ms/div, CH1 20V/div)



Gambar 4.20. Gelombang tegangan tiap fasa Vcn pada *duty cycle* 75% (skala 5ms/div, CH1 20V/div)



Gambar 4.21. Gelombang tegangan antar fasa pada *duty cycle* 75% (skala 5ms/div, 50V/div) gelombang warna merah Vab, ungu Vbc, biru Vca

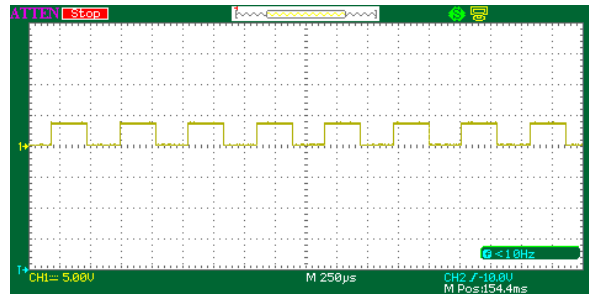
Dari hasil gelombang arus dan tegangan diatas akan menghasilkan kecepatan 680,8 RPM pada motor BLDC seperti Gambar 4.22. Kecepatan motor BLDC mengalami penurunan dari pengujian sebelumnya.



Gambar 4.22. Kecepatan motor BLDC pada *duty cycle* 75%

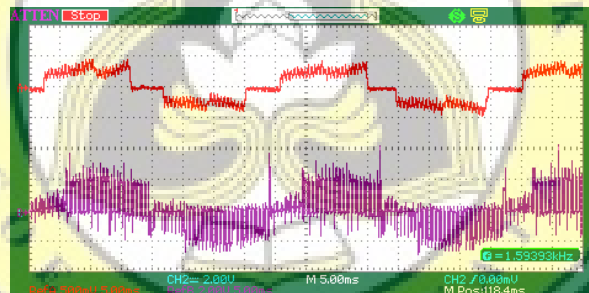
4.3.1.3. Hasil Pengujian Ketika PWM 50%

Pengujian ini motor BLDC dijalankan menggunakan sumber daya DC. Berikutnya adalah pengujian dengan *duty cycle* 75 %. Pada *duty cycle* tersebut diatur lebih rendah daripada pengujian sebelumnya. Pengujian diawali dengan mengatur keluaran dari mikrokontrol pada *duty cycle* 75%.

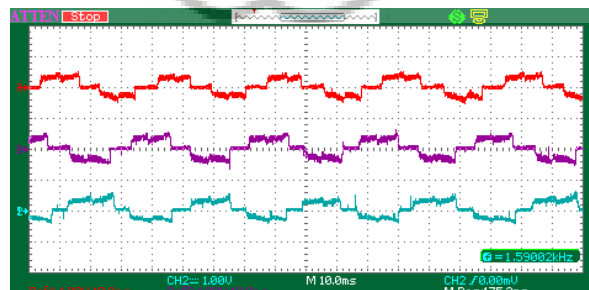


Gambar 4.23. Output Mikrokontrol pada saat motor BLDC kondisi off *duty cycle* 50% ((skala 250ms/div, 5V/div)

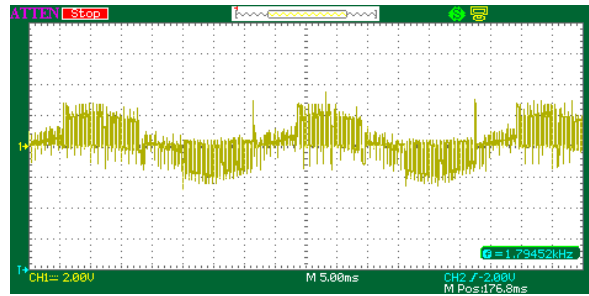
Dapat dilihat pada Gambar 4.23 bahwa sinyal PWM keluaran dari mikrokontroler dsPIC30f4012 telah diatur pada *duty cycle* 50%. Sinyal ini mengakibatkan kecepatan pada motor BLDC sedikit menurun dari kecepatan sebelumnya. Berikutnya adalah mengamati gelombang perbandingan arus dan tegangan fasa A, arus tiap fasa, tegangan tiap fasa, dan tegangan antar fasa



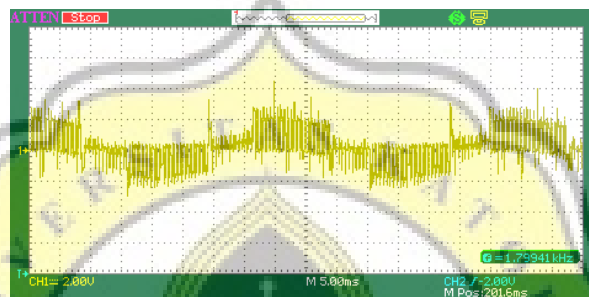
Gambar 4.24. Gelombang perbandingan arus dan tegangan fasa A pada *duty cycle* 50% (skala 5ms/div, CH1 1A/div, CH2 50V/div)



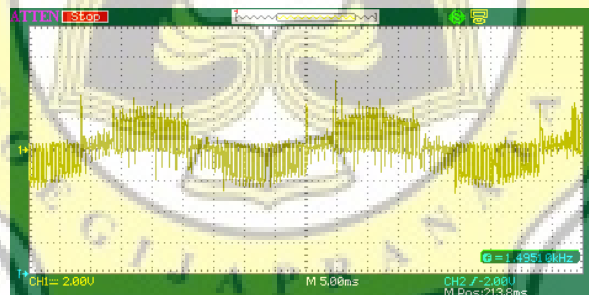
Gambar 4.25. Gelombang arus per fasa PWM 50% (skala 10ms/div, CH1 1A/div, CH2 1A/div) gelombang warna merah Ia, ungu Ib, biru Ic



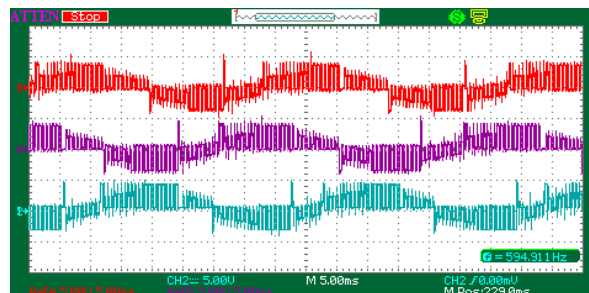
Gambar 4.26. Gelombang tegangan tiap fasa Van pada *duty cycle* 50% (skala 5ms/div, CH1 20V/div)



Gambar 4.27. Gelombang tegangan tiap fasa Vbn pada *duty cycle* 50% (skala 5ms/div, CH1 20V/div)



Gambar 4.28. Gelombang tegangan tiap fasa Vcn pada *duty cycle* 50% (skala 5ms/div, CH1 20V/div)



Gambar 4.29. Tegangan antar fasa pada *duty cycle* 50% b (skala 5ms/div, 50V/div) gelombang warna merah Vab, ungu Vbc, biru Vca

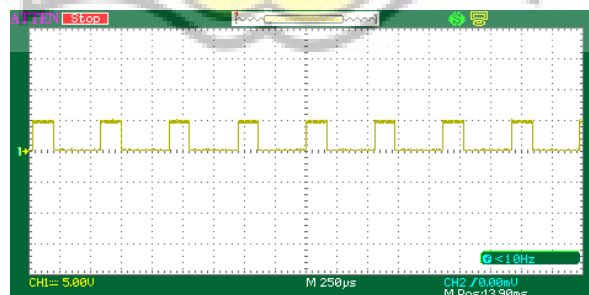
Dari hasil gelombang arus dan tegangan diatas akan menghasilkan kecepatan 398,9 RPM pada motor BLDC seperti Gambar 4.30. Kecepatan motor BLDC lebih rendah dari pengujian sebelumnya.



Gambar 4.30. Kecepatan motor BLDC pada *duty cycle* 50%

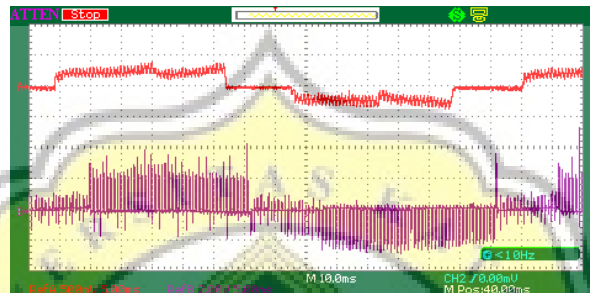
4.3.1.4. Hasil Pengujian Ketika PWM 25%

Pengujian ini motor BLDC dijalankan menggunakan sumber daya DC. Berikutnya adalah pengujian dengan *duty cycle* 50 %. Pada *duty cycle* tersebut diatur lebih rendah daripada pengujian sebelumnya. Pengujian diawali dengan mengatur keluaran dari mikrokontrol pada *duty cycle* 50%.

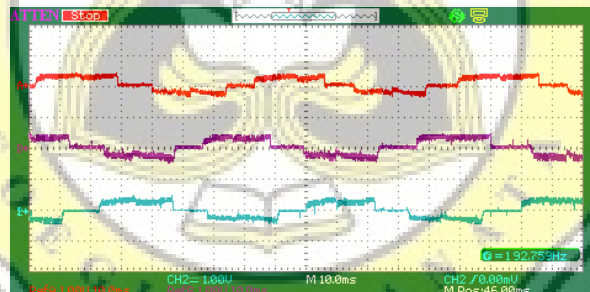


Gambar 4.31. Output Mikrokontrol pada saat motor BLDC kondisi off *duty cycle* 25% ((skala 250ms/div, 5V/div)

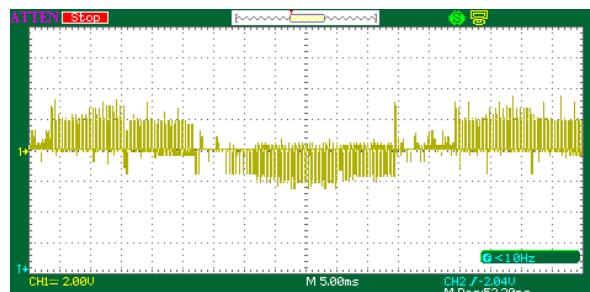
Dapat dilihat pada Gambar 4.22 bahwa sinyal PWM keluaran dari mikrokontroler dsPIC30f4012 dengan *duty cycle* 50%. Sinyal ini mengakibatkan kecepatan pada motor BLDC sedikit menurun dari kecepatan sebelumnya. Berikutnya adalah mengamati gelombang perbandingan arus dan tegangan fasa A, arus tiap fasa, tegangan tiap fasa, dan tegangan antar fasa



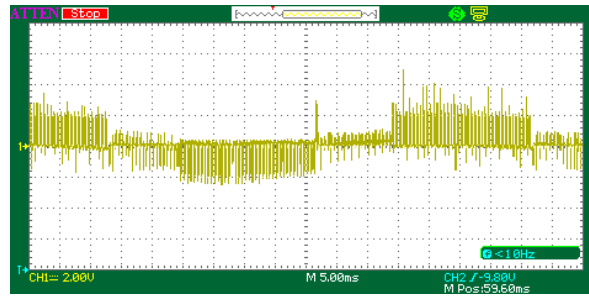
Gambar 4.32. Gelombang perbandingan arus dan tegangan fasa A pada *duty cycle* 25% (skala 5ms/div, CH1 1A/div, CH2 50V/div)



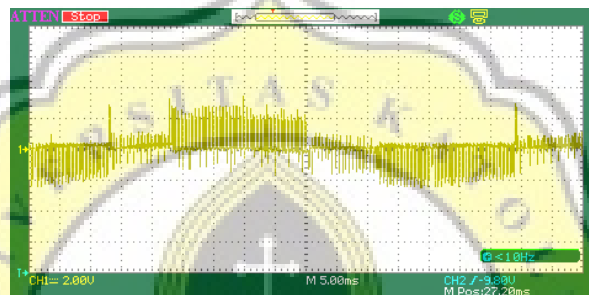
Gambar 4.33. Gelombang arus per fasa pada *duty cycle* 25% (skala 10ms/div, CH1 1A/div, CH2 1A/div) gelombang warna merah Ia, ungu Ib, biru Ic



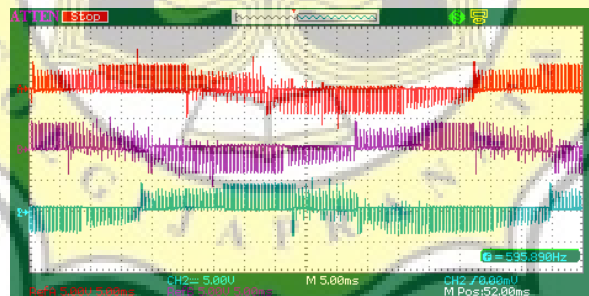
Gambar 4.34. Gelombang tegangan tiap fasa Van pada *duty cycle* 25% (skala 5ms/div, CH1 20V/div)



Gambar 4.35. Gelombang tegangan tiap fasa Vbn pada *duty cycle* 25% (skala 5ms/div, CH1 20V/div)



Gambar 4.36. Gelombang tegangan tiap fasa Vcn pada *duty cycle* 25% (skala 5ms/div, CH1 20V/div)



Gambar 4.37. Tegangan antar fasa pada *duty cycle* 25% (skala 5ms/div, 50V/div) gelombang warna merah Vab, ungu Vbc, biru Vca

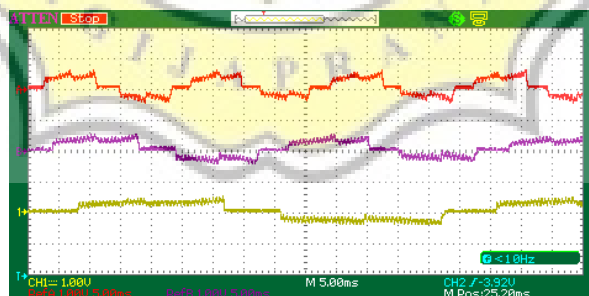
Dengan melihat gelombang arus dan tegangan dapat diasumsikan bahwa gelombang yang dihasilkan lebih lebar dibandingkan pengujian sebelumnya saat PWM 50%. Hal ini mempengaruhi kecepatan motor BLDC menjadi menurun (kecepatan 161,3 RPM) , Gambar 4.38.



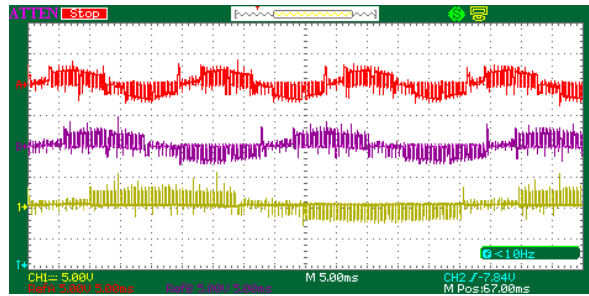
Gambar 4.38. Kecepatan motor BLDC pada *duty cycle* 25%

4.3.1.5. Perbandingan Hasil Pengujian PWM 75%, 50% dan 25%

Pada pengujian kali ini *duty* diatur 75%, 50% dan 25% sedemikian rupa supaya dihasilkan kecepatan motor yang berbeda. *Duty cycle* ini dapat diatur secara *variable* dimana diatur pada nilai maksimal sampai minimalnya yang nantinya akan digunakan untuk mengatur kecepatan motor BLDC. Berikutnya adalah mengamati perbandingan antara *duty cycle* 75%, 50% dan 25% pada gelombang arus dan tegangan tiap fasa.



Gambar 4.39. Gelombang arus tiap fasa A (skala 10ms/div, CH1 1A/div, CH2 1A/div) gelombang warna merah *duty cycle* 75%, ungu *duty cycle* 50%, kuning *duty cycle* 25%



Gambar 4.40. Tegangan fasa A (skala 5ms/div, 50V/div) gelombang warna merah *duty cycle* 75%, ungu *duty cycle* 50%, kuning *duty cycle* 25%

Dapat dilihat pada gelombang arus gambar 4.28 dan gelombang tegangan gambar 4.29 bahwa semakin rendah *duty cycle* maka gelombang yang dihasilkan juga semakin lebar dari hasil ini akan mempengaruhi kecepatan dari motor BLDC yang juga menurun.

4.1 Hasil Pengujian

Duty Cycle	Vin BLDC	Beban Generator	Kecepatan Motor BLDC (RPM)
75%	60 volt	30 ohm	680,8
50%	60 volt	30 ohm	398,9
25%	60 volt	30 ohm	161,3

4.4. Pembahasan

Setelah implementasi alat selesai dibuat dilanjutkan dengan melakukan beberapa pengujian laboratorium. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan hasil yang baik saat motor *Brushless DC* dijalankan. Pengaturan kecepatan motor BLDC secara variable dapat dilakukan dengan menggunakan kendali PWM. Kendali PWM secara tidak langsung adalah mengendalikan *duty cycle* yang akan berpengaruh pada tegangan yang terkena pada motor, ketika tegangan meningkat arus pada motor BLDC tersebut juga akan meningkat. Arus sebanding dengan torka pada motor sehingga torkanya juga akan meningkat.

Dengan menggunakan *duty cycle* yang telah ditentukan akan mempengaruhi hasil kecepatan dari motor *brushless DC*. Saat *duty cycle* diatur pada nilai tertinggi maka motor akan menghasilkan kecepatan yang relatif tinggi. Ketika *duty cycle* diatur dengan nilai terendah, maka motor akan menghasilkan kecepatan yang relatif rendah. Saat *duty cycle* diatur pada posisi tertinggi motor *brushless DC* mampu menghasilkan kecepatan hingga 1000rpm.

