

PERANCANGAN INVERTER MASTS DENGAN MONITORING KECEPATAN MENGGUNAKAN SENSOR HALL BERBASIS ARDUINO

Mhd Ikbar^{1*}, Zulwisli²

¹Prodi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

²Jurusan Teknik Elektronika Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang

*Corresponding author e-mail : mhdikbar1vhi@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan Mesin Arus Searah Tanpa Sikat (MASTS) sangat banyak diaplikasikan didunia industri dibandingkan dengan mesin penggerak jenis lain. Untuk penggerak MASTS diperlukan inverter tiga fasa, Inverter tiga fasa merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Sistem yang digunakan untuk mengendalikan inverter adalah menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM), dimana lebar pulsa dimanfaatkan untuk mengatur kecepatan. Untuk mengoptimalkan Kecepatan putaran MASTS perlu dibuat monitoring kecepatan untuk mengetahui kesetabilan kecepatan MASTS, maka dilakukan perancangan dengan menggabungkan monitoring kecepatan MASTS dengan inverter tiga fasa. Alat ini menggunakan sensor hall, arduino, dan tampilan liquid crystal display (LCD). Prinsip kerja dari sensor hall ini yaitu mendeteksi kecepatan putaran MASTS berdasarkan prinsip kerja elektromagnetik hall sensor. Pada penelitian ini digunakan 5 buah variasi input PWM potensiometer 20%, 40%, 60%, 80%, 100% untuk mengetahui hasil monitoring kecepatan MASTS tiap variasi input. Pada penelitian ini monitoring kecepatan terjadi eror sebesar 6,2%.

Kata kunci : Sensor Hall, SMATS, Inverter, RPM

ABSTRACT

The use of Brushless Direct Current Machines (MASTS) is very much applied in the industrial world compared to other types of drive engines. For the MASTS drive a three-phase inverter is needed, a three-phase inverter is a circuit that is used to convert DC voltage into AC voltage with a certain frequency. The system used to control the inverter is to use Pulse Width Modulation (PWM), where the pulse width is used to regulate the speed. To optimize the MASTS rotation speed, it is necessary to make speed monitoring to determine the stability of the MASTS speed, so design is carried out by combining the monitoring of the MASTS speed with a three-phase inverter. This tool uses a hall sensor, Arduino, and liquid crystal display (LCD) display. The working principle of the hall sensor is detecting the rotation speed of the MASTS based on the working principle of the electromagnetic hall sensor. In this study, 5 variations of PWM potentiometer inputs 20%, 40%, 60%, 80%, 100% were used to determine the results of monitoring of the MASTS speed for each input variation. In this study, an error rate of 6.2% was observed..

Keywords: Sensor Hall, SMATS, Inverter, RPM

I. PENDAHULUAN

Seiring dari berkembangnya teknologi bidang industri banyak dibutuhkan alat-alat yang dapat mendukung cara kerja manusia menjadi lebih praktis. Motor Arus Searah Tanpa Sikat (MASTS) sudah banyak terapkan sebagai contoh yaitu

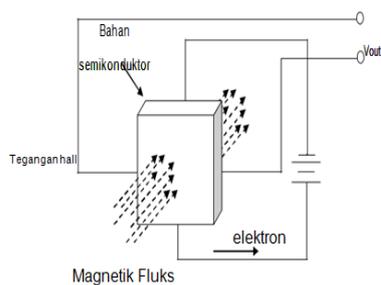
kereta listrik, dan manipulator robot yang memerlukan kontrol performa kecepatan. Namun penggunaan MASTS dalam bidang industri tidak serta merta ditinggalkan karena efisiensi MASTS yang tinggi. Kebutuhan tersebut menginginkan agar suatu motor memiliki *performance* yang lebih baik,

dari posisi kecepatannya maupun keandalan mempertahankan kecepatannya[1].

Sistem komutasi pada MASTS harus diatur secara elektronik karena lilitan kawat pada stator harus dinyalakan-dimatikan (on-of) atau dienergizer secara berurutan dan teratur. Oleh karena itu, dibutuhkan sensor hall yang dapat memberikan informasi secara persisi kepada kontroller untuk mengatur lilitan mana yang yang harus dialiri listrik[2].

Pada MASTS memiliki cara kerja yang mengatur perpindahan arus elektromagnetis secara bertahap pada komutator. Sehingga untuk membuat MASTS bergerak dan berputar dibutuhkan penggerak daya (*driver*) dengan rangkaian kontrol analog ataupun mikrokontroller[5].

Sensor efek hall adalah transduser yang bervariasi tegangan output sebagai respon terhadap medan magnet. Prinsip kerja sensor Hall Effect adalah bila sebuah magnet diletakkan tegak lurus terhadap sepasang keping konduktor, maka tegangan akan muncul pada sisi yang berlawanan dengan konduktor[2]. Tegangan yang muncul ini disebut dengan tegangan Hall. Besar tegangan Hall sebanding dengan arus dan kuat medan magnet.



Gambar 1. Transduser Efek Hall

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu jenis media penampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Pada pemuatan alat ini jenis LCD yang digunakan ialah LCD *Alphanumeric* dengan jumlah karakter 16 x 2. LCD sangat berguna sebagai penampil yang nantinya akan digunakan sebagai RPM meter.

MASTS merupakan motor listrik sinkron AC tiga fasa. SMATS terdiri dari dua bagian, yakni, *rotor*, bagian yang bergerak, yang terbuat dari permanen magnet dan *stator*, bagian yang tidak bergerak, yang terbuat dari kumparan 3 fasa[6]. Walaupun merupakan motor listrik *synchronous AC* 3 fasa, motor ini tetap disebut dengan MASTS karena pada implementasinya MASTS menggunakan sumber DC sebagai sumber energi utama yang kemudian diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan inverter 3 fasa[6].

Inverter adalah konverter DC ke AC dengan tegangan dan frekuensi keluaran yang dapat diatur

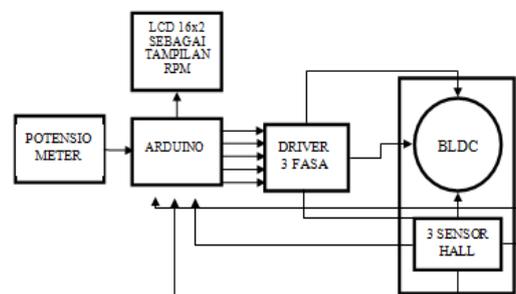
sehingga motor AC dapat dikendalikan dengan baik. Saat ini inverter mulai sering digunakan sebagai penggerak MASTS. Salah satu inverter penggerak MASTS adalah metode *six-step*. Inverter merupakan salah satu modul yang terdapat didalam controller dikarenakan MASTS memiliki karakteristik multipole. inverter disini berfungsi untuk menggantikan sikat dan komutator pada MASTS.

Pada penelitian ini diharapkan dapat membangun dan mewujudkan inverter tiga fasa dengan PWM sebagai input control untuk inverter *six-step* serta mewujudkan RPM meter menggunakan sensor hall.

II. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

1. Diagram Blok Rangkaian

Untuk mengendalikan putaran MASTS yaitu dengan menggunakan inverter tiga fasa dibutuhkan suatu diagram blok yang terdiri dari arduino nano sebagai kontroller, 3 buah sensor *hall*, driver tiga fasa dan LCD 16x2 sebagai monitor RPM meter. Gambaran diagram blok perancangan alat dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Diagram Perancangan Alat

Berdasarkan gambar 2 blok diagram rancangan alat, dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Potensio meter

Potensiometer berfungsi mengendalikan *duty cycle* untuk mengatur kecepatan motor.

b. Arduino

Arduino berfungsi sebagai pengendali MASTS berdasarkan PWM pada inverter. Selain itu, arduino juga berfungsi untuk menampilkan data kecepatan MASTS melalui pembacaan pada sensor *hall* untuk ditampilkan pada LCD 16x2 melalui terminal serial pada arduino.

c. Driver Tiga Fasa

Driver tiga fasa berfungsi sebagai inverter tegangan DC menjadi tegangan AC. Driver tiga fasa terbuat dari 3 pasang transistor mosfet IRF3205. Transistor ini dapat bekerja sampai dengan tegangan 100 volt dan arus 33 ampere.

d. Sensor *Hall*

Sensor *hall* berfungsi untuk menentukan *timing* perubahan komutasi dan mengukur kecepatan MASTS. Sensor *hall* dapat diletakkan di dalam MASTS.

e. LCD 16x2

LDC 16x2 berfungsi untuk menampilkan besar RPM yang dideteksi oleh arduino melalui sensor hall.

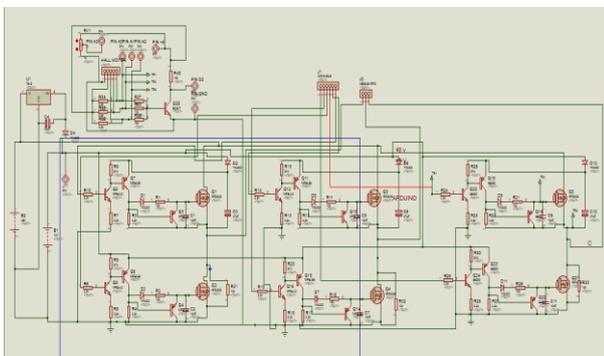
2. Prinsip kerja alat

Sistem dibagi ke dalam beberapa bagian, antara lain sumber DC, mikrokontroller Arduino, potensiometer, Inverter tiga fasa, LCD 16x2 dan sensor hall yang terpasang pada MASTS. Sumber tegangan berupa *power suply* 12 Vdc yang akan memberikan tegangan ke rangkaian sistem minimum menggunakan mikrokontroller Arduino dan 20 Vdc untuk rangkaian Inverter motor tiga fasa.

PWM digunakan sebagai penggerak motor melalui perubahan *duty cycle*. Perubahan *duty cycle* 0% motor akan berhenti. Ketika *duty cycle* 50% motor akan berputar dengan kecepatan setengah dari maksimal. Ketika *duty cycle* dalam kondisi 100% motor akan berputar dengan kecepatan maksimal. Pada perubahan *duty cycle* sangat berpengaruh pada kecepatan putar motor, kemudian kecepatan tersebut dapat dimonitoring oleh LCD dalam bentuk RPM sehingga dapat mempermudah mengotrol kecepatan sesuai yang di inginkan melalui monitoring.

3. Rancangan Rangkaian Driver Mosfet

Rangkaian driver mosfet inverter tiga fasa dengan *monitoring rpm* Pada motor bldc menggunakan sensor hall berbasis arduino dirancang menggunakan aplikasi Proteus versi 8.5 profesional. Rangkaian keseluruhan ditunjukkan pada gambar 3.



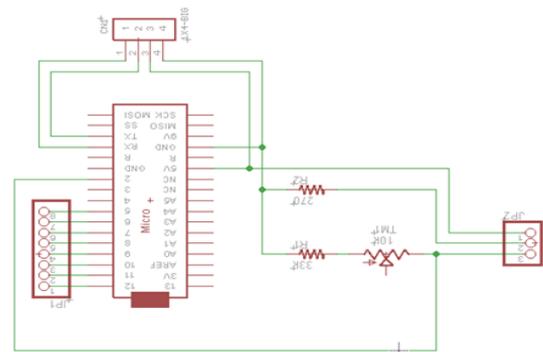
Gambar 3. Rangkaian Keseluruhan Sistem

Gambar 3 merupakan rangkaian driver mosfet yang dirancang menggunakan aplikasi Proteus Versi 8.5 Profesional. Driver mosfet berfungsi sebagai penguat arus yang dihasilkan oleh arduino. Pada rangkaian ini penulis menggunakan

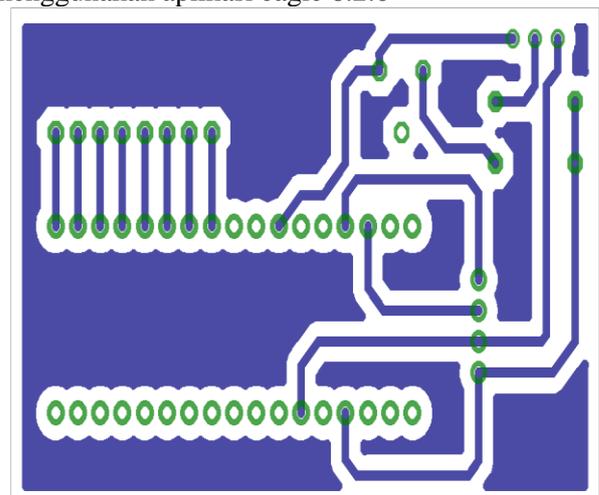
MOSFET IRF3205 N-Chanel sebagai saklar untuk penggerak inverter tiga fasa. Dan juga menggunakan komponen pendukung seperti resistor, transistor, dioda, kapasitor, dan potensiometer. Rangkaian tersebut merupakan gabungan dari perancangan masing-masing rangkaian. Koneksi pin telah disesuaikan dengan rancangan tiap komponen yang digunakan.

4. Rancangan Rangkaian Monitoring Kecepatan SMATS

Rangkaian Monitoring Kecepatan ini berfungsi sebagai penghubung antara sensor hall dengan LDC 16x2 diantaranya adalah arduino nano, LCD 16x2, dan jalur pembaca sensor hall. Skema rangkaian *monitoring* kecepatan dan *layout monitoring* kecepatan dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar 4. Skema rangkaian *Monitoring* Kecepatan MASTS

Gambar 4 merupakan rangkaian sistem *monitoring* kecepatan putaran yang dirancang menggunakan aplikasi eagle 6.2.0

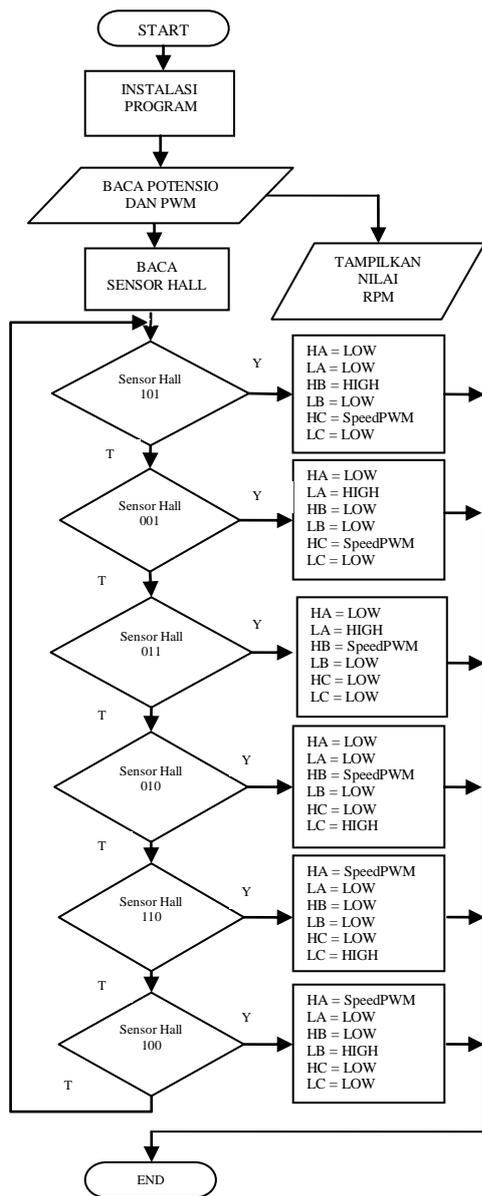
Gambar 5. Layout Rangkaian *Monitoring* Kecepatan MASTS

Setelah pembuatan *layout* selesai selanjutnya *layout* tersebut ditempelkan di papan PCB dan dilakukan pelarutan. Setelah dilarut komponen siap dirangkai.

5. Flowchart

Flowchart dapat menunjukkan secara jelas arus pengendalian algoritma, yaitu bagaimana rangkaian pelaksanaan kegiatan Flowchart Pengoperasian dan Sistem perancangan inverter tiga fasa dengan monitoring rpm pada MASTS ini.

Bagan alir program dibuat dari derivikasi bagan alir sistem. Bagan alir logika program digunakan untuk menggambarkan tiap-tiap langkah di dalam program komputer secara logika. Bagan alir inverter PWM dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 6. Flowchart sistem

Gambar 6 merupakan flowchart sistem MASTS. Flowchart sistem bekerja dimulai dari simbol mulai, kemudian dilanjutkan menuju instalasi program. Selanjutnya alir diagram akan membaca potensiometer dan PWM, sistem akan menghitung nilai yang dikeluarkan oleh sensor hall, jika nilai yang dibaca sesuai dengan nilai yang telah diprogram maka motor akan bergerak (berputar)

hasil putaran tersebut akan ditampilkan di LCD (RPM) dan sistem akan selesai, jika tidak sistem akan kembali membaca potensiometer dan PWM.

6. Peralatan dan komponen yang digunakan

Komponen yang digunakan pada inverter tigafasa dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Komponen Inverter Tiga Fasa

No	Komponen	Spesifikasi	Keterangan
1	MOSFET	IRF3205	6 buah komponen daya
2	Transistor NPN	S8050	6 buah pada driver MOSFET
3	Tansistor PNP	S8550	Penguat dan pengaman MOSFET
4	Dioda	1n4002	Pengaman MOSFET
5	Resistor	510,2k2,100Ω	Pengaman transistor
6	Kapasitor mika	10nF	6 buah
7	Elco	47nF	Filter tegangan
8	Pin header	2 kaki dan 3 kaki	Input power supply dan output ke MASTS
9	Mikrokontroler	Arduino nano	Pengendali
10	LCD	16x2	Monitoring RPM

Dalam penelitian ini juga dibutuhkan alat-alat yang dapat membantu dalam penelitian. Alat-alat yang mendukung dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Alat Yang Digunakan

No	Alat	Spesifikasi	Keterangan
1	Power Supply	Protek PL-3005T	Sumber Tegangan DC
2	Oscilloscope	GW instek GDS-806S dan Protek 3110	Pengukur Gelombang
3	Tachometer	DT-6236B	Pengukur Kecepatan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan ini dilakukan untuk mengetahui hasil jadi dan kinerja dari sistem serta untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan perencanaan. Pengujian terlebih dahulu dilakukan secara terpisah pada masing-masing unit rangkaian antara input dan output, kemudian dilakukan ke sistem yang telah terintegrasi.

A. Pengujian Alat

Setelah pembuatan perangkat lunak (software) selesai, alat yang dirancang diuji baik dari segi Hardware dan Software. Tujuan pengujian Software untuk mengetahui sejauh mana keberhasilan alat dan software yang dirancang serta membandingkan pembacaan RPM oleh display (LCD) dengan spesifikasi yang diinginkan serta membanding- kannya dengan hasil baca tachometer.

Dari segi *hardware* dilakukan pengujian gelombang PWM input dari arduino, 3 fasa output inverter, sensor hall serta analisa rangkaian. Berikut adalah rangkaian-rangkaian yang diuji dan dilakukan pengukuran.

1. Pengukuran rotasi per menit (RPM) MASTS

Pengukuran rotasi per menit (RPM) MASTS ini dilakukan dengan cara menghubungkan salah satu sensor hall ke serial port D2 arduino, sensor hall yang digunakan adalah hall A yaitu untuk mengukur *clock* sensor serta membandingkannya dengan *tachometer*.

Tegangan yang diberikan pada inverter sebesar 20 volt. Inverter PWM menggunakan potensiometer untuk menggerakkan MASTS. Pengukuran dilakukan pada titik-titik yang sudah ditentukan dan dengan memvariasikan pengukuran nilai RPM berdasarkan *duty cycle* pada potensiometer dengan perbandingan 20%, 40%, 60%, 80%, 100%.

a. Pengukuran RPM Dengan Potensiometer 20%

Pada pengukuran ini *duty cycle* diatur pada potensiometer sebesar 20 % dengan tegangan 20 volt, hasil pengukuran RPM dapat dilihat pada gambar 7 berikut:



Gambar 7. Pengukuran RPM dengan sensor hall

Gambar 7 merupakan hasil pengukuran menggunakan sensor hall didapat nilai RPM sebesar 97 pada potensio 20%. Sedangkan untuk *tachometer* didapatkan nilai RPM sebesar 79, pengukuran *tachometer* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Pengukuran RPM Dengan *Tachometer*

b. Pengukuran RPM Dengan Potensiometer 40%

Pada pengukuran ini *duty cycle* diatur pada potensiometer sebesar 40 % dengan tegangan 20 volt, hasil pengukuran RPM dapat dilihat pada gambar 9 berikut:



Gambar 9. Pengukuran RPM Dengan Sensor Hall

Gambar 9 merupakan hasil pengukuran menggunakan sensor hall didapat nilai RPM sebesar 145 pada potensio 40%. Sedangkan untuk *tachometer* didapatkan nilai RPM sebesar 149, pengukuran *tachometer* dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Pengukuran RPM Dengan *Tachometer*

c. Pengukuran RPM Dengan Potensiometer 60%

Pada pengukuran ini *duty cycle* diatur pada potensiometer sebesar 60 % dengan tegangan 20 volt, hasil pengukuran RPM dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 11. Pengukuran RPM dengan sensor hall

Gambar 11 merupakan hasil pengukuran menggunakan sensor hall didapat nilai RPM sebesar 162 pada potensio 60%. Sedangkan untuk *tachometer* didapatkan nilai RPM sebesar 168,

pengukuran *tachometer* dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Pengukuran RPM Dengan *Tachometer*

d. Pengukuran RPM Dengan Potensiometer 80%

Pada pengukuran ini *duty cycle* diatur pada potensiometer sebesar 80 % dengan tegangan 20 volt, hasil pengukuran RPM dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 13. Pengukuran RPM dengan sensor hall

Gambar 13 merupakan hasil pengukuran menggunakan sensor hall didapat nilai RPM sebesar 171 pada potensio 80%. Sedangkan untuk tachometer didapatkan nilai RPM sebesar 173, pengukuran *tachometer* dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Pengukuran RPM Dengan *Tachometer*

e. Pengukuran RPM Dengan Potensiometer 100%

Pada pengukuran ini *duty cycle* diatur pada potensiometer sebesar 100 % dengan tegangan 20 volt, hasil pengukuran RPM dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 15. Pengukuran RPM dengan sensor hall

Gambar 15 merupakan hasil pengukuran menggunakan sensor hall didapat nilai RPM sebesar 189 pada potensio 100%. Sedangkan untuk *tachometer* didapatkan nilai RPM sebesar 188, pengukuran *tachometer* dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Pengukuran RPM Dengan *Tachometer*

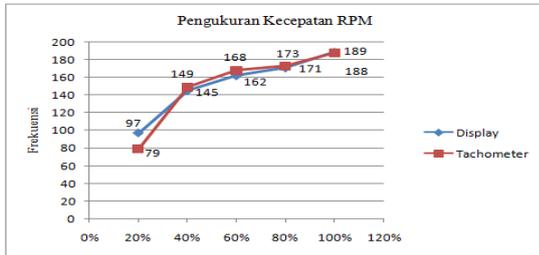
Dari hasil pengukuran RPM pada *display* dan *tachometer* diatas terdapat beda hasil pengukuran yang sedikit berbeda (eror) diantara kedua alat tersebut. Hasil Pengukuran tersebut dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil pengukuran RPM dan Erornya

No	Potensio	Tegangan (v)	Pembaca Alat Ukur		Eror
			Display	Tachometer	
1	20%	20 volt	97	79	18%
2	40%	20 volt	145	149	4%
3	60%	20 volt	162	168	6%
4	80%	20 volt	171	173	2%
5	100%	20 volt	189	188	1%

Tabel 3 merupakan data hasil pengukuran kecepatan RPM menggunakan sensor hall dan

menggunakan tacho meter. Pada tabel pengukuran tersebut dibuat grafik hasil pengukuran kecepatan RPM untuk mengetahui besar selisih hasil pengukurannya, grafik pengukuran kecepatan RPM dilihat pada gambar 17.

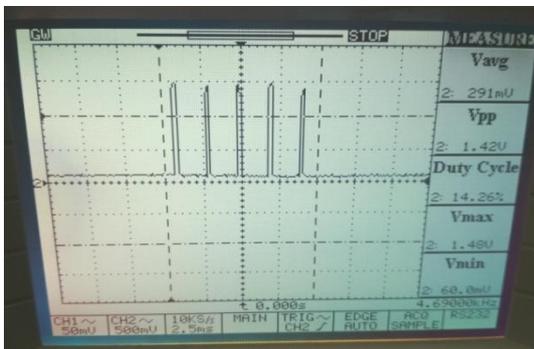


Gambar 17. Grafik Pengukuran Kecepatan RPM

Gambar 17 grafik hasil pengukuran kecepatan RPM menggunakan *tachometer* dengan memvariasi nilai *duty cycle* pada potensiometer.

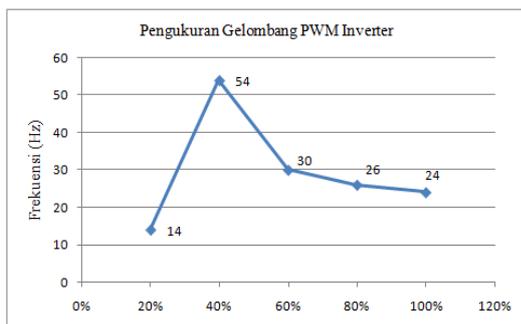
2. Pengukuran Gelombang PWM Inverter dengan osilokop

Pengukuran gelombang PWM inverter ini dilakukan untuk mengetahui bentuk sinyal PWM inverter dan seberapa besar sinyal PWM yang di inputkan ke inverter. Tegangan yang diberikan pada inverter sebesar 20 volt. Pengukurannya menggunakan *oscilloscope*.



Gambar 18. Bentuk Gelombang Pada PWM Inverter

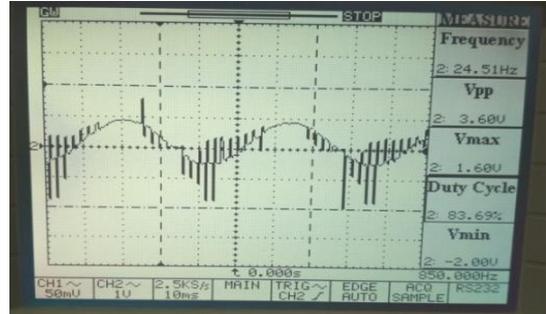
Gambar 18 menunjukkan gelombang PWM inverter yang di ukur menggunakan *oscilloscope*. Pada pengukuran tersebut didapat variasi gelombang PWM inverter yang telah digambarkan berbentuk grafik pada gambar 19.



Gambar 19. Grafik Gelombang PWM Inverter

3. Pengukuran Gelombang Fasa A

Pengukuran gelombang fasa A bertujuan untuk mengetahui bentuk gelombang dan besar frekuensi fasa A. Pengukuran fasa A dilakukan pada kabel biru inverter dengan menggunakan *oscilloscope*.



Gambar 20. Pengukuran Gelombang Fasa A

Gambar 20 merupakan pengukuran gelombang fasa A menggunakan *oscilloscope*. Dari pengukuran tersebut dibuat grafik untuk mengetahuikenaiakan frekuensi hasil yang di ukur.

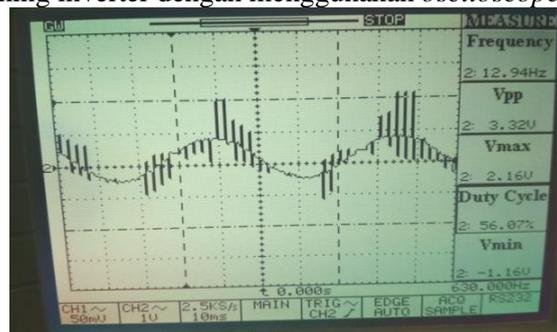


Gambar 21. Grafik Gelombang Phase A

Gambar 21 merupakan hasil pengukuran gelombang fasa A. Proses pengukuran menggunakan *oscilloscope* dengan memvariasikan nilai potensiometer dan mendapatkan hasil sebagai berikut: 20% menghasilkan frekuensi sebesar 24.51Hz, 40% menghasilkan frekuensi 51.05Hz, 60% menghasilkan frekuensi 62.72Hz, 80% menghasilkan frekuensi 66.81Hz, dan 100% menghasilkan frekuensi 67.54Hz.

4. Pengukuran Gelombang Fasa B

Pengukuran fasa B dilakukan pada kabel kuning inverter dengan menggunakan *oscilloscope*.



Gambar 22. Pengukuran Gelombang Fasa B

Gambar 22 merupakan pengukuran gelombang fasa B menggunakan *osciloscop*. Dari pengukuran tersebut dibuat grafik untuk mengetahui kenaikan frekuensi hasil yang di ukur.

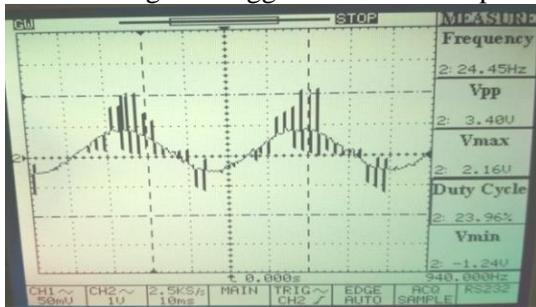


Gambar 23. Grafik Gelombang *Phase B*

Gambar 23 merupakan hasil pengukuran gelombang fasa B. Proses pengukuran menggunakan *osciloscope* dengan memvariasikan nilai potensiometer dan mendapatkan hasil sebagai berikut: 20% menghasilkan frekuensi sebesar 12.94Hz, 40% menghasilkan frekuensi 53.67Hz, 60% menghasilkan frekuensi 61.75Hz, 80% menghasilkan frekuensi 62.47Hz, dan 100% menghasilkan frekuensi 69.32Hz.

5. Pengukuran Gelombang Fasa C

Pengukuran fasa C dilakukan pada kabel hijau inverter dengan menggunakan *osciloscope*.



Gambar 24. Pengukuran Gelombang Fasa C

Gambar 24 merupakan pengukuran gelombang fasa C menggunakan *osciloscop*. Dari pengukuran tersebut dibuat grafik untuk mengetahui kenaikan frekuensi hasil yang di ukur.

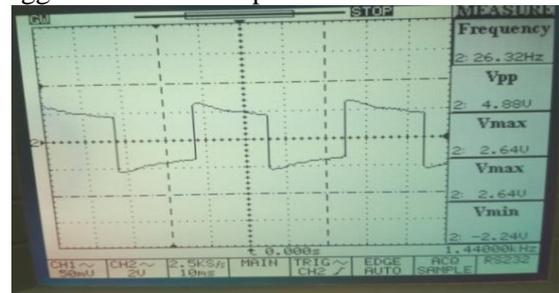


Gambar 25. Grafik Gelombang *Phase C*

Gambar 25 merupakan hasil pengukuran gelombang fasa C. Proses pengukuran menggunakan *osciloscope* dengan memvariasikan nilai potensiometer dan mendapatkan hasil sebagai berikut: 20% menghasilkan frekuensi sebesar 24.45Hz, 40% menghasilkan frekuensi 56.50Hz, 60% menghasilkan frekuensi 63.56Hz, 80% menghasilkan frekuensi 64.10Hz, dan 100% menghasilkan frekuensi 74.03Hz.

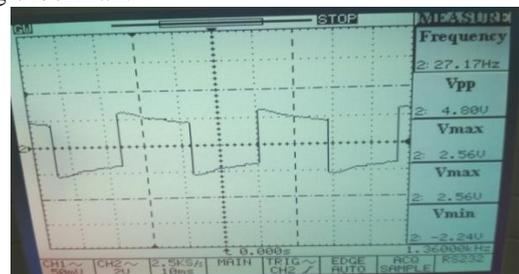
6. Pengukuran Gelombang Sensor Hall

Pengukuran sensor hall dilakukan pada kabel sensor yang terdapat pada MASTS dengan menggunakan *osciloscope*.



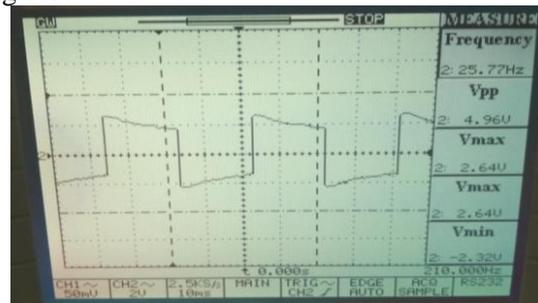
Gambar 26. Bentuk gelombang pada Hall A

Gambar 26 merupakan pengukuran gelombang hall A. Pengukuran ini dilaku untuk mengetahui proses perubahan bentuk gelombang Hall A tiap variasi nilai *duty cycle* potensiometer yang diberikan.



Gambar 27. Bentuk gelombang pada Hall B

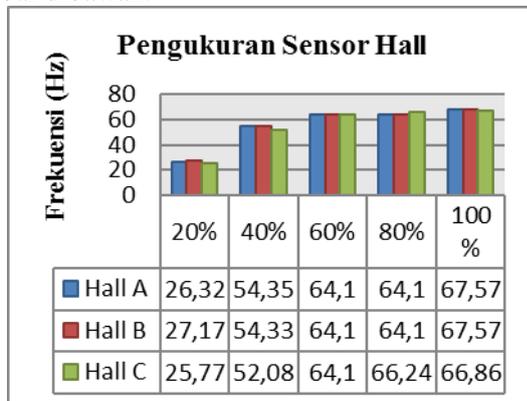
Gambar 27 merupakan pengukuran gelombang hall B. Pengukuran ini dilaku untuk mengetahui proses perubahan bentuk gelombang Hall B tiap variasi nilai *duty cycle* potensiometer yang diberikan.



Gambar 28. Bentuk gelombang pada Hall C

Gambar 28 merupakan pengukuran gelombang hall C. Pengukuran ini dilaku untuk mengetahui proses perubahan bentuk gelombang Hall C tiap variasi nilai *duty cycle* potensiometer yang diberikan.

Dari pengukuran ketiga hall tersebut didapatkan grafik hasil pengukuran tiap nilai variasi *duty cycle* potensio, grafik tersebut dapa dilihat gambar dibawah.



Gambar 29. Grafik gelombang pada sensor hall

Gambar 29 merupakan hasil pengukuran gelombang pada Hall A, Hall B, dan Hall C. Proses pengukuran menggunakan oscilloscope dengan memvariasikan nilai *duty cycle* pada potensiometer dan mendapatkan hasil sebagai berikut : 20% menghasilkan frekuensi Hall A 26.32Hz, Hall B 27.17Hz, Hall C 25.77Hz. pada 40% menghasilkan frekuensi Hall A 54.35Hz, Hall B 54.33Hz, Hall C 52.08Hz. Pada 60% menghasilkan frekuensi Hall A 64.10, Hall B 64.10Hz, Hall C 64.10Hz. Pada 80% menghasilkan frekuensi Hall A 64.10Hz, Hall B 64.10Hz, Hall C 66.24Hz dan 100% menghasilkan frekuensi Hall A 67.57Hz, Hall B 67.57, dan Hall C 66.86Hz

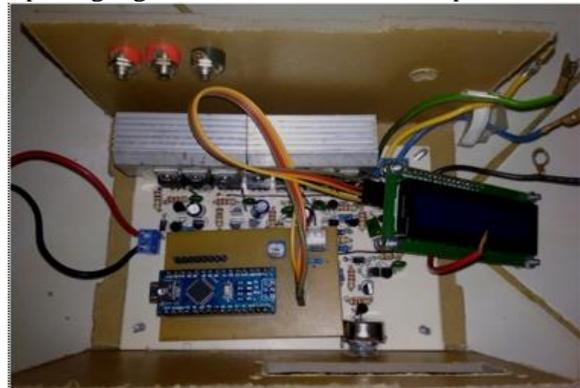
B. Pembahasan

Hasil pembuatan alat didokumentasikan setelah alat dibuat berdasarkan perencanaan dan perancangan. Pada penggunaan inverter tiga fasa dengan monitoring RPM Pada MASTS menggunakan sensor hall berbasis arduino terdapat dua komponen utama yaitu MASTS dan inverter tiga fasa. Bentuk MASTS dapat dilihat pada gambar 18 .



Gambar 30. Bentuk Fisik Alat Secara Keseluruhan

Gambar 30 merupakan bentuk dari MASTS, jenis SMATS yang digunakan adalah motor U-Winfly 500 Watt Butterfly. Pada SMATS ini terdapat 8 buah kabel sebagai input. 3 kabel untuk fasa yaitu fasa A pada kabel biru, fasa B pada kabel kuning, dan fasa C pada kabel hijau. untuk sensor tersedia 5 kabel, dimana 2 kabel untuk VCC dan GND, dan 3 kabel lagi untuk sensor Hall, kabel biru untuk Hall A, kabel kuning untuk Hall B, dan kabel hijau untuk Hall C. Motor SMATS ini dapat bekerja sampai tegangan 48 volt dan arus 15 amper.



Gambar 31. Inverter 3 fasa

Gambar 31 merupakan gambar inverter keseluruhan yang dilengkapi dengan dua arduino nano, satu arduino untuk input PWM dan satu lagi untuk Pembaca RPM meter dilengkapi dengan display LCD 16x2 sebagai monitoring RPM. Inverter memiliki 3 buah output ke MASTS, 5 buah input sensor hall, dan 2 buah input power supply dengan tegangan 12 volt dan 30 volt.

Berdasarkan hasil pengujian terjadi perubahan nilai *duty cycle* ketika putaran potensiometer divariasikan. Perubahan *duty cycle* ini terjadi karena adanya modulasi pada sinyal pulsa yang dihasilkan oleh arduino, dengan bertambahnya nilai *duty cycle* maka modulasi terjadi dan mengakibatkan bertambahnya lebar pulsa perioda pada gelombang yang dihasilkan, bertambahnya lebar pulsa perioda maka *duty cycle* yang dihasilkan ikut bertambah yang membuat kecepatan SMATS meningkat. Meningkatnya nilai *duty cycle* maka frekuensi pada phase A, B, dan C ikut meningkat. Begitu pula dengan Hall A, B, dan C juga mengalami peningkatan dan pada kecepatan RPM juga mengalami peningkatan. Ini berarti frekuensi mempengaruhi kecepatan pada MASTS, dengan berubah ubah nya frekuensi kecepatan MASTS juga ikut berubah dan hasil pengukuran RPM pun menunjukkan variasi kecepatan putarannya.

Kemudian pada pengujian alat dan pengumpulan data berupa kecepatan putaran motor (RPM). Data yang dikumpulkan adalah data yang ditampilkan oleh LCD dan data dari pengukuran *tachometer*. Pada hasil pengukuran LCD dan hasil pengukuran tachometer terjadi sedikit perselisihan

hasil yang dinamakan dengan eror. Eror ini terjadi dikarenakan sistem pembacaan pada sensor hall dan tachometer berbeda.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian alat yang dilakukan dan memperhatikan cara kerja alat, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan dapat dipengaruhi perubahan *duty cycle* PWM, semakin besar *duty cycle* yang diberikan maka semakin cepat MASTS, begitujuga sebaliknya semakin kecil yang diberikan semakin lambat putaran MASTS.
2. Terdapat selisih (eror) antara nilai RPM display dan RPM pengukuran tachometer sebesar 6,2% yang diakibatkan sistem baca alat ukur yang berbeda.

V. SARAN

Berdasarkan pengalaman yang diperoleh selama perancangan dan pembuatan sistem keamanan kendaraan terintegrasi ada beberapa kendala yang dihadapi dan disini akan disampaikan beberapa saran yang bermanfaat untuk pengembangan dan penyempurnaan rancangan alat ini selanjutnya.

1. Rangkaian inverter membutuhkan 2 sumber tegangan yaitu 48 dan 12 volt, untuk itu sebaiknya ditambahkan rangkaian regulator untuk menurunkan tegangan 48 menjadi 12 volt agar inverter hanya menggunakan 1 input sumber tegangan.
2. Untuk menampilkan data kecepatan dan pembacaan sensor hall, digunakan 2 arduino, agar tidak mengganggu jalan program pada arduino utama.

DAFTAR PUSTAKA .

- [1] Jani, Yashvant. *Implementing Embedded Speed Control for Brushless DC Motor*. San Jose: Renesas Technology America, Inc.
- [2] Negi, Ankit. *Tachometer Using Arduino and Hall Effect Sensor*. Agust 13, 2017, <http://engineerexperience.com/tachometer-using-arduino.html>.
- [3] Fraden, Jacob. 1996. *The Hand Book of Modern Sensor*. California: Thermoscan, Inc.
- [4] Kadir, Abdul. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduin*. Yogyakarta: Andi
- [5] Nanda Redha Arsyah, Heri Suryoatmojo, Sjamsjul Anam *Desain Control Kecepatan Motor Brushless DC Berbasis Power Factor Correction*

(PFC) Menggunakan Single Ended Primary Inductance Converter (SEPIC). Jurnal Teknik ITS.2016

- [6] Adnan Mohammad, Md. Anwarul Abedin, Md. Zianurrahman khan. *Implementation OF a Three Phase Inverter For BLDC Motor Drive*. 2016
- [7] Sutedjo, Ony Asrul Qudsi, Suhariningsih. *Desain dan Implementasi Six-Step Communication Pada Sistem Kontrol Motor BLDC 1,5 kW*. 2017
- [8] Samsul Arifin, Akhmad Fatoni. *Pemanfaatan Pulse Width Modulation Untuk Mengontrol Motor (Studi Kasus Robot Otomatis Dua Devina)*. Agustus 2014
- [9] Sutedjo, Budi. *Algoritma & Teknik Pemrograman*. Yogyakarta. Andi Offset, 2000.