

# PERANCANGAN PENGENDALI MOTOR *BRUSHED DIRECT CURRENT* 1000 WATT PADA *ELECTRIC VEHICLE*

Rakha Ardi Nugraha, Rama Okta Wiyagi, S.T, M. Eng, Kunnu Purwanto, S.T, M. Eng

Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta

Email : [rakhaardi123@gmail.com](mailto:rakhaardi123@gmail.com), [wiyagi@gmail.com](mailto:wiyagi@gmail.com), [abuasdiya@yahoo.co.id](mailto:abuasdiya@yahoo.co.id)

## ABSTRAK

Mobil listrik menggunakan penggerak berupa motor listrik, dimana penggerak tersebut tidak menghasilkan gas buang, tidak menghasilkan bunyi yang bising, serta ramah lingkungan. Hal tersebut yang mendasari para peneliti untuk terus melakukan riset dan pengembangan baik dari segi efisiensi maupun performa. Salah satu komponen penting dalam mobil listrik yaitu *controller* atau pengendali motor listrik. Tujuan dari *controller* tersebut untuk mengendalikan atau mengatur kecepatan motor listrik / motor DC, masukan pada *controller* berupa resistor *variable* yang berbentuk *throttle*. *Controller* motor DC sudah dipasarkan di Indonesia namun, *controller* tersebut bersifat permanen artinya tidak bisa dilakukan *program* ulang sehingga pengendalian kecepatan motor DC tidak dapat disesuaikan dengan kebutuhan pada mobil listrik. Penelitian ini merupakan perancangan pengendali motor DC / DC *motor controller* dengan fungsi dapat *re-programming* atau dapat diprogram ulang. Sehingga kurva kecepatan motor DC terhadap persentase putaran *throttle* dapat diatur sesuai kebutuhan mobil listrik. Hasil dari penelitian ini yaitu DC Motor Controller dengan daya 1000 Watt 48 Volt, pengaturan kecepatan motor DC dilakukan dengan mengubah nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) melalui *throttle*. Dari hasil pengujian pada mobil listrik Lingsar Proto EV dengan beban total 124,5 Kg, motor DC mengkonsumsi arus maksimal 79,14 A dan dengan kecepatan maksimal 3661 Rpm serta daya sebesar 3.798,72 Watt.

**Kata Kunci :** Mobil Listrik, DC Motor Controller, Pulse Width Modulation

### a. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi semakin lama semakin besar seiring berkembangnya era yang semakin modern, khususnya pada alat transportasi. Hal tersebut berdampak, penggunaan BBM yang semakin meningkat mengakibatkan pasokan minyak bumi

semakin menipis sehingga mengharuskan impor agar tidak terjadi krisis energi. Selain itu, penggunaan BBM pada kendaraan bermotor juga mencemari udara. Solusi dari permasalahan tersebut yaitu penggunaan kendaraan listrik. Energi listrik adalah energi yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui,

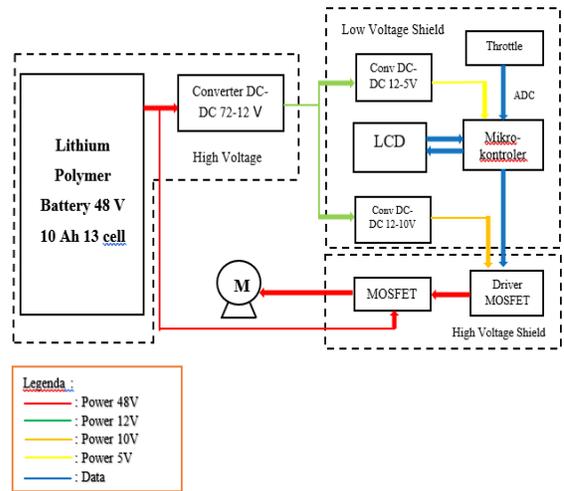
seiring berkembangnya waktu kendaraan listrik semakin populer dikalangan masyarakat maupun akademisi [1]. Salah satu kendaraan listrik yang banyak diciptakan adalah mobil listrik, Pemerintah Indonesia sangat mendukung penggunaan mobil listrik, salah satunya melalui Kementrian Riset dan Teknologi Pendidikan Tinggi (RISTEKDIKTI) yang berpartisipasi dalam upaya menyalurkan minat mahasiswa akan penggunaan energi ramah lingkungan dengan menyelenggarakan Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) dan Kompetisi Mobil Listrik Indonesia (KMLI) [2]. Mobil listrik menggunakan penggerak berupa motor DC yang mana agar dapat diatur kecepatannya, membutuhkan pengendali/kontroler. Namun, kontroler yang dijual secara luas bersifat permanen atau tidak dapat diprogram ulang artinya tidak dapat diatur kurva *throttle*-nya, sehingga tidak dapat diatur, apakah bersifat *responsive* atau linier. Berdasarkan permasalahan tersebut maka, pada penelitian ini menawarkan perancangan pengendali motor DC 1000 Watt dengan pengaturan kurva *throttle* untuk aplikasi kendaraan listrik khususnya mobil listrik.

**b. TUJUAN**

Merancang pengendali motor *Brushed* DC 1000 Watt 48 Volt agar dapat diaplikasikan pada *prototype* mobil listrik

serta melakukan pengujian pengendali motor *Brushed* DC agar dapat diaplikasikan pada *prototype* mobil listrik.

**c. PERANCANGAN**



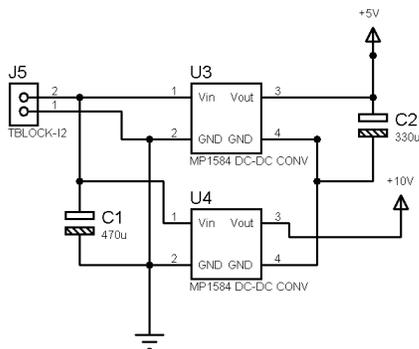
Gambar 3.1 Diagram Perancangan Sistem

Gambar diatas merupakan diagram perancangan sistem, sistem menggunakan mikrokontroler ATmega16 dan menggunakan 3 buah DC to DC Converter yang diatur dengan tegangan yang berbeda karena sistem menggunakan baterai utama dengan tegangan nominal 48 V. Pada rangkaian MOSFET sistem menggunakan MOSFET IRFP260 dan menggunakan *driver* MOSFET TC4427.

*a. Power Regulator*

Sistem pada penelitian ini menggunakan tegangan 10V sebagai suplai untuk *driver* MOSFET karena *range* tegangan pada TC4427 yaitu 4,5 – 18V dan

menggunakan tegangan 5V untuk suplai mikrokontroler ATmega16 dengan *range* tegangan *input* 4,5 – 5,5 V. Sumber tegangan berasal dari baterai mobil listrik dengan tegangan nominal 48 V yang diturunkan menjadi 12 V menggunakan DC to DC Converter / *step down reducer* DC 72 – 12 V dan diturunkan lagi menjadi 10V dan 5V menggunakan *adjustable* DC to DC converter / *Power Regulator*. Rangkaian Power Regulator dapat dilihat pada gambar 3.2.

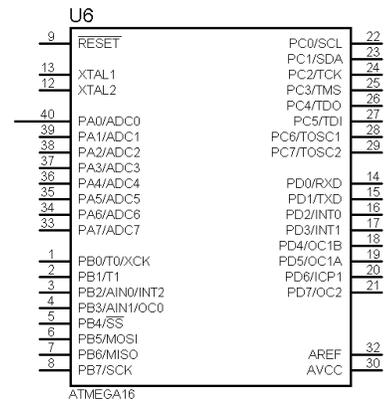


Gambar 3.2. Rangkaian *Power Regulator*

### b. Mikrokontroler ATmega16

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai pusat pengolahan data. Peran utama ATmega16 pada penelitian ini yaitu menghasilkan sinyal PWM, sinyal PWM dihasilkan dari nilai analog *throttle* yang diubah menggunakan AD Converter, nilai digital digunakan untuk membangkitkan sinyal analog PWM dengan variasi 0 – 255 karena menggunakan konfigurasi 8 bit dengan *duty cycle* 0% -

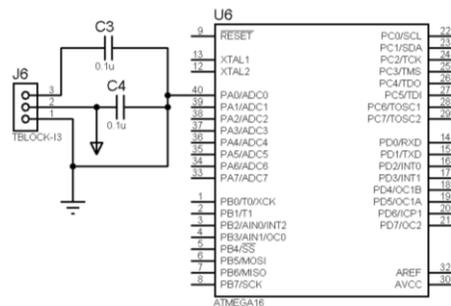
100%. Gambar mikrokontroler ATmega16 dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Mikrokontroler ATmega16

### c. Analog to Digital Converter

Masukan analog pada penelitian ini menggunakan *throttle* yang berbentuk handel gas, prinsip kerja *throttle* tersebut sama dengan *resistor variable*. Terdapat 3 pin dalam masukan *throttle* yaitu VCC dengan tegangan 5V, GND / *ground* dan data / sinyal. ADC pada sistem diatur menggunakan 8 bit dan frekuensi 125.000 kHz. Rangkaian ADC pada sistem dapat dilihat pada gambar 3.4.

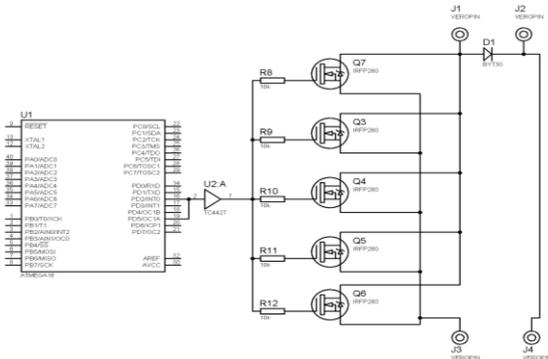


Gambar 3.4. Rangkaian AD Converter

d. *Driver* MOSFET dan MOSFET

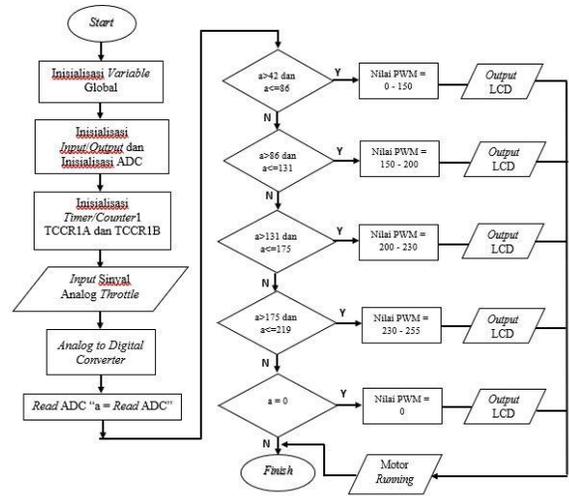
Penelitian ini menggunakan *driver* MOSFET TC4427 yang berfungsi untuk menghasilkan penguatan *drive* gerbang arus tinggi sesuai dengan kaki *gate* MOSFET. Menggunakan satu buah TC4427 dengan 5 buah MOSFET IRFP260 dengan arus maksimal hingga 46 Ampere pada setiap MOSFET.

Pada rangkaian ditambahkan sebuah *fast recovery diode* dengan tujuan untuk mencegah rangkaian dari lonjakan tegangan dari motor DC yang dapat merusak rangkaian, khususnya pada saat sumber tegangan dipasang maupun saat dilepas. Gambar rangkaian MOSFET dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 3.5. Gambar rangkaian MOSFET

e. Program pada Mikrokontroler



Gambar 3.6 Diagram Alir Program

Gambar diatas merupakan diagram alir perancangan program atau *programming* dilakukan menggunakan *software* CVAVR. Program diawali dengan mengatur *Analog to Digital Converter* yang diatur 8 bit dan frekuensi 125.000 kHz. Lalu mengatur *timer/counter*, sistem menggunakan *timer/counter1* yang di-*setting* pada mode Fast PWM Top 0x0FF dan menggunakan frekuensi yang bervariasi. Serta mengatur LCD, sistem menggunakan LCD 16x2, semua pengaturan tersebut diatur dalam *Code Wizard*.

Pada penulisan *script* program, menggunakan beberapa library yaitu `#include <mega16a.h>` `#include <stdio.h>` `#include <delay.h>`. *Variable* yang digunakan pada program yaitu “a” sebagai *variable* untuk membaca nilai dari ADC atau memanggil nilai dari ADC dan “*linthr*” yaitu *variable* untuk mengkonversi nilai dari ADC

menjadi nilai PWM. Rumus yang digunakan pada konversi tersebut yaitu :

$$\text{“linthr} = (x - in\_min) * (out\_max - out\_min) / (in\_max - in\_min) + out\_min;\text{”}$$

Dimana x : masukan nilai dari ADC; *in\_min* : nilai ADC minimal *throttle*; *in\_max* : nilai ADC maksimal *throttle*; *out\_max* : nilai maksimal PWM; *out\_min* : nilai minimal PWM. Perintah “if dan else if” digunakan untuk mempermudah dalam mengelompokkan variasi nilai PWM. Sehingga karena nilai PWM dapat divariasikan sesuai atau seiring dengan persentase putaran *throttle*, maka kecepatan putaran motor dapat dirubah sesuai dengan kebutuhan mobil listrik. Pada sistem terdapat 3 variasi nilai PWM yaitu variasi pertama dengan nilai 0, 150, 200, 230, 255, variasi kedua dengan nilai 0, 64, 128, 191, 255, dan variasi ketiga dengan nilai 0, 100, 150, 200, 255. Salah satu variasi tersebutlah yang dimasukkan pada rumus konversi atau “linthr” yang disebutkan diatas.

#### d. HASIL dan PEMBAHASAN

##### a. Pengujian *Throttle*

Pengujian *throttle* bertujuan untuk mengetahui tegangan keluaran dari *throttle* yang digunakan untuk masukan AD *converter*. Hasil pengujian *throttle* yang dinyatakan dalam persen terhadap tegangan

keluaran dapat dilihat pada tabel 4.1. pengujian *throttle* dilakukan dengan menggunakan *power supply* dengan tegangan 5 V.

Tabel 4.1. Tegangan *Output Throttle*

| Persentase <i>Throttle</i> | Tegangan Keluaran |
|----------------------------|-------------------|
| 0%                         | 0,80 V            |
| 25%                        | 1,84 V            |
| 50%                        | 2,75 V            |
| 75%                        | 3,51 V            |
| 100%                       | 4,18 V            |

Berdasarkan data diatas saat *throttle* tidak diputar tegangan *output* kurang dari 1 V dan pada saat putaran penuh tegangan *output* mencapai 4,18 V. Sehingga, pada pengujian ini dapat disimpulkan bahwa rentang tegangan *output* pada *throttle* berkisar 0,80 hingga 4,18 V. Karena tegangan *output throttle* bersifat linear, maka *throttle* tersebut layak digunakan.

##### b. Pengujian DC to DC Converter / Step Down Reducer

Pengujian pada DC to DC *converter* dilakukan pada 3 DC to DC *converter* yang berbeda sesuai dengan rentang tegangan yaitu DC to DC *converter* 72 to 12 V, 2 buah *adjustable* DC to DC *converter* yang masing-masing di-*setting* 10 V dan 5 V. Pengujian tersebut dilakukan menggunakan *power supply* dengan tegangan 24 V dan 60 V. Hasil

pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2 hingga 4.4.

Tabel 4.2. Pengujian pada DC to DC converter 72 to 12 V

| Tegangan <i>Input</i> | Tegangan <i>Output</i> |
|-----------------------|------------------------|
| 12 V                  | 0 V                    |
| 24 V                  | 12,38 V                |
| 36 V                  | 12,40 V                |
| 48 V                  | 12,42 V                |
| 60 V                  | 12,50 V                |

Tabel 4.3. Pengujian pada DC to DC converter 12 to 10 V

| Tegangan <i>Input</i> | Tegangan <i>Output</i> |
|-----------------------|------------------------|
| 2 V                   | 0 V                    |
| 4 V                   | 3,15 V                 |
| 6 V                   | 5,07 V                 |
| 8 V                   | 7,17 V                 |
| 10 V                  | 9,37 V                 |
| 12 V                  | 10,05 V                |
| 14 V                  | 10,05 V                |
| 16 V                  | 10,07 V                |
| 18 V                  | 10,09 V                |
| 20 V                  | 10,09 V                |
| 22 V                  | 10,09 V                |
| 24 V                  | 10,10 V                |

Tabel 4.4. Pengujian pada DC to DC converter 12 to 5 V

| Tegangan <i>Input</i> | Tegangan <i>Output</i> |
|-----------------------|------------------------|
| 2 V                   | 0 V                    |
| 4 V                   | 3,13 V                 |
| 6 V                   | 4,72 V                 |
| 8 V                   | 5,04 V                 |

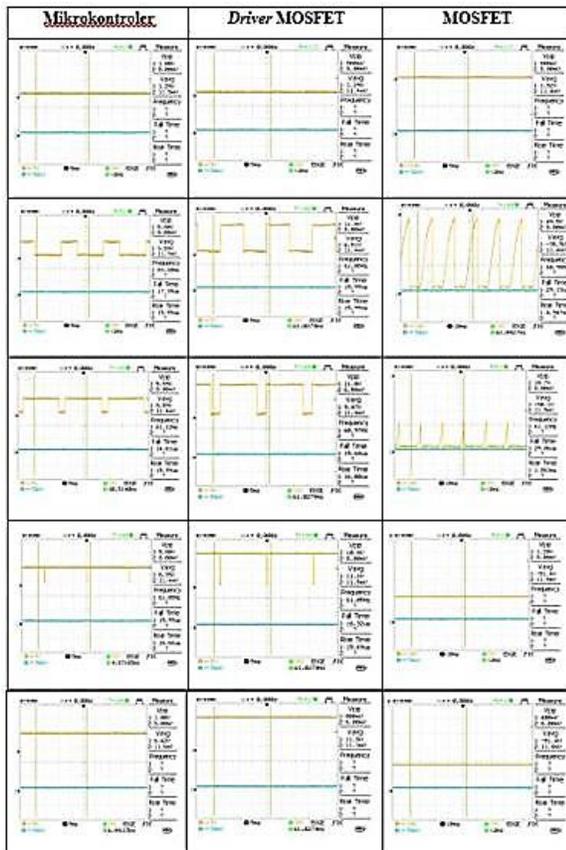
| Tegangan <i>Input</i> | Tegangan <i>Output</i> |
|-----------------------|------------------------|
| 10 V                  | 5,04 V                 |
| 12 V                  | 5,05 V                 |
| 14 V                  | 5,05 V                 |
| 16 V                  | 5,05 V                 |
| 18 V                  | 5,05 V                 |
| 20 V                  | 5,05 V                 |
| 22 V                  | 5,05 V                 |
| 24 V                  | 5,06 V                 |

Dari data ketiga tabel tersebut pada kolom tegangan *output* dapat dilihat bahwa tegangan *output* pada masing-masing DC to DC Converter menunjukkan angka yang tetap sesuai dengan tegangan *output* yang telah di-*setting* sebelumnya yaitu pada 12 V, 10 V dan 5V, meskipun dengan tegangan *input* yang bervariasi. Berdasarkan data tersebut, ketiga DC to DC Converter layak digunakan untuk mensuplai mikrokontroler, driver MOSFET dan MOSFET.

c. Pengujian Sinyal PWM pada Mikrokontroler, Driver MOSFET dan MOSFET

Pengujian sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) dibagi menjadi 3 tahap yaitu sinyal PWM pada *output* mikrokontroler, sinyal PWM pada *output driver* MOSFET dan sinyal PWM pada *output* MOSFET. pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bentuk gelombang dan *duty cycle* pada

masing-masing *output* yaitu pada ATmega16, *driver* MOSFET dan MOSFET. pengujian ini menggunakan persentase putaran *throttle* sebagai parameternya. Hasil pengujian ini didapat gambar gelombang pada masing-masing *output* seperti gambar 4.5.



Gambar 4.5. Gelombang pada Sistem

Dilihat pada gambar gelombang diatas pada gelombang hasil *output* pada ATmega16 memiliki bentuk yang sempurna dimana berbentuk kotak yang memiliki *duty cycle* yang bervariasi sesuai dengan persentase putaran *throttle*. Pada gelombang hasil *output driver* MOSFET memiliki

bentuk serupa yaitu gelombang kotak sempurna namun terlihat lebih besar hal ini karena mengalami penguatan pada *driver* MOSFET. Perbedaan bentuk gelombang terdapat pada *output* MOSFET hal ini karena MOSFET menghasilkan bentuk yang berbeda, namun *duty cycle* masih tetap berubah seiring putaran *throttle*.

#### d. Pengujian Menggunakan Beban Resistif

Pengujian ini bertujuan mengetahui arus yang mengalir pada rangkaian dengan sifat beban resistif terkendali dan untuk mengetahui *output* sinyal PWM yang dipasang langsung pada beban. Pengujian menggunakan bohlam lampu motor 30 Watt 12 V yang dirangkai seri sehingga tegangan suplai 48 V. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4.6. Pengujian Arus Beban Resistif

| Persentase <i>Throttle</i> | Arus Beban Lampu (Ampere) |
|----------------------------|---------------------------|
| 0%                         | 0                         |
| 25%                        | 1,20                      |
| 50%                        | 2,20                      |
| 75%                        | 2,74                      |
| 100%                       | 3,06                      |

Tabel 4.7. Gelombang Menggunakan Beban Resistif

| Sudut Putar <i>Throttle</i> (%)  | Bentuk Gelombang pada Beban Resistif |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| Sudut Putar <i>Throttle</i> 0%   |                                      |
| Sudut Putar <i>Throttle</i> 25%  |                                      |
| Sudut Putar <i>Throttle</i> 50%  |                                      |
| Sudut Putar <i>Throttle</i> 75%  |                                      |
| Sudut Putar <i>Throttle</i> 100% |                                      |

Gelombang diatas terlihat bahwa nilai PWM memiliki *duty cycle* yang berbeda-beda sesuai dengan putaran *throttle*. Hal ini menunjukkan pada saat kondisi beban terpasang bersifat resistif, sistem mampu mengendalikan lampu sehingga kondisi lampu dapat redup atau terang sesuai dengan putaran *throttle*.

e. Pengujian Frekuensi Terhadap Kondisi Motor DC

Pengujian frekuensi dilakukan dengan mengubah frekuensi timer/counter1 pada code wizard. Nilai frekuensi yang digunakan yaitu 15.625 kHz, 62.500 kHz, 250.000 kHz dan 2.000.000 kHz. Parameter yang digunakan pada pengujian ini yaitu : arus, jumlah putaran motor, dan tingkat kebisingan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.8 sampai 4.11.

Tabel 4.8. Pengujian pada Frekuensi 15.625 kHz

| Frekuensi 15.625 kHz       |          |                      |                         |
|----------------------------|----------|----------------------|-------------------------|
| Persentase <i>Throttle</i> | Arus (A) | Jumlah Putaran (Rpm) | Tingkat Kebisingan (dB) |
| 0%                         | 0,00     | 0                    | 0,0                     |
| 25%                        | 1,75     | 3346                 | 20,6                    |
| 50%                        | 1,19     | 3648                 | 21,5                    |
| 75%                        | 1,05     | 3657                 | 22,5                    |
| 100%                       | 0,97     | 3661                 | 21,4                    |

Tabel 4.9. Pengujian pada Frekuensi 62.500 kHz

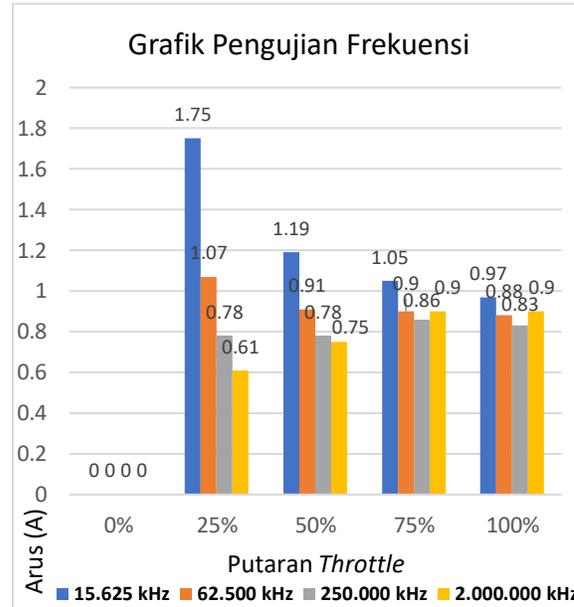
| Frekuensi 62.500 kHz |          |                      |                         |
|----------------------|----------|----------------------|-------------------------|
| Persentase Throttle  | Arus (A) | Jumlah Putaran (Rpm) | Tingkat Kebisingan (dB) |
| 0%                   | 0,00     | 0                    | 0,0                     |
| 25%                  | 1,07     | 3395                 | 24,3                    |
| 50%                  | 0,91     | 3558                 | 22,2                    |
| 75%                  | 0,90     | 3593                 | 22,5                    |
| 100%                 | 0,88     | 3610                 | 21,2                    |

Tabel 4.10. Pengujian pada Frekuensi 250.000 kHz

| Frekuensi 250.000 kHz |          |                      |                         |
|-----------------------|----------|----------------------|-------------------------|
| Persentase Throttle   | Arus (A) | Jumlah Putaran (Rpm) | Tingkat Kebisingan (dB) |
| 0%                    | 0,00     | 0                    | 0,0                     |
| 25%                   | 0,78     | 3394                 | 25,5                    |
| 50%                   | 0,78     | 3528                 | 21,9                    |
| 75%                   | 0,86     | 3570                 | 22,4                    |
| 100%                  | 0,83     | 3613                 | 22,1                    |

Tabel 4.11. Pengujian pada Frekuensi 2.000.000 kHz

| Frekuensi 2.000.000 kHz |          |                      |                         |
|-------------------------|----------|----------------------|-------------------------|
| Persentase Throttle     | Arus (A) | Jumlah Putaran (Rpm) | Tingkat Kebisingan (dB) |
| 0%                      | 0,00     | 0                    | 0,0                     |
| 25%                     | 0,61     | 2873                 | 19,6                    |
| 50%                     | 0,75     | 3260                 | 23,8                    |
| 75%                     | 0,90     | 3612                 | 22,8                    |
| 100%                    | 0,90     | 3635                 | 21,1                    |



Gambar 4.1. Pengujian Frekuensi

Berdasarkan data pengujian tersebut dapat dilihat perbandingannya pada gambar grafik 4.1, arus tertinggi terjadi pada persentase *throttle* 25% hal ini karena pada saat motor dalam keadaan diam torsi yang dibutuhkan lebih besar dibandingkan pada saat sudah berputar, torsi yang besar menyebabkan arus yang dibutuhkan juga besar. Pada grafik juga terlihat bahwa semakin besar frekuensi, arus yang dibutuhkan juga semakin kecil namun tidak terlalu signifikan, hal ini karena kinerja dari motor DC semakin baik.

f. Pengujian Variasi Nilai PWM / Kurva *Throttle* Terhadap Putaran Motor

Pengujian pada kurva *throttle* dilakukan dengan mengganti nilai PWM dengan beberapa variasi. Variasi nilai PWM tersebut yaitu nilai pertama 0, 150, 200, 230, 255 kedua yaitu 0, 64, 128, 191, 255 dan ketiga yaitu 0, 100, 150, 200, 255. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kurva persentase *throttle* terhadap jumlah putaran motor dengan variasi nilai PWM yang bermacam-macam. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.12 sampai 4.14.

Tabel 4.12. Pengujian pada Nilai 0, 150, 200, 230, 255

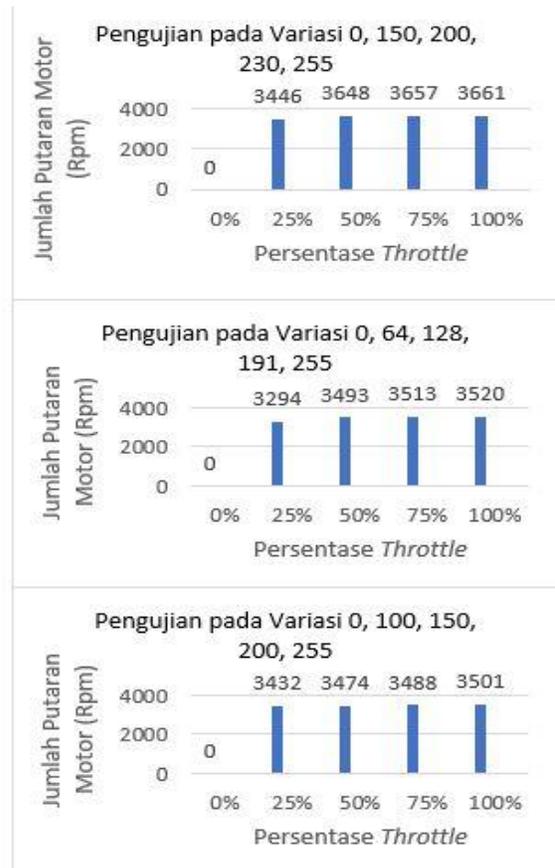
| Persentase <i>Throttle</i> | Jumlah Putaran Motor (Rpm) |
|----------------------------|----------------------------|
| 0%                         | 0                          |
| 25%                        | 3446                       |
| 50%                        | 3648                       |
| 75%                        | 3657                       |
| 100%                       | 3661                       |

Tabel 4.13. Pengujian pada Nilai 0, 64, 128, 191, 255

| Persentase <i>Throttle</i> | Jumlah Putaran Motor (Rpm) |
|----------------------------|----------------------------|
| 0%                         | 0                          |
| 25%                        | 3294                       |
| 50%                        | 3493                       |
| 75%                        | 3513                       |
| 100%                       | 3520                       |

Tabel 4.14. Pengujian pada Nilai 0, 100, 150, 200, 255

| Persentase <i>Throttle</i> | Jumlah Putaran Motor (Rpm) |
|----------------------------|----------------------------|
| 0%                         | 0                          |
| 25%                        | 3432                       |
| 50%                        | 3474                       |
| 75%                        | 3488                       |
| 100%                       | 3501                       |



Gambar 4.2. Pengujian pada Nilai PWM

Berdasarkan data diatas, putaran motor DC terdapat perbedaan, namun angka yang dihasilkan tidak terlalu berbeda jauh. Perbedaan yang paling Nampak terjadi pada pengujian dengan nilai PWM 0, 150, 200, 230, 255. Hal ini karena sistem langsung

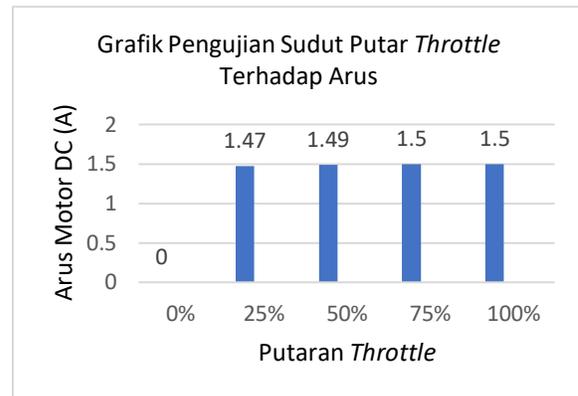
diberikan nilai PWM 150 yang menyebabkan motor berputar lebih cepat, maka dengan data tersebut nilai PWM sistem di-*setting* pada 0, 150, 200, 230, 255.

g. Pengujian Menggunakan Motor *Direct Current* 250 Watt 24 V Tanpa Beban

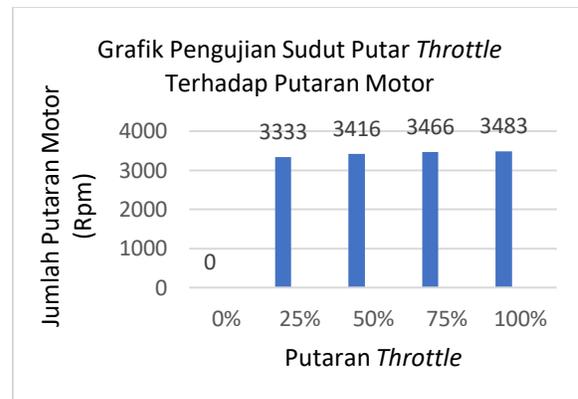
Pengujian dengan menggunakan motor DC 250 Watt merupakan pengujian dengan beban induktif pertama sebelum menggunakan motor DC 1000 Watt, pengujian ini dilakukan dengan menggunakan tegangan 24 V sesuai spesifikasi yang berasal dari *power supply*. Data yang diambil pada pengujian ini yaitu arus dan jumlah putaran motor. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.15 dan gambar 4.3 serta gambar 4.4.

Tabel 4.15 Pengujian Menggunakan Motor DC 250 Watt 24 V

| Persentase <i>Throttle</i> | Arus Beban Motor DC (Ampere) | Jumlah Putaran Motor (Rpm) |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 0%                         | 0,00                         | 0                          |
| 25%                        | 1,47                         | 3333                       |
| 50%                        | 1,49                         | 3416                       |
| 75%                        | 1,50                         | 3466                       |
| 100%                       | 1,50                         | 3483                       |



Gambar 4.3 Grafik Arus Motor DC



Gambar 4.4 Grafik Jumlah Putaran Motor DC

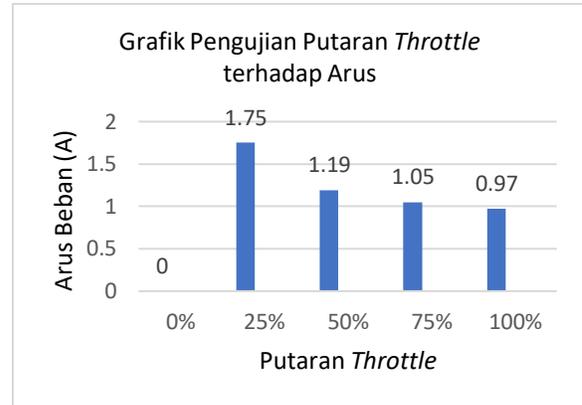
Berdasarkan data pengujian diatas terlihat bahwa putaran motor DC berada pada kisaran 3400 Rpm, dengan kisaran arus 1,5 ampere. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengendalikan motor tersebut dengan baik karena pada spesifikasi motor DC, Rpm motor sebesar 3300 Rpm sementara data hasil pengujian, Rpm motor hingga 3483 Rpm. Dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengendalikan motor DC dengan soesifikasi yang lebih besar.

h. Pengujian Menggunakan Motor *Direct Current* 1000 Watt 48 V Tanpa Beban

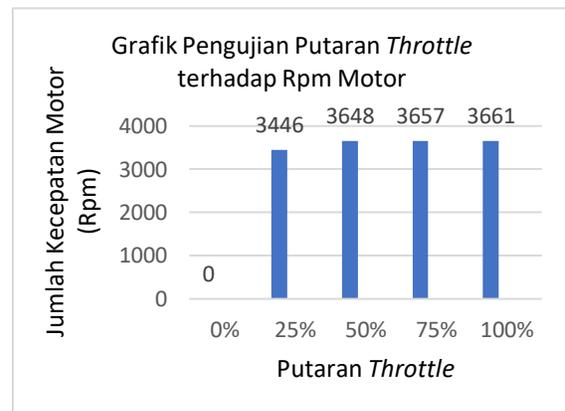
Pengujian menggunakan motor DC 1000 Watt 48 V merupakan tahap akhir sebelum pengujian pada mobil listrik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar arus pada rangkaian daya saat tidak diberi beban serta mengetahui kurva Rpm terhadap nilai persentase putaran *throttle*. Pengujian ini dilakukan dengan tegangan yang bersumber dari baterai mobil listrik yang berjenis Lithium Polymer dengan tegangan nominal 48 V 13 sel dengan kapasitas 10.000 mAh. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16. Pengujian pada Motor DC 1000 Watt

| Persentase <i>Throttle</i> | Arus Beban Motor DC (Ampere) | Jumlah Putaran Motor (Rpm) |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 0%                         | 0,00                         | 0                          |
| 25%                        | 1,75                         | 3446                       |
| 50%                        | 1,19                         | 3648                       |
| 75%                        | 1,05                         | 3657                       |
| 100%                       | 0,97                         | 3661                       |



Gambar 4.4. Pengujian Arus Motor DC 1000 Watt

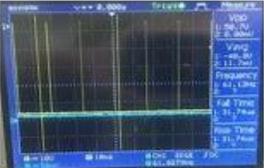
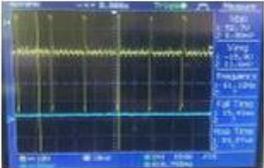
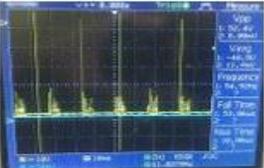


Gambar 4.5. Pengujian Rpm Motor DC 1000 Watt

Berdasarkan pengujian pada motor DC 1000 Watt, arus *starting* motor lebih besar dibandingkan pada saat motor telah berputar hal tersebut karena torsi yang dibutuhkan motor dari keadaan diam hingga berputar besar. Jumlah putaran motor atau Rpm motor terukur pada kisaran 3600 Rpm, pada spesifikasi ditulis 3200 Rpm, hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengendalikan kecepatan motor DC, sehingga sistem layak untuk dilakukan

pengujian pada mobil listrik Lingsar Proto EV Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tabel 4.17. Pengujian Rpm Motor DC 1000 Watt

| Sudut Putar Throttle (%)  | Bentuk Gelombang PWM pada Motor DC  |
|---------------------------|---|
| Sudut Putar Throttle 0%   |    |
| Sudut Putar Throttle 25%  |    |
| Sudut Putar Throttle 50%  |   |
| Sudut Putar Throttle 75%  |  |
| Sudut Putar Throttle 100% |  |

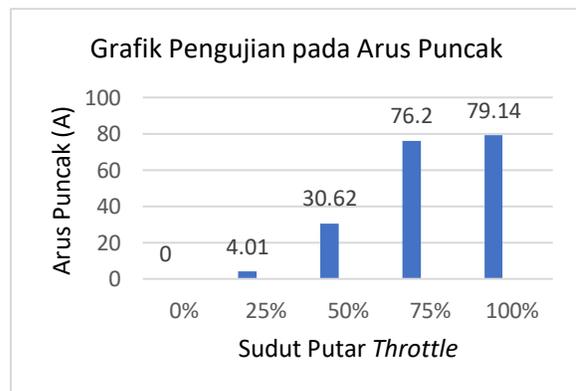
i. Pengujian dengan Beban dan Pengambilan Data pada *Prototype* Mobil Listrik Lingsar Proto EV

Pengujian ini dilakukan di Stadion Maguwoharjo, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem saat dipasang pada mobil listrik Lingsar Proto EV dengan beban 1 orang pengemudi dengan berat badan 54,5

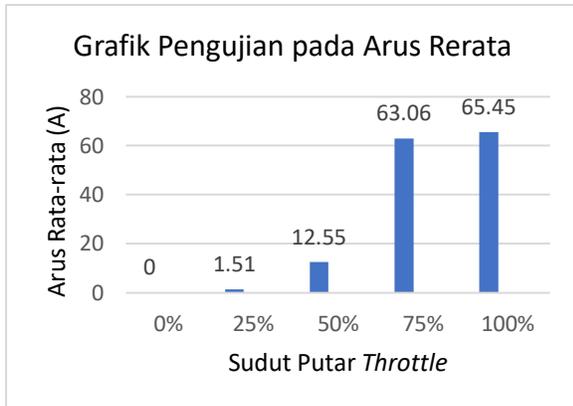
Kg dan 1 buah mobil dengan berat 70 Kg, sehingga berat total sekitar 124,5 Kg. Pada sisi mekanik motor DC dipasang *gear ratio* dengan jumlah gigi *gear* depan 9 *teeth* dan jumlah gigi *gear* belakang 78 *teeth*. Sehingga dengan perbandingan tersebut torsi yang diciptakan mencapai 18 Nm, menggunakan rantai *go-kart* sebagai penghubung antara *gear* pada motor dengan *gear* pada roda belakang. Pada pengujian ini dipasang watt meter yang digunakan untuk mengetahui arus puncak, tegangan, dan konsumsi energi. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Data Pengujian pada Mobil Listrik Lingsar Proto EV

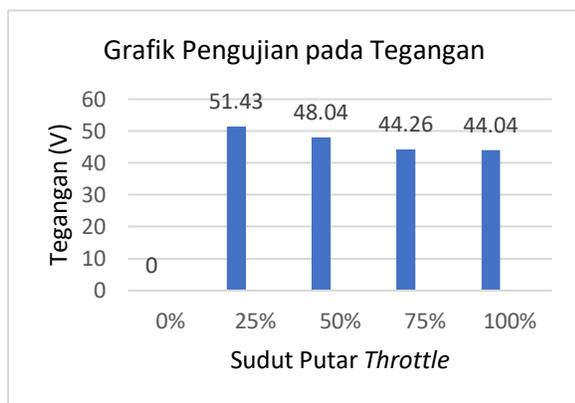
| Sudut Throttle | Arus Puncak (A) | Arus Rata-rata (A) | Tegangan (V) |
|----------------|-----------------|--------------------|--------------|
| 0%             | 0               | 0                  | 0            |
| 25%            | 4,01            | 1,51               | 51,43        |
| 50%            | 30,62           | 12,55              | 48,04        |
| 75%            | 76,20           | 63,06              | 44,26        |
| 100%           | 79,14           | 65,45              | 44,04        |



Gambar 4.5. Pengujian pada Arus Puncak



Gambar 4.6. Pengujian pada Arus Rerata



Gambar 4.7. Pengujian pada Tegangan

Berdasarkan data pengujian diatas motor DC yang dipasang pada mobil listrik Lingsar Proto EV dengan spesifikasi 1000 Watt 48 V membutuhkan arus 79,14 A pada saat *throttle* diputar penuh. Nilai arus puncak berada dimulai pada saat *throttle* diputar 50% dimana arus yang semula 1,51 naik hingga 12,55 A, hal serupa juga terjadi pada saat *throttle* diputar hingga 75%.

Pengecekan suhu pada komponen dilakukan dengan cara kontak langsung menggunakan jari tangan, saat dilakukan pengecekan tidak terdapat komponen dengan panas yang berlebih. Pada saat pengetesan

mobil listrik Lingsar Proto EV dapat melaju hingga kecepatan 40 km/jam namun, hal tersebut dapat membahayakan pengemudi karena dapat mengakibatkan mobil terguling dan *chassis* menjadi miring. Setelah melakukan pengujian tersebut maka sistem dapat diterapkan pada *prototype* mobil listrik Lingsar Proto EV Universitas Muhammadiyah Yogyakarta khususnya pada ajang Kontes Mobil Hemat Energi.

#### f. KESIMPULAN dan SARAN

##### a. Kesimpulan

- Sistem pengendali yang dirancang mampu menjalankan motor *brushed* DC 1000 Watt 48 V pada mobil listrik Lingsar Proto EV dengan arus maksimal 79,14 A dan suplai tegangan hingga 54 V DC serta kecepatan motor DC hingga 3661 Rpm. Sistem diaplikasikan pada mobil listrik Lingsar Proto EV UMY.
- Terdapat 3 variasi kurva *throttle* yang dapat diaplikasikan sesuai dengan kondisi mobil listrik Lingsar Proto EV UMY. Perubahan kurva dilakukan dengan merubah nilai PWM, variasi pertama dengan nilai 0, 150, 200, 230, 255. Variasi kedua dengan nilai 0, 64, 128, 191, 255, dan

variasi ketiga dengan nilai 0, 100, 150, 200, 255.

- Pada ketahanan sistem, sistem mampu menjalankan motor DC 1000 Watt 48 V yang dihubungkan dengan rantai dengan perbandingan *gear* 1 : 9 dan dengan beban mobil listrik Lingsar Proto EV serta satu orang pengemudi dengan berat total 124,5 Kg. Sistem mampu bekerja 10 kali putaran Stadion Maguwoharjo dengan jarak 9,8 Km tanpa henti dan dengan konsumsi energi 62 Wh atau setara dengan 158,38 Km/kWh.

b. Saran

- Pemasangan DC to DC Converter 72 to 12 V perlu ditambah rangkaian *delay* agar pada saat tegangan *input* mengalir, arus langsung menuju DC to DC Converter 72 to 12 V terlebih dahulu sebelum mengalir menuju ke rangkaian MOSFET, yang dikhawatirkan akan merusak rangkaian MOSFET atau merusak rangkaian mikrokontroler.
- Penambahan *cover* dengan bahan yang mampu meredam guncangan agar saat dipasang pada mobil listrik Lingsar Proto EV tidak terdapat error

atau lepasnya pengkabelan pada sistem.

- Perlu dilakukan penyesuaian pada rangkaian MOSFET dan komponennya, pada mobil listrik jenis dengan beban yang lebih besar, sehingga sistem tetap aman.

g. DAFTAR PUSTAKA

[1] <https://www.kompasiana.com/ratna-dewi88/582b6bcd23b0bd2d1247e5f1/solusi-bahan-bakar-alternatif-ramah-lingkungan>

[2] <http://kmhe2019.um.ac.id/> (diakses pada 7 Oktober 2019 pukul 22.38 WIB)