

# Rancang Bangun Pencatat Karakteristik Motor Listrik Berbasis Mikrokontroler untuk Laboratorium Elektronika Daya JTE FT-UB

Ahmad Firmansyah A., Ir. Soeprpto, M.T., Adharul Muttaqin, S.T., M.T.

Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jalan M.T. Haryono No. 167 Malang 65145 Indonesia

e-mail: ahmad.firmansyah29@gmail.com

**Abstrak**—Motor listrik adalah suatu perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dan termasuk ke dalam kategori mesin listrik dinamis. Dalam memahami sebuah motor listrik, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban motor mengacu kepada keluaran tenaga putar (torsi) sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Salah satu beban motor listrik yang berfungsi sebagai alat pengukur torsi motor adalah *magnetic powder brake*. Besarnya torsi diukur menggunakan *control unit* yang bekerja bersama dengan *magnetic powder brake*. *Control unit* ini juga digunakan bersama dengan *tachogenerator* untuk mengukur kecepatan rotasi motor. Selain itu, tegangan dan arus motor juga diukur menggunakan osiloskop yang sebelumnya dihubungkan ke *isolation amplifier* terlebih dahulu. Data-data karakteristik motor listrik tersebut kemudian dibaca menggunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk selanjutnya dikirim ke *Personal Computer* menggunakan koneksi USB. Data-data tersebut kemudian diolah lebih lanjut dan ditampilkan dalam bentuk grafik menggunakan Microsoft Visual Studio. Efisiensi motor dapat dihitung menggunakan semua besaran yang telah diukur dan dicatat.

**Kata Kunci**—karakteristik motor asinkron, torsi motor, kecepatan rotasi motor, akuisisi data, *tachogenerator*, *magnetic powder brake*

## I. PENDAHULUAN

P erkembangan teknologi saat ini dituntut untuk memenuhi kebutuhan manusia yang bermacam-macam tidak hanya dari segi fungsi, tetapi juga harus efisien. Manusia sudah mulai meninggalkan aktivitas yang dilakukan secara konvensional dan beralih ke fasilitas digital yang menggunakan peralatan-peralatan elektronik. Peralatan elektronik pun semakin lama semakin mengalami kemajuan apalagi semenjak ditemukannya transistor. Peralatan elektronik yang terus dikembangkan saat ini adalah peralatan yang mampu melakukan pekerjaan yang tidak bisa dilakukan oleh manusia secara manual.

Pencatatan karakteristik suatu motor listrik saat diberi torsi pembebanan harus dilakukan dengan cepat, terutama saat nilai torsi pembebanan yang

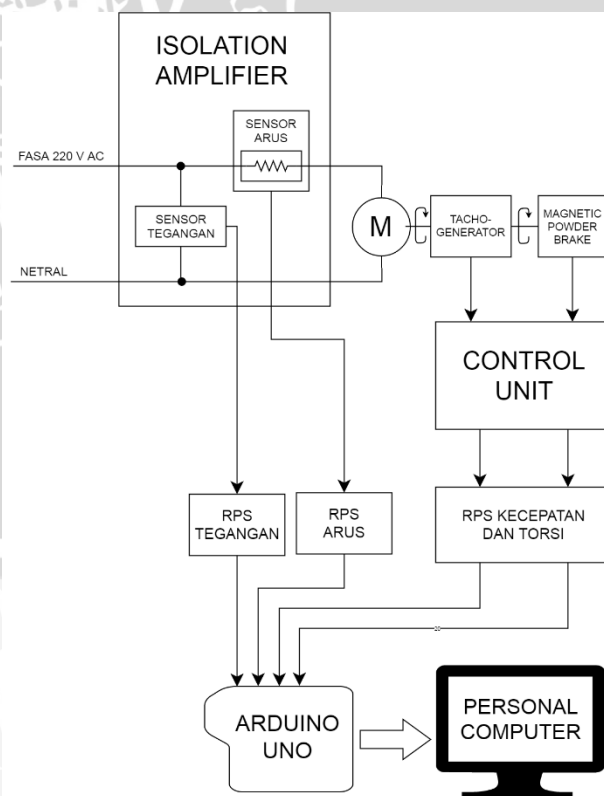
besar agar tidak terjadi kerusakan pada motor tersebut. Pencatatan secara manual oleh manusia sangat tidak efektif untuk diterapkan karena keterbatasan manusia dalam membaca sebuah alat ukur dengan cepat. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu teknologi yang dapat diaplikasikan untuk melakukan pencatatan karakteristik motor listrik tersebut secara cepat dan akurat.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sebuah alat yang mampu mencatat karakteristik motor listrik secara *real time* dan dapat ditampilkan oleh *Personal Computer* menggunakan koneksi USB yang merupakan teknologi standar dan paling banyak digunakan serta paling mutakhir dari teknologi antarmuka komputer.

## II. PERANCANGAN ALAT

### A. Perancangan Diagram Blok Sistem

Perancangan alat diawali dengan pembuatan diagram blok sistem secara keseluruhan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem

### B. Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal untuk Control Unit

Perancangan ini bertujuan untuk membuat suatu rangkaian yang mampu menangkap sinyal tegangan dari *control unit* agar dapat diproses oleh Arduino. Keluaran dari *control unit* berupa tegangan DC yang bernilai antara 0 – 10 V dan terdiri dari dua bagian, yaitu untuk pencatatan torsi dan kecepatan rotasi, sedangkan tegangan masukan pada Arduino memiliki batas nilai antara 0 – 5 V. Maka dari itu, dibutuhkan suatu rangkaian yang berupa dua buah pembagi tegangan agar nilai tegangan keluaran *control unit* dapat dijadikan masukan Arduino.

Rangkaian pengkondisi sinyal ini terdiri dari empat buah resistor. Besarnya nilai hambatan pada resistor ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$R_1 = R_4$$

$$R_2 = R_3$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$

$$R_1 = R_2 \cdot \left( \frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right)$$

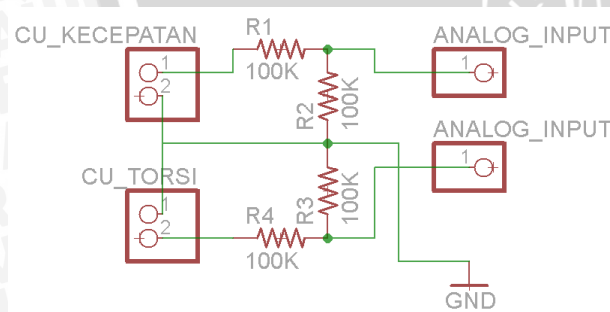
Rangkaian pembagi tegangan ini memberi sinyal tegangan masukan kepada Arduino dengan penguatan setengah dari tegangan masukan rangkaian pembagi tegangan. Jika tegangan masukan rangkaian pembagi tegangan 10 V, maka yang terdeteksi pada Arduino sebesar 5 V. Sebagai acuan, besarnya nilai  $R_2$  ditentukan sebesar 100 k $\Omega$ .

$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega \cdot \left( \frac{10 \text{ V}}{5 \text{ V}} - 1 \right)$$

$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = R_1 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$$



Gambar 2. Rangkaian pengkondisi sinyal untuk *control unit*

Tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan ini selanjutnya dihubungkan ke pin A0 dan A1 Arduino untuk diolah datanya.

### C. Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Tegangan Motor

Perancangan ini bertujuan untuk membuat suatu rangkaian yang mampu menangkap sinyal tegangan motor listrik agar dapat diproses oleh Arduino. Sebelum masuk ke Arduino, sinyal tegangan motor terlebih dahulu harus melewati *isolation amplifier* dan rangkaian pengkondisi sinyal tegangan motor.

*Isolation amplifier* digunakan untuk menurunkan level tegangan AC 220 V menjadi tegangan AC 2,2  $V_{rms}$ , dengan nilai tegangan puncak atas senilai +3,11 V dan tegangan puncak bawah –3,11 V. Nilai tegangan keluaran dari *isolation amplifier* sebesar ini masih belum dapat dijadikan masukan Arduino sehingga perlu diperkecil lagi. Untuk itu, diperlukan sebuah rangkaian pembagi tegangan yang berfungsi untuk menurunkan level tegangan keluaran dari *isolation amplifier*. Rangkaian pembagi tegangan ini dirancang untuk menghasilkan keluaran tegangan puncak ke puncak yang sesuai dengan tegangan referensi pada Arduino dengan penghitungan sebagai berikut:

$$V_{out} \text{ isolation amplifier} = 0,01 \cdot V_{motor}$$

$$V_{out} \text{ isolation amplifier} = 0,01 \cdot 220 V_{rms}$$

$$V_{out} \text{ isolation amplifier} = 2,2 V_{rms}$$

$$V_{peak} \text{ isolation amplifier} = 2,2\sqrt{2} \text{ V} = 3,11 \text{ V}$$

$$V_{out} \text{ puncak} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\cdot V_{peak} \text{ isolation amplifier}$$

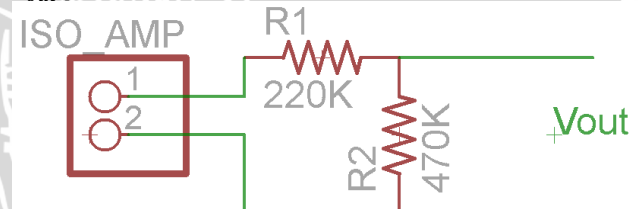
Nilai hambatan  $R_1$  dan  $R_2$  dipilih untuk menghasilkan nilai tegangan keluaran puncak sebesar  $\pm 2$  V. Untuk *isolation amplifier* dengan tegangan keluaran 2,2  $V_{rms}$  AC, kombinasi nilai resistor yang sesuai untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran yang diinginkan adalah  $R_1 = 220 \text{ k}\Omega$  dan  $R_2 = 470 \text{ k}\Omega$ , dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_{out} \text{ puncak} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\cdot V_{peak} \text{ isolation amplifier}$$

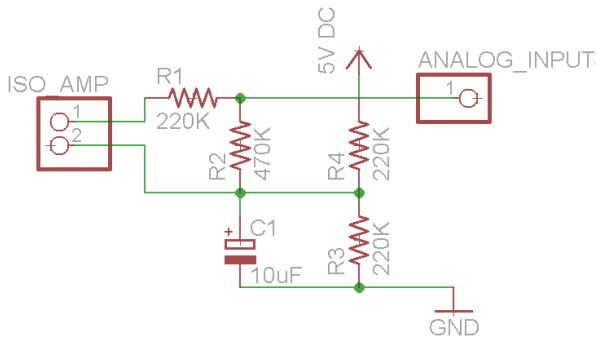
$$V_{out} \text{ puncak} = \frac{470 \text{ k}\Omega}{220 \text{ k}\Omega + 470 \text{ k}\Omega} \cdot 3,11 \text{ V}$$

$$V_{out} \text{ puncak} = 2,12 \text{ V}$$



Gambar 3. Rangkaian pembagi tegangan pada rangkaian pengkondisi sinyal tegangan motor

Resistor  $R_1$  dan  $R_2$  yang ditunjukkan pada Gambar 3 membentuk sebuah rangkaian pembagi tegangan yang dapat menurunkan nilai tegangan keluaran dari *isolation amplifier*. Sinyal keluaran pada rangkaian ini masih berbentuk sinusoida murni dengan nilai tegangan puncak +2,12 V dan –2,12 V. Dalam perancangan rangkaian pengkondisi sinyal tegangan motor diinginkan rangkaian yang mampu menaikkan titik nol sinyal sinusoida ke titik 2,5 V agar nilai puncak atas dan bawah sinyal bernilai positif seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian pengkondisi sinyal tegangan motor

Tegangan bias yang dihasilkan dari rangkaian pembagi tegangan R<sub>3</sub> dan R<sub>4</sub> merupakan setengah dari nilai tegangan catu 5 V DC yang bernilai 2,5 V DC. Kapasitor di atas berguna sebagai kapasitor catu untuk mendapatkan tegangan keluaran yang stabil dari rangkaian pembagi tegangan R<sub>3</sub> dan R<sub>4</sub>. Nilai tegangan keluaran yang dihasilkan dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{out \text{ pembagi tegangan}} + V_{out \text{ DC Bias}}$$

$$V_{out \text{ puncak atas}} = 2,12 \text{ V} + 2,5 \text{ V} = 4,62 \text{ V}$$

$$V_{out \text{ puncak bawah}} = -2,12 \text{ V} + 2,5 \text{ V} = 0,38 \text{ V}$$

Jika keluaran dari catu daya sebesar 5 V DC, maka tegangan yang dihasilkan dari rangkaian ini naik sebesar 2,5 V sehingga puncak atas dan bawah gelombang menjadi bernilai positif. Nilai untuk puncak atas naik menjadi 4,62 V dan untuk puncak bawah naik menjadi 0,38 V. Nilai tegangan keluaran seperti ini dapat dijadikan masukan pada pin analog Arduino dan selanjutnya dihubungkan ke pin A2 Arduino untuk diolah datanya.

#### D. Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Arus Motor

Perancangan ini bertujuan untuk membuat suatu rangkaian yang mampu menangkap sinyal arus motor listrik dan mengubahnya ke dalam bentuk sinyal tegangan agar dapat diproses oleh Arduino. Sebelum masuk ke Arduino, sinyal arus motor terlebih dahulu harus melewati *isolation amplifier* dan rangkaian pengkondisi sinyal arus motor. *Isolation amplifier* digunakan untuk mengkonversi sinyal arus motor menjadi sinyal tegangan dengan menambahkan resistor 1 Ω pada *isolation amplifier*. Nilai tegangan keluaran dari *isolation amplifier* masih perlu diperkecil lagi agar dapat dijadikan masukan Arduino. Untuk itu, diperlukan sebuah rangkaian pembagi tegangan yang berfungsi untuk menurunkan level tegangan keluaran dari *isolation amplifier*. Rangkaian pembagi tegangan ini dirancang untuk menghasilkan keluaran tegangan puncak ke puncak yang sesuai dengan tegangan referensi pada Arduino dengan penghitungan sebagai berikut:

$$V_{out \text{ isolation amplifier}} = R \cdot I_{max \text{ motor}} \\ = 1 \Omega \cdot 4 \text{ A}$$

$$V_{out \text{ isolation amplifier}} = 4 \text{ V}_{rms}$$

$$V_{peak \text{ isolation amplifier}} = 4\sqrt{2} \text{ V} = 5,66 \text{ V}$$

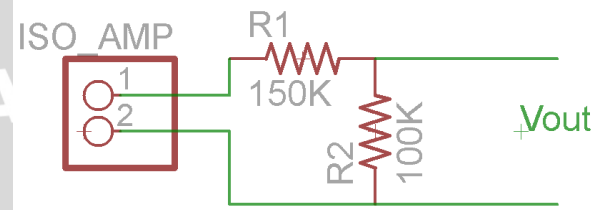
$$V_{out \text{ puncak}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{peak \text{ isolation amplifier}}$$

Nilai hambatan R<sub>1</sub> dan R<sub>2</sub> dipilih untuk menghasilkan nilai tegangan keluaran puncak sebesar ± 2 V. Untuk *isolation amplifier* dengan tegangan keluaran 4 V<sub>rms</sub> AC, kombinasi nilai resistor yang sesuai untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran yang diinginkan adalah R<sub>1</sub> = 150 kΩ dan R<sub>2</sub> = 100 kΩ, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_{out \text{ puncak}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{peak \text{ isolation amplifier}}$$

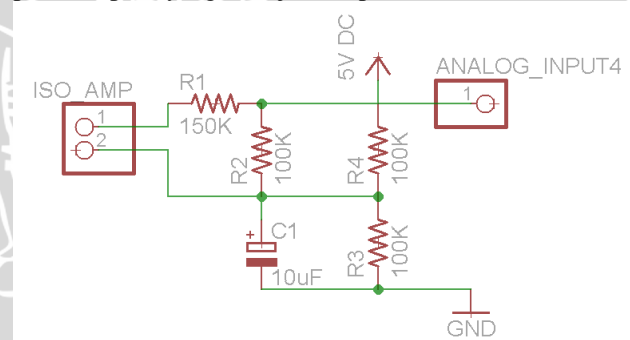
$$V_{out \text{ puncak}} = \frac{100 \text{ k}\Omega}{150 \text{ k}\Omega + 100 \text{ k}\Omega} \cdot 5,66 \text{ V}$$

$$V_{out \text{ puncak}} = 2,26 \text{ V}$$



Gambar 5. Rangkaian pembagi tegangan pada rangkaian pengkondisi sinyal arus motor

Resistor R<sub>1</sub> dan R<sub>2</sub> yang ditunjukkan pada Gambar 5 membentuk sebuah rangkaian pembagi tegangan yang dapat menurunkan nilai tegangan keluaran dari *isolation amplifier*. Sinyal keluaran pada rangkaian ini masih berbentuk sinusoida murni dengan nilai tegangan puncak +2,26 V dan -2,26 V. Dalam perancangan rangkaian pengkondisi sinyal arus motor diinginkan rangkaian yang mampu menaikkan titik nol sinyal sinusoida ke titik 2,5 V agar nilai puncak atas dan bawah sinyal bernilai positif seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian pengkondisi sinyal arus motor

Tegangan bias yang dihasilkan dari rangkaian pembagi tegangan R<sub>3</sub> dan R<sub>4</sub> merupakan setengah dari nilai tegangan catu 5 V DC yang bernilai 2,5 V DC. Kapasitor di atas berguna sebagai kapasitor catu untuk mendapatkan tegangan keluaran yang stabil dari rangkaian pembagi tegangan R<sub>3</sub> dan R<sub>4</sub>. Nilai tegangan keluaran yang dihasilkan dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{out \text{ pembagi tegangan}} + V_{out \text{ DC Bias}}$$

$$V_{out \text{ puncak atas}} = 2,26 \text{ V} + 2,5 \text{ V} = 4,76 \text{ V}$$

$$V_{out \text{ puncak bawah}} = -2,26 \text{ V} + 2,5 \text{ V} = 0,24 \text{ V}$$

Jika keluaran dari catu daya sebesar 5 V DC, maka tegangan yang dihasilkan dari rangkaian ini

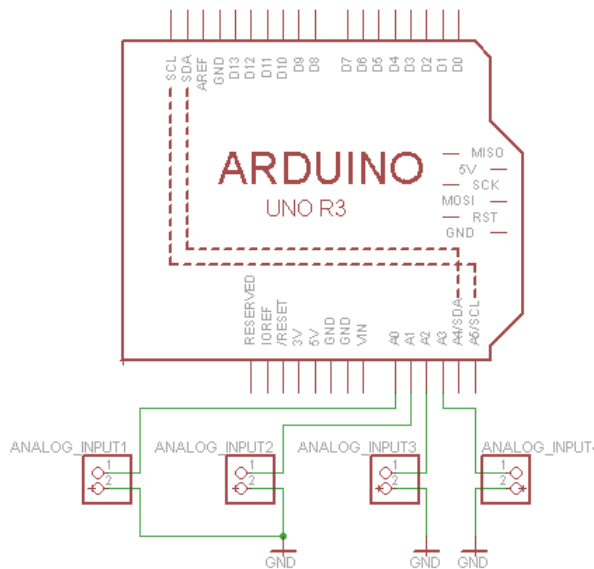
naik sebesar 2,5 V sehingga puncak atas dan bawah gelombang menjadi bernilai positif. Nilai untuk puncak atas naik menjadi 4,76 V dan untuk puncak bawah naik menjadi 0,24 V. Nilai tegangan keluaran seperti ini dapat dijadikan masukan pada pin analog Arduino dan selanjutnya dihubungkan ke pin A3 Arduino untuk diolah datanya.

**E. Perancangan Rangkaian Antarmuka Arduino**

Perancangan ini bertujuan untuk membuat suatu skematik hubungan antara keluaran-keluaran rangkaian akuisisi data karakteristik motor dengan mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan pada perancangan ini adalah Arduino Uno. Arduino Uno menyediakan 20 pin *input/output*, yang terdiri dari 6 pin *input* analog dan 14 pin *input/output* digital. Alokasi pin yang digunakan untuk perancangan ini adalah sebagai berikut:

- 1.) Pin A0 digunakan sebagai masukan data kecepatan rotasi motor listrik dari rangkaian pembagi tegangan untuk *control unit*.
- 2.) Pin A1 digunakan sebagai masukan data torsi motor listrik dari rangkaian pembagi tegangan untuk *control unit*.
- 3.) Pin A2 digunakan sebagai masukan data tegangan motor listrik dari rangkaian pengkondisi sinyal tegangan motor.
- 4.) Pin A3 digunakan sebagai masukan data arus motor listrik dari rangkaian pengkondisi sinyal arus motor.

Dari total 20 pin yang tersedia pada Arduino Uno, hanya empat pin yang digunakan pada perancangan ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

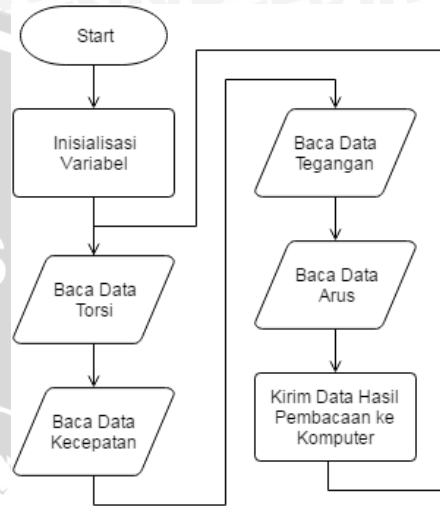


Gambar 7. Rangkaian antarmuka Arduino

**F. Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler**

Perancangan ini bertujuan untuk membuat suatu perangkat lunak yang mampu membaca data karakteristik motor listrik lalu mengirim data tersebut ke *Personal Computer*. Perangkat lunak dirancang

melalui pembuatan diagram alir (*flowchart*) algoritme program pada mikrokontroler. Desain dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan pada mikrokontroler Arduino Uno menggunakan bahasa C melalui perangkat lunak *compiler* program Arduino IDE. Diagram alir algoritme program perangkat lunak mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram alir perangkat lunak mikrokontroler

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

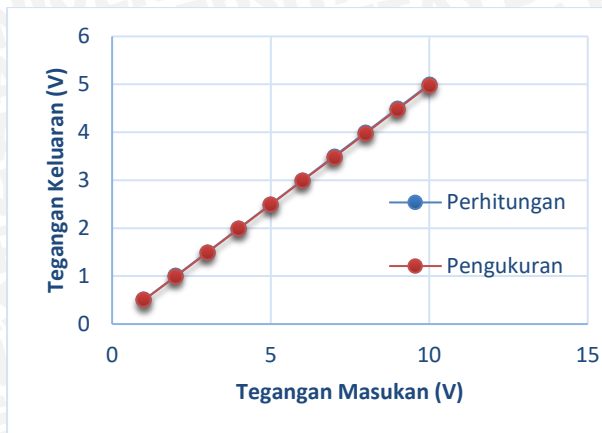
**A. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal untuk Control Unit**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah besar tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan berubah secara linier terhadap tegangan masukannya sesuai dengan teori. Pengujian dilakukan dengan melihat perubahan tegangan menggunakan multimeter. Data hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan untuk *control unit*

$V_{in}$ (V)	$V_{out}$ Pengukuran (V)	$V_{out}$ Perhitungan (V)	Kesalahan (%)
1	0.5	0.5	0
2	0.99	1	1
3	1.49	1.5	0.67
4	1.99	2	0.5
5	2.49	2.5	0.4
6	2.99	3	0.33
7	3.48	3.5	0.57
8	3.98	4	0.5
9	4.48	4.5	0.44
10	4.98	5	0.4



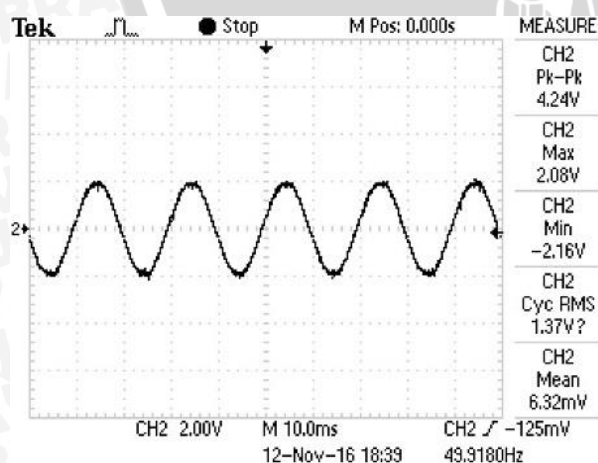


Gambar 9. Grafik tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan untuk control unit

Dari data hasil pengujian di atas, terlihat bahwa nilai tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan naik secara linier seiring dengan kenaikan nilai tegangan masukannya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Rangkaian ini memiliki keakuratan yang cukup memadai dengan kesalahan rata-rata sebesar 0,48 %.

### B. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Tegangan Motor

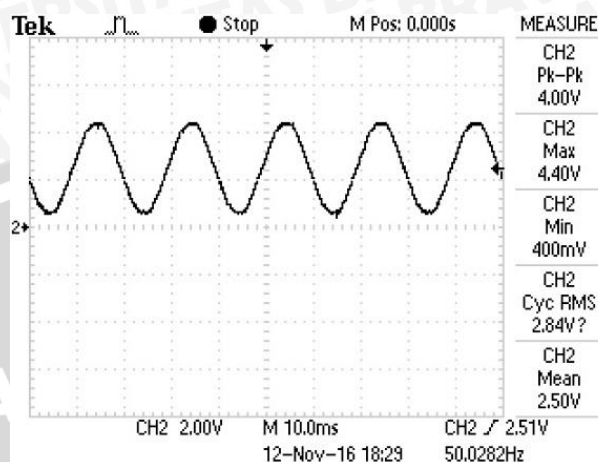
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan yang keluar dari rangkaian pembagi tegangan pada rangkaian pengkondisi sinyal tegangan motor dan dari rangkaian pengkondisi sinyal tegangan motor secara keseluruhan beserta bentuk sinyalnya. Pengujian dilakukan dengan mengamati bentuk sinyal keluaran masing-masing rangkaian menggunakan osiloskop. Bentuk sinyal keluaran rangkaian pembagi tegangan pada rangkaian pengkondisi sinyal tegangan motor ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Sinyal keluaran rangkaian pembagi tegangan pada rangkaian akuisi data tegangan motor

Dari data hasil pengujian di atas, terlihat bahwa sinyal keluaran yang dihasilkan berbentuk sinusoida murni dengan nilai tegangan keluaran sebesar 1,37  $V_{rms}$  dan titik tengah sinyal berada pada titik 6,32

mV. Nilai tegangan keluaran puncak ke puncak yang dihasilkan sebesar 4,24 V dengan nilai tegangan puncak atas sebesar +2,08 V dan tegangan puncak bawah -2,16 V.

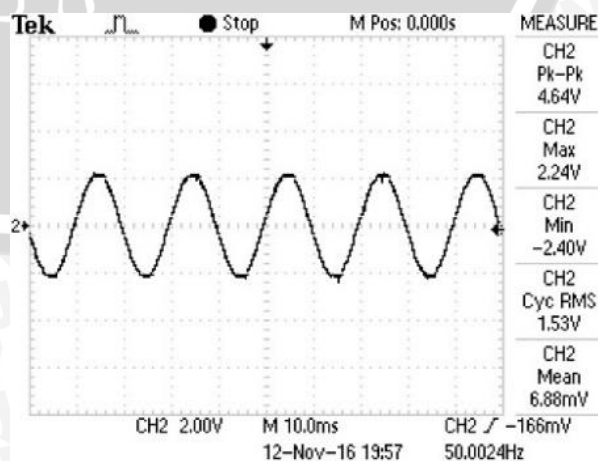


Gambar 11. Sinyal keluaran rangkaian pengkondisi sinyal tegangan motor

Dari data hasil pengujian di atas, terlihat bahwa sinyal tegangan keluaran yang dihasilkan bernilai 2,84  $V_{rms}$  dan titik tengah sinyal berada pada titik 2,5 V. Nilai tegangan keluaran puncak ke puncak yang dihasilkan sebesar 4 V dengan nilai tegangan puncak atas sebesar +4,4 V dan tegangan puncak bawah +0,4 V.

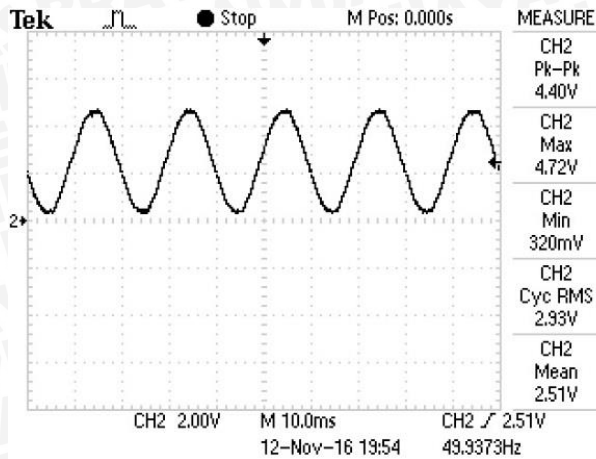
### C. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Arus Motor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan yang keluar dari rangkaian pembagi tegangan pada rangkaian pengkondisi sinyal arus motor dan dari rangkaian pengkondisi sinyal arus motor secara keseluruhan beserta bentuk sinyalnya. Pengujian dilakukan dengan mengamati bentuk sinyal keluaran masing-masing rangkaian menggunakan osiloskop. Bentuk sinyal keluaran rangkaian pembagi tegangan pada rangkaian pengkondisi sinyal arus motor ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Sinyal keluaran rangkaian pembagi tegangan pada rangkaian akuisi data arus motor

Dari data hasil pengujian di atas, terlihat bahwa sinyal keluaran yang dihasilkan berbentuk sinusoida murni dengan nilai tegangan keluaran sebesar 1,53  $V_{rms}$  dan titik tengah sinyal berada pada titik 6,88 mV. Nilai tegangan keluaran puncak ke puncak yang dihasilkan sebesar 4,64 V dengan nilai tegangan puncak atas sebesar +2,24 V dan tegangan puncak bawah -2,4 V.

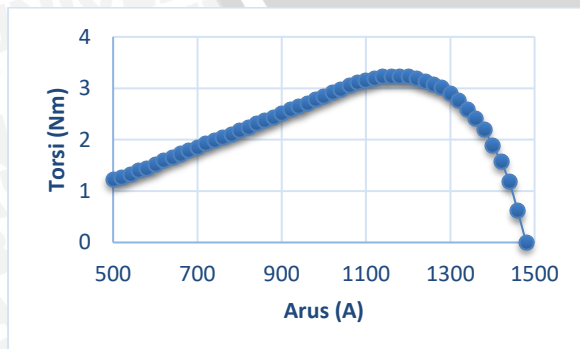


Gambar 13. Sinyal keluaran rangkaian pengkondisi sinyal arus motor

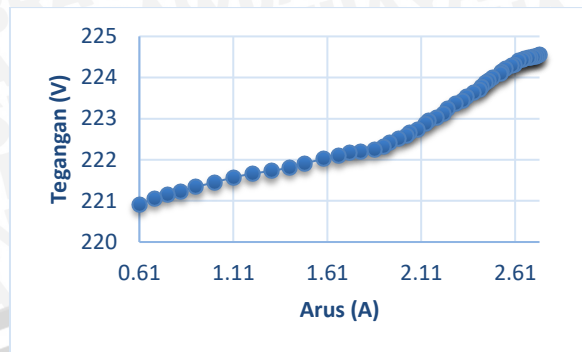
Dari data hasil pengujian di atas, terlihat bahwa sinyal tegangan keluaran yang dihasilkan bernilai 2,93  $V_{rms}$  dan titik tengah sinyal berada pada titik 2,51 V. Nilai tegangan keluaran puncak ke puncak yang dihasilkan sebesar 4,4 V dengan nilai tegangan puncak atas sebesar +4,72 V dan tegangan puncak bawah +0,32 V.

#### A. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pencatatan karakteristik motor listrik oleh alat yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan semua perangkat keras sesuai dengan diagram blok lalu memasukkan program perangkat lunak pada mikrokontroler Arduino Uno. Data hasil pencatatan dibagi menjadi dua bagian yaitu parameter mekanik dan elektrik yang ditunjukkan dalam Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14. Grafik hasil pencatatan data torsi terhadap kecepatan rotasi motor listrik



Gambar 15. Grafik hasil pencatatan data tegangan terhadap arus motor listrik

Dari hasil pengujian didapatkan sensitivitas dari sistem yang digunakan adalah 4,88 mV per bit. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 50 titik.

### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

1. Alat pencatat karakteristik motor listrik terdiri dari rangkaian pembagi tegangan untuk *control unit*, rangkaian pengkondisi sinyal tegangan motor, rangkaian pengkondisi sinyal arus motor, dan mikrokontroler Arduino Uno. Semua data karakteristik motor listrik hasil pengakuisisian yang berupa sinyal analog kemudian diterima oleh mikrokontroler Arduino Uno untuk dikonversi menjadi data digital dan selanjutnya dikirim ke *Personal Computer* melalui koneksi USB. Data-data tersebut kemudian diolah lebih lanjut dan ditampilkan dalam bentuk visual menggunakan Microsoft Visual Studio.

#### B. Saran

Diharapkan untuk penelitian kedepannya alat mampu mencatat karakteristik dari mesin elektrik lainnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

Arduino. 2009. *Arduino Uno*. <http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>. (Diakses pada tanggal 22 Juni 2015).

Eddens, Gerrald R. 1976. *Magnetic Particle Brake*. United States Patent 3.962.595.

LD Didactic. 2007. *Instruction Sheet Machine Test System 0.3 kW*. Germany: LD Didactic GmbH.

Leybold Didactic. 1995. *Instruction Sheet Isolation Amplifier, four-channel*. Germany: Leybold Didactic GmbH.

Leybold Didactic. 1996. *Instruction Sheet Control Unit for the Magnetic Powder Brake*. Germany: Leybold Didactic GmbH.

Moyo, Sukmo. 2013. *Microsoft Visual Studio Ultimate 2012*. <http://soekmo.blogspot.co.id/2013/08/microsoft-visual-studio-ultimate-2012.html>. (Diakses pada tanggal 3 Agustus 2015).

