

**PROTOTIPE PENGUKUR KARAKTERISTIK
MOTOR DC TERHADAP PEMBEBANAN BERBASIS LABVIEW**



ANDRIAWAN

5115102614

Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2016**

ABSTRAK

Andriawan. Prototipe Pengukur Karakteristik Motor Terhadap Pembebanan Berbasis Labview. Skripsi, Jakarta : Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2016

Kehadiran motor DC pun semakin dibutuhkan sebagai tenaga penggerak khususnya untuk kendaraan berbasis listrik yang ramah lingkungan seperti mobil dan motor listrik, karena memiliki kelebihan kontrol kecepatan yang sederhana. Tetapi motor DC membutuhkan perawatan yang ekstra dan harus dipantau kinerja memelaui pengukuran karakteristiknya. Pengukuran dengan cara manual cukup mudah namun kurang praktis karena harus melakukan pengukuran secara bergantian antara kecepatan dan arus jangkar lalu data hasil pengukuran diketik kemudian dihitung torsi jangkarnya di komputer untuk diolah menjadi grafik. Dari sana perlu dicari sebuah alat yang dapat mengambil nilai secara praktis dan langsung menyajikannya pada komputer.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe pengukur karakteristik motor dc terhadap pembebanan berbasis personal computer dengan LabVIEW dan NI-DAQ 6000 sebagai perangkat akuisisi data yang dapat mempermudah akuisisi data karakteristik motor dc.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Mesin Listrik, Pengukuran dan Kalibrasi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta pada Mei – Desember 2015. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Reaserch & Development* yang dibagi menjadi tiga tahapan. Tahapan pertama yaitu pendahuluan, tahapan pengembangan, tahapan validasi dengan melakukan uji coba dan membandingkan prototipe dengan alat ukur

Hasil penelitian menunjukkan pada pengukuran tegangan menggunakan prototipe memiliki nilai simpangan baku sebesar 0,05 atau toleransi sebesar $\pm 2,5$ % dan akurasi pengukuran tegangan sebesar 99,2 % dari hasil pengukuran menggunakan volt moter. Pada pengukuran arus jangkar menggunakan prototipe memiliki nilai simpangan baku sebesar 0,06 atau toleransi sebesar $\pm 2,9$ % dan akurasi pengukuran arus jangkar sebesar 99,2 % dari hasil pengukuran menggunakan ampere meter. Pada pengukuran kecepatan menggunakan prototipe memiliki nilai simpangan baku sebesar 38,4 dengan persentase toleransi sebesar $\pm 3,5$ % dan akurasi pengukuran kecepatan sebesar 88,81 % dari hasil pengukuran menggunakan tachometer. Sehingga disimpulkan bahwa prototipe pengukur karakteristik motor DC dapat menyajikan nilai karakteristik motor DC

Kata Kunci : Prototipe pengukur, Karakteristik Motor DC, LabVIEW

ABSTRACT

Andriawan. The Prototype Measuring Characteristics of DC Motor to Load Based On Labview. Thesis, Jakarta: Education Program of Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta, 2016

The presence of DC motors are increasingly needed as the driving force , especially for electricity -based vehicles that are environmentally friendly such as cars and electric motor , because it has the advantages of speed control is simple. But DC motor requires extra care and should be monitored memelaui performance measurement characteristics. Measurements by hand quite easily , but less practical because it must perform measurements alternating between speed and current anchor and measurement data is then calculated torque anchor typed on the computer to be processed into a graph . From there it is necessary to find a tool that can take the value of practical and immediately present it to the computer .This research aims to design a prototype of measuring the characteristics of dc motors to the imposition-based personal computer with LabVIEW and NI-DAQ 6000 as a data acquisition device that can facilitate data acquisition dc motor characteristics.

This research was conducted in the laboratory of Electrical Engineering, Measurement and Calibration Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta in May to December 2015. The method used in this study is Reaserch & Development, which is divided into three phases. The first stage is preliminary, stages of development, stages of validation testing and comparing a prototype measuring devices

The results showed the voltage measurements using a prototype have a value of standard deviation of 0.05 or tolerance of $\pm 2.5\%$ and voltage measurement accuracy of 99.2% from the measurement results using moter.Pada volt current measurements using a prototype anchor has a standard deviation value 0.06 or tolerance of $\pm 2.9\%$ and current measurement accuracy anchor for 99.2% of the measurement results using meter.Pada ampere velocity measurements using a prototype have a value of 38.4 with a standard deviation of ± 3.5 percentage tolerance % measurement speed and accuracy of 88.81% of the measurement results using a tachometer. Thus concluded that the prototype measuring the characteristics of a DC motor can present a DC motor characteristic values

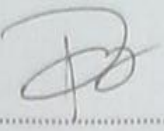
Keywords: Prototype measuring characteristics of DC motors, LabVIEW

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN

TANGGAL

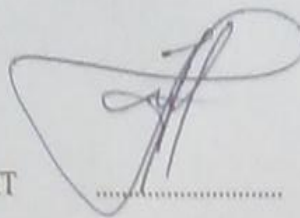
Muhammad Rif'an, ST, MT



28-01-2016

(Dosen Pembimbing 1)

Massus Subekti, S.Pd, MT



27-01-2016

(Dosen Pembimbing 2)

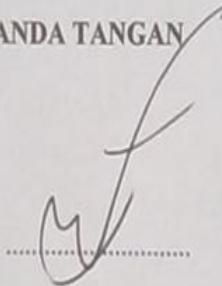
PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN

TANGGAL

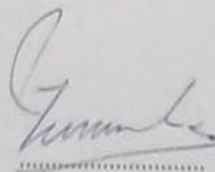
Drs. Daryanto, MT



26-01-2016

(Ketua Penguji)

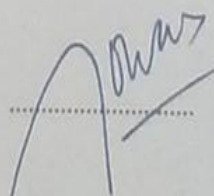
Drs. Purwanto G, MT



27-01-2016

(Sekretaris)

Moch. Djohar, M. Sc



26-01-2016

(Dosen Ahli)

Tanggal Lulus : 15 Januari 2016

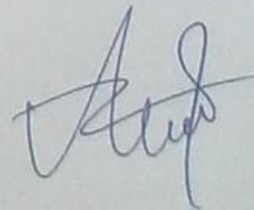
HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi yang berjudul "*Prototipe Pengukur Karakteristik Motor DC Dengan Pembebanan Berbasis LabVIEW*" adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi negeri lainnya
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian penulis sendiri dengan arahan dosen pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan daftar pustaka
4. Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2016

Yang membuat pernyataan



Andriawan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul *“Prototipe Pengukur Karakteristik Motor DC Terhadap Pembebanan Berbasis LabVIEW”*.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana pendidikan bagi mahasiswa program S1 pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Selesaiannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Bapak Muhammad Rif'an, ST, MT, Selaku pembimbing 1 yang telah banyak memberikan waktu dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi
2. Bapak Massus Sebekti, S.Pd, MT selaku pembimbing 2 yang telah banyak memberikan masukan selama proses bimbingan
4. Saudara Suryo Budi selaku engineer National Instrumen yang telah banyak memberi koreksian dan pengenalan program Labview

5. Bapak Reza selaku pengajar Politeknik Negeri Jakarta yang juga memberi masukan dalam proses pembuatan aplikasi pada program Labview
6. Rekan – rekan Labview team Jerman, US, dan Belanda yang meluangkan waktunya untuk menjawab segala kesulitan dalam proses pembuatan aplikasi pada labview

DAFTAR ISI

JUDUL	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	3
1.4. Perumusan Masalah	3
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Kegunaan Penelitian	4
BAB II KERANGKA TEORITIS DAN KERANGKA BERFIKIR	
2.1. Kerangka Teoritis	5
2.1.1. Pengukuran	5
2.1.1.1. Definisi Pengukuran	5
2.1.1.2. Alat Ukur	5

2.1.1.3.	Kesalahan Pengukuran	6
2.1.1.4.	Uji presisi	8
2.1.1.5.	Uji Akurasi	9
2.1.2.	Sinyal	10
2.1.3.	Analog to Digital	11
2.1.4.	Sensor	11
2.1.5.	NI-DAQ USB-6000	15
2.1.6.	Motor DC	16
2.1.6.1.	Definisi Motor DC	16
2.1.6.2.	Jenis-jenis Motor DC	16
2.1.6.3.	Torsi	19
2.1.6.4.	Karakteristik Motor DC	20
2.1.7.	Labview	25
2.1.8.	Kerangka Berfikir	28

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2.	Metode Penelitian	31
3.3.	Prosedur Penelitian	31
3.4.	Rancangan Penelitian	35
3.5.	Instrument Penelitian	41
3.6.	Teknik Pengambilan Data	42
3.7.	Teknik Analisis Data	43

BAB IV HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Penelitian	44
------	------------------------	----

4.1.1.	Hasil Pengukuran	44
4.1.1.1.	Hasil pengukuran Tegangan	44
4.1.1.2.	Hasil pengukuran arus Jangkar	45
4.1.1.3.	Hasil Pengukuran Kecepatan	46
4.1.2.	Hasil uji presisi	47
4.1.2.1.	Hasil Uji Presisi Pengukuran Tegangan Terminal	48
4.1.2.2.	Hasil Uji Presisi Pengukuran Arus Jangkar	49
4.1.2.3.	Hasil Uji Presisi Pengukuran Kecepatan	50
4.1.3.	Error pengukuran	51
4.1.4.	Hasil Karakteristik Pengukuran	53
4.1.4.1.	Karakteristik Kecepatan Terhadap Fungsi Arus Jangkar	54
4.1.4.2.	Karakteristik Torsi Jangkar Terhadap Fungsi Arus Jangkar ...	55
4.1.4.3.	Karakteristik Kecepatan Terhadap Fungsi Torsi Jangkar.....	56
4.2.	Pembahasan	57
4.2.1.	Perbandingan Hasil Pengukuran Prototipe Vs Alat Ukur	57
4.2.2.	Perbandingan Grafik Karakteristik Prototipe Vs Alat Ukur ...	58
 BAB V KESIMPULAN & SARAN		
5.1.	Kesimpulan	59
5.2.	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN -LAMPIRAN		64
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor tegangan	12
Gambar 2.2 Diagram Sensor Tegangan	12
Gambar 2.3 Gambar ACS712	13
Gambar 2.4 Grafik hasil ACS712	14
Gambar 2.5 DAQ USB 6000	15
Gambar 2.6 Diagram DAQ USB 6000	17
Gambar 2.7 Grafik karakteristik torsi jangkar terhadap arus jangkar	21
Gambar 2.8 Grafik karakteristik kecepatan jangkar terhadap arus jangkar	21
Gambar 2.9 Grafik karakteristik kecepatan terhadap torsi jangkar	22
Gambar 2.10 Grafik karakteristik kecepatan jangkar terhadap arus jangkar	23
Gambar 2.11 Grafik karakteristik kecepatan terhadap torsi jangkar	24
Gambar 2.12 Grafik karakteristik torsi jangkar terhadap arus jangkar	25
Gambar 2.13 Tampilan LabVIEW	26
Gambar 2.14 DAQ USB 6000	29
Gambar 2.15 Diagram blog	28
Gambar 2.16 Kerangka Berfikir	30
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	32
Gambar 3.2 Flowchart Program	35
Gambar 3.3 Blok Diagram Arus Jangkar	36
Gambar 3.4 Blok Diagram Tegangan	37
Gambar 3.5 Blok Diagram RPM	37
Gambar 3.6 Blok Diagram Torsi Jangkar	38

Gambar 3.7 Blok Diagram Aplikasi Pengukur Karakteristik Motor Dc	38
Gambar 3.8 Blok Diagram Beranda	39
Gambar 3.9 Layout Panel Subvi	40
Gambar 3.10 Layout Beranda	40
Gambar 3.11 Bentuk Prototipe	41
Gambar 3.12 Rangkaian Prototipe	41
Gambar 4.1 Karakteristik $N=f(I_a)$ Hasil Prototipe	54
Gambar 4.2 Karakteristik $N=f(I_a)$ Hasil Alat Ukur	53
Gambar 4.3 Karakteristik $T_a=f(I_a)$ Hasil Prototipe	53
Gambar 4.4 Karakteristik $T_a=f(I_a)$ Hasil Alat Ukur	56
Gambar 4.5 Karakteristik $N=f(T_a)$ Hasil Prototipe	56
Gambar 4.6 Karakteristik $N=f(T_a)$ Hasil Alat Ukur	57

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Tegangan Menggunakan Prototipe	44
Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Tegangan Menggunakan Volt Meter.....	45
Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Arus Menggunakan Prototipe	45
Tabel 4.4. Hasil Pengukuran Arus Menggunakan Ampere Meter	46
Tabel 4.5. Hasil Pengukuran Kecepatan Menggunakan Prototipe	46
Tabel 4.6. Hasil Pengukuran Kecepatan Menggunakan Tachometer	47
Tabel 4.7. Hasil Uji Presisi Pengukuran Tegangan Menggunakan Prototipe..	48
Tabel 4.8. Hasil Uji Presisi Pengukuran Tegangan Menggunakan Volt Meter	49
Tabel 4.9. Hasil uji presisi pengukuran arus menggunakan prototipe	49
Tabel 4.10. Hasil uji presisi pengukuran arus menggunakan ampere meter...	50
Tabel 4.11. Hasil uji presisi pengukuran kecepatan menggunakan prototipe..	50
Tabel 4.12. Hasil uji presisi pengukuran kecepatan menggunakan Tachometer	52
Tabel 4.13. Hasil Penghitungan <i>Error</i> Pengukuran Tegangan	51
Tabel 4.14. Hasil Penghitungan <i>Error</i> Pengukuran Arus Jangkar	52
Tabel 4.15. Hasil Penghitungan <i>Error</i> Pengukuran Kecepatan	53
Tabel 4.16. Hasil Prototipe	53
Tabel 4.17. Hasil Alat Ukur	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Labview	64
Lampiran 2 Data Hasil Pengukuran	68
Lampiran 3 Panduan Penggunaan Aplikasi	72
Lampiran 4 Sensor ACS 712	75
Lampiran 5 Sensor Tegangan	77
Lampiran 8 NI USB 6000	78
Lampiran 9 Sensor Photoelectric	90
Lampiran 10 Foto Kegiatan	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari–sehari sering dijumpai berbagai mesin listrik salah satunya adalah motor DC, dari mulai yang berukuran kecil, hingga berukuran besar untuk penggunaan di Industri. Dalam keseharian motor DC banyak digunakan pada mesin perkakas seperti gerinda, mesin bor, dan dalam industry motor DC biasanya digunakan pada mesin bubut, Drills, Boring Mills, pembentuk, dan Spinning.

Dalam perkembangannya seiring dengan perkembangan teknologi kehadiran motor DC pun semakin dibutuhkan sebagai tenaga penggerak khususnya untuk kendaraan berbasis listrik yang ramah lingkungan seperti mobil dan motor listrik, karena memiliki kelebihan kontrol kecepatan yang sederhana.

Namun demikian Motor DC memiliki beberapa kekurangan yaitu motor DC membutuhkan perawatan yang ekstra , ukuran motor DC lebih besar dan harganya lebih mahal jika dibandingkan dengan motor AC induksi¹.

Oleh karena itu sebuah motor DC harus dipantau kinerja untuk mengetahui apabila terjadi masalah dapat langsung diperbaiki. Cara yang sederhana untuk mengetahui kondisi motor salah satunya dengan mengecek kondisi karakteristik motor khususnya saat motor diberi variasi beban, hal ini untuk mengetahui seberapa besar beban maksimal yang dapat ditanggung motor karena kelebihan beban pada motor akan membuat motor panas dan rusak . Karakteristik motor DC

¹ Anonim.2011. Motor Listrik Arus Searah. <https://indone5ia.wordpress.com> diakses 20 Juni 2015

sendiri terdiri dari 3 bagian yaitu, arus jangkar, kecepatan dan torsi jangkar. Untuk arus jangkar dapat diketahui nilainya menggunakan instrument ampere meter ataupun tang ampere, sedangkan untuk kecepatan dapat menggunakan tachometer untuk mengukur putaran motor, dan untuk torsi jangkar dapat diketahui menggunakan perhitungan.

Pengukuran dengan cara manual cukup mudah namun kurang praktis karena harus melakukan pengukuran secara bergantian antara kecepatan dan arus jangkar lalu data hasil pengukuran diketik kemudian dihitung torsi jangkarnya di komputer untuk diolah menjadi grafik. Dari sana perlu dicari sebuah alat yang dapat mengambil nilai secara praktis dan langsung menyajikannya pada komputer.

Pada jurnal penelitian yang dilakukan R.A. Jabbar Khan dan kawan-kawan yang berjudul *LabVIEW based Electrical Machines Laboratory for Engineering Education*², dibahas tentang manfaat LabVIEW untuk mensimulasikan karakteristik jenis-jenis motor DC. Dari penelitian tersebut dapat dikembangkan untuk tidak hanya disimulasikan namun juga dapat diintegrasikan kepada sensor-sensor untuk mengambil nilai karakteristik dari sebuah motor DC pada saat diberi beban. Sehingga dapat menjadi solusi dalam mengambil nilai-nilai yang dibutuhkan secara bersamaan dan mengintegrasikannya dengan komputer.

Berdasarkan latar belakang tersebut perlu ada sistem rancangan yang dapat mengambil data karakteristik motor DC dengan menggunakan komputer. Sehingga peneliti mengambil judul penelitian *Prototipe Pengukur Karakteristik Motor DC Terhadap Pembebanan Berbasis LabVIEW*.

² Jabbar Khan dkk. *LabVIEW based Electrical Machines Laboratory for Engineering Education*. (WSEAS, 2010) hlm. 161

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat diidentifikasi beberapa masalah, sebagai berikut :

- a. Instrument alat ukur untuk mengukur karakteristik motor dc yang sering digunakan kurang praktis .
- b. Penelitian berjudul *LabVIEW based Electrical Machines Laboratory for Engineering Education* belum dikembangkan untuk mengukur secara langsung karakteristik motor dc.
- c. Belum ada instrument alat ukur yang menggunakan program Labview untuk mengukur dan menyajikan nilai karakteristik motor ke komputer

1.3. Pembatasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan tetap fokus, dari identifikasi masalah di atas dapat dikerucutkan dan dibatasi menjadi beberapa poin yaitu :

- a. Penelitian difokuskan bagaimana merancang bangun prototipe pengukur karakteristik motor dc terhadap pembebanan berbasis Labview
- b. Data yang disajikan aplikasi Labview hanya tegangan terminal, arus jangkar, kecepatan dan torsi jangkar
- c. Pembahasan penelitian dilakukan pada hasil uji coba prototipe pada pengukuran karakteristik motor seri

1.4. Perumusan Masalah

Dari pembatasan masalah di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana rancangan aplikasi yang dibuat menggunakan LabVIEW untuk menampilkan hasil pengukuran karakteristik motor DC dengan pembebanan ?

- b. Bagaimana merancang bangun Prototipe pengukur karakteristik motor DC terhadap pembebanan menggunakan perangkat keras NI – 6000 dengan perangkat lunak LabVIEW?
- c. Apakah Prototipe pengukur karakteristik motor DC dapat menyajikan nilai karakteristik motor DC saat dilakukan pembebanan?

1.5. Tujuan Penelitian

Penulisan Skripsi dengan judul “Prototipe Pengukur Karakteristik Motor DC Terhadap Pembebanan Berbasis LabVIEW” ini ditujukan sebagai syarat kelulusan program sarjana Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Merancang bangun prototipe pengukur karakteristik motor DC terhadap perubahan beban
- b. Membuat sistem yang dapat menampilkan data karakteristik motor DC dengan pembebanan dalam bentuk nominal.

1.6. Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah

- a. Dapat memberi manfaat dan mempermudah dalam melakukan akuisisi data pengukuran karakteristik motor DC dengan pembebanan.
- b. Memberi tambahan pengetahuan kepada penulis dan pada pembaca mengenai karakteristik motor DC dengan pembebanan.

BAB II

KERANGKA TEORIS DAN KERANGKA BERFIKIR

2.1. Kerangka Teoritis

2.1.1. Pengukuran

2.1.1.1. Definisi Pengukuran

Mengukur adalah suatu proses mengaitkan angka secara empirik dan obyektif pada sifat-sifat obyek atau kejadian nyata sehingga angka yang diperoleh tersebut dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai obyek atau kejadian yang diukur. Atau secara Umum (sederhana) adalah membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui harganya dengan besaran lain yang telah diketahui nilainya.³

2.1.1.2. Alat Ukur

Dalam proses pengukuran sering menggunakan alat yang biasa disebut alat ukur Pekerjaan pengukuran, memerlukan alat ukur yang baik. Alat ukur yang baik setidak-tidaknya mengandung informasi besaran-besaran yang diukur yang sesuai dengan kondisi senyatanya. Beberapa contoh alat ukur diantaranya :

a. Multimeter

Multimeter merupakan alat ukur yang paling banyak dipergunakan oleh para praktisi, hobist dan orang yang bekerja berkaitan dengan rangkaian listrik dan elektronika. Multimeter dapat dipergunakan untuk mengukur besaran listrik, seperti : hambatan, arus, tegangan. Karena dirancang untuk mengukur tiga

³ Koes Sulistiadji, Joko Pitoyo, *Alat Ukur Dan Instrumen Ukur*, BPP Mektan, 2009 hlm 1 (Diunduh) <https://yusufhardianbhakti.files.wordpress.com/2015/06/bab-i-bab-ii-bab-iii1.docx>

besaran tersebut, maka multimeter sering disebut AVO meter (Amper Volt Ohm).⁴

b. Tachometer

Tachometer atau Odometer adalah alat pengukur kecepatan putaran mesin pada motor atau mesin lainnya, biasanya menggunakan satuan RPM (Revolutions Per Minute). Pada awalnya tachometer atau odometer disusun analog sedemikian halnya jam dengan jarum sebagai penunjuknya, tapi kini sudah berkembang menjadi digital dan lebih mudah serta akurat pembacaannya.⁵

c. Ampere meter

Ampere meter juga sering disebut ampere meter adalah perangkat yang biasa digunakan untuk mengukur arus. Ampere meter saat digunakan untuk pengukuran, diletakkan secara seri terhadap rangkaian yang diukur.⁶

2.1.1.3. Kesalahan Pengukuran

Saat melakukan pengukuran besaran listrik tidak ada yang menghasilkan ketelitian dengan sempurna. Perlu diketahui ketelitian yang sebenarnya dan sebab terjadinya kesalahan pengukuran. Kesalahan -kesalahan dalam pengukuran dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu :

a. Kesalahan umum

Kesalahan ini kebanyakan disebabkan oleh kesalahan manusia. Diantaranya adalah kesalahan pembacaan alat ukur, penyetelan yang tidak tepat dan pemakaian instrumen yang tidak sesuai dan kesalahan penaksiran. Kesalahan ini

⁴Sri waluyanti dkk., *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran Jilid 1*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan”, (Jakarta : Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, 2008) hlm. 43

⁵ Adi Dharmana, ”Tachometer Digital Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler At89s51, FMIPA, UNS, 2010 hlm. 14

⁶ Dicky Arianda Arifin, *Pengukuran Besaran Listrik*, Mercubuana hlm. 11

tidak dapat dihindari, tetapi harus dicegah dan perlu diperbaiki. Ini terjadi karena keledoran atau kebiasaan-kebiasaan yang buruk, seperti pembacaan yang tidak teliti pencatatan yang berbeda dari pembacaannya, penyetulan instrumen yang tidak tepat. Agar mendapatkan hasil yang optimal maka diperlukan pembacaan lebih dari satu kali. Bisa dilakukan tiga kali, kemudian dirata-rata. Jika mungkin dengan pengamat yang berbeda.

b. Kesalahan sistem

Kesalahan ini disebabkan oleh kekurangan-kekurangan pada instrumen sendiri. Seperti kerusakan atau adanya bagian-bagian yang aus dan pengaruh lingkungan terhadap peralatan atau pemakai. Kesalahan ini merupakan kesalahan yang tidak dapat dihindari dari instrumen, karena struktur mekanisnya. Contoh seperti gesekan beberapa komponen yang bergerak terhadap bantalan dapat menimbulkan pembacaan yang tidak tepat.

c. Kesalahan acak yang tidak disengaja

Kesalahan ini diakibatkan oleh penyebab yang tidak dapat langsung diketahui. Antara lain sebab perubahan-perubahan parameter atau sistem pengukuran terjadi secara acak. Pada pengukuran yang sudah direncanakan kesalahan - kesalahan ini biasanya hanya kecil. Tetapi untuk pekerjaan-pekerjaan yang memerlukan ketelitian tinggi akan berpengaruh. Contoh misal suatu tegangan diukur dengan voltmeter dibaca setiap jam, walaupun instrumen yang digunakan sudah dikalibrasi dan kondisi lingkungan sudah diset sedemikian rupa, tetapi hasil pembacaan akan terjadi perbedaan selama periode.⁷

⁷ Sri waluyanti dkk., *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran Jilid 1*, (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008) hlm. 6 - 8

2.1.1.4. Uji Presisi⁸

Presisi atau *precision* adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen. Presisi dipengaruhi oleh kesalahan acak (*random error*), antara lain ketidakstabilan instrumen, variasi suhu atau pereaksi, keragaman teknik dan operator yang berbeda.

Presisi diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif (koefisien variasi). Precision dapat dinyatakan sebagai *repeatability* (keterulangan) atau *reproducibility* (ketertiruan). Presisi pengukuran kuantitatif dapat ditentukan dengan menganalisis contoh berulang-ulang (minimal 6x pengulangan), dan menghitung nilai simpangan baku (SD) dan dari nilai simpangan baku tersebut dapat dihitung nilai

Simpangan baku relatif (RSD) dengan rumus:

$$SD = \frac{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2}}{n-1} \quad (2-1)$$

$$\% RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100 \% \quad (2-2)$$

Keterangan :

X_i = Nilai pengukuran

\bar{x} = Nilai rata – rata

N = Banyak data

⁸ Riyanto. Validasi dan Verifikasi Metode Uji., (Yogyakarta : Deepublish, 2014) hlm. 24 - 25

SD = Standar deviasi

RSD = Relatif standar deviasi

Besarnya RSD menyatakan tingkat ketelitian, semakin kecil % RSD yang dihasilkan maka semakin tinggi tingkat ketelitiannya. Oleh karena itu Uji presisi sangat penting dilakukan untuk mengetahui kedekatan atau kesesuaian antara hasil uji yang satu dengan yang lainnya pada serangkaian pengujian.

2.1.1.5. Uji akurasi

Akurasi merupakan derajat ketepatan antara nilai yang diukur dengan nilai sebenarnya yang diterima. Terkadang masalah dalam menentukan akurasi adalah ketidaktahuan terhadap nilai yang sebenarnya. Dalam beberapa tipe sampel dapat menggunakan sampel yang telah diketahui nilainya dan mengecek metode pengukuran lain yang digunakan untuk menganalisis sampel itu sehingga dapat diketahui akurasi dari prosedur yang diujikan, metode ini disebut dengan CRM (*Certified Reference Method*).⁹

Besarnya nilai akurasi merupakan nilai pengurangan dari nilai error, sebagai contoh apabila sebuah alat ukur memiliki nilai error sebesar 2% maka nilai akurasinya sebesar 98%. Sehingga semakin rendah nilai error maka semakin tinggi nilai akurasi, begitu juga sebaliknya.¹⁰ Besarnya nilai error sebuah pengukuran didapat melalui persamaan :

$$\%Error = \left| \frac{\text{data hasil pengukuran} - \text{data patokan alat ukur}}{\text{data patokan alat ukur}} \right| \times 100 \% \quad (2-3)$$

Sehingga diperoleh persamaan :

⁹ Validasi dan verifikasi metode. <http://kruigito.blogspot.co.id> diakses pada 19 Januari puku 13.00

¹⁰ Anonim.Understanding Error and Accuracy. <http://www.ginstruments.com> diakses pada 19 Januari puku 13.30

$$\% \text{Akurasi} = 100\% - \text{Error} \quad (2-4)$$

2.1.2. Sinyal¹¹

Sinyal adalah suatu isyarat untuk melanjutkan atau meneruskan suatu kegiatan. Biasanya sinyal ini berbentuk tanda-tanda, lampu-lampu, suara-suara, dll. Sinyal terbagi 2 jenis yaitu :

a. Sinyal Analog

Signal analog adalah signal yang berupa gelombang elektro magnetik dan bergerak atas dasar fekuensi dan menampilkan data analog. Sinyal analog berupa berbagai macam gelombang elektromagnetik yang langsung, terus menerus disebarkan terus menerus melalui berbagai media transmisi. Sinyal analog bisa diubah ke bentuk sinyal digital dengan dimodulasi terlebih dahulu. Sinyal analog bekerja dengan mentransmisikan suara dan gambar dalam bentuk gelombang kontinyu.

b. Sinyal Digital

Sinyal digital merupakan hasil teknologi yang dapat mengubah signal menjadi kombinasi urutan bilangan 0 dan 1 (juga dengan biner), sehingga tidak mudah terpengaruh oleh derau, proses informasinya pun mudah, cepat dan akurat, tetapi transmisi dengan sinyal digital hanya mencapai jarak jangkauan pengiriman data yang relatif dekat. Biasanya sinyal ini juga dikenal dengan sinyal diskret. Sinyal yang mempunyai dua keadaan ini biasa disebut dengan bit. Bit merupakan istilah khas pada sinyal digital. Sebuah bit dapat berupa nol (0) atau satu (1).

¹¹ Digdyo Nikisantoso. Telekomunikasi Data.

2.1.3. Analog To Digital Converter (ADC)

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode-kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistem komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistem digital (komputer)

2.1.4. Sensor

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisis menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu.¹² Hampir seluruh peralatan elektronik yang ada mempunyai sensor didalamnya. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi. Ada 3 jenis sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

a. Sensor Tegangan

Sensor tegangan merupakan sensor yang memiliki fungsi mengambil nilai tegangan dengan prinsip resistif pembagi tegangan sehingga membuat tegangan menjadi 5 kali lebih kecil.¹³ Output yang dikeluarkan oleh sensor tegangan berupa sinyal analog.

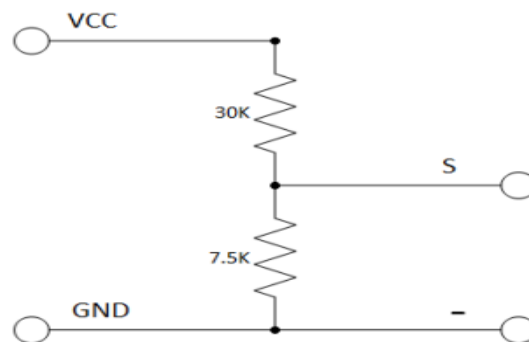
¹² Farid Takhfifur Rahman, *Perancangan Pengendali Logika Fuzzy Untuk Kelembaban Ruang*, (Surabaya : ITS), hlm. 1

¹³ Anonim. Sensor Tegangan. <http://jualarduinomurah.com> diakses 20 Juni 2015



Gambar 2.1 Sensor Tegangan
Sumber : <http://jualarduinomurah.com>

Jika digambarkan melalui bentuk diagram akan terlihat seperti pada gambar 2.2. dimana terdapat dua resistor dengan nilai 30 k Ω dan 7,5 k Ω



Gambar 2.2 Diagram Sensor Tegangan
Sumber : <http://jualarduinomurah.com>

Sehingga persamaan yang digunakan pada sensor tegangan yaitu :

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{7500}{(30000+7500)} \quad (2-5)$$

dimana :

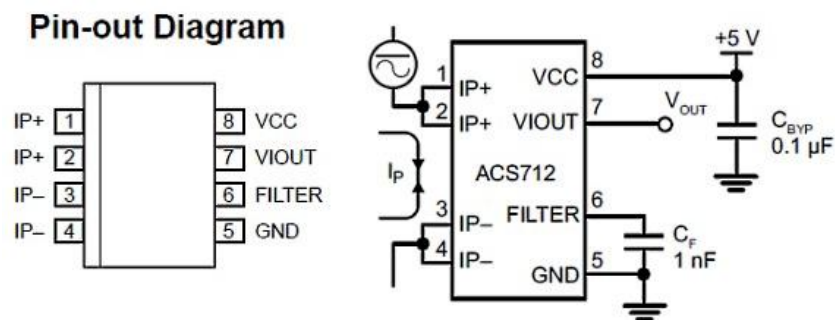
V_{out} = Nilai tegangan keluaran sensor

V_{in} = Nilai tegangan yang masuk ke sensor

b. Sensor ACS712

ACS712 adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect* ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam

pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan proteksi beban berlebih.¹⁴



Gambar 2.3 ACS712

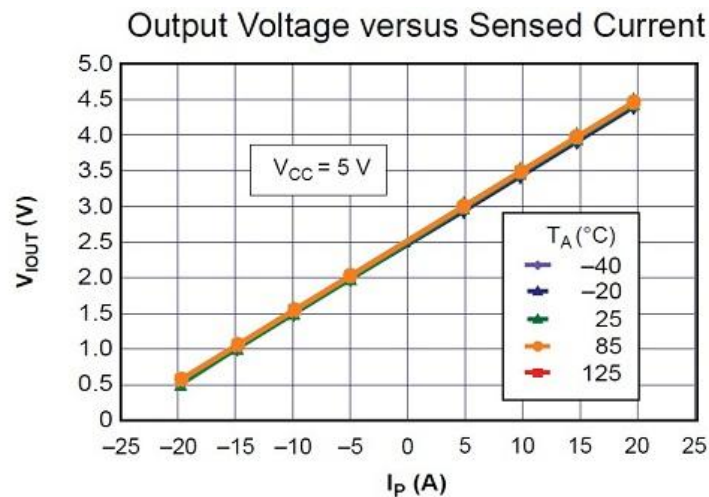
Sumber : www.elktrojo.com

Sensor ACS712 memiliki beberapa tipe variasi arus maksimal diantaranya ada yang mampu mengukur arus hingga 20 A dengan sensitivitas sebesar 100mV/A. Besarnya nilai tegangan output pada saat pengukuran arus 0 sebesar $V_{cc}/2$ atau sebesar 2,5 V dengan menggunakan V_{cc} sebesar 5 v. Sementara untuk mengetahui besar nilai V_{out} hingga nilai arus maksimum digunakan persamaan :

$$V_{out} = (I_p \times \text{Sensitivitas}) + 2,5 \quad (2-6)$$

Dapat dilihat dari gambar grafik dibawah hubungan antara laju peningkatan tegangan output terhadap arus pengukuran hingga titik maksimal sebesar 20 A.

¹⁴ Riny Sulistyowati, *Perancangan Prototipe Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler*, (Surabaya : ITATS, 2012), hlm. 25



Gambar 2.4 Grafik hasil ACS712

Sumber : www.elecrow.com

c. Sensor optocoupler

Sensor *optocoupler* digunakan sebagai pengukur kecepatan putaran motor DC. Penempatan sensor ini tepat sejajar dengan motor DC, jadi setiap perubahan kecepatan dari motor DC akan ikut mempengaruhi perubahan jumlah pulsa Sistem perancangan dan rangkaian *sensoroptocoupler*. Optocoupler merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu on/off-nya. Opto berarti optic dan coupler berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa optocoupler merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic opto-coupler termasuk dalam sensor, dimana terdiri dari dua bagian yaitu transmitter dan receiver.

Cara kerja optocoupler adalah jika antara phototransistor dan LED terhalang maka phototransistor tersebut akan off sehingga output dari kolektor akan berlogika high. Sebaliknya jika antara phototransistor dan

LED tidak terhalang maka phototransistor dan LED tidak terhalang maka phototransistor tersebut akan on sehingga output-nya akan berlogika low.¹⁵

2.1.5. NI – DAQ USB – 6000

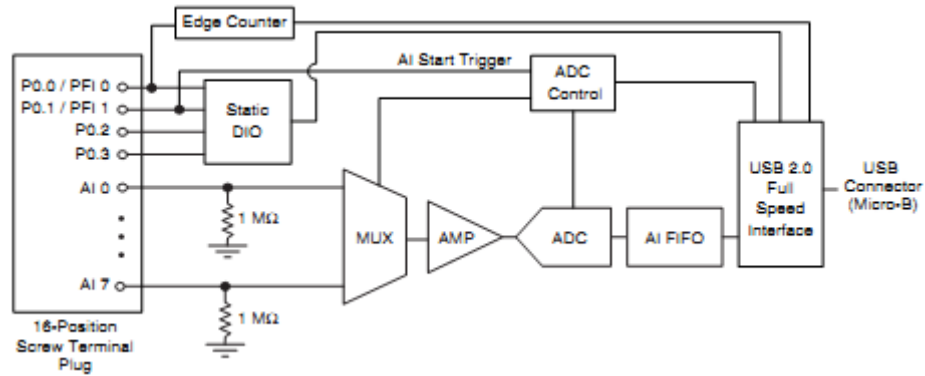
Untuk memperoleh nilai-nilai besaran fisik yang diukur ke dalam komputer, maka diperlukan perangkat akuisisi data yang berfungsi sebagai *Analog to Digital Converter (ADC)*. *National Instruments* memiliki banyak jenis alat untuk melakukan akuisisi data. Salah satu perangkat dari *National Instruments* untuk akuisisi data adalah NI-DAQ 6000. NI-DAQ 6000 berkomunikasi dengan PC menggunakan koneksi USB (*Universal Serial Bus*).



Gambar 2.5 DAQ USB 6000
Sumber : Sine.Ni.com

NI-DAQ USB 6000 memiliki terminal-terminal ADC yang digunakan sebagai terminal *input* analog. Alat ini memiliki 8 terminal input analog. Pengukuran yang akan dilakukan adalah mengukur suatu isyarat analog sehingga terminal yang digunakan adalah terminal input analog. Rentang tegangan yang dapat diukur oleh NI-DAQ USB 6000 adalah +10V sampai -10V.

¹⁵ Nur Khamdi. *Aplikasi Optocoupler dalam Sistem Pengaturan Kecepatan Sepeda Listrik* (Riau : Politeknik Caltex, 2014), hlm. 69



Gambar 2.6 Diagram DAQ USB 6000

Sumber : Sine.Ni.com

2.1.6. Motor DC

2.1.6.1. Definisi Motor DC¹⁶

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik.

2.1.6.2. Jenis Motor DC

Terdapat lima jenis utama motor DC yang sering digunakan berdasarkan sumber penguat lilitan medannya:

a. Motor arus searah penguatan terpisah¹⁷

Motor arus searah penguatan terpisah adalah motor arus searah yang sumber tegangan penguatannya berasal dari luar motor. Dimana kumparan medan disuplai dari sumber tegangan DC tersendiri. Sejumlah kecil daya pada rangkaian medan dapat mengatur daya yang relatif besar pada rangkaian jangkarnya. Motor DC penguatan terpisah sering digunakan pada sistem pengaturan umpan balik jika diperlukan rentang pengaturan kecepatan putaran motor yang lebar.

¹⁶ Ali Akbar dkk. Implementasi Reverse Brake Pada Robot Beroda Pemadam Api.ITB Bandung (diunduh seminar.uny.ac.id/simposiumkrsbi2014/files/abstrak/4.%20Robot%20Pemadam%20Api%20(berkaki%20dan%20beroda)/Ali%20Akbar-Reverse%20Brake%20(1).docx

¹⁷ *Ibid*, hal. 7

Pada motor penguat terpisah berlaku persamaan :

$$V_t = E_b + I_a R_a \quad (2-7)$$

Dimana :

V_t = Tegangan terminal (Volt)

E_b = Ggl (Volt)

I_a = Arus jangkar (A)

R_a = Tahanan jangkar (Ohm)

b. Motor *shunt*

Motor shunt adalah motor yang lilitan penguat medan magnetnya disambung parallel dengan lilitan jangkarnya.¹⁸

Pada motor shunt berlaku persamaan :

$$V_t = E_b + I_a R_a \quad (2-8)$$

c. Motor Seri

Motor seri adalah motor yang lilitan penguat medan magnetnya disambung seri dengan lilitan jangkarnya.

Pada motor seri berlaku persamaan :

$$V_t = E_b + I_a (R_a + R_s) \quad (2-9)$$

dimana :

V_t = Tegangan terminal (Volt)

E_b = Ggl (Volt)

I_a = Arus jangkar (Ampere)

R_a = Tahanan jangkar (Ohm)

R_s = Tahanan seri (Ohm)

¹⁸ Sunyoto, *Labsheet Praktik Mesin Arus Searah*, (Universitas Negeri Yogyakarta, 2014) hlm. 19 - 20 (diunduh) <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/drs-sunyoto-mpd/lis-mesin-revisi-2014.pdf>

d. Motor Kompon

Disebut motor kompon karena dalam satu inti magnet terdapat dua macam lilitan penguat magnet, yaitu lilitan penguat shunt dan seri. jika ditinjau dari arah ggm yang dihasilkan oleh masing-masing lilitan penguat, dikenal motor kompon bantu (*cumulative*) dan motor kompon lawan (*differential*). Disebut motor kompon bantu jika Φ_{sh} dan Φ_s saling memperkuat, dan disebut motor kompon lawan jika Φ_{sh} dan Φ_s saling memperlemah.¹⁹ Pada motor kompon berlaku 2 persamaan .

Untuk motor kumparan panjang menggunakan persamaan di bawah ini :

$$V_t = E_b + I_a (R_s + R_a) \quad (2-10)$$

dimana :

V_t = Tegangan terminal (Volt)

E_b = Ggl (Volt)

I_a = Arus jangkar (Ampere)

R_a = Tahanan jangkar (Ohm)

R_s = Tahanan seri (Ohm)

Sedangkan untul motor kumparan pendek menggunakan persamaan di bawah ini :

$$V_t = E_b + I_a R_a + I_s R_s \quad (2-11)$$

dengan :

$I_a = I_s - I_{sh}$

dimana :

V_t = Tegangan terminal (Volt)

¹⁹ *Ibid*, hal 20

$$E_b = G_{gl} \text{ (Volt)}$$

$$I_a = \text{Arus jangkar (Ampere)}$$

$$I_s = \text{Arus Seri (Ampere)}$$

$$I_{sh} = \text{Arus shunt (Ampere)}$$

$$R_a = \text{Tahanan jangkar (Ohm)}$$

$$R_s = \text{Tahanan seri (Ohm)}$$

2.1.6.3. Torsi

Pada dasarnya torsi dibangkitkan dalam angker dan karenanya torsi kotor yang dihasilkan dilambangkan sebagai T_a . Kekuatan mekanik yang dikembangkan di angker ditransmisikan ke beban melalui poros motor sehingga muncul torsi poros yang dilambangkan T_{sh} yang nilainya lebih kecil dari T_a karena sudah mengalami rugi gesek dan besi. Yang pesamaanya, yaitu :

$$T_a = 9,55 \frac{E_b I_a}{N} \quad (2-12)$$

dimana :

T_a : Torsi Angker (Nm)

E_b : Ggl (V)

I_a : Arus Jangkar (A)

N : Jumlah Putaran Motor (rpm)

$$T_{sh} = 9,55 \frac{P_{out}}{N} \quad (2-13)$$

dimana :

T_a : Torsi Angker (Nm)

P_{out} : Daya yang keluar (Watt)

I_a : Arus Jangkar (A)

N : Jumlah Putaran Motor (rpm)

2.1.6.4. Karakteristik Motor DC

Karakteristik dari suatu motor layak diketahui, karena karakteristik dari suatu motor akan mencerminkan performa (unjuk kerja) dari motor listrik tersebut selama kondisi operasinya. Pada motor arus searah terdapat tiga karakteristik yakni antara lain:

- a. Karakteristik $T_a = f(I_a)$ atau yang dikenal sebagai karakteristik listrik
- b. Karakteristik $N = f(I_a)$
- c. Karakteristik $N = f(T_a)$ atau yang dikenal sebagai karakteristik mekanik²⁰

1. Karakteristik Motor Seri

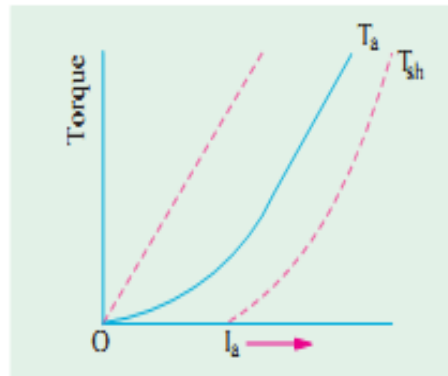
Pada motor seri nilai arus yang mengalir pada kumparan medan memiliki nilai yang sama dengan arus yang mengalir pada jangkar. Jika beban mekanik pada motor meningkat, nilai arus jangkar pun juga ikut meningkat. Karenanya pada sebuah motor seri peningkatan nilai fluks selalu diikuti dengan peningkatan nilai arus jangkar.

a. Karakteristik Listrik²¹

Pada beban ringan, I_a dan flux magnet bernilai kecil. Tetapi pada saat I_a meningkat, T_a ikut meningkat sesuai kuadrat dari arus. Karenanya grafik T_a terhadap I_a adalah parabola seperti yang digambarkan 2.7

²⁰ *Ibid.* Hal. 20

²¹ Theraja. *Text Book of Electrical Technology*. (India : S Chand & Co Ltd, 2005) hlm. 1015

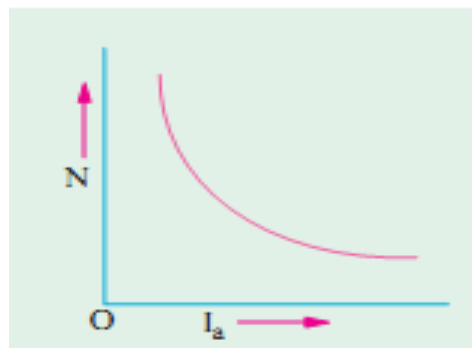


Gambar 2.7 Grafik karakteristik torsi jangkar terhadap fungsi arus jangkar
Sumber : Theraja (2005 : 1015)

Setelah mengalami kejenuhan, nilai T_a menjadi proposional terhadap I_a sehingga kurva membentuk garis lurus.

b. Karakteristik $N = f(I_a)$

Pada beban arus yang bervariasi, perubahan pada E_b bernilai kecil dan karenanya dapat diabaikan. Dengan meningkatnya I_a membuat Φ juga meningkat. Karenanya nilai kecepatan berbanding terbalik dengan nilai arus jangkar seperti gambar 2.8

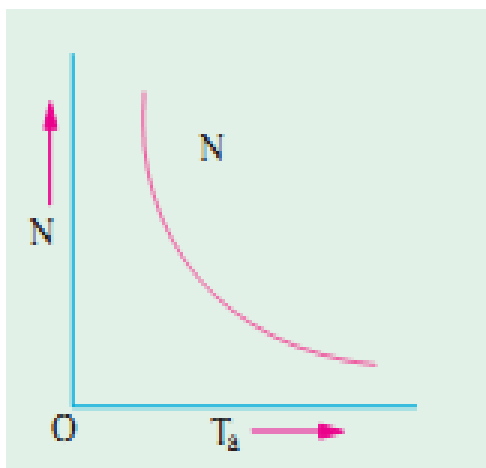


Gambar 2.8 Grafik karakteristik torsi jangkar terhadap fungsi torsi jangkar

Pada beban yang berat nilai I_a sangat besar. Karenanya, kecepatan menjadi menurun karena penurunan nilai E_b dan menyebabkan arus jangkar lebih banyak mengalir. Karenanya pada motor seri tidak diperbolehkan digunakan tanpa beban karena dapat mengakibatkan kecepatan yang berlebihan dan mengakibatkan gaya sentrifugal yang kuat.

c. Karakteristik Mekanik

Sudah jelas bahwa motor seri menghasilkan torsi dan kecepatan yang rendah dan sebaliknya. Hal tersebut dikarenakan peningkatan torsi diikuti dengan peningkatan I_a dan tentu juga medan listrik. Hasilnya fluks magnet menguat dan mengakibatkan tegangan menurun. Atau sebaliknya ketika kecepatan tinggi torsi yang menurun seperti pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Grafik karakteristik kecepatan terhadap fungsi torsi jangkar

2. Motor Shunt

Pada motor shunt nilai arus paralel (I_{sh}) adalah konstan selama kumparan medan dihubungkan dengan sumber tegangan yang konstan. Karenanya, pada motor shunt nilai flux juga konstan.

a. Karakteristik listrik²²

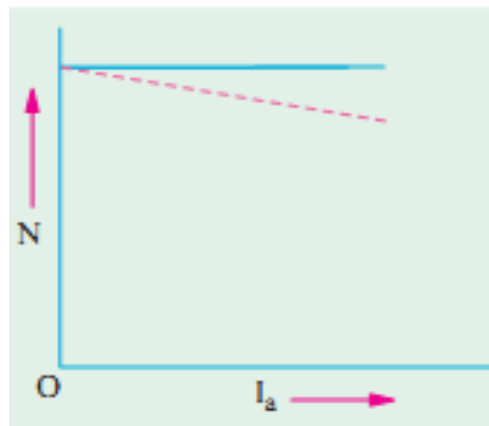
Pada saat motor digunakan dengan nilai tegangan yang konstan fluks juga konstan (dengan mengabaikan rekasi jangkar) Karenanya karakteristik listrik digambarkan dengan kurva garis lurus. Torsi poros (T_{sh}) bernilai lebih kecil dari torsi jangkar (T_a) digambarkan dengan garis putus – putus. Arus yang besar

²² *Ibid*, hal. 1016

dibutuhkan pada saat menggerakkan beban yang berat. Oleh karena itu pada motor DC tidak disarankan menggerakkan beban yang sangat berat pada waktu awal dihidupkan.

b. Karakteristik $N = f(I_a)$

Flux dan GGL lawan (E_b) pada motor shunt bernilai konstan pada kondisi normal. Oleh karena itu, kecepatan motor DC akan tetap konstan seperti pada gambar 2.10. Ketika beban dinaikan, E_b dan flux menurun terhadap tahanan jangkar dan reaksi jangkar. Bagaimanapun penurunan E_b dengan tipis dibandingkan dengan flux magnet oleh itu kecepatan motor menurun dengan tipis terhadap beban seperti yang digambarkan garis putus – putus pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Grafik karakteristik kecepatan terhadap fungsi arus jangkar

c. Karakteristik $N = f(T_a)$

Pada gambar 2.11 kurva diperoleh dengan memplot nilai-nilai N dan T_a untuk berbagai arus anker. Dapat dilihat bahwa kecepatan sedikit menurun dengan meningkatnya torsi beban.



Gambar 2.11 Grafik karakteristik kecepatan terhadap fungsi torsi jangkar

3. Motor Penguat Terpisah

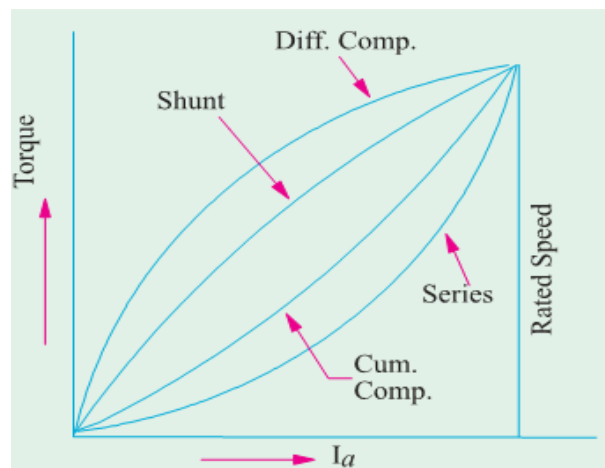
Jika tegangan suplai yang diberikan pada kumparan medan diatur dalam kondisi konstan pada suatu harga maksimum dari motor, maka fluks motor (Φ) yang dibangkitkan menjadi besar, sehingga untuk harga V_t bernilai konstan. Hubungan antara nilai torsi motor dan kecepatan motor dapat dipresentasikan dengan hubungan antara dua buah garis lurus dengan kemiringan garis gradien negatif yang kecil dengan perpotongan yang terletak pada sumbu kecepatan.²³

4. Motor kompon

a. Karakteristik motor kompon kumulatif

Pada motor DC kompon kumulatif memiliki torsi awal yang lebih tinggi dari motor shunt (yang fluks konstan) tetapi torsi awal yang lebih rendah dari motor seri (yang fluks seluruh sebanding dengan arus jangkar). Pada beban ringan, medan seri memiliki efek yang sangat kecil, sehingga motor berperilaku kurang lebih sebagai shunt motor DC. Karena beban menjadi sangat besar, fluks seri menjadi sangat penting dan kurva torsi-kecepatan mulai terlihat seperti motor seri seperti pada gambar 2.12.

²³ Anonim. *Motor DC*. hlm. 11 (diunduh) http://kk.mercubuana.ac.id/elearning/files_modul/13020-8-886267064764.pdf



Gambar 2.12 Grafik karakteristik torsi jangkar terhadap fungsi arus jangkar
 Sumber : Theraja (2005 : 1017)

b. Karakteristik motor kompon diferensial

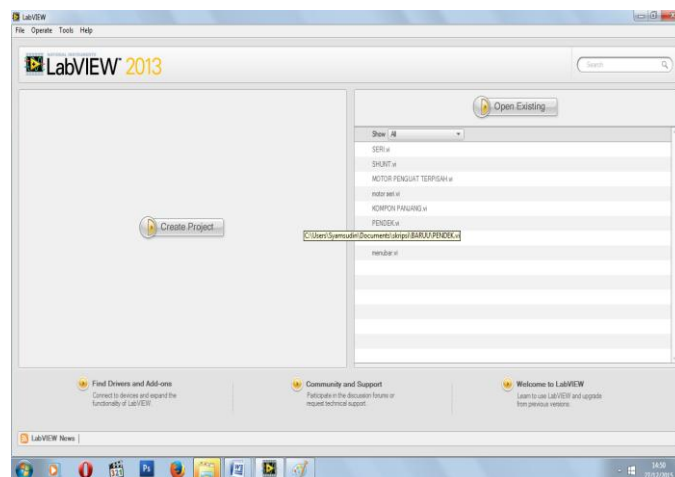
Pada motor DC kompon diferensial, ggm shunt dan ggm seri cenderung saling mengurangi satu sama lain. Ini berarti bahwa ketika beban pada motor bertambah, I_a meningkat dan fluks pada motor berkurang. Tapi karena penurunan fluks, kecepatan motor bertambah. Kecepatannya meningkat menyebabkan peningkatan beban, yang meningkatkan I_a lebih lanjut, kemudian kembali menyebabkan penurunan fluks, dan meningkatkan kecepatan lagi. Hasilnya adalah bahwa motor kompon diferensial tidak stabil dan cenderung tanpa kendali. Hal tersebut sangat buruk, oleh karena itu motor kompon diferensial tidak cocok untuk aplikasi apapun.

2.1.7. LabVIEW

Program LabVIEW dapat disebut juga Virtual Instrument, atau VI, karena menampilkan dan mengoperasikan contoh bentuk instrumentnya, seperti osciloskop dan multimeter. LabVIEW meliputi pengaturan dari tool untuk mendapatkan, menganalisis, menampilkan, dan mengumpulkan data, lebih baik

menggunakan tool untuk membantu anda mencari dan memecahkan masalah pengkodean.

Dengan menggunakan LabVIEW, pengguna dapat membuat percobaan dan pengukuran, penambahan data, control instrument, datalogging, analisi instrument, dan hasil aplikasi yang dihasilkannya. Pengguna juga dapat membuat stand-alone executable dan *shared libraries*, sama DLL, karena LabVIEW tersusun dari 32-bit.²⁴



Gambar 2.13 Tampilan LabVIEW
Sumber : Ni.forum.com

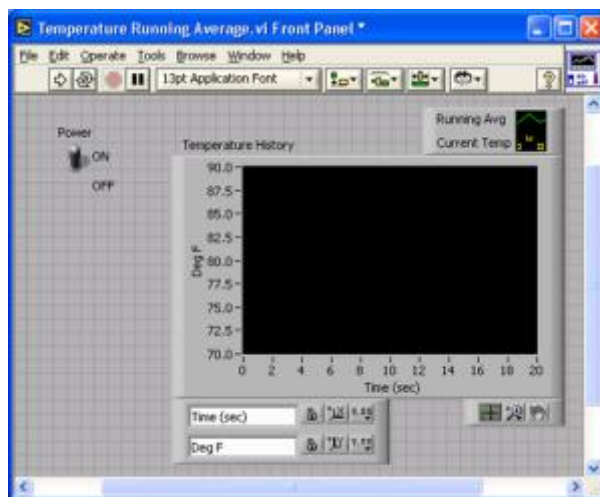
Program LabVIEW disebut sebagai virtual instruments atau VIs sebab operasi dan penampilannya meniru instrumen secara fisik, seperti multimeter dan osiloskop. Labview berisi berbagai macam peralatan untuk menghasilkan ketelitian (acquiring), tampilan (displaying), dan menyimpan data (storing data), seperti halnya perlengkapan untuk membantu anda melakukan pemecahan masalah pengkodean (code troubleshoot). Setiap Virtual Instrumen (VI) menggunakan

²⁴ Endang Wijaya, *LabVIEW 8.0 Basic*, (Jakarta : Politeknik Negeri Jakarta, 2010) hlm. 2

fungsi-fungsi yang menggerakkan masukan dari pemakai antarmuka atau sumber lain dan menampilkan informasi itu atau memindahkannya ke file lain atau ke komputer lain. VI berisi 2 tampilan sebagai berikut:

a. Front Panel²⁵

Front panel merupakan interface antara pengguna(user) dengan program. Didalam front panel terdapat Kontrol (Input) dan Indikator (Output). Kontrol pada front panel panel dapat berupa knop,tombol, dial dan lainnya. Sedangkan untuk indikator (Output) dapat berupa LED,grafik dan tampilan lainnya.



Gambar 2.14 Tampilan Front panel
Sumber : <https://herwins.wordpress.com>

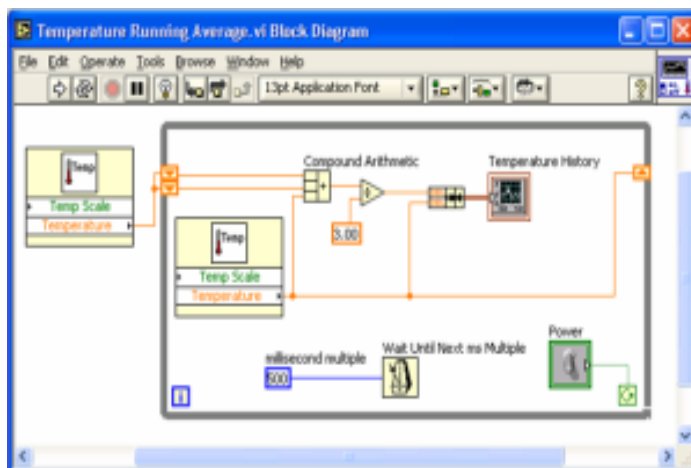
Kontrol menirukan input instrument dan menyuplai data ke diagram blok pada VI yang bersangkutan. Indikator menirukan instrumen keluaran dan menampilkan data yang diperoleh atau dihasilkan oleh diagram blok.

b. Diagram Blok

Setelah anda membangun panel muka, anda menambahkan kode menggunakan grafis yang mewakili fungsi untuk mengendalikan obyek-

²⁵ <https://herwins.wordpress.com>, Diakses pada 21 Januari 2016 pukul 14.53

obyek panel muka. Blok diagram berisi source code grafis ini. Obyek-obyek panel muka nampak seperti terminal pada diagram blok. Virtual Instrumen pada gambar 2 menunjukkan beberapa obyek diagram blok seperti terminal-terminal, fungsi-fungsi, dan alur



Gambar 2.15 Digram blog
Sumber : Ni.forum.com

Pada front panel, fungsi yang dapat dilakukan adalah fungsi-fungsi tampilan seperti grafik, indikator numeris, array, string, kontrol numeris dan lain-lain. Sedangkan pada block diagram, fungsi yang dapat dilakukan adalah fungsi-fungsi pemrograman seperti struktur, matematis, file I/O, probabilitas, analisis sinyal dan lain-lain.

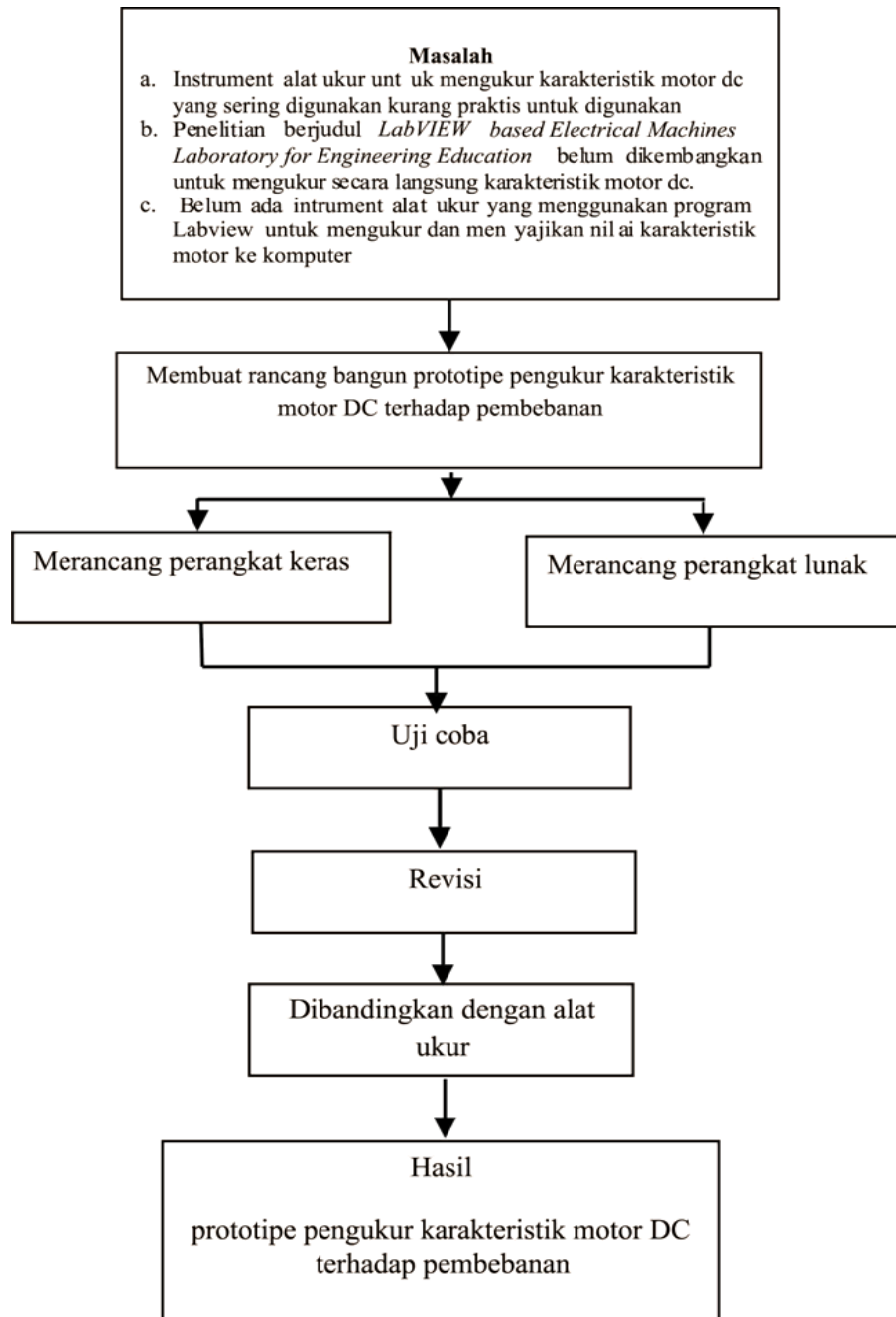
2.2. Kerangka Berfikir

Dari Identifikasi masalah yang sudah dijabarkan pada bab I diketahui bahwa instrument pengukuran untuk mengetahui katrakteristik motor dc yang tersedia masih belum praktis. Di lain sisi sudah dilakukan sebuah penelitian tentang simulasi karakteristik motor dc yang belum dikembangkan menjadi sebuah instrument pengukuran yang dapat langsung terhubung ke komputer

sehingga dapat mempermudah dalam proses pengambilan data pada saat pengukuran karakteristik motor dc.

Berdasarkan hal tersebut akhirnya peneliti mencoba membuat rancang bangun prototipe pengukur karakteristik motor dc terhadap pembebanan berbasis LabView. Dimana prototipe pengukur karakteristik motor dc merupakan gabungan 2 perangkat yaitu perangkat lunak yang berfungsi untuk mengambil data baik kecepatan motor , tegangan motor dan arus jangkar motor untuk selanjutnya ditampilkan pada perangkat lunak yang dalam hal ini peneliti memanfaatkan software Labview.

Dari penelitian rancang bangun prototipe ini diharapkan hasil sebuah prototipe pengukur karakteristik motor DC berbasis Labview yang memiliki fungsi yang sama dengan alat ukur yang sudah ada sehingga pengguna dapat melakukan pengukuran secara praktis tanpa harus mencatat dan mengetik kembali data hasil pengukuran pada komputer. Berdasarkan penjelasan di atas dapat divisualisasikan menjadi sebuah bagan kerangka berfikir seperti pada gambar 2.16



Gambar 2.16 Kerangka Berfikir

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang bangun prototipe pengukur karakteristik motor DC terhadap pembebanan berbasis Labview . Penelitian ini dilakukan di ruang laboratorium mesin listrik, pengukuran dan kalibrasi Jurusan Teknik Elektro. Penelitian dilakukan selama 8 bulan, mulai dari bulan Mei hingga bulan Desember 2015.

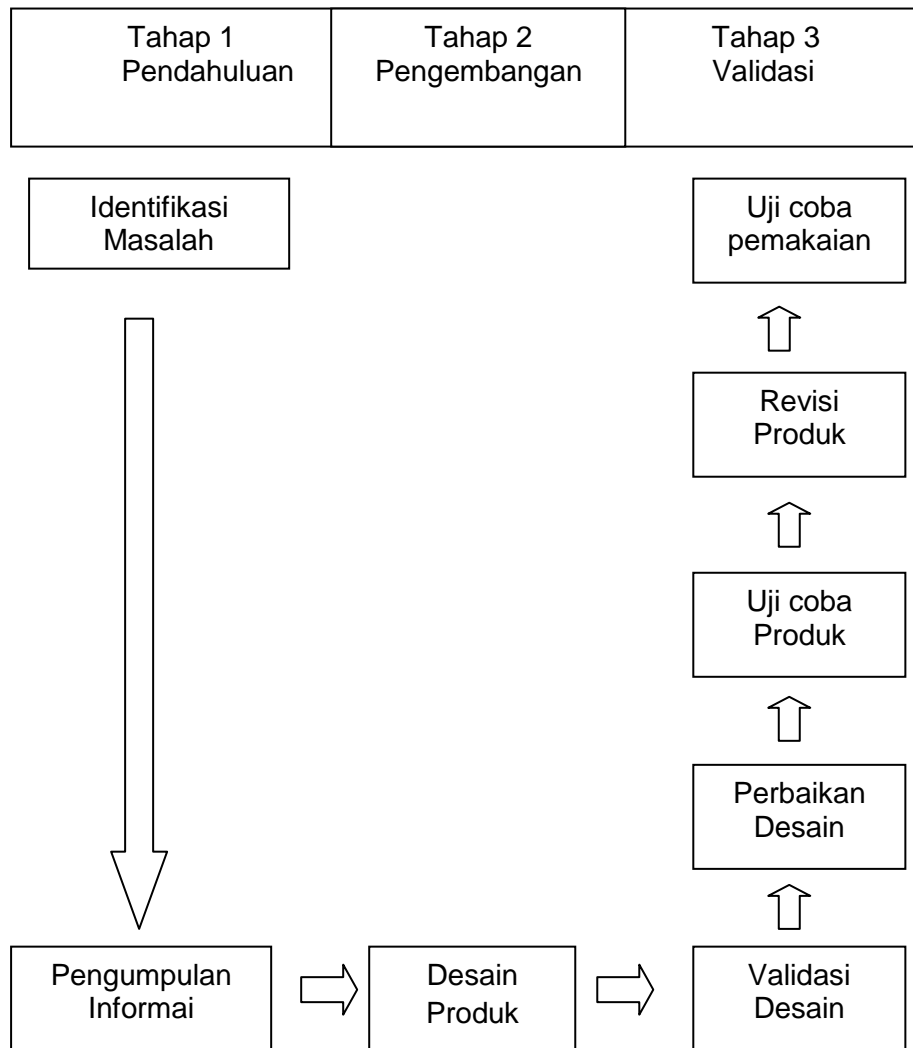
3.2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Research and development* (R & D). Metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tertentu.²⁶

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan di mana masing-masing tahapan terdiri dari beberapa langkah, seperti yang tergambar pada bagan di bawah ini :

²⁶ Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*, (Bandung: Alfabeta, 2011) hlm. 297



Gambar 3.1 Tahapan penelitian

1. Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan analisa masalah dan menggali informasi dari berbagai referensi, dengan langkah – langkah sebagai berikut :

a. Identifikasi masalah

Sebelum melakukan penelitian pengembangan langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan melakukan identifikasi masalah pada hal yang akan diteliti yang kemudian dari masalah tersebut dapat ditemukan hal – hal yang memiliki potensi untuk dikembangkan guna mengatasi masalah tersebut. Dalam latar

belakang penelitian dapat dilihat bahawa pada program penelitian yang berkaitan karakteristik motor DC menggunakan LabVIEW dapat menjadi sebuah potensi yang dapat dikembangkan guna membuat sebuah produk yang dapat mempermudah pengukuran karakteristik motor DC dengan pembebanan berbasis LabVIEW.

b. Mengumpulkan informasi

Setelah potensi dan masalah dapat ditunjukkan secara faktual, selanjutnya perlu dikumpulkan berbagai informasi yang dapat digunakan sebagai bahan untuk perencanaan produk yang diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut.

2. Pengembangan

Tahapan pengembangan dilakukan pada saat informasi pendukung sudah dikumpulkan, yang kemudian dari informasi tersebut mulai dirancang sebuah produk yang dalam penelitian ini adalah prototipe pengukur karakteristik motor DC dengan pembebanan berbasis LabVIEW. Langkah pada tahap ini meliputi :

a. Desain produk

Produk yang dihasilkan dalam penelitian dan pengembangan bermacam-macam. Dalam hal ini dibuatlah sebuah rancangan dari informasi yang sudah dikumpulkan tentang produk yang akan dibuat.

3. Validasi

Pada tahap ini diarahkan untuk menguji coba rancangan design prototipe yang sudah dibuat untuk dilihat efektivitas dan kinerja dari prototipe. Langkah-langkah pada tahap ini meliputi :

a. Validasi desain

Merupakan proses kegiatan untuk menilai apakah rancangan produk, dalam hal ini prototipe pengukur karakteristik motor DC dengan pembebanan secara rasional akan lebih efektif dari cara pengukuran yang biasa dilakukan. Dikatakan secara rasional, karena validasi disini masih bersifat penilaian berdasarkan pemikiran rasional, belum fakta lapangan.

b. Perbaiki desain

Yang bertugas memperbaiki desain adalah peneliti yang mau menghasilkan produk yang lebih bagus.

c. Uji coba produk

Produk rancangan yang sudah dibuat pertama – tama diuji coba dulu, yang dalam penelitian ini uji coba dilakukan dalam bentuk kalibrasi satu persatu sensor pada perangkat keras dan nilai yang terbaca pada LabVIEW.

d. Revisi produk

Revisi produk dilakukan setelah dilakukan uji coba, baik pada perangkat keras dan perangkat lunak untuk mendapatkan sebuah produk yang baik.

e. Uji coba pemakaian

Setelah pengujian terhadap produk berhasil, dan sudah dilakukan revisi, selanjutnya produk yang berupa prototipe diuji secara keseluruhan fungsinya untuk mengukur karakteristik beberapa jenis motor DC dengan beban yang bervariasi.

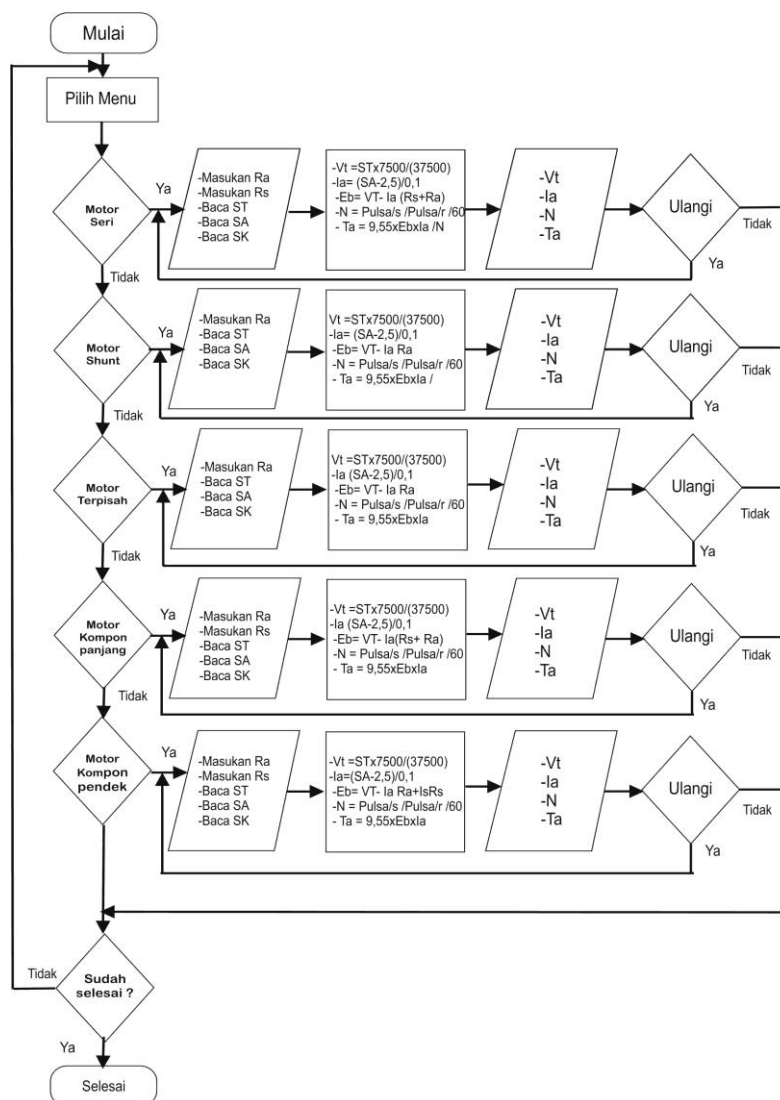
3.4. Rancangan Penelitian

Perancangan penelitian meliputi :

- a. Merancang program aplikasi pengujian karakteristik motor DC

Pada sistem pengujian karakteristik motor DC dengan pembebanan, program aplikasi monitoring merupakan bagian yang berfungsi untuk menghasilkan keluaran berupa nominal nilai besaran – besaran listrik dan mekanik.

Program aplikasi yang akan dibuat digambarkan seperti *flow chart* diagram di bawah ini :



Gambar 3.2 *Flow chart* program

Keterangan :

ST : Sensor Tegangan

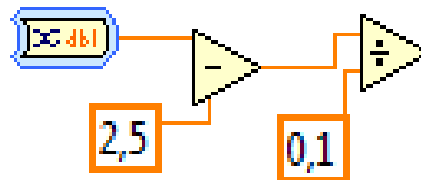
SA : Sensor Arus

SK : Sensor Kecepatan

Terdapat tiga metode yang digunakan untuk mendapatkan besaran – besaran pada motor, yaitu dengan pengukuran, perhitungan, dan masukan langsung dari pengguna program. Besaran yang didapat melalui pengukuran adalah tegangan terminal, arus jangkar, arus beban, torsi dan kecepatan motor. Dalam aplikasi yang dibuat dibedakan menjadi 2 yaitu blok diagram dan layout panel.

i. Blok diagram

Blok diagram dibuat atas rumus masing – masing nilai yang akan ditampilkan pada aplikasi seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.3 Blok diagram arus jangkar

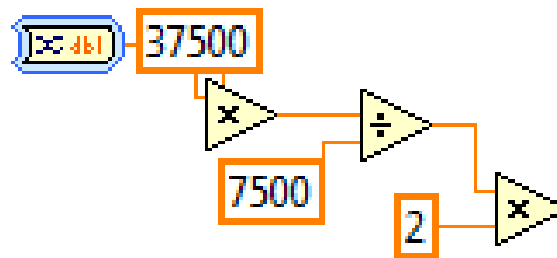
Blok diagram arus jangkar seperti pada gambar 3.3 di atas, diperoleh berdasarkan persamaan tegangan output yang dihasilkan oleh sensor arus seperti yang sudah dijelaskan pada bab 2 yaitu :

$$V_{out} = (I_{input} \times \text{Sensitivitas}) + 2,5 \quad (3-1)$$

Dari persamaan tersebut kemudian dibalik arahnya menjadi

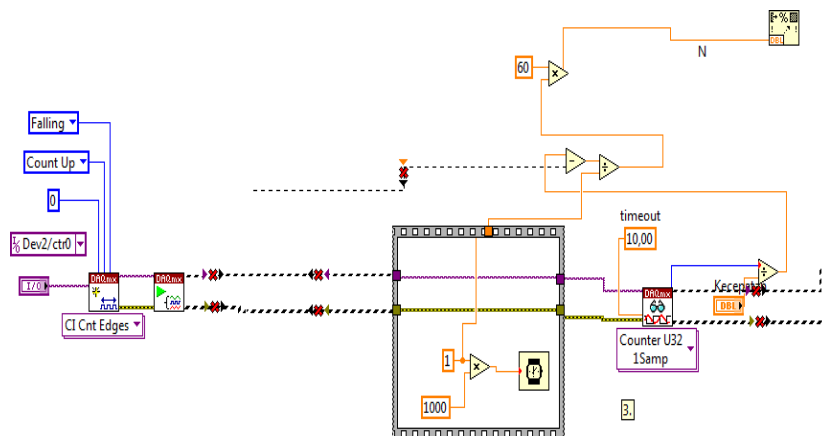
$$I_{input} = (V_{out} - 2,5) : \text{Sensitivitas} \quad (3-2)$$

Hal ini karena untuk mencari tahu nilai arus dari tegangan yang terbaca oleh NI USB daq, dimana nilai sensitivitas dari sensor arus yang Digunakan sebesar 100mV/A atau 0,1 V/a



Gambar 3.4 Blok diagram tegangan

Dari persamaan pembagi tegangan pada bab 2 dapat diubah menjadi blok diagram seperti pada gambar 3.4



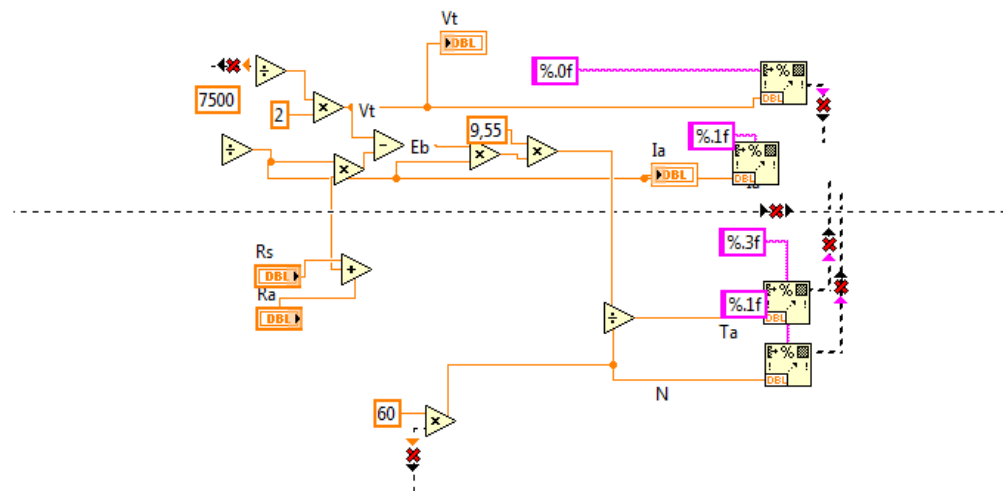
Gambar 3.5 Blok diagram RPM

Pada diagram Kecepatan (Gambar 3.5) dibuat berdasarkan persamaan

$$N = \frac{\sum \text{Pulsa/Secon}}{\sum \text{Pulsa/Rotasi}} : 60 \text{ detik}$$

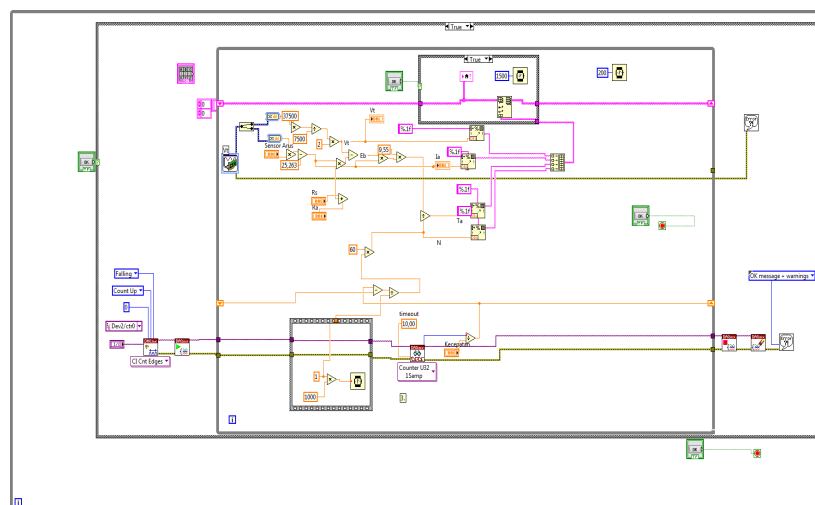
Output sinyal dari optocoupler masuk kedalam digital input NI USB DAQ , dan NI USB DAQ diolah menjadi pulsa perdetik sehingga, untuk mendapatkan rotasi

per detik cukup dengan membaginya dengan banyaknya pulsa dalam satu rotasi, dan banyak pulsa dalam satu rotasi tersebut diketahui dari jumlah lubang piringan yang dipasangkan pada optocoupler yang di mana apabila terhalang nilainya 1 dan apabila tidak nilainya 0.



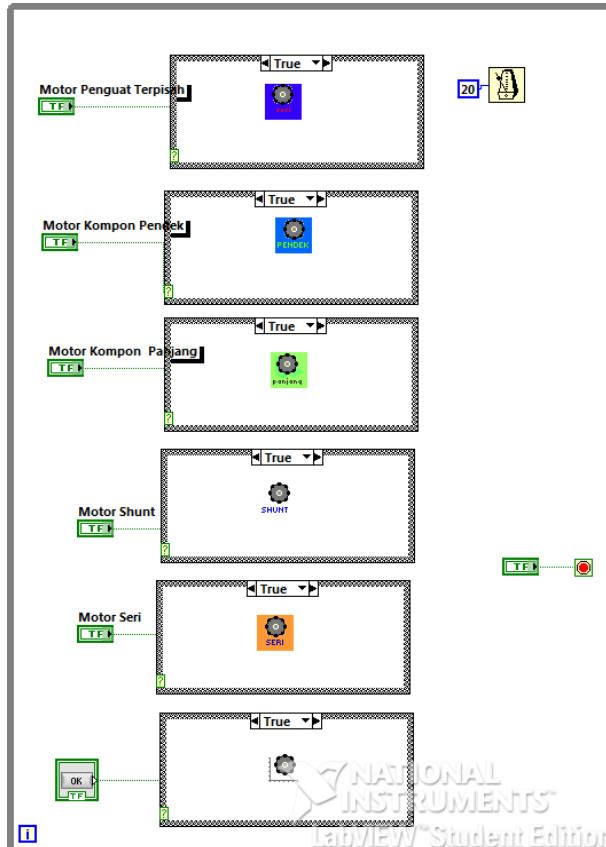
Gambar 3.6 Blok diagram torsi jangkar

Kemudian dari masing – masing blok diagram di atas digabung menjadi subVI seperti pada gambar di bawah ini , dan untuk diagram motor dc lainnya terlampir pada lampiran 1.



Gambar 3.7 Blok diagram aplikasi pengukur karakteristik motor DC

Dari subVI kemudian digabung kembali menjadi sebuah aplikasi VI dengan pilihan – pilihan menu jenis motor yang dapat dipilih sesuai dengan jenis motor yang akan diuji seperti gambar di bawah ini :



Gambar 3.8 Blok diagram beranda

ii. Layout panel

Setelah output dari Daq diproses pada blok diagram, kemudian data tersebut ditampilkan pada layout panel. Untuk panduan penggunaan aplikasi terlampir pada lampiran 3.



Gambar 3.9 Layout panel subVI

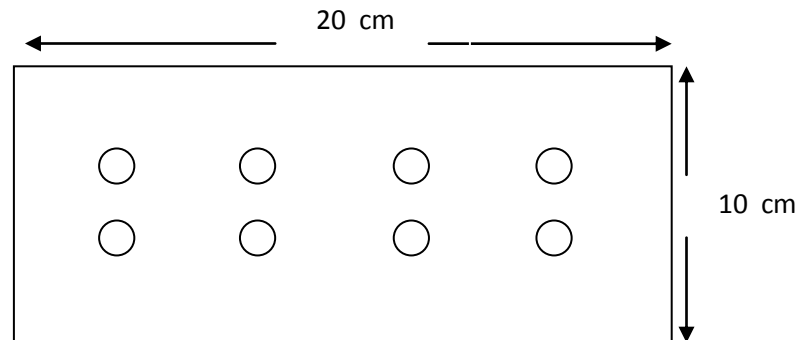


Gambar 3.10 layout beranda

b. Merancang perangkat keras

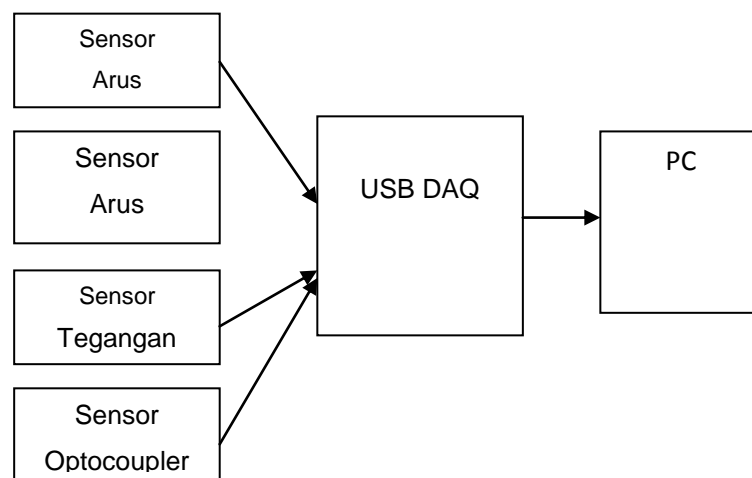
Perangkat keras yang dirancang pada penelitian ini berbentuk persegi panjang dengan bahan akrilik ukuran 10 cm x 20 cm. Dimana pada

bagian atas dipasang *banana female* yang berfungsi sebagai terminal untuk menghubungkan sensor dengan rangkaian motor DC.



Gambar 3. 11 Bentuk prototipe

Dan terdapat 2 sensor arus yang dimana berfungsi sebagai pengukur arus jangkar dan satu lagi sebagai tambahan yang dapat digunakan pengguna sewaktu waktu jika membutuhkan, dan juga terdapat sensor tegangan untuk mengukur tegangan terminal.



Gambar 3.12 Rangkaian prototipe

3.5. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

1. Modul data akuisisi digunakan untuk mengolah sinyal digital untuk dapat ditampilkan pada komputer. Untuk detail dari perangkat USB DAQ yang digunakan terlampir pada lampiran 8.

2. Sensor arus 20 Ampere untuk mengetahui nilai arus yang mengalir pada jangkar dan beban, untuk datasheet dilampirkan pada lampiran 4
3. Sensor tegangan 25 V digunakan untuk memantau nilai tegangan terminal. Datasheet sensor tegangan dilampirkan pada lampiran 5
4. Sensor *Rotary optocoupler* digunakan untuk mengetahui kecepatan putaran motor DC. Untuk data sheet dari sensor rotary yang digunakan dilampirkan pada lampiran 9.
5. Banana male sebagai terminal yang menghubungkan sensor arus dan tegangan dengan rangkaian percobaan
6. Resistor 120 ohm untuk membagi tegangan terminal untuk meningkatkan kapasitas sensor tegangan.

3.6. Teknik Pengambilan Data

Data pada yang diambil pada penelitian ini berupa nilai tegangan terminal (V_t), arus jangkar (I_a), kecepatan (N) dan torsi jangkar (T_a). Untuk mengambil data tersebut dilakukan 2 teknik pengambilan data, dengan teknik pertama sebagai acuan.

Pertama menggunakan cara manual menggunakan tachometer, ampere meter, voltmeter dan perhitungan torsi jangkar. Teknik yang kedua yaitu menggunakan prototipe. Dalam pengambilan data tersebut dilakukan sebuah skenario yaitu dengan mempertahankan nilai V_t motor DC seri dan menghubungkan motor DC dengan generator sebagai beban. Dengan generator terhubung pada rheostat sebesar 12,2 Ohm. Kemudian motor diberi beban arus penguat kumparan shunt generator untuk mengatur nilai arus jangkar motor mulai

dari 2,4 ampere kemudian diturunkan secara bertahap hingga sampai 1,7 ampere dengan selisih penurunan sebesar 0,1 ampere dengan V_t motor tetap konstan.

3.7. Teknik Analisis Data

Salah satu bagian penting yang tidak kalah penting dari tahapan penelitian dalam R&D adalah melakukan uji keefektifan dan uji efisiensi. Uji keefektifan digunakan untuk membuktikan apakah model mampu mencapai tujuan yang telah ditetapkan atau tidak.²⁷

Tolak ukur keefektifan dan efisiensi tersebut apabila hasil pengukuran teknik ke dua dengan menggunakan prototipe dapat langsung menyajikan data hasil pengukur pada komputer. Dan dilakukan uji *error* pengukuran untuk mengetahui nilai error pengukuran terhadap data yang dihasilkan oleh pengukuran dengan teknik yang pertama menggunakan tachometer untuk kecepatan, ampere meter untuk mengukur arus jangkar, volt meter untuk mengukur tegangan V_t , dan terakhir perhitungan torsi.

²⁷ Iis Prasetyo. "Teknik Analisis Data Dalam Research And Development". Universitas Negeri Yogyakarta, hlm. 9

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Pengukuran

Pembahasan dilakukan pada hasil uji coba pada motor seri, untuk hasil pengukuran motor DC lainnya terlampir pada lampiran 2. Uji coba prototipe dilakukan dengan arus penguat generator sebagai beban motor yang bervariasi seperti yang sudah dijabarkan pada bab 2. Untuk memperoleh nilai rata-rata pengukuran, pengukuran dilakukan sebanyak 6 kali pada masing-masing variasi beban. Selain itu juga dilakukan pengukuran menggunakan alat ukur sebagai pembanding.

4.1.1.1. Hasil Pengukuran Tegangan

Setelah dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak 6 kali pada masing-masing variasi beban, diperoleh hasil pengukuran tegangan seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Tegangan Menggunakan Prototipe

Arus Penguat Generator (A)	Prototipe (Volt)						Rata-rata (Volt)
	1	2	3	4	5	6	
0,8	24	23	24	24	25	24	24
1	25	24	24	24	24	23	24
1,2	23	24	24	25	24	23	23,83
1,4	24	24	24	23	24	24	23,83
1,6	23	24	25	24	24	23	23,83
1,8	24	24	25	24	25	24	24,33
2	24	24	25	24	25	24	24,33
2,4	23	24	24	25	24	24	24

Terlihat bahwa kinerja pengukuran tegangan dengan menggunakan prototipe mengalami nilai yang fluktuatif. Sementara itu Hasil pengukuran yang menggunakan volt meter analog pada tiap-tiap pengukuran terlihat konstan seperti pada pada tabel 4.2

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Tegangan Menggunakan Volt Meter

Arus Penguat Generator (A)	Volt meter (Volt)						Rata-rata (Volt)
	1	2	3	4	5	6	
0,8	24	24	24	24	24	24	24
1	24	24	24	24	24	24	24
1,2	24	24	24	24	24	24	24
1,4	24	24	24	24	24	24	24
1,6	24	24	24	24	24	24	24
1,8	24	24	24	24	24	24	24
2	24	24	24	24	24	24	24
2,4	23	24	24	24	24	24	24

4.1.1.2. Hasil Pengukuran Arus

Pada pengukuran arus terlihat bahwa kinerja pengukuran arus dengan menggunakan prototipe juga mengalami nilai yang fluktuatif. Seperti yang terlihat pada tabel 4.3 di bawah ini :

Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Arus Menggunakan Prototipe

Arus Penguat Generator (A)	Ampere meter (A)						Rata-rata (A)
	1	2	3	4	5	6	
0,8	1,6	1,7	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7
1	1,8	1,8	1,7	1,8	1,9	1,8	1,8
1,2	1,9	1,9	2	1,9	1,9	1,8	1,9
1,4	2,1	2	2	2	2,1	2	2,03
1,6	2,1	2,1	2	2	2,2	2,1	2,08
1,8	2,2	2,2	2,3	2,2	2,2	2,2	2,21
2	2,3	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,28
2,4	2,4	2,4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,38

Sedangkan pada hasil pengukuran arus menggunakan ampere meter juga terlihat konstan pada tiap perubahan variasi beban seperti pada tabel 4.4

Tabel 4.4. Hasil Pengukuran Arus Menggunakan Ampere Meter

Arus Penguat Generator (A)	Prototipe (A)						Rata-rata (A)
	1	2	3	4	5	6	
0,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
1	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
1,2	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
1,4	2	2	2	2	2	2	2
1,6	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
1,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4

4.1.1.3. Hasil pengukuran Kecepatan

Pada hasil pengukuran kecepatan terlihat bahwa kinerja pengukuran kecepatan dengan menggunakan prototipe dan juga menggunakan tachometer keduanya sama-sama mengalami nilai yang fluktuatif. Seperti yang terlihat pada tabel 4.5 dan 4.6 di bawah ini :

Tabel 4.5. Hasil Pengukuran Kecepatan Menggunakan Prototipe

Arus Penguat Generator (A)	Prototipe (Rpm)						Rata-Rata (Rpm)
	1	2	3	4	5	6	
0,8	1475,8	1512	1487	1524	1460,4	1404	1477,2
1	1312	1366,8	1225	1360,7	1256	1325	1307,6
1,2	1306,5	1214	1256,6	1193	1278	1189	1239,5
1,4	1040,9	1202	1088	1103	1111	1109	1109,0
1,6	1029	979	999,9	1039,6	1002	1002	1008,6
1,8	949	1008,3	941,2	1000,4	997	961	976,2
2	900	882	842	875	821	867	864,5
2,4	796,4	759,4	810,7	743	789	804,8	783,9

Tabel 4.6. Hasil Pengukuran Kecepatan Menggunakan Tachometer

Arus Penguat Generator (A)	Tachometer (Rpm)						Rata-rata(Rpm)
	1	2	3	4	5	6	
0,8	1378,5	1370	1375	1375	1379,8	1381,2	1376,58
1	1218,2	1220	1218	1217,4	1218	1220	1218,60
1,2	1064,8	1060	1065	1060	1060	1060	1061,63
1,4	1012	1015	1014,6	1012	1015	1016	1014,10
1,6	928,2	930	928	929,3	928	928	928,58
1,8	834	834	834	836,4	835	834	834,57
2	756,6	755	758	756	754,6	755,4	755,93
2,4	684	690	690	690	687,5	685,8	687,88

4.1.2. Hasil Uji Presisi

Pengujian presisi dilakukan pada setiap perubahan beban dengan alat ukur seperti Volt meter, Ampere meter dan tachometer sebagai pembanding dari hasil pengukuran yang diperoleh oleh prototipe. Untuk mengetahui tingkat presisi hasil pengukuran prototipe dapat dihitung dari nilai standar deviasi (SD) dan dari nilai relatif standar deviasi (RSD) seperti yang sudah dijabarkan pada bab 2, yaitu dengan menggunakan persamaan :

$$SD = \frac{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2}}{n-1} \quad (4-1)$$

$$\% RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100 \% \quad (4-2)$$

Keterangan :

X_i = Nilai pengukuran

\bar{x} = Nilai rata – rata

N = Banyak data

SD = Standar deviasi

RSD = Relatif standar deviasi

4.1.2.1. Hasil Uji Presisi Pengukuran Tegangan Terminal

Setelah dilakukan penghitungan pada hasil pengukuran tegangan dengan menggunakan prototipe diperoleh hasil simpangan baku atau standar deviasi sebesar 0,6 dan nilai RSD sebesar 2,5 %

Tabel 4.7. Hasil Uji Presisi Pengukuran Tegangan Menggunakan Prototipe

Arus Penguat Generator (A)	Rata-rata pengukuran tegangan terminal (Volt)	SD	RSD %
0,8	24	0,63	2,63
1	24	0,63	2,63
1,2	23,83	0,75	3,15
1,4	23,83	0,40	1,71
1,6	23,83	0,75	3,15
1,8	24,33	0,51	2,12
2	24,33	0,51	2,12
2,4	24	0,63	2,63
Rata-rata		0,6	2,5

Sementara pada alat ukur volt meter analog yang memiliki hasil nilai standar baku dan standar baku relatif 0, hal ini karena hasil pengukuran menunjukkan nilai yang tetap pada setiap perubahan arus penguat generator dengan hasil seperti yang tertera pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil Uji Presisi Pengukuran Tegangan Menggunakan Volt Meter

Arus Penguat Generator (A)	Rata-rata pengukuran tegangan (Volt)	SD	RSD %
0,8	24	0	0
1	24	0	0
1,2	24	0	0
1,4	24	0	0
1,6	24	0	0
1,8	24	0	0
2	24	0	0
2,4	24	0	0
Rata-rata		0	0

4.1.2.2. Hasil Uji Presisi Pengukuran Arus Jangkar

Setelah dilakukan penghitungan pada hasil pengukuran arus jangkar menggunakan prototipe diperoleh simpangan baku atau standar deviasi sebesar 0,05 dan nilai RSD sebesar 2,9 %

Tabel 4.9. Hasil uji presisi pengukuran arus menggunakan prototipe

Arus Penguat Generator (A)	Rata-rata pengukuran Arus Jangkar (A)	SD	RSD %
0,8	1,7	0,06	3,72
1	1,8	0,06	3,51
1,2	1,9	0,06	3,3
1,4	2,03	0,05	2,53
1,6	2,08	0,07	3,61
1,8	2,21	0,04	1,84
2	2,28	0,07	3,29
2,4	2,38	0,04	1,71
Rata-rata		0,05	2,9

Sementara hasil pengukuran arus dengan menggunakan ampere meter memiliki nilai simpangan baku sebesar 0 dan RSD 0 %

Tabel 4.10. Hasil uji presisi pengukuran arus menggunakan ampere meter

Arus Penguat Generator (A)	Rata-rata pengukuran arus (A)	SD	RSD %
0,8	1,7	0	0
1	1,8	0	0
1,2	1,9	0	0
1,4	2	0	0
1,6	2,1	0	0
1,8	2,2	0	0
2	2,3	0	0
2,4	2,4	0	0
Rata-rata		0	0

4.1.2.3. Hasil Uji Presisi Pengukuran Kecepatan

Setelah dilakukan penghitungan pada hasil pengukuran kecepatan menggunakan protipe diperoleh hasil simpangan baku atau standar deviasi sebesar 38,4 dan nilai RSD sebesar 3,5 %

Tabel 4.11. Hasil uji presisi pengukuran kecepatan menggunakan prototipe

Arus Penguat Generator (A)	Rata-rata pengukuran kecepatan (Rpm)	SD	RSD %
0,8	1477,2	42,8	2,9
1	1307,6	56,8	4,3
1,2	1239,5	48,2	3,9
1,4	1109,0	52,5	4,7
1,6	1008,6	22,0	2,2
1,8	976,2	29,1	3,0
2	864,5	28,6	3,3
2,4	783,9	26,9	3,4
Rata-Rata		38,4	3,5

Pada hasil pengukuran kecepatan menggunakan tachometer memiliki nilai simpangan baku dan simpangan baku relatif yang lebih kecil dari hasil

menggunakan prototipe kecil yaitu simpangan baku atau standar deviasi sebesar 1,88 dan nilai RSD sebesar 0,19 %

Tabel 4.12. Hasil uji presisi pengukuran kecepatan menggunakan Tachometer

Arus Penguat Generator (A)	Rata-rata Pengukuran kecepatan (Rpm)	SD	RSD %
0,8	1376,58	4,09	0,30
1	1218,60	1,12	0,09
1,2	1061,63	2,53	0,24
1,4	1014,10	1,69	0,17
1,6	928,58	0,86	0,09
1,8	834,57	0,98	0,12
2	755,93	1,24	0,16
2,4	687,88	2,57	0,37
Rata-Rata		1,88	0,19

4.1.3. Error Pengukuran

Dari hasil pengukuran tegangan, kecepatan dan arus jangkar terlihat bahwa hasil pengukuran menggunakan prototipe memiliki hasil yang berbeda dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur. Perbedaan ini yang disebut error pengukuran, Untuk mengetahui besar error pengukuran dilakukan penghitungan menggunakan persamaan, di bawah ini :

$$\%Error = \left| \frac{\text{data hasil pengukuran} - \text{data patokan alat ukur}}{\text{data patokan alat ukur}} \right| \times 100 \% \quad (4-3)$$

Setelah dilakukan penghitungan diperoleh hasil :

Tabel 4.13. Hasil Penghitungan *Error* Pengukuran Tegangan

Rata-rata pengukuran tegangan terminal (Volt)		<i>Error</i> %
Prototipe	Volt meter	
24	24	0,00
24	24	0,00
23,83	24	-0,71
23,83	24	-0,71
23,83	24	-0,71
24,33	24	1,37
24,33	24	1,37
24	24	0,00
Rata-rata		0,08

Tabel 4.14. Hasil Penghitungan *Error* Pengukuran Arus Jangkar

Rata-rata pengukuran arus jangkar (Ampere)		<i>Error</i> %
Prototipe	Ampere meter	
1,7	1,7	0,00
1,8	1,8	0,00
1,9	1,9	0,00
2,03	2	1,50
2,08	2,1	-0,95
2,21	2,2	0,45
2,28	2,3	-0,87
2,38	2,4	-0,83
Rata-rata		-0,09

Tabel 4.15. Hasil Penghitungan *Error* Pengukuran Kecepatan

Rata-rata pengukuran kecepatan (Rpm)		<i>Error</i> %
Prototipe	Tachometer	
1477	1376,58	7,29
1307,5	1218,6	7,30
1239,2	1061,63	16,73
1108,76	1014,1	9,33
1006,6	928,58	8,40
976,26	834,57	16,98
864,16	755,93	14,32
785	687,88	14,12
Rata-rata		11,81

4.1.4. Hasil Karakteristik Pengukuran

Untuk mengetahui karakteristik pengukuran, pertama-tama dari penjabaran hasil pengukuran di atas diambil nilai arus jangkar, kecepatan dan dihitung nilai torsi jangkar pada kolom rata-rata pada masing–masing pengukuran dan dibuat tabel 4.1. Kemudian dari nilai tersebut dapat dibuat menjadi grafik karakteristik motor dc.

Tabel 4.13. Hasil Prototipe

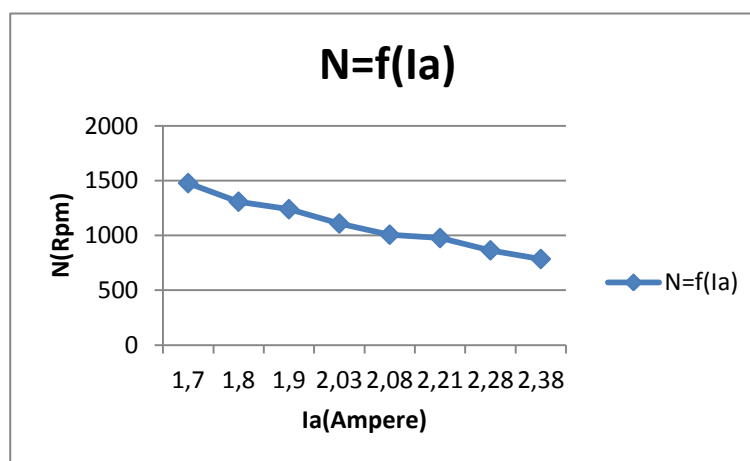
Ia (Ampere)	N (Rpm)	Ta (Nm)
1,7	1477,2	0,14
1,8	1307,6	0,16
1,9	1239,5	0,17
2,03	1109,0	0,19
2,08	1008,6	0,20
2,21	976,2	0,22
2,28	864,5	0,24
2,38	783,9	0,25

Tabel 4.14. Hasil Prototipe

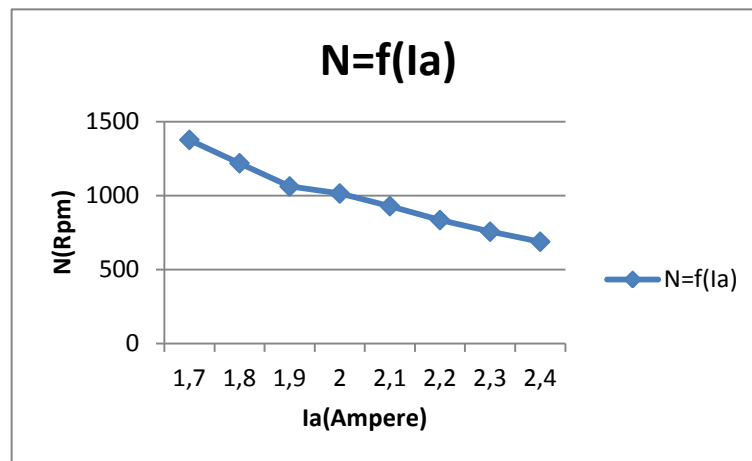
Ia (Ampere)	N (Rpm)	Ta (Nm)
1,7	1376,58	0,15
1,8	1218,6	0,17
1,9	1061,63	0,2
2	1014,1	0,21
2,1	928,58	0,22
2,2	834,57	0,24
2,3	755,93	0,26
2,4	687,88	0,28

4.1.4.1. Karakteristik Kecepatan Terhadap Fungsi Arus Jangkar

Hasil grafik karakteristik kecepatan terhadap fungsi arus jangkar yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan prototipe dan alat ukur seperti pada gambar 4.1. dan 4.2 menggambarkan bahwa pada saat terjadi peningkatan arus jangkar maka kecepatan motor perlahan berkurang hal ini seperti yang sudah dibahas pada bab 2 tentang karkarakteristik motor dc



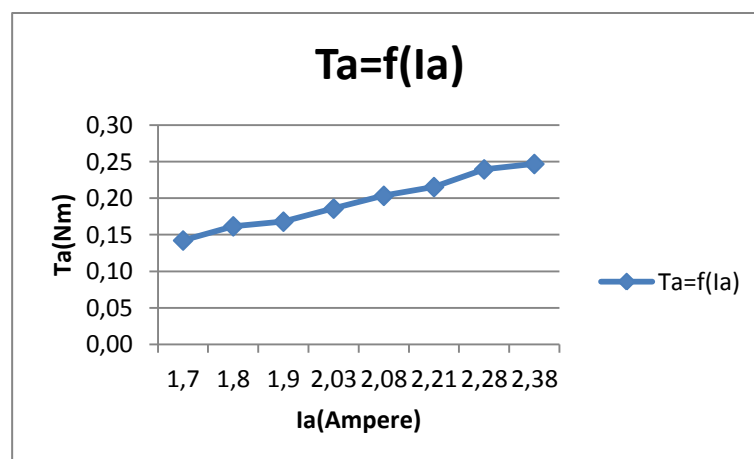
Gambar 4.1. Karakteristik N=f(Ia) Hasil Prototipe



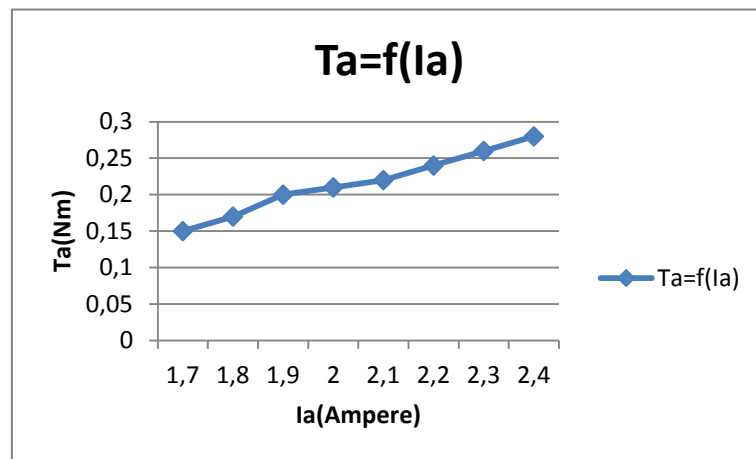
Gambar 4.2. Karakteristik $N=f(I_a)$ Hasil Alat Ukur

4.1.4.2. Karakteristik Torsi Jangkar Terhadap Fungsi Arus Jangkar

Dari gambar 4.3. dan 4.4 yang merupakan grafik karakteristik torsi jangkar terhadap fungsi arus jangkar motor seri dari hasil pengukuran menggunakan prototipe dan alat ukur, terlihat bahwa torsi jangkar ikut meningkat saat terjadi peningkatan arus jangkar



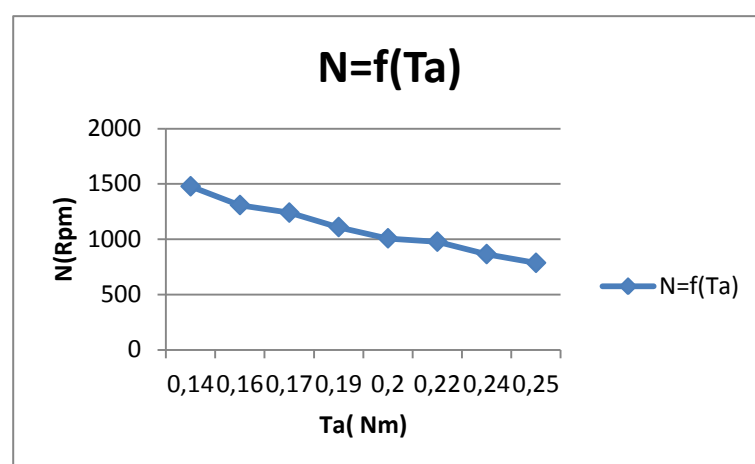
Gambar 4.3. Karakteristik $T_a=f(I_a)$ Hasil Prototipe



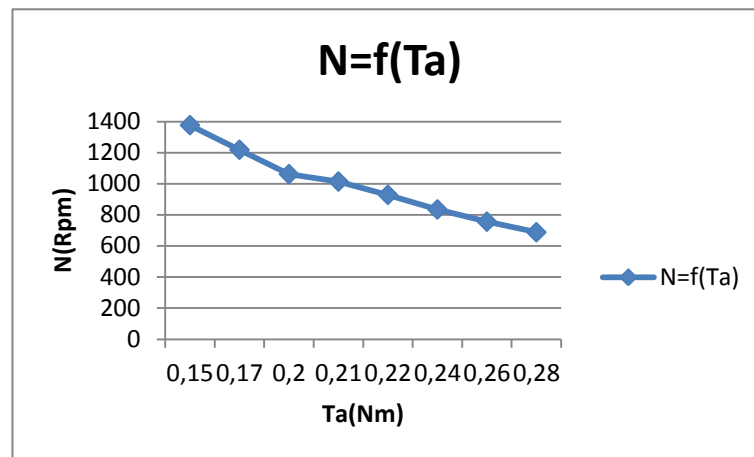
Gambar 4.4. Karakteristik $T_a=f(I_a)$ Hasil Alat Ukur

4.1.4.3. Karakteristik Kecepatan Terhadap Fungsi Torsi Jangkar

Pada grafik karakteristik kecepatan terhadap torsi jangkar yang digambarkan dari hasil pengukuran menggunakan prototipe dan alat ukur seperti pada gambar 4.5 dan 4.6. Terlihat bahwa kecepatan motor menurun seiring peningkatan torsi jangkar hal ini dikarenakan peningkatan torsi diikuti dengan peningkatan I_a dan tentu juga medan listrik. Hasilnya fluks magnet menguat dan mengakibatkan tegangan menurun. Atau sebaliknya ketika kecepatan tinggi torsi yang menurun



Gambar 4.5. Karakteristik $N=f(T_a)$ Hasil Prototipe



Gambar 4.6. Karakteristik $N=f(T_a)$ Hasil Alat Ukur

4.2. Pembahasan

4.2.1. Perbandingan Hasil Pengukuran Prototipe Vs Alat Ukur

Dari hasil uji coba prototipe pada pengukuran karakteristik motor seri terhadap pembembanan, menunjukkan bahwa pada 6 kali percobaan pada arus penguat generator yang sama sebagai beban hasil kinerja dari prototipe menunjukkan nilai pengukuran yang fluktuatif baik pada pengukuran tegangan, arus jangkar dan juga pengukuran kecepatan. Jika dibandingkan dengan alat ukur pembanding, hanya alat tachometer saja mengalami nilai yang fluktuatif sementara pada alat ukur ampere meter analog dan juga volt meter analog menunjukan nilai yang konstan.

Sehingga dari hal tersebut mengakibatkan prototipe yang dibuat memiliki nilai simpangan baku yang lebih besar dari alat ukur pembanding. Simpangan baku pada pengukuran tegangan sebesar 0,06 atau persentase toleransi pengukuran sebesar $\pm 2,5\%$, pada pengukuran arus jangkar memiliki simpangan baku sebesar 0,05 atau persentase toleransi pengukuran sebesar $\pm 2,9\%$ dan pada kecepatan memiliki simpangan baku paling besar dari kinerja pengukuran yang

dilakukan prototipe yaitu sebesar 38,4 atau persentase toleransi pengukuran sebesar 3,5 %.

Besarnya nilai simpangan baku tersebut tidak terlepas dari jenis dan kualitas sensor yang digunakan yaitu optocoupler. Dimana pada sensor yang digunakan perubahan sudut sensor terhadap piringan penghasil sensor tidak pas maka mempengaruhi banyaknya pulsa yang dibuat dan terbaca oleh labview sehingga nilai yang keluar pada labview sering berubah-ubah dan memiliki simpangan yang cukup besar. Semakin tidak akurat pemasangan sensor optocoupler terhadap piringan maka semakin besar simpangan baku yang terjadi. Selain itu pada sensor tegangan, pada saat melakukan uji coba ditemui salah satu penyebab terjadinya perubahan nilai yang fluktuatif yaitu kendornya kabel penghubung antara motor dengan terminal sensor, oleh karena itu pastikan bahwa kabel penghubung tidak kendur sehingga hasil yang didapat memiliki nilai presisi yang tinggi.

4.2.2. Perbandingan Grafik Karakteristik Prototipe Vs Alat Ukur

Grafik yang dihasilkan dari nilai hasil pengukuran menggunakan prototipe dan alat ukur jika dibandingkan, keduanya memiliki arah pergerakan grafik yang sama seperti pada teori yang sudah dijabarkan. Namun keduanya memiliki nilai yang berbeda sehingga mengakibatkan letak posisi kedudukan grafik yang berbeda hal di mana besarnya perbedaan posisi tersebut dapat dilihat dari besarnya nilai *error* pengukuran.

Pada pengukuran tegangan yang dilakukan dengan prototipe memiliki *error* 0,08 % atau akurasinya sebesar 99,2 % dari nilai pengukuran menggunakan alat ukur ampere meter, sementara pada *error* sebesar -0,09% akurasinya sebesar

99,1 % dari nilai pengukuran menggunakan volt meter, dan terakhir pada pengukuran kecepatan mengalami *error* pengukuran sebesar 11,81 % atau akurasinya sebesar 88,19% alat ukur tachometer.

BAB V

KESIMPULAN & SARAN

5.1. Kesimpulan

Prototipe pengukur karakteristik motor DC adalah alat yang berfungsi untuk mempermudah proses pengukuran karakteristik motor DC. Dimana alat ini menggabungkan perangkat keras seperti sensor USB DAQ untuk mendapatkan nilai – nilai yang dibutuhkan dan perangkat lunak LabVIEW untuk menampilkan hasil nilai – nilai yang diperoleh. Sehingga pengguna tidak lagi mengukur satu persatu nilai seperti biasanya menggunakan tachometer, lalu kemudian menggunakan ampere meter dan volt meter dan juga pengguna tidak perlu lagi mengetik ulang ke komputer data yang sudah diperoleh karena semua sudah tersaji dalam aplikasi dan pengguna tinggal mecopy ataupun mengekspor ke file microsoft excel.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil beberapa poin kesimpulan, yaitu :

- a. Hasil pengukuran tegangan menggunakan prototipe memiliki nilai simpangan baku sebesar 0,05 dengan persentase toleransi sebesar $\pm 2,5 \%$.
- b. Hasil akurasi pengukuran tegangan sebesar 99,2 % dari hasil pengukuran menggunakan volt meter
- c. Hasil pengukuran arus jangkar menggunakan prototipe memiliki nilai simpangan baku sebesar 0,06 dengan persentase toleransi sebesar $\pm 2,9 \%$
- d. Hasil akurasi pengukuran arus jangkar sebesar 99,2 % dari hasil pengukuran menggunakan ampere meter
- e. Hasil pengukuran kecepatan menggunakan prototipe memiliki nilai simpangan baku sebesar 38,4 dengan persentase toleransi sebesar $\pm 3,5 \%$

- f. Hasil akurasi pengukuran kecepatan sebesar 88,81 % dari hasil pengukuran menggunakan tachometer
- g. Berdasarkan beberapa point di atas, dari rancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang sudah dibuat dan dibentuk menjadi prototipe, dapat menyajikan nilai karakteristik motor dc.

5.2. Saran

Penulis sadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan pada penelitian ini seperti masih dapat error pada saat penggunaan aplikasi, error pengukuran ataupun fluktuatifnya sensor arus. Oleh karena itu penulis memberi saran yaitu :

- a. Untuk memperbaiki kesalahan pada pengukuran kecepatan lebih baik menggunakan speed encoder yang penggunaannya lebih efektif ketimbang sensor optocoupler. Adapun hal tersebut belum digunakan karena keterbatasan biaya pada saat penelitian.
- b. Mengatur kembali timing sensor arus agar mempermudah saat melakukan eksekusi pencatatan pada tabel.
- c. Untuk kepentingan pengembangan, khususnya dari segi aplikasi ditambahkan fitur grafik, karena hal tersebut belum sempat peneliti terapkan karena keterbatasan wawasan peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Ali dkk. *Implementasi Reverse Brake Pada Robot Beroda Pemadam Api*. Bandung :Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung (diunduh)
[http://seminar.uny.ac.id/simposiumkrsbi2014/sites/seminar.uny.ac.id/simposiumkrsbi2014/files/abstrak/4.%20Robot%20Pemadam%20Api%20\(b%20erkaki%20dan%20beroda\)/Ali%20Akbar-Reverse%20Brake%20\(1\).docx](http://seminar.uny.ac.id/simposiumkrsbi2014/sites/seminar.uny.ac.id/simposiumkrsbi2014/files/abstrak/4.%20Robot%20Pemadam%20Api%20(b%20erkaki%20dan%20beroda)/Ali%20Akbar-Reverse%20Brake%20(1).docx)
- Anonim. *Motor DC*. (diunduh)http://kk.mercubuana.ac.id/elearning/files_modul/13020-8886267064764.pdf
- Anonim. Sensor Tegangan. <http://jualarduinomurah.com> diakses pada 20 Juni 2015
- Anonim.2011.Motor Listrik Arus Searah. <https://indone5ia.wordpress.com> diakses 20 Juni 2015
- Anonim.2013.*Machine electric & Motor Control*.Jakarta : Kemendikbud
- Arifin, Dicky Arianda.2012.*Pengukuran Besaran Listrik*. Jakarta : Mercubuana. (diunduh)Jakarta <http://dosen.narotama.ac.id/wp-content/uploads/2012/12/AMPERE-DAN-VOLT-METER.doc>
- Dharmana, Adi.2010.*Tachometer Digital Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler At89s51*.Surakarta : Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam ,Universitas Sebelas maret
- Fitrianto, Nurcholis dkk. 2012.*Motor DC Shunt*. Bandung : Fakultas Teknik , Politeknik Negeri Bandung
- <http://carceres-carceres.blogspot.co.id/2012/06/prosedur-penelitian.html> diakses tanggal 20 November 2015
- <http://elktrojo.com> diakses pada 20 Juni 2015
- <http://Sine.Ni.com> diakses pada 20 Juni 2015
- <http://teacher.en.rmutt.ac.th> diakses pada 20 Juni 2015
- Khan, Jabbar dkk.2010.*LabVIEW based Electrical Machines Laboratory for Engineering Education*.WSEAS
- Nur Khamdi. 2014.*Aplikasi Optocoupler dalam Sistem Pengaturan Kecepatan Sepeda Listrik*.Riau : Politeknik Caltex

- Prasetyo, Iis. *Teknik Analisis Data Dalam Research And Development*. Yogyakarta : Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Yogyakarta (diunduh) <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pengabdian/dr-iis-prasetyo-spd-mm/teknik-analisis-data-dalam-research-and-development.pdf>
- Rahman, Farid Takhfifur. *Perancangan Pengendali Logika Fuzzy Untuk Kelembaban Ruang*. Surabaya : Fakultas Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Surabaya (diunduh) http://www.researchgate.net/publication/265111188_PERANCANGAN_PENGENDALI_LOGIKA_FUZZY_UNTUK_KELEMBABAN_RUANG
- Sensor Tegangan*. <http://jualarduinomurah.com>, diakses tanggal 20 Juni 2015
- Siwoyo.2008.*Teknik Listrik Industri Jilid 2*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Sugiyono.2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung : Alfabeta
- Sulistiadji Koes, Pitoyo, Joko. 2009. *Alat Ukur Dan Instrumen Ukur*. (diunduh) <https://yusufhardianbhakti.files.wordpress.com/2015/06/bab-i-bab-ii-bab-iii1.docx>
- Sulistyowati, Riny. 2012.*Perancangan Prototipe Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler*. Surabaya :Fakultas Teknologi & Industri, ITATS
- Sunyoto.2014.*Labsheet Praktik Mesin Arus Searah*.Yogyakarta : Fakultas Teknik,Universitas Negeri Yogyakarta (diunduh) <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/drs-sunyoto-mpd/lis-mesin-revisi-2014.pdf>
- Theraja.2015.*Text Book of Electrical Technology*. India : S Chand & Co Ltd
- Waluyanti, Sri dkk.2008. *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran Jilid 1*.Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Lampiran 1

Diagram labVIEW motor dc

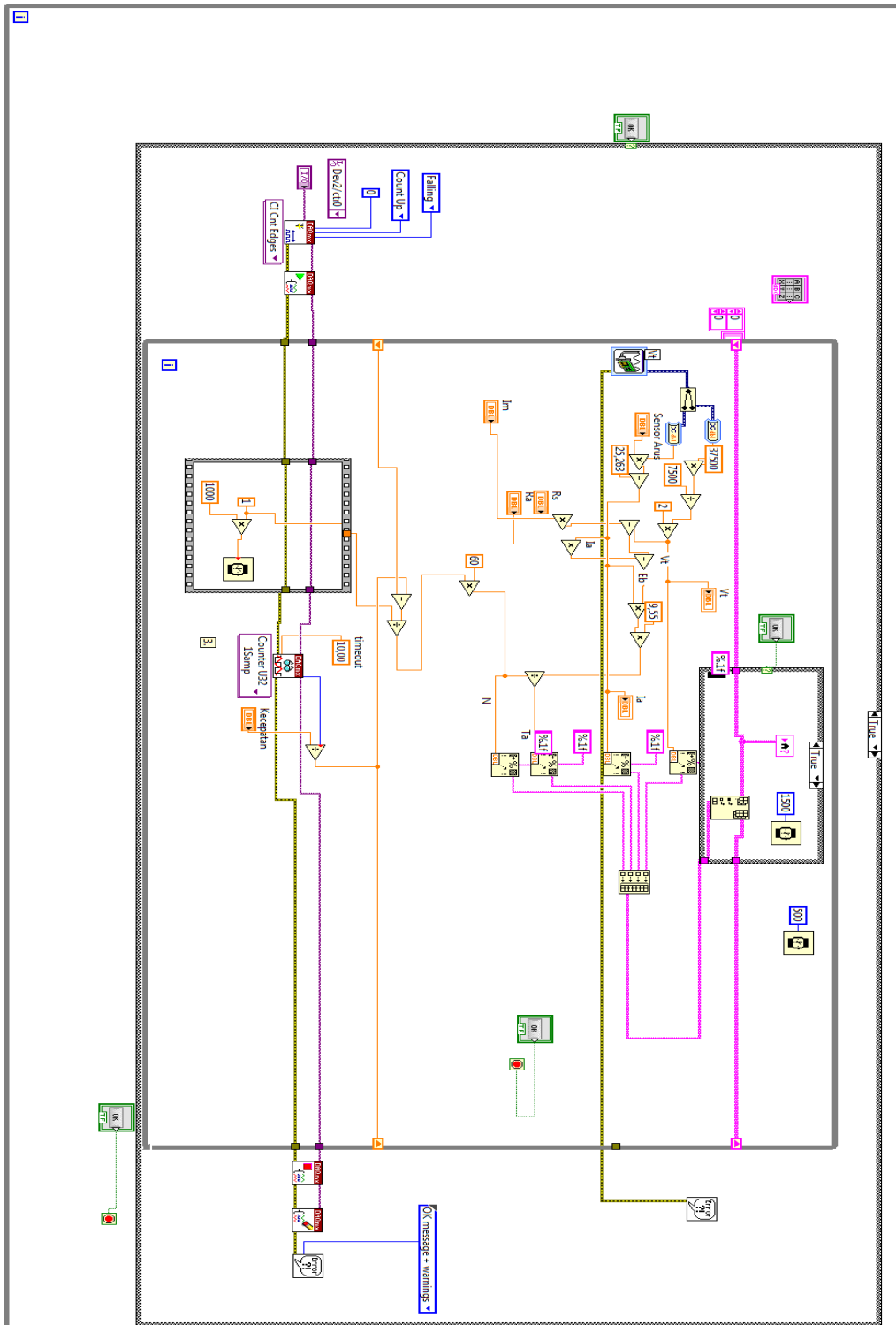


Diagram Motor DC Kompon pendek

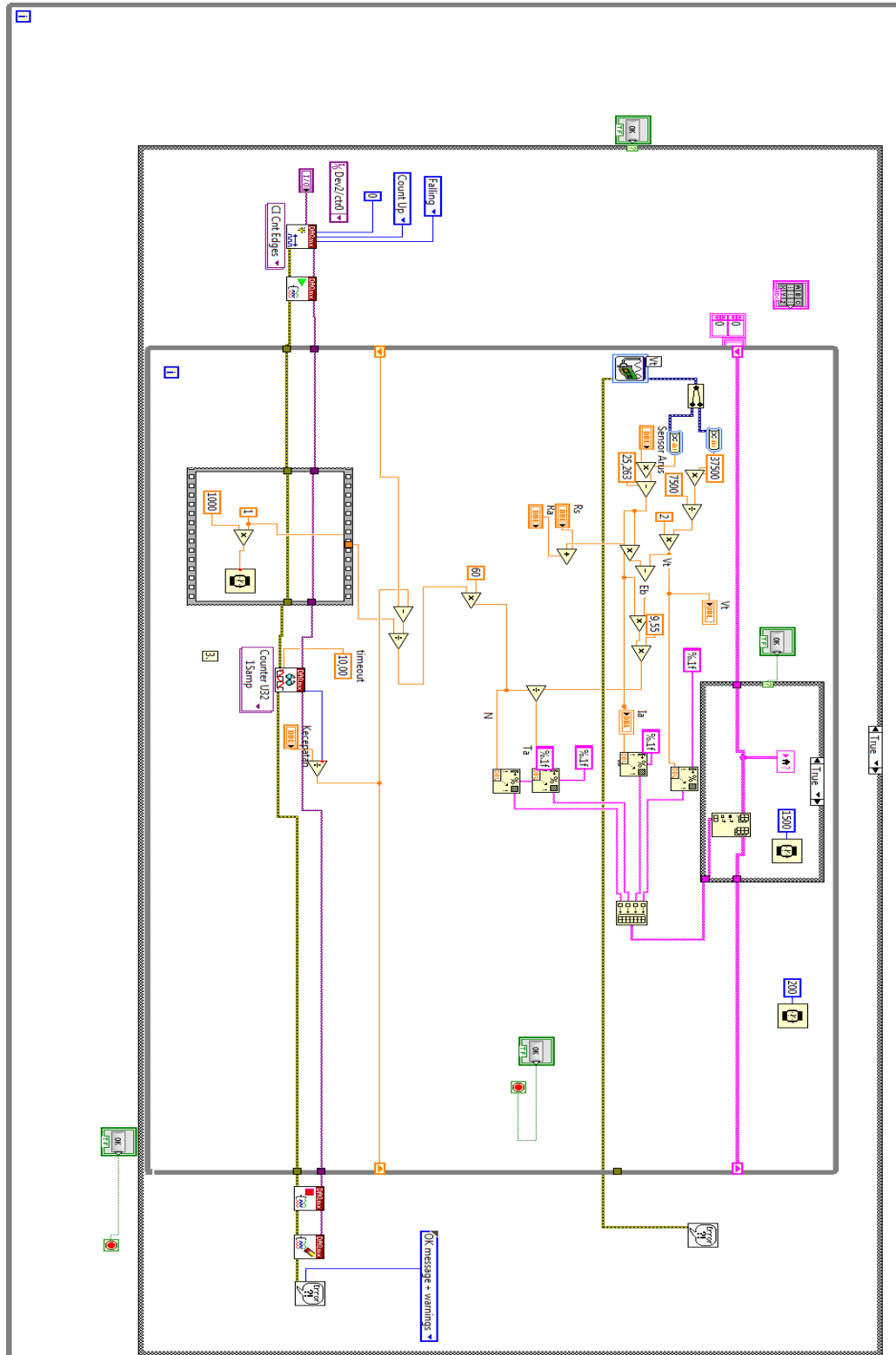


Diagram Motor DC Seri

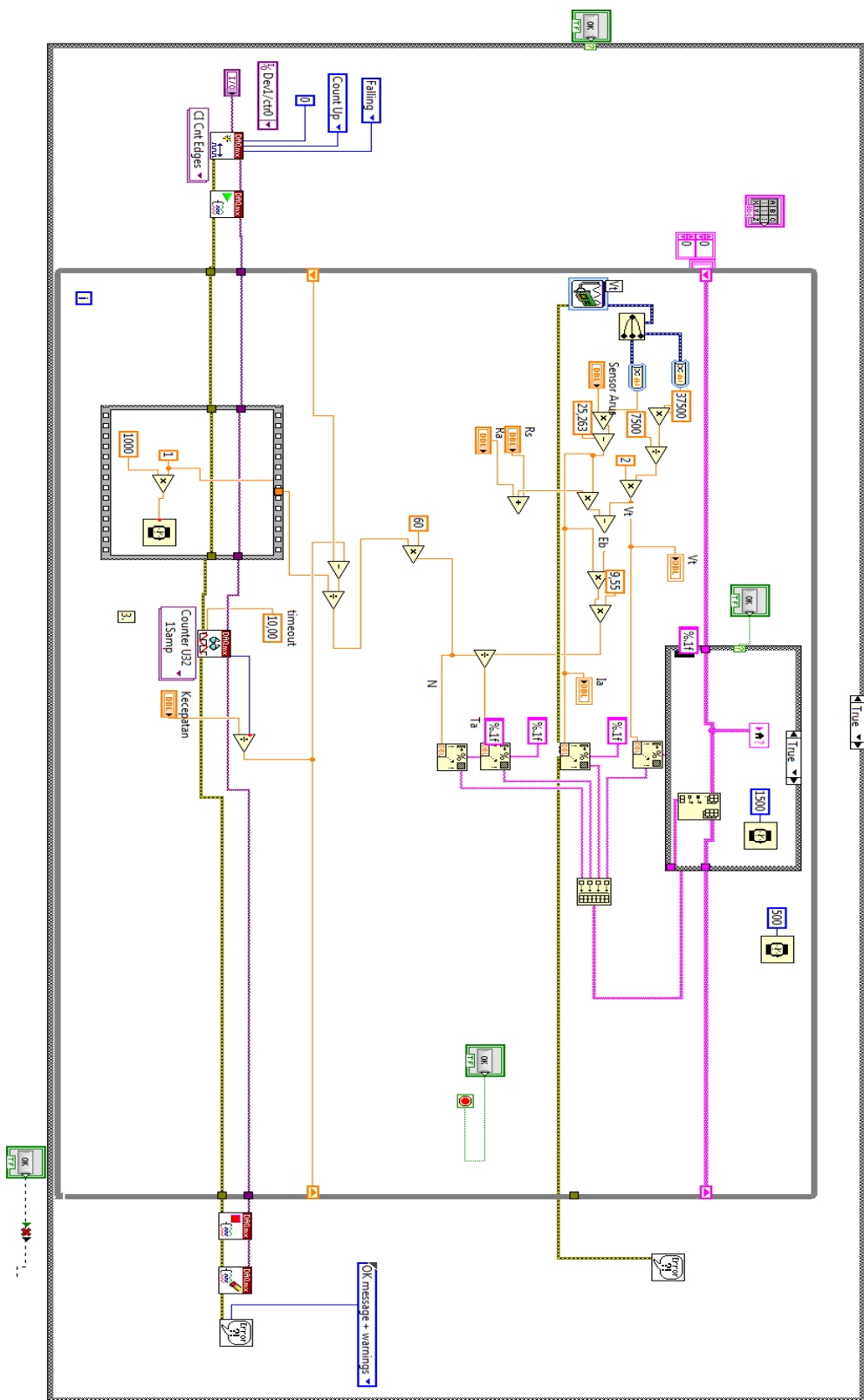


Diagram Motor DC Kompon Panjang

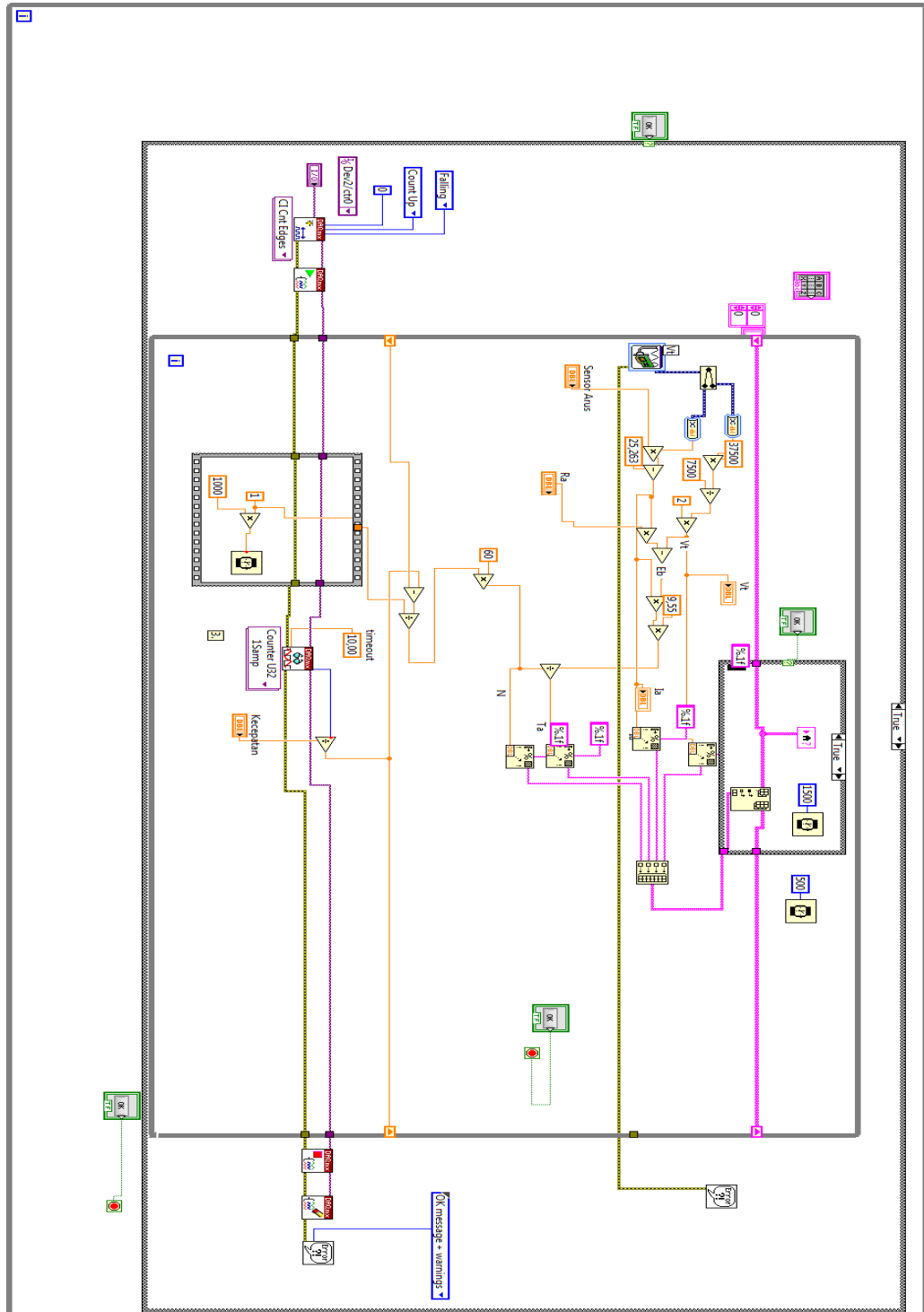


Diagram Motor DC Shunt

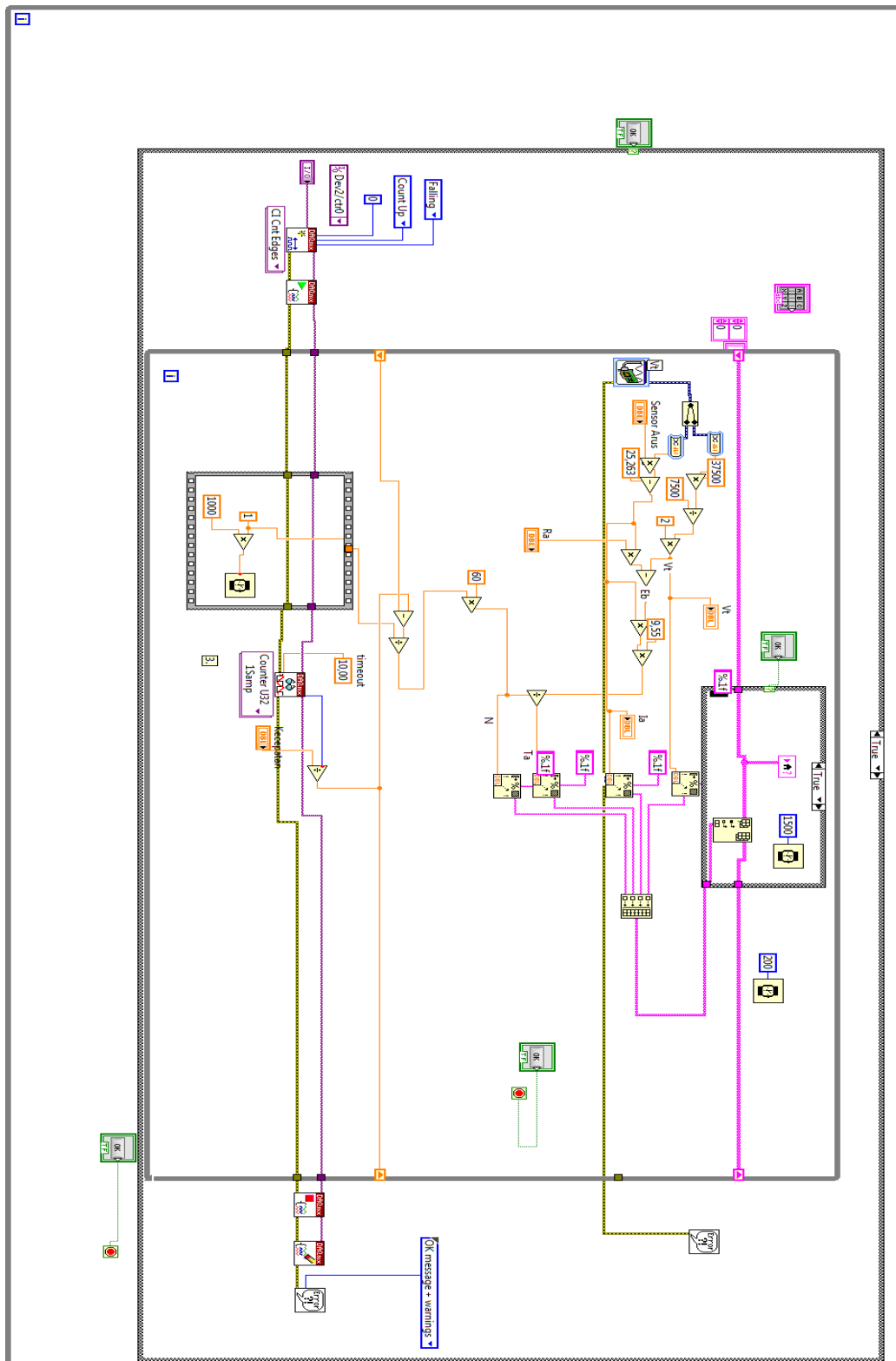


Diagram Motor DC Penguat Terpisah

Lampiran 2

Hasil pengukuran motor penguat terpisah dengan manual

Beban (Ampere)	Vt (Volt)	Arus Jangkar (Ampere)	Kecepatan (Rpm)
0	24	0,9	2508
0,5	24	1	2453
0,1	24	1,1	2391
0,25	24	1,2	2296
0,3	24	1,3	2213
0,4	24	1,4	2025

Hasil pengukuran motor penguat terpisah dengan prototipe

Beban (Ampere)	Vt (Volt)	Arus Jangkar (Ampere)	Kecepatan (Rpm)
0	23	0,9	2636,2
0,5	23	1	2529,4
0,1	23	1,1	2486,2
0,25	23	1,2	2341,9
0,3	23	1,3	2250
0,4	23	1,4	2220

Hasil pengukuran motor shunt dengan manual

Beban (Ampere)	Vt Volt	Arus Jangkar (Ampere)	Kecepatan (Rpm)
0	24	0,8	2117
0,1	24	0,9	2073
0,2	24	1	2013
0,25	24	1,1	1928

1,3	24	1,2	1883
1,4	24	1,3	1797

Hasil pengukuran motor shunt dengan prototipe

Beban (Ampere)	Vt Volt	Arus Jangkar (Ampere)	Kecepatan (Rpm)
0	23	0,8	2193,8
0,1	23	1	2141,2
0,2	23	1,1	2122,5
0,25	23	1,2	2092,5
1,3	23	1,3	2032,5
1,4	23	1,4	2004,4

Hasil pengukuran motor kompon pendek dengan manual

Beban (Ampere)	Vt Volt	Arus Jangkar (Ampere)	Kecepatan (Rpm)
0	24	1,8	929
0,3	24	1,9	878,1
0,4	24	2	846
0,5	24	2,1	798
0,7	24	2,2	748
1	24	2,3	670,8
1,4	24	2,4	619

Hasil pengukuran kompon pendek dengan manual

Beban (Ampere)	Vt Volt	Arus Jangkar (Ampere)	Kecepatan (Rpm)
0	24	1,8	929

0,3	24	1,9	878,1
0,4	24	2	846
0,5	24	2,1	798
0,7	24	2,2	748
1	24	2,3	670,8
1,4	24	2,4	619

Hasil pengukuran motor kompon pendek dengan prototipe

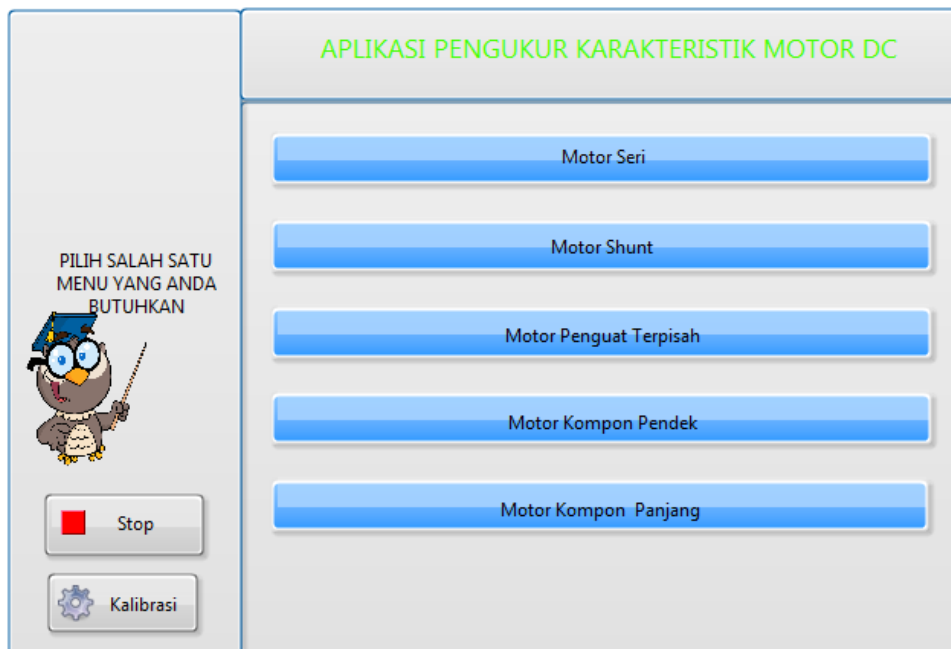
Beban (Ampere)	Vt Volt	Arus Jangkar (Ampere)	Kecepatan (Rpm)
0	23	1,8	966,7
0,3	23	1,9	936,7
0,4	23	2	910,0
0,5	23	2,1	835,0
0,7	23	2,2	766,7
1	23	2,3	701,7
1,4	23	2,4	640,0

Lampiran 3

Panduan penggunaan aplikasi

Langkah – langkah

1. Hubungkan sumber tegangan ke motor kepada sensor tegangan pada prototipe
2. Hubungkan rangkaian yang akan masuk kumparan jangkar kepada sensor arus sebelum dihubungkan ke kumparan jangkar
3. Buka aplikasi

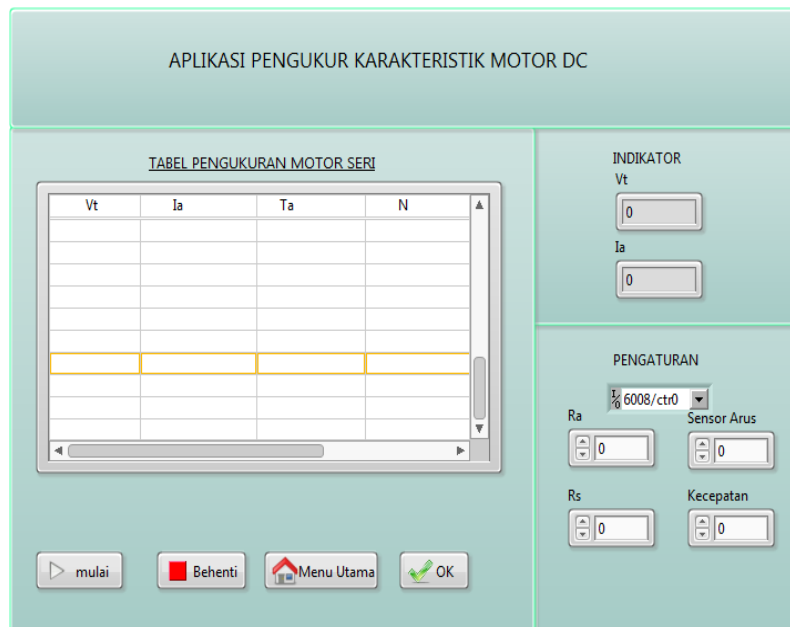


4. Sebelum melakukan pengukuran Pilih menu kalibrasi, kemudian akan muncul seperti pada gambar di bawah ini :



Kemudian pengguna dapat mengetik nilai pada bagian – bagian yang berwarna putih hingga nilai yang ditampilkan labview pada bagian yang berwarna hijau mendekati nilai alat ukur acuan.

5. Jika suda selesai kalibrasi, selanjutnya Pilih menu motor seri



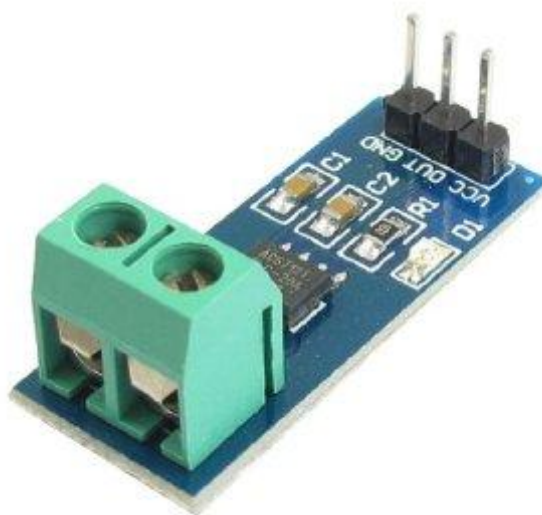
6. Isi nilai R_a atau nilai tahanan jangkar dan R_s dari motor yang akan diuji dan besaran nilai kalibrasi sensor arus, kemudian tahan seri dan terakhir nilai kalibrasi kecepatan
7. Nyalakan motor seri, kemudian klik tombol mulai
8. Kemudian klik tombol ok setiap perubahan beban dan data akan langsung tercatat pada tabel
9. Setelah data sudah tercatat, blok semua data kemudian pada tabel klik kanan dan pilih menu ekspor to excel untuk mengolah data yang sudah didapat pada ms. Excel
10. Jika pengguna telah selesai dan ingin kembali ke beranda, klik berhenti dan klik menu utama.

Lampiran 4

Sensor ACS 712

ACS712 current sensor operates from 5V and outputs analog voltage proportional to current measured on the sensing terminals. You can simply use a microcontroller ADC to read the values.

Sensing terminal can even measure current for loads operating at high voltages like 230V AC mains while output sensed voltage is isolated from measuring part.



Provides up to 3000 V_{RMS} galvanic isolation. The low-profile, small form factor packages are ideal for reducing PCB area over sense resistor op-amp or bulky current transformer configurations. The low resistance internal conductor allows for sensing up to 20 A continuous current. Providing typical output error of 1%.

Features

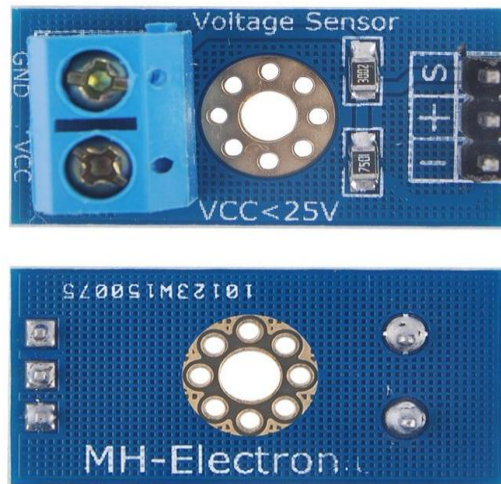
- 100 mV/A output sensitivity
- 5.0 V, single supply operation

- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage
- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8

Lampiran 5

Sensor Tegangan

Product Description



Voltage input range: DC0-25V

Voltage detection range: DC0.02445V-25V

Voltage Analog Resolution: 0.00489V

DC input connector: Terminal cathode connected to VCC, GND negative pole

Output interface: "+" then 5/3.3V, "-" then GND, "s" then the Arduino AD pins

Product Dimensions: 1.2 x 0.4 x 0.4 inches

Basic Connection

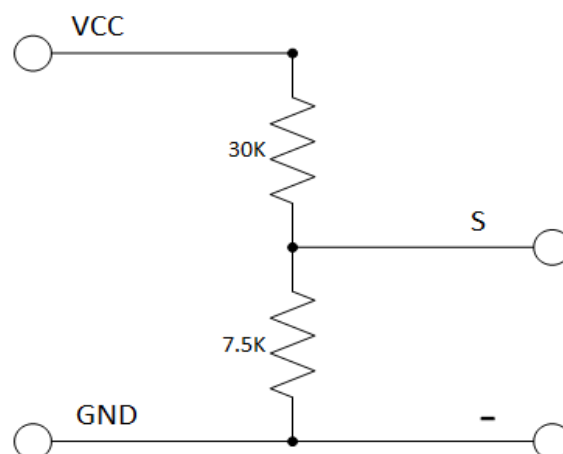
Inputs

- **GND** – This is where you connect the low side of the voltage you are measuring. Caution! : This is the same electrical point as your Arduino ground.
- **VCC**: This is where you connect the high side of the voltage you are measuring

Outputs

- **S**: This connects to your Arduino analog input.
- **- (or minus)**: This connects to your Arduino ground.
- **+**: This is not connected. It does absolutely nothing... zilch... nada...
jack diddly doo doo.

Schematic



The schematic for this is pretty straight forward. As previously mentioned, its just a couple of resistors.

Lampiran 6

DEVICE SPECIFICATIONS

NI USB-6000

Low-Cost Data Acquisition: 10 kS/s, 8 AI, 4 DIO Bus-Powered USB

The following specifications are typical at 25 °C, unless otherwise noted. For more information about the NI USB-6000, refer to the *NI USB-6000 User Guide* available from ni.com/manuals.

Analog Input

Number of analog inputs	8, single-ended
Input resolution	12 bits
Maximum sample rate (aggregate), system-dependent	10 kS/s
Converter type	Successive approximation
AI FIFO	2,047 samples
Timing resolution	125 ns (8 MHz timebase)
Timing accuracy	100 ppm of actual sample rate
Input range	±10 V
Working voltage	±10 V
Input impedance	>1 MΩ

Overvoltage protection	± 30 V
Trigger sources	Software, PFI 1
System noise ¹	10 mVrms
Absolute accuracy at full scale, single-ended	
Typical at 25 °C	26 mV
Maximum over temperature	135 mV



Note Absolute accuracy at full scale on the analog input channels is determined using the following assumptions: *Number of readings* = 100, *Coverage factor* = 3σ .

System noise measured at maximum sample rate.

Digital I/O

Number of digital I/O	4
Function	
P0.0/PFI 0	Static digital I/O or counter source
P0.1/PFI 1	Static digital I/O or AI Start Trigger
P0.2	Static digital I/O
P0.3	Static digital I/O
Direction control	Each channel individually programmable as input or output
Output driver type	Each channel individually programmable as open collector or active drive
Absolute maximum voltage range	0 V to 5 V with respect to D GND
Pull-down resistor	47.5 k Ω to D GND
Power-on state	Input

Digital Input

Input voltage range (powered on)	0 V to 5 V
Input voltage range (powered off)	0 V to 3.3 V
Input voltage protection	± 20 V, for up to 24 hours



Caution Do not leave a voltage above 3.3 V connected on any DIO line when the device is powered off. This may lead to long term reliability issues.

Minimum V_{IH}	2.4 V
Maximum V_{IL}	0.8 V
Maximum input leakage current	
At 3.3 V	0.8 mA
At 5 V	4.5 mA

Digital Output (Active Drive)

Maximum V_{OL} (4 mA)	0.8 V
Maximum V_{OL} (1 mA)	0.2 V
Minimum V_{OH} (4 mA)	2.2 V
Minimum V_{OH} (1 mA)	2.9 V

Maximum V_{OH}	3.6 V
------------------	-------

Maximum output current per line	± 4 mA
---------------------------------	------------

Digital Output (Open Collector)

Maximum V_{OL} (4 mA)	0.8 V
-------------------------	-------

Maximum V_{OL} (1 mA)	0.2 V
-------------------------	-------

Minimum V_{OH}	Dependent on user provided pull-up resistor and pull-up voltage
------------------	--

Maximum output (sinking) current per line	-4 mA
---	-------

Maximum pull-up voltage	5 V
-------------------------	-----

Maximum leakage current	
-------------------------	--

At 3.3 V	0.8 mA
----------	--------

At 5 V	4.5 mA
--------	--------

Counter

Number of counters	1
--------------------	---

Resolution	32 bits
------------	---------

Counter measurements	Edge counting, rising or falling
----------------------	----------------------------------

Counter direction	Count up
-------------------	----------

Counter source	PFI 0
----------------	-------

Maximum input frequency	5 MHz
-------------------------	-------

Minimum high pulse width	100 ns
--------------------------	--------

Minimum low pulse width	100 ns
-------------------------	--------

Bus Interface

USB specification	USB Full Speed
-------------------	----------------

USB bus speed	12 Mb/s
---------------	---------

Power Requirements

From USB, 4.30 VDC to 5.25 VDC	150 mA maximum
--------------------------------	----------------



Note A typical bus-powered hub provides 100 mA on its USB lines. The NI USB-6000 does not work on a bus-powered hub.

Physical Characteristics

Dimensions

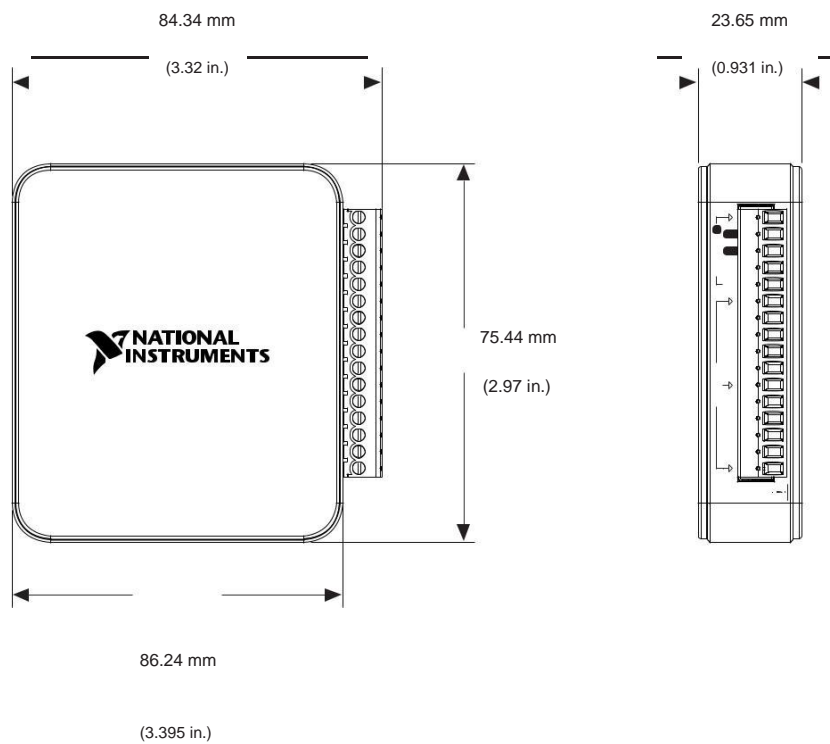
Without screw terminal connector plug	75.44 mm × 86.24 mm × 23.65 mm
---------------------------------------	--------------------------------

(2.97 in. × 3.40 in. × 0.93 in.)

With screw terminal connector plug	84.34 mm × 86.24 mm × 23.65 mm
------------------------------------	--------------------------------

(3.32 in. × 3.40 in. × 0.93 in.)

Figure 1. NI USB-6000 Dimensions



Weight

Without screw terminal connector plug	73 g (2.58 oz)
With screw terminal connector plug	84 g (3 oz)
I/O connector	USB Micro-B receptacle, (1) 16-position screw terminal plug
Screw-terminal wiring	1.31 mm ² to 0.08 mm ² (16 AWG to 28 AWG)
Torque for screw terminals	0.22 to 0.25 N · m (2.0 to 2.2 lb. · in.)

If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.

Safety Voltages

Connect only voltages that are within these limits.

Channel-to-GND	± 30 V max, Measurement Category I
----------------	--

Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as MAINS voltage. MAINS is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltages from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.



Caution Do not use this module for connection to signals or for measurements within Measurement Categories II, III, or IV.

Environmental

Operating temperature	0 °C to 40 °C
-----------------------	---------------

(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2)

Storage temperature	-40 °C to 85 °C
---------------------	-----------------

(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2)

Operating humidity (IEC 60068-2-56)	5% to 90% RH, noncondensing
-------------------------------------	-----------------------------

Storage humidity (IEC 60068-2-56)	5% to 95% RH, noncondensing
-----------------------------------	-----------------------------

Pollution Degree (IEC 60664)	2
------------------------------	---

Maximum altitude	2,000 m
------------------	---------

Indoor use only.

Safety

This product is designed to meet the requirements of the following electrical equipment safety standards for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1



Note For UL and other safety certifications, refer to the product label or the [Online Product Certification](#) section.

Electromagnetic Compatibility

This product meets the requirements of the following EMC standards for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326-1 (IEC 61326-1): Class A emissions; Basic immunity
- EN 55011 (CISPR 11): Group 1, Class A emissions
- EN 55022 (CISPR 22): Class A emissions
- EN 55024 (CISPR 24): Immunity
- AS/NZS CISPR 11: Group 1, Class A emissions
- AS/NZS CISPR 22: Class A emissions
- FCC 47 CFR Part 15B: Class A emissions
- ICES-001: Class A emissions



Note In the United States (per FCC 47 CFR), Class A equipment is intended for use in commercial, light-industrial, and heavy-industrial locations. In Europe, Canada, Australia and New Zealand (per CISPR 11) Class A equipment is intended for use only in heavy-industrial locations.



Note Group 1 equipment (per CISPR 11) is any industrial, scientific, or medical equipment that does not intentionally generate radio frequency energy for the treatment of material or inspection/analysis purposes.



Note For EMC declarations and certifications, and additional information, refer to the [Online Product Certification](#) section.

CE Compliance 

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as follows:

- 2014/35/EU; Low-Voltage Directive (safety)
- 2014/30/EU; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

Online Product Certification

Refer to the product Declaration of Conformity (DoC) for additional regulatory compliance information. To obtain product certifications and the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Environmental Management

NI is committed to designing and manufacturing products in an environmentally responsible manner. NI recognizes that eliminating certain hazardous substances from our products is beneficial to the environment and to NI customers.

For additional environmental information, refer to the *Minimize Our Environmental Impact* web page at ni.com/environment. This page contains the environmental regulations and directives with which NI complies, as well as other environmental information not included in this document.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)



EU Customers At the end of the product life cycle, all NI products must be disposed of according to local laws and regulations. For more information about how to recycle NI products in your region, visit ni.com/environment/weee.

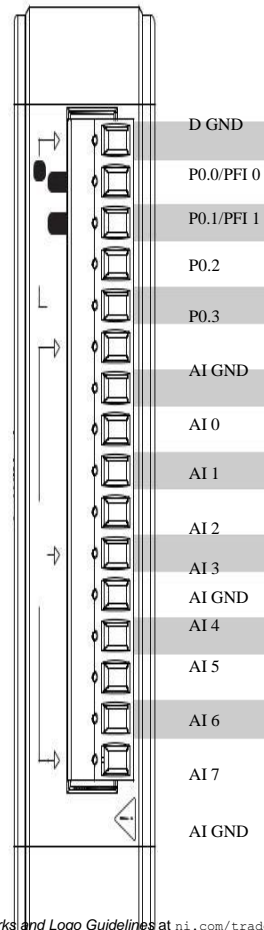
电子信息产品污染控制管理办法（中国 RoHS）



40 中国客户 National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息，请登录 ni.com/environment/rohs_china。(For information about China RoHS compliance, go to ni.com/environment/rohs_china.)

Device Pinout

Figure 2. NI USB-6000 Pinout



Refer to the *NI Trademarks and Logo Guidelines* at ni.com/trademarks for information on National Instruments trademarks. Other product and company names mentioned herein are trademarks or trade names of their respective companies. For patents covering National Instruments products/technology, refer to the appropriate location: **Help > Patents** in your software, the `patents.txt` file on your media, or the *National Instruments Patent Notice* at ni.com/patents. You can find information about end-user license agreements (EULAs) and third-party legal notices in the `readme` file for your NI product. Refer to the *Export Compliance Information* at ni.com/legal/export-compliance for the National Instruments global trade compliance policy and how to obtain relevant HTS codes, ECCNs, and other import/export data. NI MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES

AS TO THE ACCURACY OF THE INFORMATION CONTAINED HEREIN AND SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY ERRORS. U.S. Government Customers: The data contained in this manual was developed at private expense and is subject to the applicable limited rights and restricted data rights as set forth in FAR 52.227-14, DFAR 252.227-7014, and DFAR 252.227-7015.

© 2013—2015 National Instruments. All rights reserved.

374113B-01 Jul15

Lampiran 7



Product Name : Photoelectric Sensor Module;Model : LM393

Power : DC5V;Slotted Width : 10mm/0.39"

Total Size : 2.5 x 2 x 1.5cm/1" x 0.78" x 0.59"(L*W*H);Material : Plastic,

Electronic Part

Color : Black;Net Weight : 4g

Package : 1 x Photoelectric Sensor Module

Chip: LM393

Power : DC5V;

Slotted Width : 10mm

Material

PCB

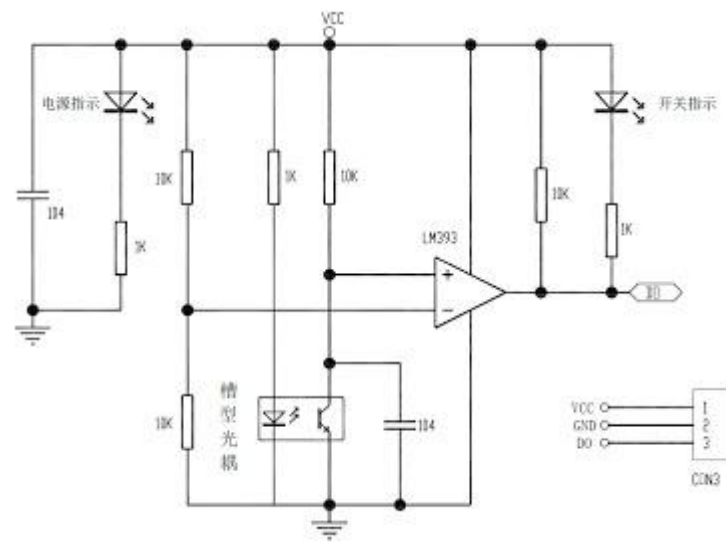
Features

It outputs low level when there is not

block in the groove, otherwise it

output high level. The output end can

	connect to power relay to form normal limit switch function, or connects to active buzzer module to form alarm.
Specification	Groove type optocoupler sensor, groove width: 10mm; With output state indicator, it lights on when output high level and off when output low level. Working voltage: 3.3~5V, current>15mA, 0/1 output; Comparator: LM393
Application	Widely use for test motor speed, work piece counting, etc.
English Manual/Spec	Provides cable connecting manual
Packing List	1 x Module
Dimensions:	1.06 in x 0.75 in x 0.71 in (2.7 cm x 1.9 cm x 1.8 cm)
Weight:	0.18 oz (5 g)



Lampiran 8

Foto Kegiatan Penelitian



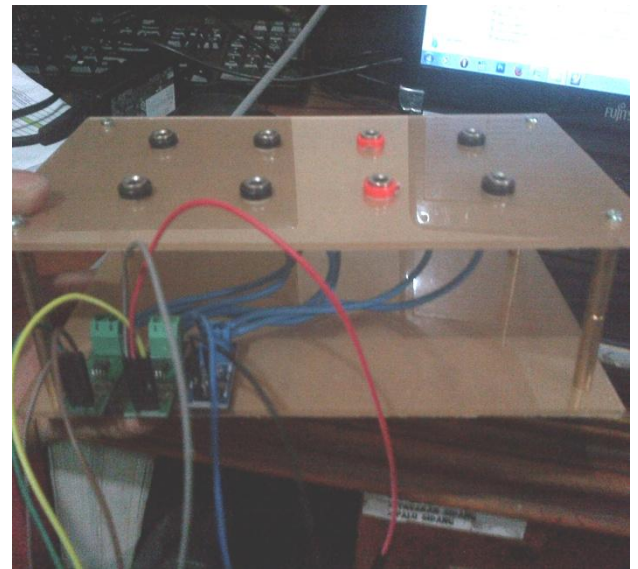
Menyambungkan motor dengan prototipe motor



Mengatur tegangan



Proses mengambil data pada aplikasi



Terminal penghubung