

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab 5 akan dibahas tentang hasil alat yang telah dirancang. Pengujian akan dilakukan pada masing-masing diagram blok. Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui seberapa besar keakuratan alat yang telah dirancang. Setelah diuji akan dianalisis sesuai dengan teori yang mendukung. Adapun pengujian yang akan dilakukan antara lain sebagai berikut :

1. Pengujian *voltage divider*
2. Pengujian tachogenerator
3. Pengujian catu daya
4. Pengujian sistem keseluruhan
 - Pengujian torsi
 - Pengujian daya mekanik

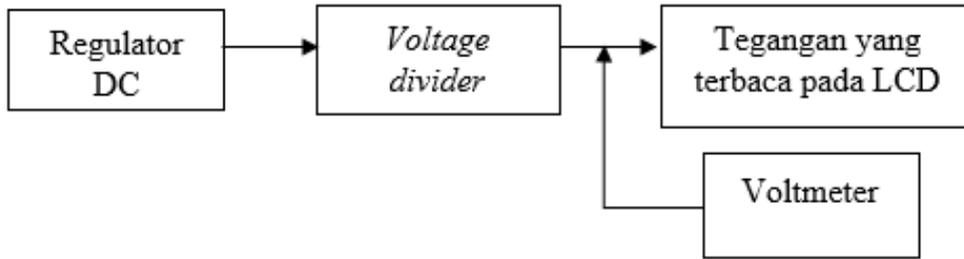
5.1 Pengujian *Voltage Divider*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah *voltage divider* telah sesuai dengan teori. *Voltage divider* yang dipakai adalah penguatan 1/5 kali tegangan masukan. Berikut blok diagram dari pengujian *voltage divider* sebagai berikut :

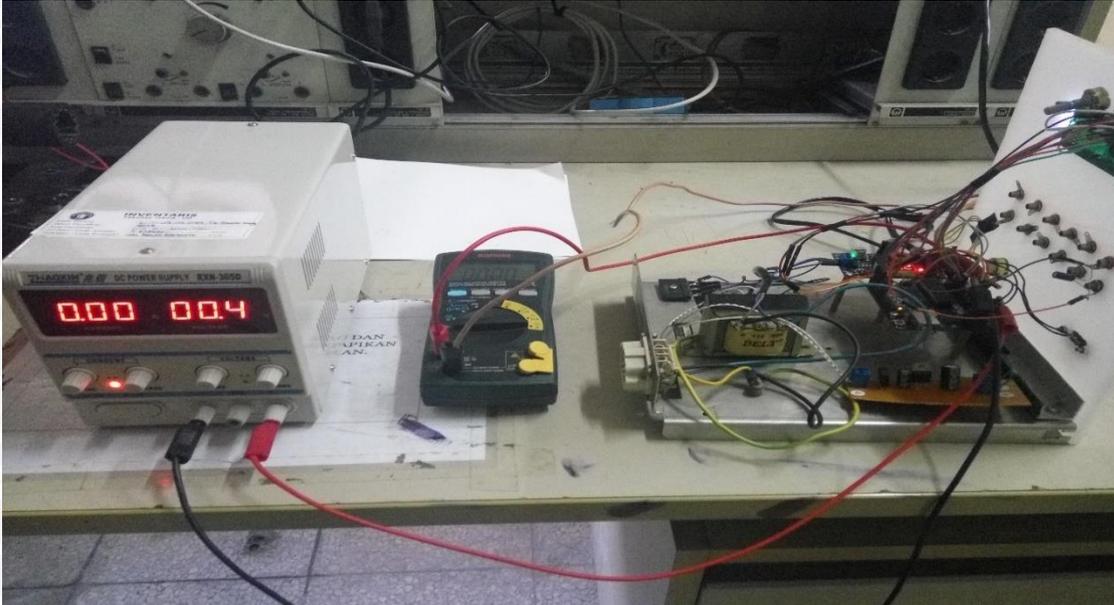
5.1.1 Peralatan Pengujian *Voltage Divider*

Alat yang digunakan dalam pengujian *voltage divider* adalah sebagai berikut :

1. Catu daya DC
2. *Voltage divider*
3. Voltmeter
4. *Control unit magnetic powder brake*
5. Kabel penghubung



Gambar 5.1 Diagram blok pengujian *voltage divider*



Gambar 5.2 Rangkaian pengujian *voltage divider*

5.1.2 Prosedur Pengujian *Voltage Divider*

Adapun prosedur pengujian *voltage divider* yang dilakukan pada pengujian di laboratorium mesin elektrik sebagai berikut:

1. Rangkailah pengujian seperti pada gambar 5.1.
2. Beri catu daya DC dengan nilai 5 – 25 volt pada sisi input *voltage divider*.
3. Ukur tegangan keluaran (V_{out}) *voltage divider* dengan voltmeter .
4. Catat hasilnya kemudian bandingkan hasil pengujian dengan teori.
5. Ulangi langkah 1-4 hingga pengujian selesai.

5.1.3 Analisis Hasil Pengujian *Voltage Divider*

Pada pengujian ini tegangan keluaran *voltage divider* memberikan penguatan 1/5 dari tegangan masukan *voltage divider*. Sebagai perbandingan antara teori dan praktek, dalam pengujian ini tegangan keluaran *voltage divider* secara teori (V_o teori) berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$V_{out} = V_{in} \times (R1 / (R1 + R2))$$

Sedangkan untuk tegangan keluaran *voltage divider* secara praktek (V_o praktek) berdasarkan pengukuran dengan alat ukur multimeter sesuai dengan prosedur percobaan diatas.

Dari rangkaian percobaan yang telah dilakukan, menghasilkan data sebagai berikut :

Tabel 5. 1 Hasil pengujian *voltage divider*

V_{in} (volt)	V_{out} praktek(volt)	V_{out} teori (volt)	Kesalahan (%)
5	1,00	1	0
10	1,99	2	0,5
15	2,97	3	1
20	3,96	4	1
25	4,95	5	1

$$Kesalahan (\%) = \frac{V_{praktek} - V_{teori}}{V_{teori}} \times 100\%$$

Keterangan :

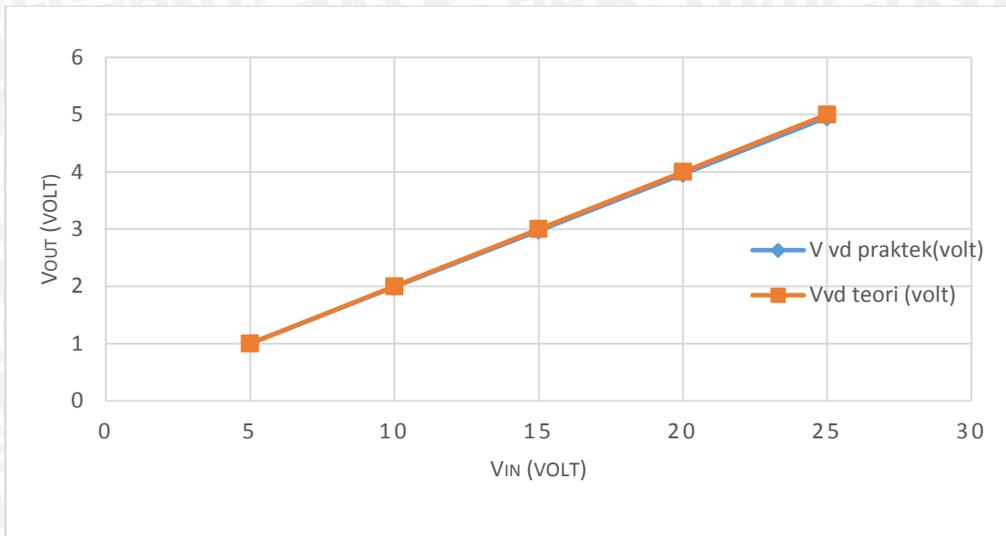
V_{in} = tegangan masukan *voltage divider* (volt)

V_{out} praktek = tegangan keluaran *voltage divider* berdasarkan pengukuran (volt)

V_{out} teori = tegangan keluaran *voltage divider* berdasarkan teori (volt)

Kesalahan = kesalahan pengukuran pada *voltage divider* (%)

Pada tabel 5.1 diatas, terlihat bahwa sensor tegangan (*voltage divider*) memiliki keakuratan yang memadai. Hal ini dapat dilihat pada hasil pembacaan dari *voltage divider* yang memiliki kesalahan yang cukup kecil. Kesalahan yang paling besar adalah 1% pada tegangan masukan 15-25 volt, sedangkan yang paling kecil pada tegangan masukan 5 volt. Rata-rata eror pada pengujian ini sebesar 0,7%. Untuk memudahkan pembacaan hasil pengujian, grafik dapat dilihat pada gambar 5.3. Pada gambar 5.3, grafik terlihat linier, hal ini telah memenuhi kriteria sensor yang baik.



Gambar 5.3 Grafik tegangan keluaran *voltage divider*

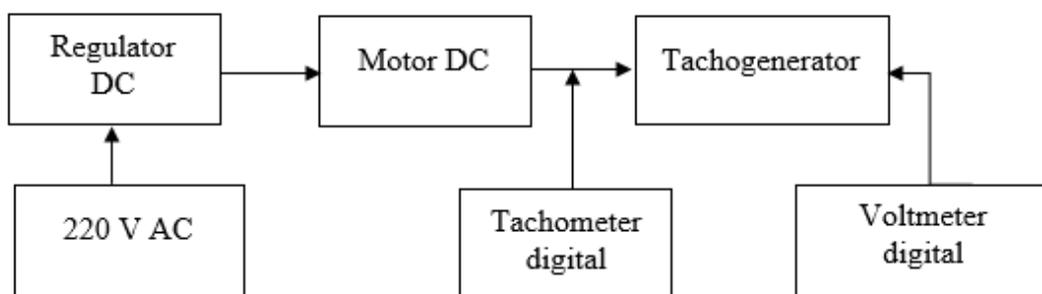
5.2 Pengujian Tachogenerator

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan keluaran dari tachogenerator sudah sesuai dengan *datasheet*. Berdasarkan *datasheet* tachogenerator, perbandingan tegangan dan kecepatan yaitu 1 volt per 1000 rpm. Artinya setiap kecepatan 1000 rpm menghasilkan tegangan 1 volt. Pengujian ini penting dilakukan supaya pembacaan kecepatan oleh mikrokontroler arduino lebih tepat.

5.2.1 Peralatan Pengujian Tachogenerator

Alat yang digunakan dalam pengujian tachogenerator adalah sebagai berikut :

1. Tachogenerator
2. Voltmeter digital
3. Tachometer digital
4. Regulator DC
5. Motor DC



Gambar 5.4 Diagram blok pengujian tachogenerator



Gambar 5.5 Rangkaian pengujian tachogenerator sebagai sensor kecepatan

5.2.2 Prosedur Pengujian Tachogenerator

Pada pengujian tachogenerator, prosedur pengujian yang akan dilakukan sebagai berikut.

1. Rangkailah peralatan yang digunakan seperti pada gambar 5.4.
2. Beri catu daya pada motor dc yang telah dikopel dengan tachogenerator, pastikan kopel tersebut sudah tepat.
3. Atur kecepatan motor dc dengan variasi kecepatan antara 500 – 1500 rpm dengan mengatur regulator dc.
4. Setelah berputar, lihat tegangan keluaran dari tachogenerator yang dapat dilihat melalui voltmeter digital.
5. Ulangi langkah 1 – 4 hingga pengujian selesai.

5.2.3 Analisis Hasil Pengujian Tachogenerator

Pada pengujian ini, tachogenerator yang diuji adalah tachogenerator merk LH Didactic yang ada di laboratorium Mesin Elektrik dimana perbandingan tegangan keluaran tachogenerator yaitu 1 volt/1000 rpm. Jadi setiap 1 volt maka akan menampilkan kecepatan 1000 rpm.

Dalam tabel 5.2, tegangan keluaran tachogenerator secara teori (V_o teori) ditentukan oleh perbandingan 1 volt/100 rpm sesuai dengan buku pedoman tachogenerator LH Didactic. Sedangkan tegangan keluaran tachogenerator secara praktek (V_o praktek) ditentukan oleh hasil pengukuran dengan multimeter sesuai dengan prosedur percobaan diatas. Dari pengujian tachogenerator, didapatkan hasil seperti pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil pengujian tachogenerator

Kecepatan (rpm)	V _{out} praktek (volt)	V _{out} teori (volt)	Kesalahan (%)
2000	2,01	2,0	0,50
1900	1,92	1,9	1,05
1800	1,83	1,8	1,66
1700	1,72	1,7	1,10
1600	1,61	1,6	0,62
1500	1,53	1,5	2,00
1400	1,42	1,4	1,40
1300	1,32	1,3	1,53
1200	1,23	1,2	2,50
1100	1,13	1,1	2,72
1000	1,01	1,0	1,00
900	0,91	0,9	1,11
800	0,82	0,8	2,50
700	0,7	0,7	0
600	0,6	0,6	0

$$\text{Kesalahan (\%)} = \frac{V_{out\text{praktek}} - V_{out\text{teori}}}{V_{out\text{teori}}} \times 100\%$$

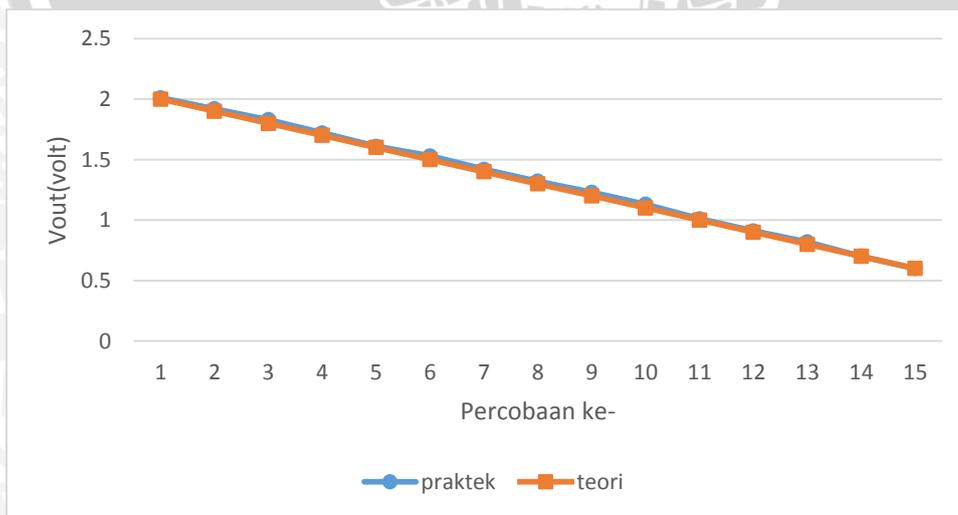
Keterangan:

Kecepatan motor = kecepatan putaran motor (rpm)

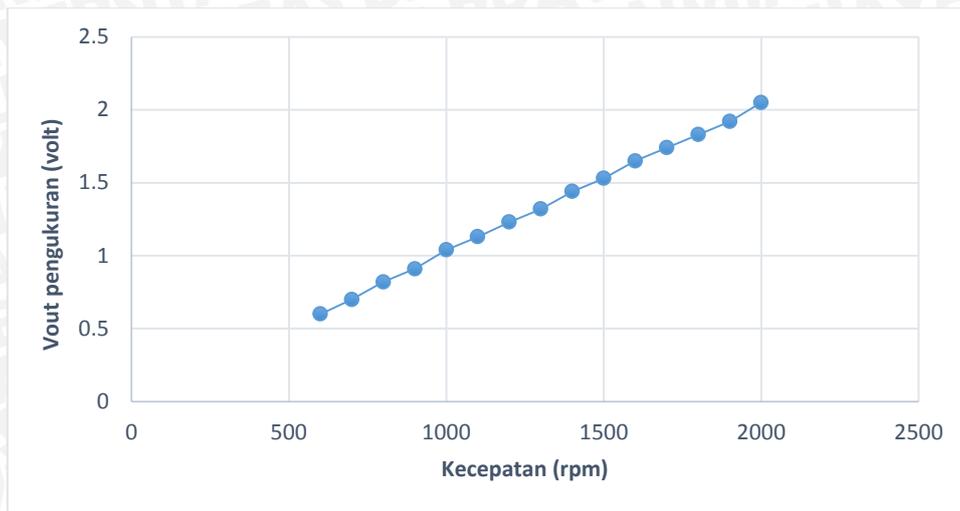
Vo praktek = tegangan keluaran tachogenerator berdasarkan pengukuran (volt)

Vo teori = tegangan keluaran tachogenerator berdasarkan teori (volt)

Kesalahan = kesalahan pengukuran pada tachogenerator (%)



Gambar 5.6 Grafik tegangan keluaran tachogenerator



Gambar 5.7 Grafik hubungan antara V_o tachogenerator terhadap kecepatan

Pada tabel hasil pengujian tachogenerator dapat dilihat bahwa tachogenerator berfungsi dengan baik. Hasil pengujian tegangan keluaran tachogenerator tidak jauh berbeda dengan hasil teori. Kesalahan pada tachogenerator masih dibawah 3%. Kesalahan yang paling kecil pada saat putaran 700 dan 600 rpm, kesalahannya 0%. Sedangkan kesalahan yang paling tinggi yaitu pada saat kecepatan 1100 rpm. Rata-rata kesalahan pada pengukuran yaitu sebesar 1,31%. Nilai ini cukup untuk toleransi sensor kecepatan. Untuk memudahkan pembacaan hasil pengujian, grafik dapat dilihat pada gambar 5.6 dan 5.7.

5.3 Pengujian Catu Daya

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bentuk tegangan keluaran yang dihasilkan oleh catu daya 12 volt untuk mencatu Arduino uno.

5.3.1 Peralatan Pengujian Catu Daya

Dalam pengujian catu daya ini, alat yang digunakan antara lain:

1. Sumber AC 220 V
2. Voltmeter
3. Osiloskop
4. Probe osiloskop



Gambar 5.8 Diagram blok pengujian catu daya

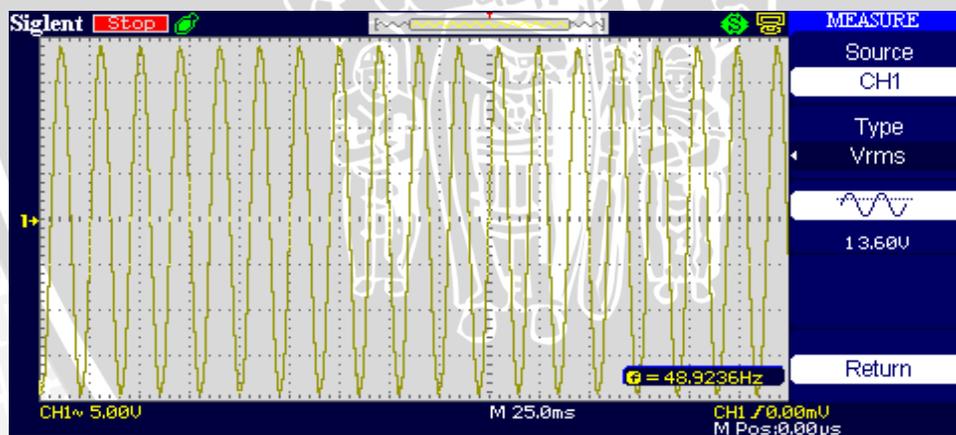
5.3.2 Prosedur Pengujian Rangkaian Catu Daya

Adapun prosedur pengujian rangkaian catu daya yang dilakukan pada pengujian di laboratorium mesin elektrik sebagai berikut:

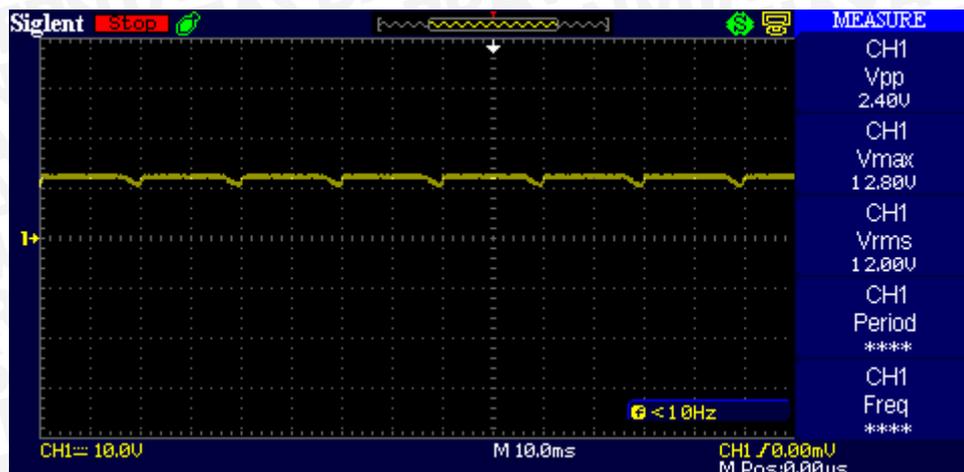
1. Rangkailah alat seperti pada gambar 5.8
2. Menghubungkan probe 1 osiloskop ke sekunder trafo 220/12 V dan probe 2 osiloskop ke keluaran rangkaian catu daya.
3. Ukurlah tegangan keluaran rangkaian catu daya dan amati gelombang keluaran pada osiloskop

5.3.3 Analisis Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 5.9 Gelombang keluaran trafo 220/12 volt
V/div CH1=10volt dan time/div 10ms



Gambar 5.10 Gelombang keluaran catu daya 12 volt
V/div CH1=10 volt dan time/div 10ms

Pada gambar 5.10 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari rangkaian catu daya sebesar 12 volt. Maka dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa gelombang keluaran catu daya bebas dari *ripple*.

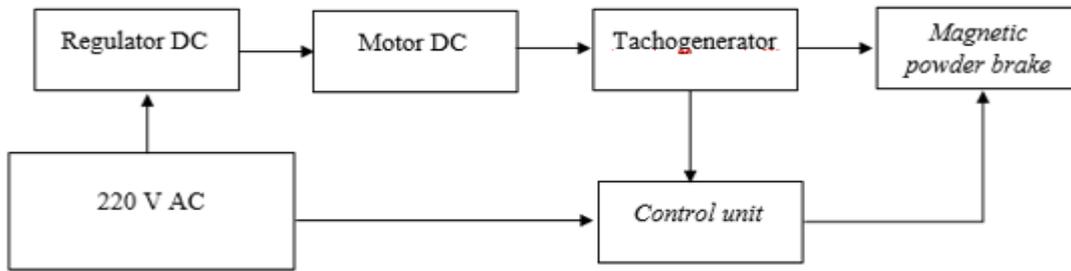
5.4 Pengujian *Control Unit Magnetic Powder Brake*

Pengujian *control unit magnetic powder brake* bertujuan untuk mengetahui hasil perhitungan torsi yang ditampilkan pada *control unit*. Dalam menentukan rumus perhitungan torsi, pada penelitian kali ini menggunakan metode regresi linier, dimana data untuk regresi diambil dari rangkaian percobaan dengan menggunakan *control unit magnetic powder brake* yang masih berfungsi dengan baik. Data yang diambil dalam percobaan tersebut yaitu torsi dan tegangan *brake*. Pada percobaan tersebut kecepatan dibuat bervariasi untuk melihat hubungan torsi dan tegangan *brake*. Dengan menggunakan Microsoft Excel, data percobaan menghasilkan rumus regresi.

5.4.1 Peralatan Pengujian *Control Unit Magnetic Powder Brake*

Dalam pengujian *control unit magnetic powder brake*, peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. *Magnetic Powder Brake*
2. *Control unit magnetic powder brake*
3. Motor DC
4. Regulator DC
5. Tachogenerator
6. Kabel penghubung



Gambar 5.11 Diagram blok dari pengujian *control unit magnetic powder brake*



Gambar 5.12 Rangkaian pengujian *control unit magnetic powder brake*

5.4.2 Prosedur Pengujian *Control Unit Magnetic Powder Brake*

Prosedur pengujian torsi pada *control unit magnetic powder brake* yang dilakukan pada pengujian di laboratorium mesin elektrik sebagai berikut:

1. Rangkailah alat seperti pada gambar 5.11.
2. Putar motor dc dengan kecepatan 1400 rpm.
3. Berikan tegangan *brake* pada *magnetic powder brake* melalui *control unit* dengan variasi tegangan 2-7 volt.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 hingga pengambilan data selesai.
5. Bandingkan hasil torsi ini dengan data yang diambil dari *control unit* yang lama.

Prosedur pengujian daya mekanik pada *control unit magnetic powder brake* yang dilakukan pada pengujian di laboratorium mesin elektrik sebagai berikut:

1. Rangkailah alat seperti pada gambar 5.11.
2. Putar motor dc dengan kecepatan mulai 800 rpm sampai 1400 rpm.

3. Berikan tegangan *brake* pada *magnetic powder brake* melalui *control unit* dengan variasi tegangan 2-7 volt.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 hingga pengambilan data selesai.
5. Bandingkan hasil daya mekanik motor ini dengan teori.

5.4.3 Analisis Hasil Pengujian *Control Unit Magnetic Powder Brake*

- Pengujian Torsi

Pengujian *control unit magnetic powder brake* ini dilakukan sesuai dengan prosedur diatas, dimana untuk torsi *control unit* yang baru (torsi c.u baru) adalah torsi yang terbaca pada *control unit* yang dirancang pada penelitian ini, sedangkan torsi *control unit* lama (torsi c.u lama) adalah torsi yang terbaca pada *control unit* yang ada di Laboratorium. Torsi *control unit* lama sebagai dasar teori untuk torsi *control unit* yang baru.

Pada tabel 5.3, torsi *control unit* baru ditentukan dengan hasil pengujian sesuai dengan prosedur percobaan diatas. Dimana rumus hasil regresi untuk mencari torsi adalah $torsi = -0,453805 + 0,247142 (tegangannya\ brake)$

Namun jika tegangan *brake* sama dengan nol maka torsi juga akan nol, sesuai dengan program arduino yang telah dibuat.

Tabel 5.3 Hasil pengujian torsi pada *control unit magnetic powder brake*

V <i>brake</i> (volt)	Torsi _{cu baru} (Nm)	Torsi _{c.u lama} (Nm)	Kesalahan (%)
2	0,06	0,05	20
3	0,29	0,30	3,33
4	0,52	0,50	4,00
5	0,79	0,80	1,25
6	1,01	1,00	1,00
7	1,28	1,30	1,54

$$Kesalahan (\%) = \frac{\tau_{cu\ baru} - \tau_{cu\ lama}}{\tau_{cu\ lama}} \times 100\%$$

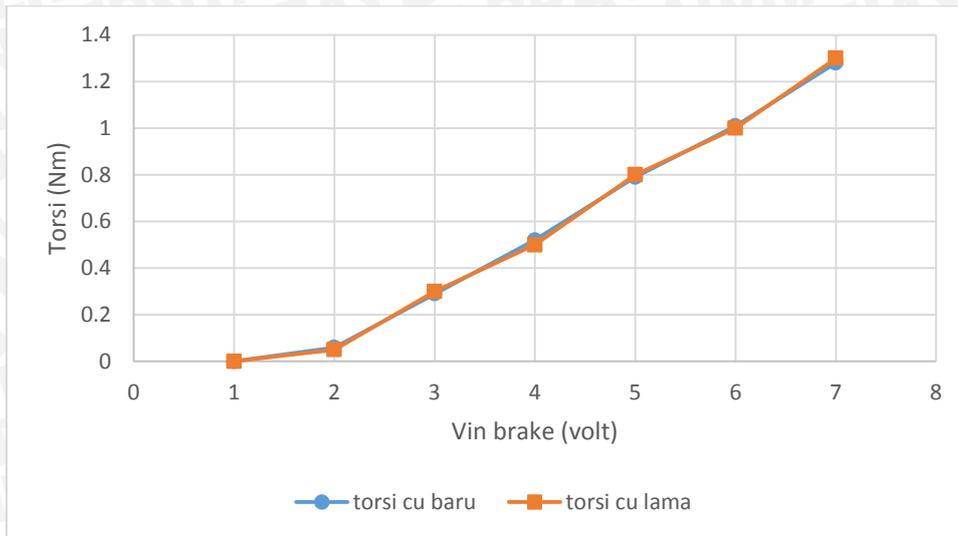
Keterangan:

$\tau_{cu\ baru}$: Torsi pada *control unit* yang baru (Nm)

$\tau_{cu\ lama}$: Torsi pada *control unit* yang lama (Nm)

V *brake* : Tegangan yang diinjeksikan ke *magnetic powder brake* (volt)

Kesalahan : Kesalahan pengukuran pada *control unit* (%)



Gambar 5. 13 Grafik hasil pengujian torsi

Dari tabel hasil pengujian torsi, didapatkan eror yang bervariasi antara 0-20%. Kesalahan yang besar saat tegangan *brake* sebesar 2 volt dan torsi 0,05 Nm yaitu memiliki kesalahan sebesar 20%. Kesalahan yang kecil pada saat kondisi torsi 1 Nm yaitu memiliki kesalahan 1%. Untuk kesalahan rata-rata dari torsi yang ditampilkan dari *control unit* sebesar 5,18%.

Dalam gambar 5.13 dapat dilihat hubungan antara tegangan *brake* terhadap torsi beban. Tegangan *brake* berpengaruh terhadap torsi beban. Torsi naik secara linier terhadap kenaikan tegangan *brake*. Dari tegangan *brake* 2 volt sampai 7 volt, torsi naik secara linier dari 0,05 Nm sampai 1,30 Nm.

- Pengujian Daya Mekanik

Pada tabel 5.4, dapat dilihat hasil pengujian dari daya mekanik motor melalui *control unit magnetic powder brake*. Kecepatan dan torsi diatur sehingga dapat diketahui daya mekanik secara praktek (P_{mek} praktek). Sebagai pembandingan hasil P_{mek} praktek, daya mekanik secara teori (P_{mek} teori) didapatkan dari hasil perhitungan dengan rumus:

$$P_{mek} = \tau \cdot \omega_M$$

$$P_{mek} = \tau \cdot 2 \cdot \Pi \cdot \frac{n}{60}$$

Tabel 5.4 Hasil pengujian daya mekanik pada *control unit magnetic powder brake*

Kecepatan (rpm)	Torsi (Nm)	P _{mek} teori (watt)	P _{mek} praktek (watt)	Kesalahan (%)
1400	0,05	7,33	7,12	2,86
	0,30	43,96	42,49	3,34
	0,50	73,27	76,19	3,98
	0,80	117,23	115,76	1,25
	1,00	146,53	147,99	1,00
	1,30	190,49	187,56	1,53
1300	0,05	6,80	6,51	4,26
	0,30	40,82	39,46	3,33
	0,50	68,03	70,75	3,98
	0,80	108,85	107,49	1,24
	1,00	136,07	137,43	1,00
	1,30	176,89	174,16	1,54
1200	0,05	6,28	6,31	0,47
	0,30	37,68	36,42	3,34
	0,50	62,88	65,31	3,86
	0,80	100,48	99,22	1,25
	1,00	125,60	126,86	1,00
	1,30	163,28	160,77	1,53
1100	0,05	5,76	5,56	3,47
	0,30	34,54	33,39	3,32
	0,50	57,56	59,87	4,01
	0,80	92,11	90,95	1,26
	1,00	115,13	116,28	1,00
	1,30	149,67	147,37	1,53
1000	0,05	5,23	5,35	2,29
	0,30	31,4	30,35	3,34
	0,50	52,33	54,43	4,01
	0,80	83,73	82,69	1,24
	1,00	104,66	105,71	1,00

	1,30	136,07	133,97	1,54
900	0,05	4,71	4,78	1,48
	0,30	28,26	27,32	3,32
	0,50	47,10	48,98	4,00
	0,80	75,36	74,42	1,25
	1,00	94,20	95,14	0,99
	1,30	122,46	120,57	1,54
800	0,05	4,18	4,186	2,15
	0,30	25,12	24,28	3,34
	0,50	41,86	43,54	4,01
	0,80	66,98	66,15	1,23
	1,00	83,73	84,57	1,00
	1,30	108,85	107,18	1,53

$$\text{Kesalahan (\%)} = \frac{P_{mek\ praktik} - P_{mek\ teori}}{P_{mek\ teori}} \times 100\%$$

Keterangan:

$P_{mek\ teori}$ = Daya mekanik motor berdasarkan teori (Watt)

$P_{mek\ pengukuran}$ = Daya mekanik motor berdasarkan pengukuran (Watt)

Torsi = Torsi sistem yang terukur (Nm)

Kecepatan = kecepatan putaran motor (rpm)

Kesalahan = kesalahan pengukuran (%)

Pada tabel 5.4, hasil pengujian hasil daya mekanik yang ditampilkan memiliki kesalahan kurang dari 5% jika dibandingkan dengan teori. Kesalahan yang paling besar yaitu 4,26%, sedangkan kesalahan paling kecil yaitu 0,47%. Dari pengujian daya mekanik didapatkan rata-rata kesalahan sebesar 2,25%. Dapat disimpulkan bahwa pembacaan daya mekanik (P_{mek}) oleh *control unit* telah sesuai harapan dengan kesalahan kurang dari 5%.