

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

4.1.1 Hasil Pengukuran power supply

Dalam pengujian kali ini langkah pertama yang diukur adalah mengukur input pada *power supply* dan output pada *power supply* menggunakan Wattmeter, Voltmeter, Amperemeter dan Tachometer. Hasil pengukuran inputan *power supply* dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Hasil pengukuran input pada *power supply*

Waktu (Detik)	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)			Daya (watt)			Kecepatan (RPM)		
	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	210	203	202	2,06	1,55	1,5	324	324	289	2117	1982	1909
30	212	203	202	1,61	1,46	1,42	324	293	273	2760	2431	2370
45	212	204	202	15,1	1,42	1,3	308	274	270	2900	2495	2481

Pengujian dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa banyak daya, arus dan tegangan yang dipakai. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pengukuran agar dapat membedakan yang terukur di input *power supply* dan output yang terukur di *power supply*. Nilai yang terukur pada input *power supply* ini masih banyak rugi-rugi yang terjadi pada trafo sehingga nilai yang terukur pada *power supply* sangat berbeda dengan nilai yang terukur di output *power supply*.

Nilai yang terukur pada *power supply* masih berupa tegangan AC (*Alternating current*). Untuk *power supply* yang digunakan disini berupa *power supply* 24 Volt dengan arus 10 Ampere. Langkah selanjutnya adalah mengukur

output pada *power supply*. Hasil pengukuran output pada *power supply* seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengukuran *output* pada *power supply*

Waktu (Detik)	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)			Daya (watt)			Kecepatan (RPM)		
	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	26,5	25,6	26,7	4,74	3,66	3,48	93	89	89	1578	1982	1909
30	27,5	26,9	27,8	2,65	2,35	2,37	98	93	96	2306	2431	2370
45	28,2	28,2	28,2	2,27	2,23	2,16	100	94	97	2504	2495	2481

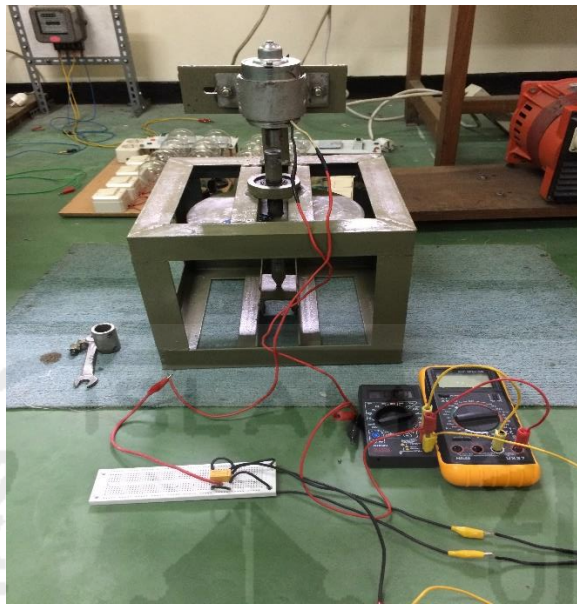
Pada percobaan kali ini hampir sama dengan pengukuran sebelumnya namun yang berbeda dari pengukuran ini yaitu dilakukan pengukuran pada output *power supply* yang mana keluaran *power supply* ini berupa tegangan DC (*Direct current*) yang digunakan untuk memutar motor. Pada percobaan pertama ini motor memerlukan torsi yang besar untuk dapat memutar berat *flywheel* sehingga motor memerlukan arus yang besar agar memiliki torsi yang besar. Dapat dilihat pada detik ke 15 arus yang terukur sebesar 4,47 Ampere dengan tegangan 26,5 Volt dengan kecepatan *flywheel* 1578 RPM, akan tetapi pada percobaan selanjutnya yaitu pada detik 30 dan 45 terjadi perubahan, salah satunya pada percobaan ke 45 detik ini tegangan yang terukur sebesar 28,2 Volt, arus 2,27 Ampere dan daya sebesar 100 Watt dan kecepatan *flywheel* sebesar 2504 RPM. Hal ini dikarenakan pada saat *start* awal motor memerlukan torsi yang besar untuk dapat memutar *flywheel*. Semakin besar arus listrik masukan maka semakin besar juga torsi yang dihasilkan motor. Dapat dilihat pada Tabel 4.2 arus yang terukur pada saat awal sampai pada saat detik ke 45 mengalami penurunan, karena untuk start awal motor

memerlukan torsi yang besar. Nilai tegangan yang terukur semakin lama semakin bertambah dan kecepatan yang terukur juga semakin bertambah. Tegangan sangat berpengaruh terhadap kecepatan putar motor, semakin besar tegangan maka semakin besar kecepatan motor.

4.1.2 Hasil Pengukuran Generator

Untuk pengukuran disini motor yang awalnya digunakan sebagai penggerak (mode penggerak) berubah fungsi sebagai generator atau bisa disebut (mode penyuplai). Dalam pengukuran ini dibutuhkan saklar otomatis yang mana pada saat diberi sumber saklar dapat menghubungkan ke motor namun pada saat di putus dari sumber saklar menghubungkan ke beban. Sehingga digunakanlah relay DPDT (double pole double throw) yang berguna sebagai saklar atau switch otomatis untuk memudahkan proses pengujian. Pertama, motor disupply dengan *power supply* 24 Volt sampai berputar sampai kecepatan maksimum yaitu sekitar 2500 RPM setelah kecepatan motor maksimum maka *supply* motor dari *power supply* di putus. Setelah diputus dari *power supply* sehingga *flywheel* dapat berputar selama 1 menit 20 detik. Pada proses inilah motor DC yang awalnya digunakan sebagai mode penggerak dirubah sebagai mode penyuplai menggantikan peran generator. Untuk pengukuran pertama yaitu pengukuran generator tanpa beban, gambar rangkaian dapat dilihat pada Gambar 4.1

4.1.2.1 Generator tanpa beban tanpa dicouple flywheel



Gambar 4.1 Rangkaian generator tanpa beban motor tanpa *flywheel*

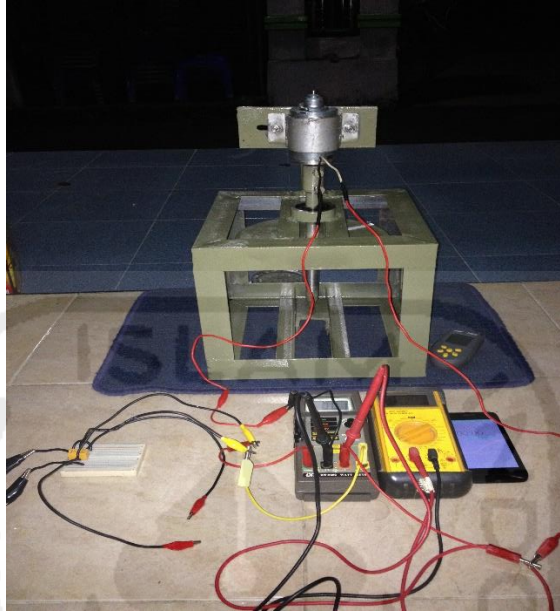
Pengujian ini bertujuan untuk melihat output yang dihasilkan dari generator dalam keadaan tanpa beban. Data hasil pengukuran yang dilakukan selama 3 kali pengukuran hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Pengukuran generator tanpa beban motor tanpa *dicouple flywheel*

Percobaan	waktu (Detik)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Kecepatan (RPM)
Ke-1	0,18	0,9	0	0	245
Ke-2	0,17	0,7	0	0	257
Ke-3	0,19	0,8	0	0	243

Pada pengujian ini motor DC tidak dicouple dengan flywheel sehingga data yang didapat pada pengujian ini setelah motor diputus dari sumber pada percobaan ke-1 hanya mampu berputar 0,18 detik, ke-2 selama 0,17 detik dan ke-3 selama 0,19 detik dan untuk nilai tegangan yang terukur terbilang sangat sangat kecil sekitar 0,9 Volt

4.1.2.2 Generator tanpa beban motor dicouple flywheel



Gambar 4.2 Rangkaian generator tanpa beban motor dicouple flywheel

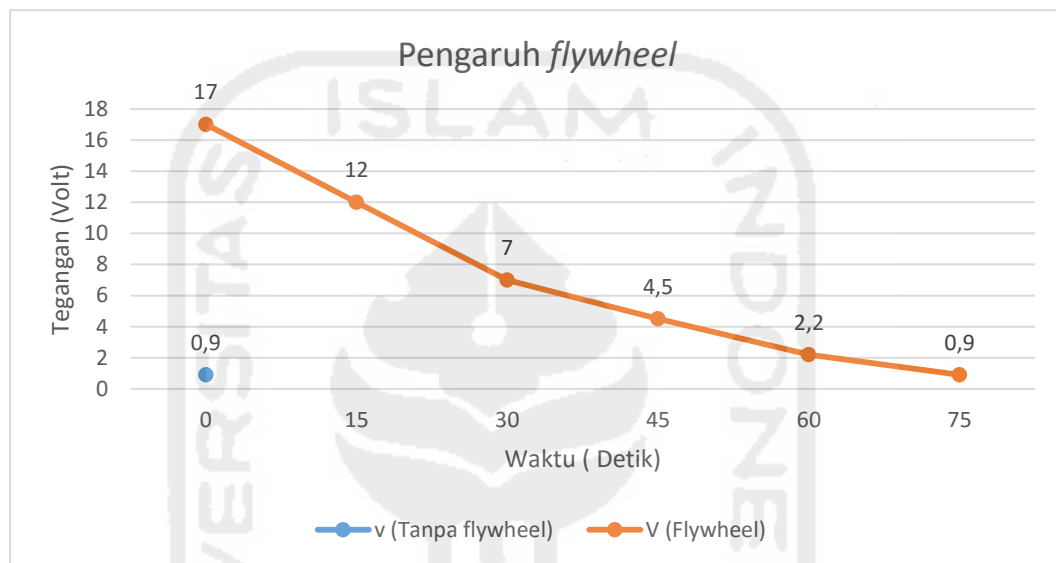
Pada pengujian ini hampir sama dengan pengujian sebelumnya yang membedakan hanya saja pada pengujian ini motor DC dicouple dengan flywheel sehingga data dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.4 Pengukuran generator tanpa beban motor dicouple flywheel

Waktu (Detik)	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)			Daya (watt)			Kecepatan (RPM)		
	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3
1	17	16,9	17,5	0	0	0	0	0	0	2485	2479	2490
15	12	12,4	11,8	0	0	0	0	0	0	2338	2339	2334
30	7	7,4	7,7	0	0	0	0	0	0	1479	1613	1620
45	4,5	4,5	4,7	0	0	0	0	0	0	828	1054	828
60	2,2	2,3	2,5	0	0	0	0	0	0	554	638	543
75	0,9	0,8	1	0	0	0	0	0	0	274	347	347

Tabel 4.4 diatas merupakan tabel pengukuran generator tanpa beban yang mana tabel tersebut terdiri dari nilai arus, tegangan, arus dan daya. Pengambilan data pengujian dilakukan sebanyak 3 kali percobaan. Dapat dilihat pada Tabel 4.4

Dari tabel diatas maka perbandingan tegangan yang dihasilkan dan pengaruh *flywheel* terhadap kinerja motor dapat dilihat pada grafik dibawah ini:

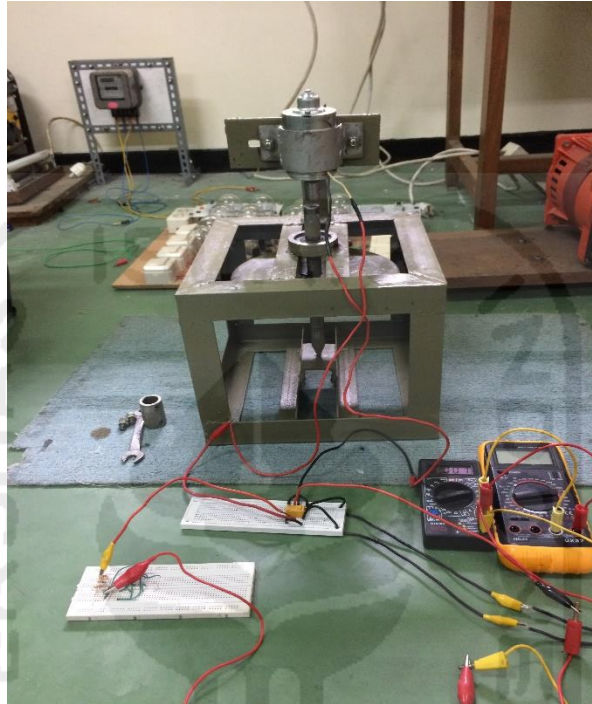


Gambar 4.3 Grafik perbandingan tegangan

Pegambilan data dilakukan sebanyak 3 kali percobaan. Dapat dilihat pada tabel 4.3 pengukuran generator ini menghasilkan tegangan pada awal diputus dari sumber sebesar 0,9 yang mana pada percobaan ini generator tanpa dicouple flywheel dan hanya mampu berputar selama 0,18 detik, sedangkan pada tabel 4.4 atau percobaan yang mana generator dicouple flywheel tegangan yang dihasilkan 17 volt dan yang terukur dalam pengukuran ini hanya tegangan saja , dalam kondisi ini arus dan daya yang terukur adalah 0 dikarenakan tidak adanya beban, pada grafik diatas tegangan yang terukur mengalami penurunan pada detik selanjutnya setelah diputus dari sumber dikarenakan RPM dari flywheel semakin lama semakin melambnat. Untuk pengukuran kedua hampir sama dengan pengukuran

sebelumnya yang membedakan pada pengukuran ini menggunakan beban, beban yang digunakan adalah beban resistif berupa resistor senilai 1K

4.1.2.3 Generator berbeban motor tanpa *dicouple flywheel*



Gambar 4.4 Rangkaian generator berbeban motor tanpa *dicouple flywheel*

Pengambilan data pada pengukuran ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dan beban yang digunakan adalah beban resistif berupa resistor senilai 1K, beban di rangkai paralel sampai dengan daya yang terukur pada alat ukur mencapai daya maksimal. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil pengukuran generator berbeban motor tanpa dicouple flywheel

Beban R 1K	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)			Daya (Watt)			Kecepatan (RPM)			Waktu berputar		
	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3
1	0,8	0,8	0,7	0,00015	0,00015	0,00015	0,00012	0,00012	0,00011	245	236	237	0,20 detik	0,19detik	0,18 detik
2	0,7	0,7	0,7	0,00018	0,00017	0,00017	0,00013	0,00012	0,00012	257	247	243	0,18 detik	0,20 detik	0,19 detik
3	0,8	0,7	0,8	0,00016	0,00018	0,00016	0,00013	0,00013	0,00013	243	227	230	0,17 detik	0,18 detik	0,17 detik
4	0,7	0,8	0,8	0,00017	0,00017	0,00018	0,00012	0,00014	0,00014	237	237	242	0,18 detik	0,17 detik	0,17 detik
5	0,8	0,8	0,7	0,00019	0,00019	0,00018	0,00015	0,00015	0,00013	245	251	235	0,17 detik	0,18 detik	0,17 detik
6	0,8	0,7	0,8	0,00019	0,0002	0,00019	0,00015	0,00014	0,00015	243	246	247	0,17 detik	0,17 detik	0,18 detik
7	0,9	0,9	0,9	0,0002	0,00022	0,00021	0,00018	0,0002	0,00019	234	242	238	0,16 detik	0,18 detik	0,16 detik
8	0,8	0,8	0,7	0,00016	0,00018	0,00017	0,00013	0,00014	0,00012	253	244	251	0,17 detik	0,18 detik	0,17 detik
9	0,7	0,8	0,8	0,00015	0,00017	0,00016	0,00011	0,00014	0,00013	248	235	234	0,18 detik	0,18 detik	0,18detik
10	0,7	0,7	0,7	0,00017	0,00015	0,00015	0,00012	0,00011	0,00011	248	244	214	0,16 detik	0,17 detik	0,16 detik

Pada tabel 4.5 diatas motor tanpa *dicouple* dengan *flywheel* hanya dapat berputar selama 0,19 detik setelah motor diputus dari sumber dengan kecepatan sekitar 248 RPM dan nilai tegangan yang terukur terbilang kecil sebesar 0,9 Volt. Untuk pengujian selanjutnya hampir sama dengan pengujian sebelumnya yang membedakan disini pengujian generator berbeban *mengcouple* motor dengan *flywheel*.

4.1.2.4 Generator berbeban motor *dicouple* dengan *flywheel*



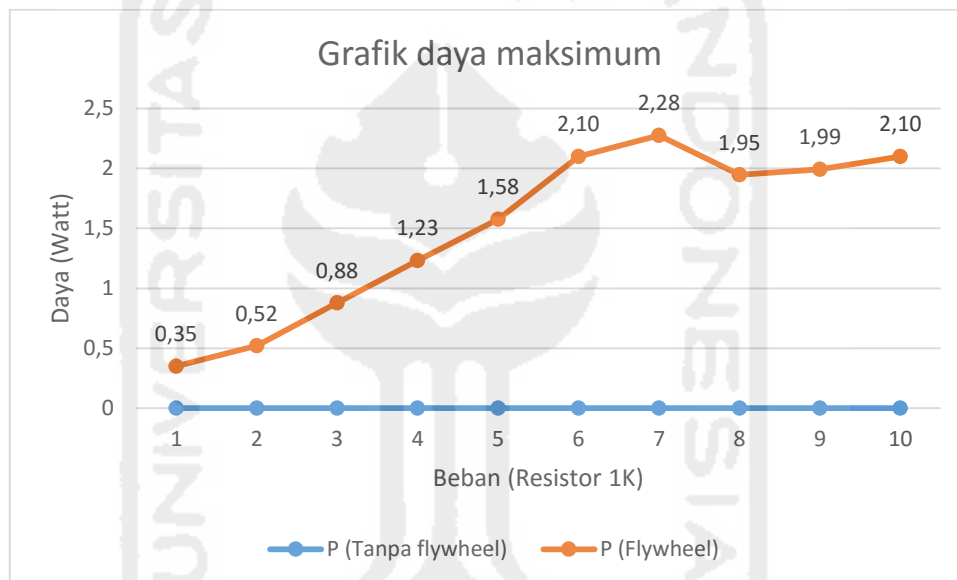
Gambar 4.5 Rangkaian generator berbeban motor *dicouple* dengan *flywheel*

Pengambilan data pada pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali percoaan sama dengan pengujian yang sebelumnya dan beban yang digunakan adalah beban resistif berupa resistor 1K, beban dirangkai paralel sampai dengan sampai dengan daya yang terukur mencapai daya maksimal, dikatakan daya maksimal apabila perkalian antara tegangan dengan arus memiliki hasil yang lebih besar dianding dengan beban yang lainnya.

Tabel 4.6 Hasil pengukuran generator berbeban motor *dicouple* dengan *flywheel*

Beban R 1K	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)			Daya (Watt)			Kecepatan (RPM)			Waktu berputar		
	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3	Per.1	Per.2	Per.3
1	17,5	17,5	17,3	0,02	0,02	0,02	0,35	0,35	0,35	2306	2295	2211	1 menit 22 detik	1 menit 20 detik	1 menit 20 detik
2	17,4	17,6	17,5	0,03	0,03	0,03	0,52	0,53	0,53	2040	2310	2121	1 menit 22 detik	1 menit 21 detik	1 menit 22 detik
3	17,6	17,5	17,6	0,05	0,05	0,05	0,88	0,88	0,88	2200	2218	2300	1 menit 21 detik	1 menit 21 detik	1 menit 21 detik
4	17,6	17,6	17,5	0,07	0,07	0,07	1,23	1,23	1,23	2275	2040	2182	1 menit 22 detik	1 menit 22 detik	1 menit 20 detik
5	17,5	17,6	17,6	0,09	0,08	0,09	1,58	1,41	1,58	2260	2400	2174	1 menit 22 detik	1 menit 22 detik	1 menit 22 detik
6	17,5	17,5	17,6	0,12	0,12	0,12	2,10	2,10	2,11	2100	2206	2178	1 menit 22 detik	1 menit 22 detik	1 menit 22 detik
7	17,5	17,8	17,8	0,13	0,13	0,13	2,28	2,31	2,31	2211	2194	2264	1 menit 18 detik	1 menit 18 detik	1 menit 19 detik
8	17,7	16,5	16,9	0,11	0,11	0,12	1,95	1,82	2,03	2127	2164	2219	1 menit 18 detik	1 menit 18 detik	1 menit 19 detik
9	16,6	17,4	17,4	0,12	0,12	0,12	1,99	2,09	2,09	2218	2175	2254	1 menit 18 detik	1 menit 20 detik	1 menit 18 detik
10	17,5	17,3	17,3	0,12	0,12	0,12	2,10	2,08	2,08	2180	2206	2281	1 menit 20 detik	1 menit 20 detik	1 menit 20 detik

Tabel 4.6 diatas terdapat merupakan tabel generator berbeban yang mana motor disini *dicouple* dengan *flywheel*, pengukuran ini hampir sama dengan pengukuran generator tanpa beban. Perbedaan dalam pengujian ini dilakukan sampai mencapai daya maksimum dapat dikatakan daya maksimum adalah hasil dari perkalian tegangan dengan arus yang terukur pada beban lebih besar dibandingkan dengan pengukuran pada beban lainnya. Dari tabel pengukuran diatas dapat diperoleh grafik daya maksimum pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.6 Grafik daya maksimum

Dapat dilihat perbandingan daya maksimum yang dihasilkan antara motor yang *dicouple flywheel* dengan motor tanpa *dicouple flywheel* daya maksimum yang terukur pada motor yang *dicouple flywheel* pada saat beban ke-7 dapat dilihat pada beban ini tegangan dan arus yang terukur lebih besar dibanding dengan beban yang lainnya, untuk memastikan daya maksimum pada pengukuran dilakukan penambahan beban sebanyak 3 kali setelah beban ke-7, untuk percobaan

saat motor tanpa *dicouple flywheel* tegangan dan arus yang terukur terbilang cukup kecil dibandingkan dengan motor yang *dicouple flywheel*.

4.2 Perhitungan

Pada tahap ini dilakukan pengukuran untuk dapat menghitung berbagai paramater pendukung mesin *flywheel* tersebut. Perhitungan yang dilakukan antara lain.

a. Momen inersia

Untuk perhitungan momen inersia ini dilakukan 3 kali perhitungan dikarenakan model dari *flywheel* yang mencapai 3 lapisan untuk lapisan pertama perhitungan momen inersia yang dihasilkan oleh *flywheel* adalah sebagai berikut, perhitungan menggunakan persamaan (2.2)

$$\begin{aligned} &= (1/2) 0,75.(0,045)^2 \\ &= 0,00075 \text{ Kg m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan momen inersia *flywheel* lapisan kedua adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= (1/2) 0,75.(0,065)^2 \\ &= 0,00158 \text{ Kg m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan momen inersia *flywheel* lapisan ketiga adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= (1/2) 4,5.(0,11)^2 \\ &= 0,0272 \text{ Kg m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga momen inersia totalnya adalah

$$\begin{aligned} I_{\text{tot}} &= I_{\text{pertama}} + I_{\text{kedua}} + I_{\text{ketiga}} \\ &= 0,00075 + 0,00158 + 0,0272 \\ &= 0,02953 \text{ Kg m}^2 \end{aligned}$$

Torsi dapat diketahui melalui perhitungan pada persamaan (2.3)

$$\begin{aligned}\tau &= I_{tot} \cdot \alpha \\ &= 0,02953 \times 26 \\ &= 0,767 \text{ Nm}\end{aligned}$$

- b. Perhitungan daya yang dihasilkan *flywheel* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned}&= \frac{2\pi \cdot 736 \times 0,767}{60} \\ &= 5,32 \text{ Watt}\end{aligned}$$

- c. Perhitungan efisiensi dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5)

Nilai efisiensi mesin *flywheel* berdasarkan teori

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{5,32}{100} 100\% \\ \eta &= 0,532 \%\end{aligned}$$

Nilai efisiensi mesin *flywheel* berdasarkan pengukuran

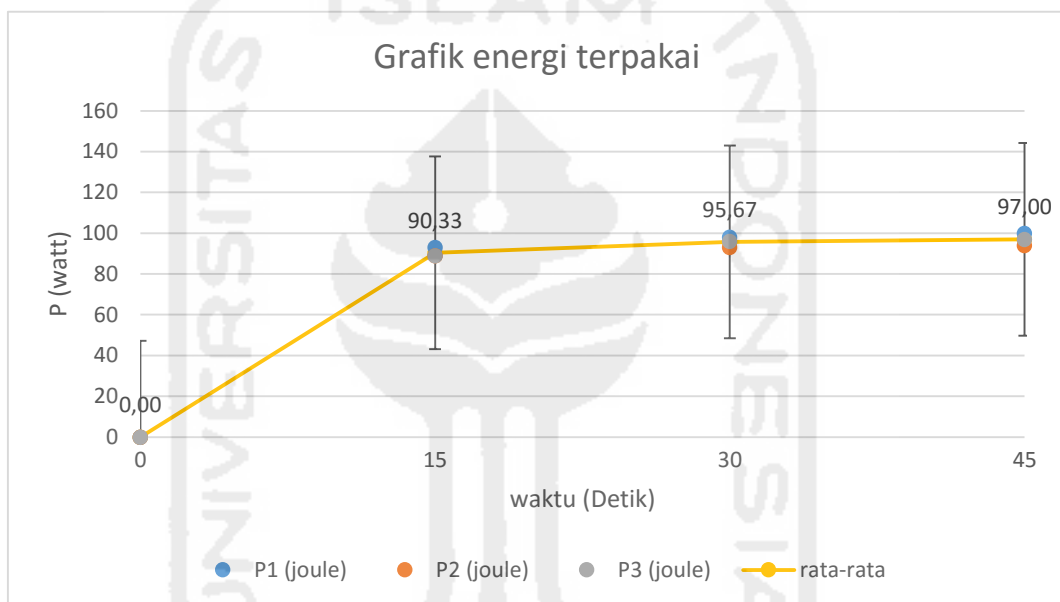
$$\begin{aligned}\eta &= \frac{2,28}{100} 100\% \\ \eta &= 0,0229\end{aligned}$$

4.3 Pembahasan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa *flywheel* dapat bergerak dengan ketahanan putaran saat dilepas dari *power supply* yaitu dari kecepatan 2500 RPM sampai dengan 0 RPM dan dapat bertahan selama 1 menit 20 detik. Kecepatan putaran rata-rata saat tegangan dihasilkan sekitar 2230 RPM dengan tegangan, arus dan daya yang dihasilkan akan mengalami penurunan pada detik selanjutnya dikarenakan putaran *flywheel* semakin berkurang, pembuatan alat ini masih banyak terjadi gesekan yang bisa

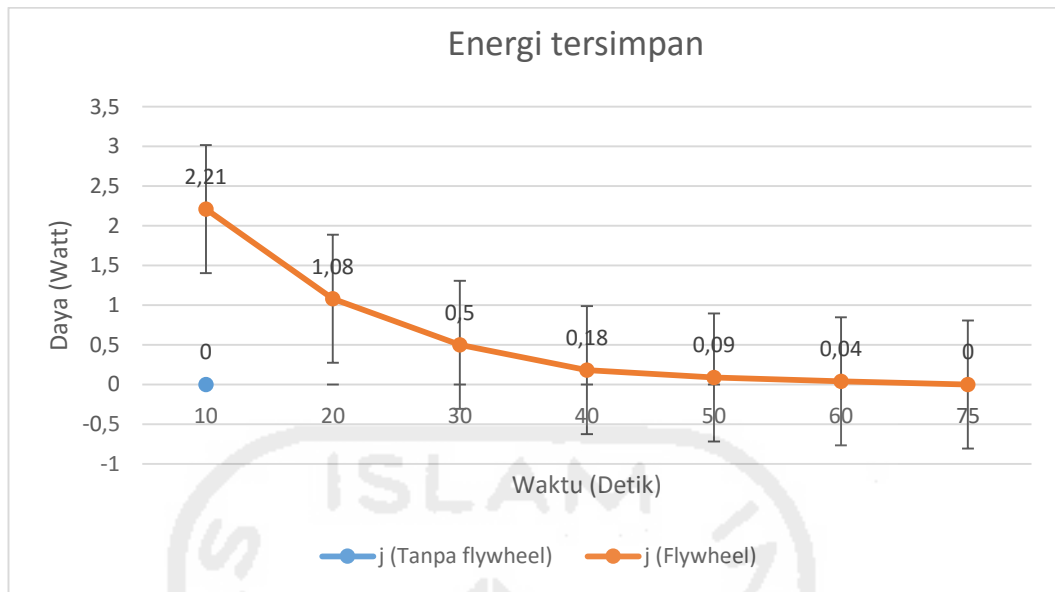
mengakibatkan berkurangnya nilai putaran serta akan berdampak pada nilai efisiensi.

Penelitian yang dilakukan belum dapat menghasilkan keluaran energi listrik yang maksimal, yaitu nilai efisiensi dari *flywheel* 0,213 %. Dapat dilihat dari energi tersimpan dan energi yang terpakai pada saat motor distart dan mencapai kecepatan maksimal sangat berbeda dapat dilihat pada grafik energi terpakai dibawah:



Gambar 4.7 Grafik Energi Terpakai

Gambar 4.7 tersebut merupakan grafik energi yang terpakai yang terdiri dari daya rata-rata dan nilai standar deviasi untuk nilai daya disini dari awal motor dihidupkan hingga mencapai kecepatan maksimum tetap stabil. Sedangkan untuk nilai standar deviasi ditunjukkan dalam bentuk garis vertikal pada titik energi rata-rata dari 3 kali percobaan di setiap waktu yang ditentukan. Berikut ini energi yang tersimpan dan dapat dilihat pada grafik dibawah ini



Gambar 4.8 Grafik energi tersimpan

Diagram diatas adalah diagram perbandingan energi tersimpan yang mana terdiri dari nilai energi yang tersimpan dan nilai standar deviasi, untuk energi tersimpan pada saat disuplai dan mencapai kecepatan 2500 RPM dan putus dari suplai menghasilkan energi sebesar 2,21 joule, pada saat ini motor *dicouple* dengan *flywheel* dan mengalami penurunan untuk detik selanjutnya dikarenakan semakin lama putaran *flywheel* semakin melambat dapat dilihat pada grafik 4.8 grafik tersebut menunjukan penurunan enrgi yang tersimpan, sedangkan untuk motor tanpa *dicouple flywheel* hanya dapat bertahan putarannya selama 0,19 detik, namun dari pengujian ini dapat diketahui bahwa energi yang terpakai dapat digunakan kembali untuk menghasilkan energi yang baru

