

## PEMANFAATAN ENERGI INERSIA FLY WHEEL UNTUK MENSTABILKAN TEGANGAN KELUARAN GENERATOR DC SHUNT

Winarso<sup>1</sup>, Gema Romadhona<sup>2</sup>, Itmi Hidayat Kurniawan<sup>3</sup>

Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

### Informasi Makalah

Dikirim, 05 Agustus 2022  
Direvisi, 22 September 2023  
Diterima, 22 September 2023

### Kata Kunci:

*energi*  
*Fly whell*  
*Generator dc*  
*daya listrik*

### Keyword:

*Energy*  
*flywhell*  
*Generator dc*  
*electrical power*

### INTISARI

Energi terbarukan adalah sumber energi alam yang dapat dengan cepat pulih kembali melalui proses yang alami. Energi terbarukan seperti energi potensial air dapat dikonversi menjadi energi gerak dan dalam proses konversinya terjadi fluktuatif energi, sehingga dibutuhkan penstabil putaran. Penelitian ini adalah proses rancang bangun sistem penyimpanan energi *fly wheel* yang dimanfaatkan untuk menstabilkan energi putar. *Fly wheel* yang berputar menyimpan energi inersia dan dapat diubah menjadi energi listrik melalui generator dc. Hasil pengujian dengan masa *fly wheel* 45.7 kg, diameter 50 cm, tegangan output generator tanpa beban sebesar 11.09 volt menjadi 10.22 volt atau mengalami penurunan tegangan 0.87 volt atau sebesar 7.84 %..., sedangkan pengujian pada kondisi generator tidak menggunakan *fly wheel* tegangan keluaran mengalami penurunan dari 21.55 volt menjadi 13.25 volt atau sebesar 38.51 %. Pengujian kestabilan tegangan generator juga mempengaruhi daya keluaran generator yaitu saat tidak menggunakan *fly wheel* cenderung tidak stabil, pada saat pencuplikan dari 0 -10 detik kondisi *off time prime mover* daya keluaran generator menurun dari 13,36 menjadi 3,81 watt ,sedangkan pada saat menggunakan *fly wheel* cenderung stabil, misalnya pada pengujian masa *fly wheel* 45,7 kg daya keluaran generator antara 6.25 sampai 6.87 watt .

### ABSTRACT

*Renewable energy is a natural energy source that can be quickly recovered through natural processes. Renewable energy such as water potential energy can be converted into motion energy and in the conversion process energy fluctuations occur, so a rotation stabilizer is needed. This research is a design process for a fly wheel energy storage system that is used to stabilize rotating energy. The rotating fly wheel stores inertial energy and can be converted into electrical energy via a dc generator. Test results with a fly wheel mass of 45.7 kg, a diameter of 50 cm, the generator output voltage without load was 11.09 volts to 10.22 volts or experienced a decrease in voltage of 0.87 volts or 7.84%..., while testing in conditions where the generator did not use a fly wheel, the output voltage experienced a decrease from 21.55 volts to 13.25 volts or 38.51%. Testing generator voltage stability also affects the generator output power, namely when not using the fly wheel it tends to be unstable, when sampling from 0 - 10 seconds in the off time prime mover condition, the generator output power decreases from 13.36 to 3.81 watts, whereas when using The fly wheel tends to be stable, for example in the test with a fly wheel mass of 45.7 kg, the generator output power was between 6.25 and 6.87 watts*

---

**Korespondensi Penulis:**

Winarso  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
JL. Raya Dukuwaluh Purwokerto, 53182  
Email: ewinarso@gmail.com

---

**1. PENDAHULUAN**

Sektor Industri merupakan salah satu komponen pertumbuhan ekonomi di negara kita. Kegiatan industri adalah kegiatan yang selalu membutuhkan berbagai macam jenis mesin listrik seperti motor induksi, motor dc, motor sinkron dan generator. Mesin-mesin ini merupakan pengkonversi energi listrik dan selalu digunakan pada ranah teknik permesinan, dimana pada mesin-mesin tersebut sumber energi digunakan dan dikonversikan menjadi kerja yang berguna. Pada beberapa jenis mesin listrik, saat proses kerja berlangsung, fluktuasi tegangan listrik sering terjadi dan akan mempengaruhi kecepatan pada motor listrik yang menjadi tidak stabil dan akhirnya akan menghambat sistem produksi pada industri tersebut.[1]

Energi listrik adalah salah satu energi yang paling mudah untuk dikonversikan menjadi energi lain, sehingga hampir semua kegiatan manusia modern memerlukan energi listrik. Keterbatasan energi fosil dan isu kerusakan lingkungan akibat penggunaan energi fosil untuk pembangkit listrik menjadi alasan utama untuk mencari energi alternatif sumber energi listrik. Dari beberapa energi alternatif yang ada salah satunya adalah fly wheel (roda gila). Penyimpan energi fly wheel memperoleh energi kinetik dalam bentuk inersia putar dan memanfaatkan torsi dari flywheel serta menyimpannya dalam bentuk energi kinetik yang cukup besar, kemudian melepaskannya kembali saat diperlukan.[2]. Fly wheel merupakan perangkat mekanik berputar, yang pada umumnya digunakan pada kendaraan roda empat. Fly wheel memiliki momen inersia yang mampu menahan perubahan kecepatan rotasi. Energi yang ada pada fly wheel adalah energi kinetik. Energi kinetik inilah yang akan diubah oleh generator menjadi energi listrik.[3]

Flywheel atau roda gila merupakan komponen yang dapat menyimpan energi kinetik seperti penelitian yang dilakukan dengan motor induksi tiga fasa, daya 2.5 - 3 kW, energi kinetik diberikan kepada fly wheel dengan masa 60 kg, menghasilkan energi listrik maksimum sebesar 3 kW. Sistem ini dibangun dengan komponen pendukung poros engkol, bantalan, pully, motor induksi dan generator.[4]. Faktor-faktor yang menjadikan fly wheel sebagai penyimpan energi kinetik yang baik antara lain tergantung dari jenis material, geometri dan panjangnya. Fly wheel atau sering juga disebut roda gila seperti yang kita ketahui adalah sebuah komponen mekanis yang terbuat dari lempengan logam cor yang berbentuk lingkaran dan karena massanya dapat meredam perubahan kecepatan yang fluktuatif sehingga kecepatan putaran mesin menjadi lebih rata dan stabil [5].

Ketidakstabilan kecepatan putar pada mesin listrik merupakan kejadian yang selalu timbul diakibatkan oleh perubahan beban pada motor atau perubahan daya aktif masuk ke generator. Ketidakstabilan kecepatan menunjukkan adanya daya berlebih atau kurang pada mesin listrik dan menunjukkan adanya daya kinetik yang ada pada sistem tersebut,[6]. Fly wheel yang dikonstruksi khusus dalam bentuk lingkaran dengan kepadatan material yang cukup tinggi memiliki kerapatan energi hingga ratusan kali lebih banyak dibandingkan dengan alat penyimpanan energi lainnya seperti baterai atau kapasitor. Roda gila atau flywheel dapat menyimpan dan membuang energi dengan lebih cepat dibandingkan baterai dan kapasitor, dan ini merupakan kelebihan dari fly wheel.[7].

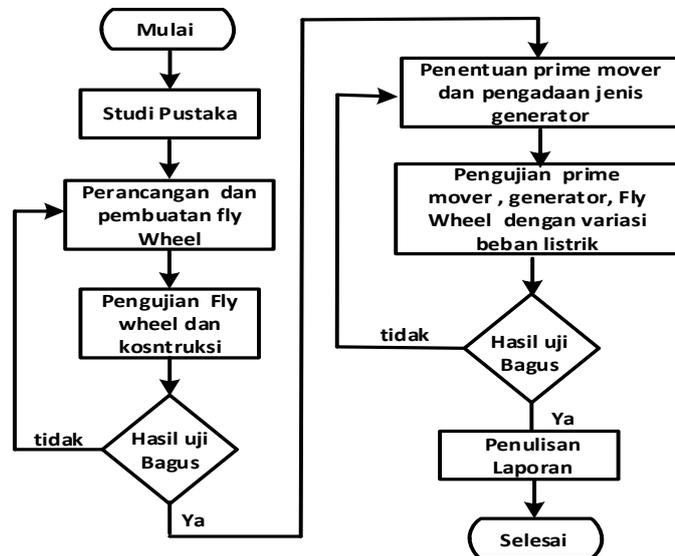
Penelitian yang dilakukan oleh Mustafa E. Amiryar bahwa sistem penyimpan energi jenis flywheel energy storage systems (FESS), Sistem FESS menawarkan banyak keuntungan diantaranya adalah sistem yang dinamis, handal, pelepasan dan penyerapan energi yang cepat dan dapat menyimpan dalam kapasitas megajoule,[8].

Penelitian ini adalah memanfaatkan masa inersia fly wheel yang terhubung dengan prime mover. Energi Inersia yang tersimpan pada fly wheel digunakan untuk menstabilkan putaran generator disaat energi prime mover turun atau dihilangkan. Putaran generator yang sudah stabil karena energi inersia fly wheel akan menghasilkan tegangan keluaran yang stabil.

## 2. METODE

### Alur Penelitian

Penelitian pemanfaatan energi inersia *fly wheel* ini dimulai dengan mempelajari beberapa jurnal maupun naskah publikasi yang berkaitan dengan topik penelitian. Identifikasi masalah yang dimunculkan pada penelitian ini dilaksanakan saat referensi yang dibutuhkan dianggap telah mencukupi, selanjutnya lihat alur penelitian berikut : ( gambar 1.)



Gambar 1. Alur Penelitian

### 2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar dan laboratorium Mesin Listrik Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains & Teknologi Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Kabupaten Banyumas 53151 Propinsi Jawa Tengah, lihat gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Tenik & Sains

Sumber : [https://www.google.com/maps/Fakultas Teknik Dan Sains UMP-7.4138107,109.2699528,17z](https://www.google.com/maps/Fakultas%20Teknik%20Dan%20Sains%20UMP-7.4138107,109.2699528,17z)

### 2.3 Data Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar dan Mesin Listrik Prodi Teknik Elektro dengan data penelitian sebagai berikut :

- a) Data bahan baku, dimensi Fly Wheel dan momen inersia, seperti pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Bahan baku, dimensi dan Momen Inersia Fly wheel

No	Bahan :Pelat besi tebal 2 cm		Diameter	Jari jari	Monen Inersia	Kecepatan
	Masa <i>Fly Wheel</i>		d	r	$I = 0.5 m.r.r$	<i>Fly Wheel</i>
	(Kg)		(cm)	(meter)	(kg.m2)	(rpm)
1	6.6		20	0.1	0.0235	1255
2	8.5		20	0.1	0.0425	1257
3	11.4		20	0.1	0.057	1263
4	15		30	0.1	0.075	1324
5	18.7		30	0.15	0.210375	1387
6	21.7		30	0.15	0.244125	1395
7	23.4		30	0.15	0.26325	1399
8	26.3		30	0.15	0.295875	1401
9	45.7		50	0.25	1.428125	1415

- b) Data Torsi dan Daya Fly Wheel yang didapatkan dari tabel 1., dengan menggunakan formulasi sebagai berikut :

1. Kecepatan sudut fly wheel  $\omega = \frac{n.2\pi}{60}$  (m/s) .....1)

2. Percepatan Sudut Fly Wheel  $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$  (rad/s) .....2)

3. Torsi Fly wheel  $T = I \times \alpha$  (N.m) .....3)

4. Daya yang dihasilkan Fly wheel  $P = \frac{T.2\pi.n}{60.60}$  (watt) .....4)

Tabel 2. Torsi dan Daya Fly Wheel

No	Masa Fly wheel (Kg)	Jari-jari Fly wheel (meter)	Monen Inersia Fly wheel kg.m2	Kecepatan Fly wheel (rpm)	kecepatan sudut Fly wheel (m/s)	Percepatan sudut Fly wheel (rad/s)	Torsi Fly wheel (N.m)	Daya Fly wheel watt
1	6.6	0.1	0.03	1438	131.36	2.19	0.07	9.49
2	8.5	0.1	0.04	1406	131.57	2.19	0.09	12.26
3	11.4	0.1	0.06	1395	132.19	2.20	0.13	16.60
4	15	0.1	0.08	1387	138.58	2.31	0.17	24.01
5	18.7	0.15	0.21	1379	145.17	2.42	0.51	73.89
6	21.7	0.15	0.24	1323	146.01	2.43	0.59	86.74
7	23.4	0.15	0.26	1305	146.43	2.44	0.64	94.07
8	26.3	0.15	0.30	1297	146.64	2.44	0.72	106.04
9	45.7	0.25	1.43	1255	148.10	2.47	3.53	463.69

a) Data Pengujian Generator dc shunt tanpa beban , seperti pada tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Tegangan Keluaran generator dc shunt tanpa beban

No	Masa Fly Wheel (Kg)	diameter Fly Wheel (cm)	Kecepatan Generator dc (rpm)	Tegangan output (volt)	Generator tanpa beban Prime Mover di Off kan		
					2 sekon	4 sekon	6 sekon
1	tanpa flywheel	0	4078	19.03 - 21.55	17.05	16.68	15.35
2	6.6	20	4066	13.85	13.22	12.9	12.32
3	8.5	20	4055	13.9	13.28	12.93	12.57
4	11.4	20	4047	13.6	13.04	12.57	11.93
5	15	30	4010	13.84	13.54	13.04	12.56
6	18.7	30	4042	13.77	13.17	13.1	12.75
7	21.7	30	4036	13.80	13.09	12.98	12.65
8	23.4	30	4023	13.56	13.32	12.98	12.86
9	26.3	30	4016	13.68	13.38	13.05	12.95
10	45.7	50	4005	13.77	13.59	13.47	13.26

b) Data Pengujian Generator dc shunt tanpa berbeban , seperti pada tabel 4 berikut ini :

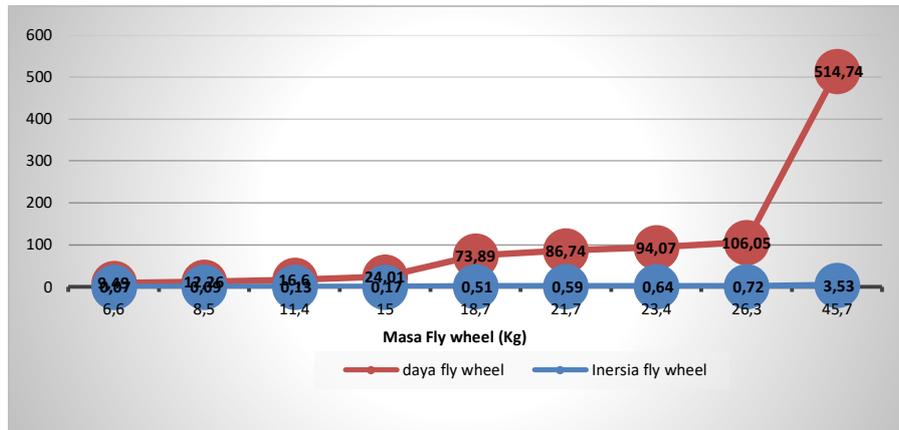
No	Masa Fly Wheel (Kg)	Tegangan output (volt)	tegangan Generator ber beban Prime Mover di Off kan			Arus Output (In) (A)	Arus Generator ber beban Prime Mover di Off kan		
			2 sekon	4 sekon	6 sekon		2 sekon	4 sekon	6 sekon
			1	tanpa flywheel	21.55		16.03	14.86	13.25
2	6.6	11.03	10.02	9.45	9.03	0.617	0.59	0.58	0.57
3	8.5	11.02	10.35	9.56	9.11	0.61	0.6	0.59	0.58
4	11.4	11.01	10.48	9.59	9.08	0.62	0.61	0.6	0.59
5	15	11.01	10.36	9.96	9.46	0.62	0.61	0.6	0.59
6	18.8	11.02	10.58	10.15	9.94	0.62	0.61	0.60	0.59
7	21.7	11.08	10.68	10.36	10.22	0.62	0.61	0.60	0.59
8	23.5	11.01	10.55	10.25	10.03	0.62	0.61	0.6	0.59
9	26.4	11.09	10.55	10.44	10.35	0.62	0.615	0.61	0.60
9	45.7	11.09	10.66	10.38	10.22	0.62	0.618	0.61	0.60

#### 2.4 Analisa Data

Dimensi dari *fly wheel* seperti diameter, masa dan tebal serta bahan baku *fly wheel* merupakan Parameter utama yang sangat dibutuhkan untuk menentukan besarnya energi inersia yang kemudian akan diubah menjadi energi gerak. Setelah *fly wheel* dihubungkan dalam sistem yang terdiri dari *prime mover* dan generator dc seperti pada gambar 3., maka kecepatan sudut, percepatan sudut dan inersia *fly wheel* dapat diketahui. Dari tabel 1., bahwa dimensi *fly wheel* sangat berpengaruh terhadap energi inersia yang tersimpan oleh *fly wheel* misalnya *fly wheel* 6,6 kg, diameter 20 cm, kecepatan sudut 1420 rpm menghasilkan inersia sebesar 0.03 kg.m<sup>2</sup> sedangkan *fly wheel* 45.7 kg diameter 50 cm, kecepatan sudut 1255 rpm menghasilkan inersia sebesar 1.43 Kg.m<sup>2</sup>, hubungan antara masa, diameter dan inersia dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Sistem Penyimpan energi Inersia Fly Wheel



Gambar 4. Hubungan masa,diameter,inersia dan daya masing-masing Fly Wheel

Dari tabel 2, diperoleh data inersia dari berbagai ukuran dan masa fly wheel, data tersebut digunakan untuk mengetahui kecepatan sudut, percepatan sudut, torsi dan daya fly wheel. Dengan menggunakan persamaan 1,2,3 dan 4 besaran-besaran tersebut dari masing-masing dimensi fly wheel dapat dicari, yaitu:

- a. Kecepatan sudut fly wheel dengan masa fly wheel 45,7 Kg, diameter 50 cm, kecepatan prime mover 1255 rpm, sehingga kecepatan sudut nya adalah :

$$\omega = \frac{n \cdot 2\pi}{60} = \frac{1255 \cdot 2 \cdot 3,14}{60} = 148,1 \text{ m/s}$$

- b. Percepatan Sudut Fly Wheel , dengan masa fly wheel 45,7 Kg, diameter 50 cm, kecepatan prime mover 1255 rpm, sehingga percepatan sudut nya adalah:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{148,1}{60} = 2,47 \text{ rad/s}$$

- c. Torsi Fly wheel , dengan masa fly wheel 45,7 Kg, diameter 50 cm, kecepatan prime mover 1255 rpm, sehingga percepatan sudut nya adalah:

$$T = I \times \alpha = 1,43 \times 2,47 = 3,53 \text{ N.m}$$

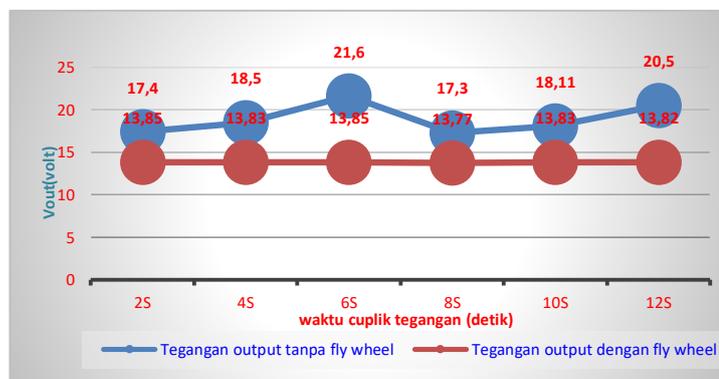
- d. Daya output Fly wheel , dengan masa fly wheel 45,7 kg, diameter 50 cm, kecepatan prime mover 1255 rpm, sehingga daya output fly wheel adalah:

$$P = \frac{T \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{3,53 \times 2 \times 3,14 \times 1255}{60 \cdot 1000} = 463,69 \text{ watt}$$

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pengujian Generator dc tanpa beban

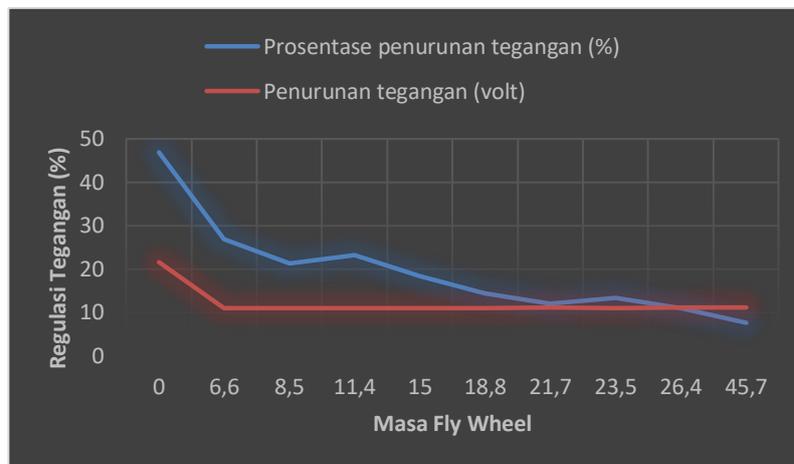
Pada pengujian generator dc tanpa beban, kecepatan prime mover yang bersumber dari motor induksi tiga fasa diseting pada kecepatan 1450 rpm. Kecepatan ini akan mempengaruhi kecepatan sudut pada masing masing dimensi fly wheel. Perubahan masa dan kecepatan sudut pada fly wheel menyebabkan energi yang di salurkan ke generator juga berubah sehingga mempengaruhi tegangan keluaran generator tersebut, seperti terlihat pada gambar 5. berikut ini :



Gambar 5. Tegangan output generator

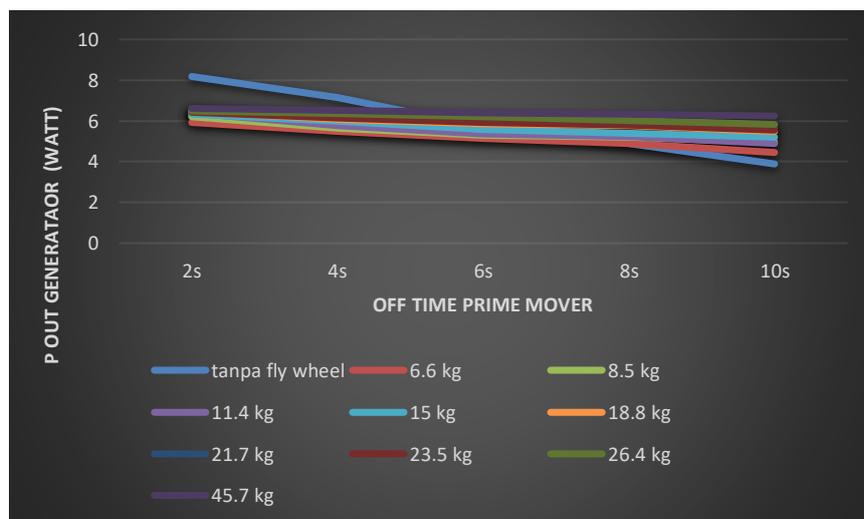
### 3.2 Hasil Pengujian Generator dc berbeban lampu.

Pengujian generator dc shunt berbeban lampu yaitu dengan memberikan energi putar pada sistem *fly wheel* sehingga generator dapat mensuplai daya kepada lampu. Besarnya energi putar yang diberikan kepada generator dibuat bervariasi berdasarkan dimensi *fly wheel*, dan hasil pengujian seperti pada tabel 4. Pada pengujian ini menggunakan sembilan jenis masa *fly wheel* dari 6.6 kg sampai 45.7 kg terhubung dengan generator dc yang terbebani lampu pijar sebesar 10 watt. Hasil pengujian yang ke 10 pada masa *fly wheel* 45.7 kg, diameter 50 cm memperlihatkan bahwa tegangan output generator sebesar 11.09 volt dengan arus 0.62 ampere, kemudian saat pengujian tegangan *prime mover* di offkan dari 2,4 dan 6 detik tegangan generator menjadi 10.66 , 10.38 dan 10.22 volt atau tegangan mengalami penurunan 0.87 volt atau sebesar 7.84 %. Tegangan keluaran generator yang menggunakan tambahan *fly wheel* relatif stabil dibandingkan yang tidak menggunakan yaitu mengalami penurunan dari 21.55 volt menjadi 13.25 volt atau sebesar 38.51 %, seperti gambar 6.



Gambar 6. Hubungan masa fly wheel dengan regulasi tegangan generator

Pengujian kestabilan tegangan generator juga mempengaruhi daya keluaran generator yaitu daya keluaran generator pada saat tidak menggunakan *fly wheel* cenderung tidak stabil yaitu pada saat pencuplikan dari 0 -10 detik kondisi *off time prime mover* daya keluaran generator dari 13,36 sampai 3,81 watt, sedangkan pada saat menggunakan *fly wheel* cenderung stabil, misalnya pada pengujian masa *fly wheel* 45,7 kg daya keluaran generator antara 6.25 sampai 6.87 watt, seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Hubungan masa fly wheel dengan daya output generator

## 4. Kesimpulan

Pada penelitian ini energi yang tersimpan pada *fly wheel* dimanfaatkan untuk menstabilkan tegangan keluaran generator dc. Fungsi *fly wheel* pada generator dc adalah menstabilkan putaran, misalnya jika terjadi drop/hilang tegangan, putaran *prime mover* seharusnya menurun sesaat tetapi dengan *fly wheel* putaran akan stabil sampai tegangan tersedia kembali. Hasil pengujian *fly wheel* untuk menstabilkan tegangan keluaran generator pada pengujian dengan masa *fly wheel* 45.7 kg, diameter 50 cm, tegangan output generator sebesar 11.09 volt menjadi 10.22 volt atau mengalami penurunan 0.87 volt atau sebesar 7.84 %.., sedangkan pengujian pada kondisi generator tidak menggunakan *fly wheel* tegangan keluaran mengalami penurunan dari 21.55 volt menjadi 13.25 volt atau sebesar 38.51 %.

Pengujian kestabilan tegangan generator juga mempengaruhi daya keluaran generator yaitu daya keluaran generator pada saat tidak menggunakan *fly wheel* cenderung tidak stabil yaitu pada saat pencuplikan dari 0 -10 detik kondisi *off time prime mover* daya keluaran generator menurun dari 13,36 menjadi 3,81 watt ,sedangkan pada saat menggunakan *fly wheel* cenderung stabil, misalnya pada pengujian masa *fly wheel* 45,7 kg daya keluaran generator antara 6.25 sampai 6.87 watt .

### UCAPAN TERIMAKASIH

Atas terselenggaranya penelitian ini, peneliti mengucapkan terima kasih kepada LPPM UMP yang telah mendanai penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mon, E. E., Khaing, C. C., & Lynn, A. zaw. (2019). Design, Construction and Performance Testing of 1 kW Pelton Turbine for Pico Hydro Power Plant. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 8(7), 192–196. <https://doi.org/10.7753/ijsea0807.1005>
- [2] Razali, R., & Stephan, S. (2017). Rancang Bangun Mesin Pembangkit Listrik Tanpa Bbm Berkapasitas 3000 Watt Dengan Memanfaatkan Putaran *Flywheel*. *Jurnal Media Elektro*, 45–48. <https://doi.org/10.35508/jme.v0i0.585>
- [3] Jumadi Tangko, Remigius Tandioga,(2019), Analisis Pembangkit Listrik Berbasis Flywheel, *Jurnal SINERGI* 2019, Volume 17 (1): 77-83 DOI :<http://dx.doi.org/10.31963/sinerigi.v17i1.1598>
- [4] Indara Maulana dkk, (2019), SELT Design as a Source of Renewable electricity using the Flywheel Generator and Photodiode Sensor, *Jurnal FIRST*, doi:10.1088/1742 ,6596/1500/1/012025
- [5] Lubis, S. (2019). Rancang Bangun Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 77–81. <https://doi.org/10.30596/rele.v1i2.3003>
- [6] Muh. M.F, Hari A.B,( 2014),Analisis Penyerapan Energi Kinetik pada Berbagai Variasi Kecepatan dan Inersia Flywheel, *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.5, No.3 Tahun 2014: 271-274
- [7] Priatama, I. (2014). Kajian Eksperimental Pengaruh Bentuk Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh). *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin FEMA*, 2(2), 98597.
- [8] Mustafa E. Amiryar \* and Keith R. Pullen,(2019)., A Review of Flywheel Energy Storage System Technologies and Their Applications, *Jounay Appl. Sci.* 2017, 7, 286;doi:10.3390/app7030286