

Rancang Bangun *Prototype Flywheel* Untuk Meningkatkan Kinerja Generator

Lutfi Arba Diantoro¹, Winarso², Arif Johar Taufiq³

Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Makalah

Dikirim, 17 Juli 2021
Direvisi, 30 November 2021
Diterima, 2 Desember 2021

Kata Kunci:

Flywheel, energi listrik, torsi, energi kinetik

Keyword:

Flywheel, Electrical energy, torque, energi kinetik

INTISARI

Kebutuhan energi listrik setiap tahun semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi di negara kita, energi listrik saat ini masih banyak memanfaatkan energi fosil sebagai energi utama. Untuk mencari energi listrik alternatif maka dapat memanfaatkan energi kinetik yang tersimpan pada flywheel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar energi kinetik yang terkandung dalam Flywheel, dengan cara mengetahui berapa lama waktu yang dihasilkan oleh flywheel berputar sampai berhenti saat motor listrik di putuskan sumber energinya. Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan besarnya energi Flywheel dengan berat 4,9 kg diameter 20 cm menghasilkan energi listrik 2,86 joule (watt-detik), berat 7,1 kg diameter 20 cm menghasilkan energi listrik 3,98 joule(watt-detik) dan berat 25 kg diameter 30 cm menghasilkan energi listrik 16,33 joule(watt-detik). Jadi semakin berat dan besar diameter flywheel maka energi listrik yang dihasilkan semakin besar.

ABSTRACT

The need for electrical energy is increasing every year in line with the economic growth in our country, electrical energy currently still uses fossil energy as the main energy. To find alternative electrical energy, it can utilize the kinetic energy stored in the flywheel. This study aims to determine how much kinetic energy is contained in the flywheel, by knowing how long the time produced by the flywheel rotates until it stops when the electric motor is disconnected from its energy source. Based on research that has been carried out the amount of energy Flywheel with a weight of 4.9 kg with a diameter of 20 cm produces electrical energy of 2.86 joules (watt-seconds), a weight of 7.1 kg with a diameter of 20 cm produces electrical energy of 3.98 joules (watt-seconds). and a weight of 25 kg with a diameter of 30 cm produces 16.33 joules of electrical energy (watt-seconds). So the heavier and larger the diameter of the flywheel, the greater the electrical energy produced.

Korespondensi Penulis:

Lutfi Arba Diantoro
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto
JL. Raya Dukuhwaluh, Purwokerto, 53182
Email:lutfiarba17@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Proses produksi pada sebuah pabrik *manufactur* adalah kegiatan yang selalu membutuhkan berbagai macam jenis mesin listrik seperti motor induksi, motor dc, motor sinkron dan juga generator. Mesin-mesin listrik tersebut merupakan pengkonversi energi dan selalu digunakan pada proses produksi, dimana pada mesin-mesin tersebut sumber energi digunakan dan dikonversikan menjadi kerja yang berguna,[1]. Pada beberapa jenis mesin listrik, saat proses kerja berlangsung, fluktuasi daya listrik sering terjadi dan mempengaruhi kecepatan motor listrik menjadi tidak stabil serta akan menghambat proses produksi pada industri *manufacture* tersebut. [2]

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. Energi kinetik yang terdapat pada sistem produksi mesin listrik dapat disimpan keberadaanya. *Flywheel*, atau dalam bahasa Indonesia sering disebut sebagai roda gila, digunakan dengan tujuan sebagai penyimpanan energi kinetik, sistem ini akan menyimpan energi saat suplai melebihi kebutuhan dan melepaskannya saat suplai lebih kecil dari kebutuhan. [3]

Penyimpan energi *flywheel* memperoleh energi kinetik dalam bentuk inersia putar dan memanfaatkan torsi dari *flywheel*, dan menyimpannya dalam bentuk energi putaran cukup besar, kemudian melepaskannya ketika sistem energi kinetik tersebut membutuhkannya secara langsung dengan sangat cepat dan mudah [4].

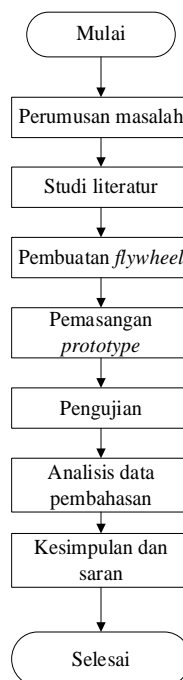
Beberapa faktor yang bisa mempengaruhi kinerja penyimpan energi *flywheel* antara lain material, geometri, panjang dari *flywheel*. *Flywheel* atau sering juga disebut roda gila seperti yang kita ketahui adalah sebuah komponen yang merupakan sebuah lempengan logam cor yang berbentuk lingkaran yang karena beratnya dapat menahan perubahan kecepatan yang drastis sehingga gerak putaran poros mesin menjadi lebih halus dan lebih stabil [5]. *Flywheel* dengan konstruksi berbentuk lingkaran padat memiliki kerapatan energi hingga ratusan kali lebih banyak dibandingkan dengan alat penyimpanan energi lainya seperti baterai atau kapasitor dan kelebihan dari *flywheel* dapat menyimpan dan melepaskan energi dengan lebih cepat dari alat penyimpanan lainnya[6].

Penelitian yang dilakukan oleh Razali yaitu Uji fungsi pada rancang bangun mesin pembangkit listrik tanpa bahan bakar minyak yang meliputi uji mekanisme dan uji sistem *flywheel* serta generator dan menyimpulkan bahwa alat uji daya ini mudah digunakan dan dipelajari tetapi tetap memberikan hasil belum optimal.[7]. Berdasarkan beberapa penelitian diatas, maka pada penelitian ini akan dirancang sistem penyimpan energi kinetik dengan menggunakan beberapa dimensi dan masa *flywheel* yang berbeda untuk menggerakan generator dc berbeban.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Flowchart Sistem

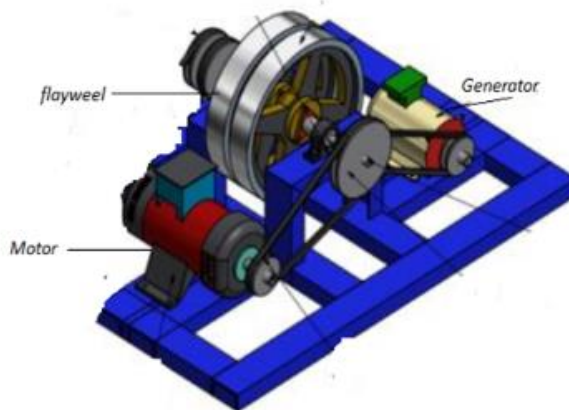
Penelitian sistem penyimpan energi kinetik *flywheel* dilaksanakan di Laboratorium Mesin Listrik, Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Purwokerto dimulai dengan studi literatur dilanjutkan dengan perancangan dimensi dan masa *flywheel*. Perakitan sistem dari mesin *prime mover*, generator dan *flywheel* di letakan dalam konstruksi besi dan dihubungkan dnegan roda *pully*. Pengujian dilakukan dengan memberikan energi putar dari *prime mover* kepada sistem. Langkah berikutnya adalah mencatat data pengujian berupa besaran listrik seperti tegangan, arus dan lama *flywheel* menyimpan energinya. Berikut diagram alir penelitian seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Prototype Sistem Penyimpan Energi Kinetik Flywheel

Sistem penyimpanan energi kinetik flywheel terdiri dari mesin penggerak berupa motor induksi tiga fasa, generator dc dan sistem Flywheel. Unit penyimpan energi kinetik ini di tempatkan pada kanal besi dengan terhubung dengan roda pully antar komponennya, sistem ini ditunjukkan seperti gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. *Prototype Penguji Flywheel*

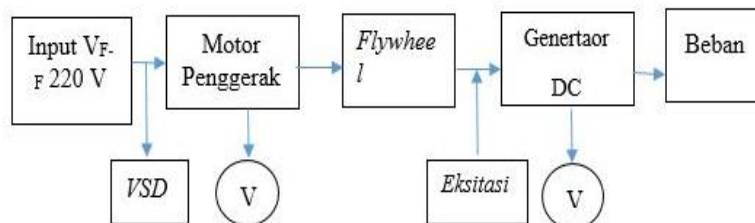
Berikut adalah komponen-komponen pada prototipe sistem penguji *flywheel* :

- Motor listrik 1 HP 3 fasa / 1420 RPM
- Generator DC 12 volt
- Dimensi krangka *Prototype Flywheel* (10 cm, 15 cm dan 30 cm)
- Diameter *Pully flywheel* = 3 in
- Diameter *Pully motor* = 5 in
- Diameter *Pully generator* = 4 in
- Panjang V- Belt Motor listrik – Poros *Flywheel* = 34 Cm tipe B
- Panjang V-Belt Generator – Poros *Flywheel* = 32 Cm tipe B

2.3. Alur Pengujian Flywheel

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian *flywheel* seperti pada gambar 3. berikut ini :

- Sistem tegangan 220 Vac di ubah oleh *variabel speed drive* (VSD) menjadi tegangan tiga fase 380 vac dan berfungsi sebagai pengatur kecepatan untuk motor tiga fasa.
- VSD akan mengatur kecepatan yang di inginkan.
- Motor penggerak akan memutar *Flywheel* dan mengkopel generator dc serta mensuplai beban listrik.
- Flywheel* akan memberikan tenaga yang tersimpannya saat energi yang diberikan ke motor dikurangi atau dihilangkan
- Energi yang diberikan ke generator adalah energi dari motor listrik dan energi kinetik yang tersimpan di *flywheel*.
- Energi kinetik yang tersimpan di *flywheel* tersebut digunakan untuk mensuplai lampu.

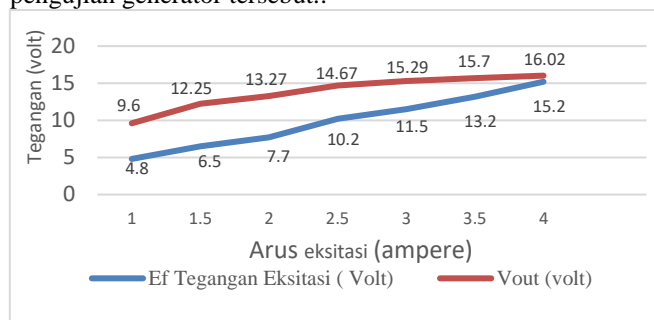


Gambar 3. *Alur Pengujian Flywheel*

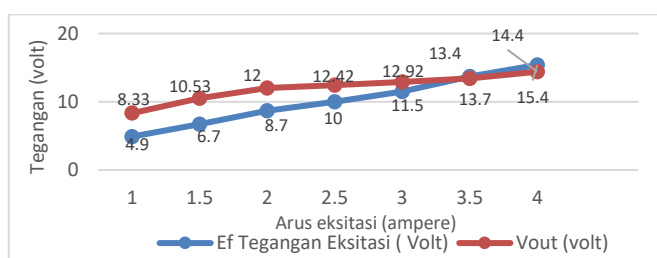
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian *Flywheel* - generator tanpa beban

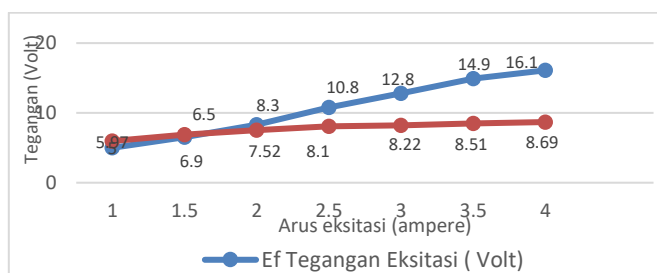
Melakukan uji tegangan pada generator dc dengan bervariasi arus eksitasi dan kecepatan, berikut adalah gambar pengujian generator tersebut..



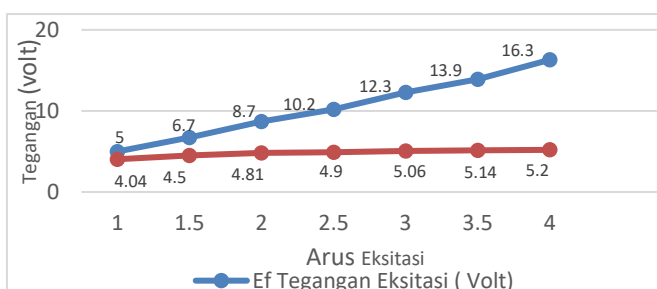
Gambar 4. Pengujian tegangan pada kecepatan 1035 rpm



Gambar 5. Pengujian tegangan pada kecepatan 850 rpm



Gambar 6. Pengujian tegangan pada kecepatan 500 rpm

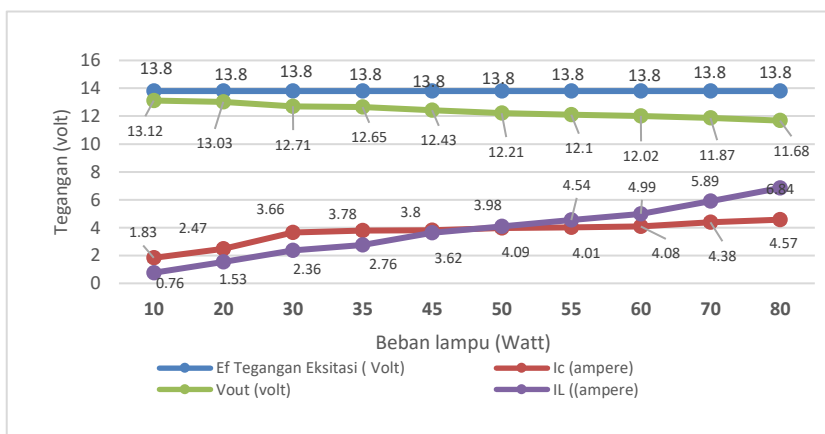


Gambar 7. Pengujian tegangan pada kecepatan 250 Rpm

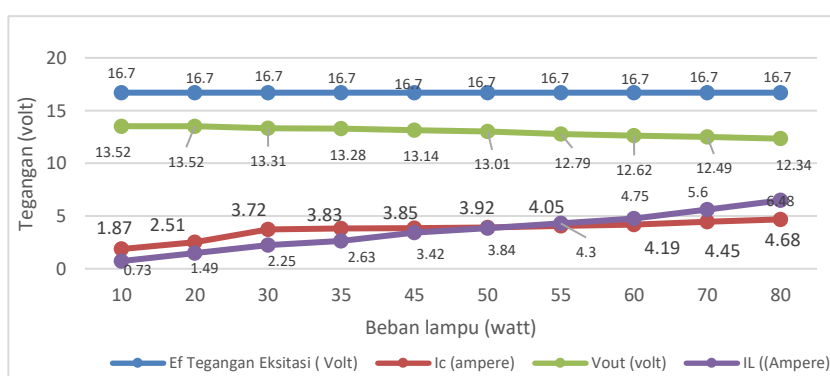
Pengujian tegangan keluaran generator dilakukan dengan mengubah kecepatan (rpm) dan mengubah arus eksitasi I_f , dari gambar 4,5,6 dan 7 terlihat bahwa tegangan keluaran generator tanpa beban terhubung *flywheel* mengalami kenaikan saat tegangan eksitasi dan kecepatan dinaikkan. Demikian juga tegangan keluaran juga turun saat eksitasi dan kecepatan juga diturunkan.

3.2. Pengujian *Flywheel* Generator Berbeban

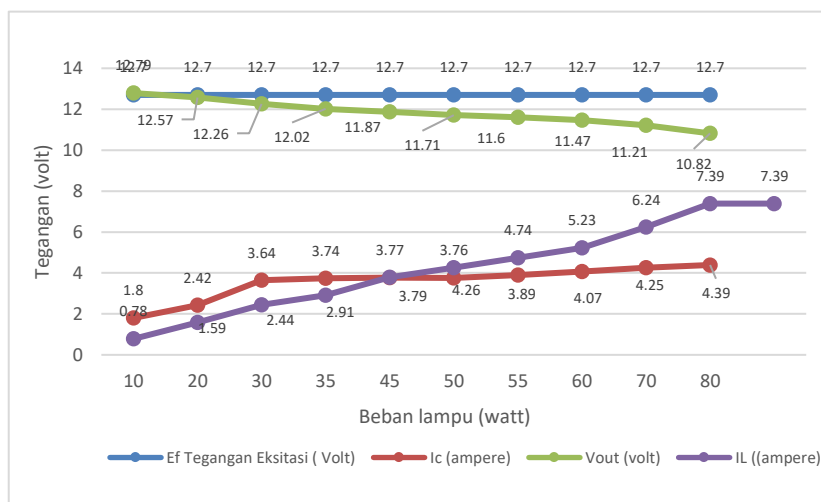
Pengujian tegangan output generator dalam kondisi berbeban dengan bervariasi arus eksitasi I_f 3.5 dan 4 ampere pada kecepatan 1503 rpm, lihat gambar 8, 9 dan 10. berikut ini :



Gambar 8. Pengujiian pembebanan generator ,arus eksitasi 4 A, kecepatan 1035 Rpm



Gambar 9. Pengujiian pembebanan generator ,arus eksitasi 3.5 A, kecepatan 1035 Rpm

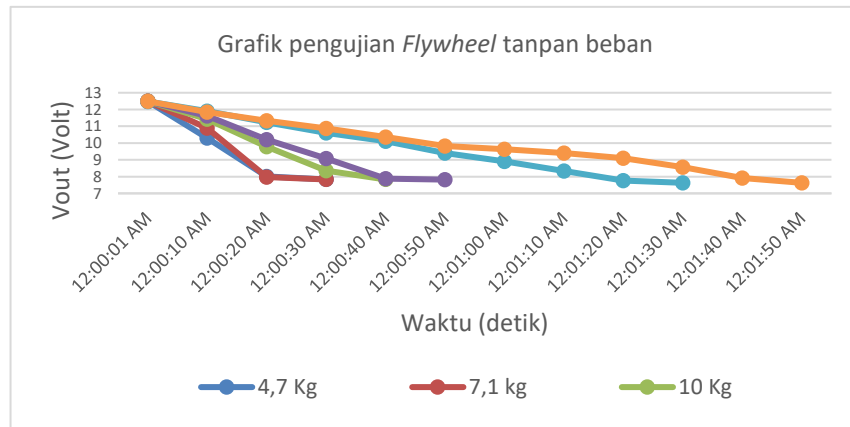


Gambar 10. Pengujiian pembebanan generator ,arus eksitasi 3 A, kecepatan 1035 Rpm

Pengujiian generator berbeban lampu pijar dengan kecepatan 1503 rpm, pada pembebanan maksimum 80 watt, arus ekistasi 3, 3,5 dan 4 amper maka tegangan output generator adalah 10.82 V; 12.34 dan 11.68 volt dan arus bebannya adalah 7.39 A; 6.48 A dan 6.84 A. Dari hasil tersebut bahwa tegangan keluaran generator terpengaruh oleh besarnya beban lampu pijar dan terpengaruh oleh arus eksitasi.

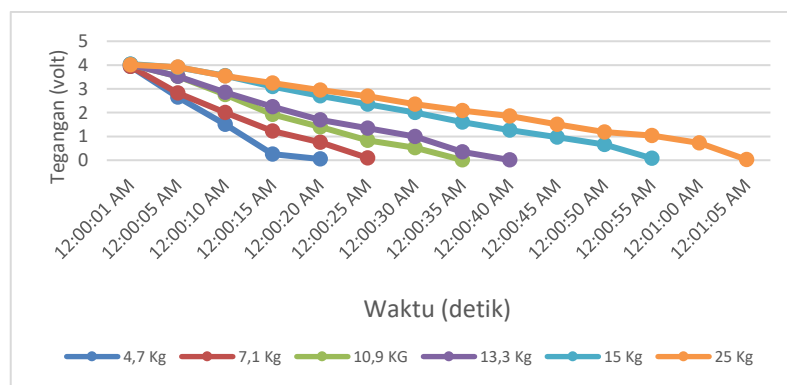
3.3. Pengujiian Dimensi Dan Masa *Flywheel* Tanpa Beban

Pengujiian energi kinetik *flywheel* dilakukan dengan tanpa beban, yaitu mengukur waktu *flywheel* berputar sesaat motor di offkan sampai *flywheel* berhenti, lihat gambar 11. berikut ini :

Gambar 12. Grafik pengujian *flywheel* tanpa beban

Pada pengujian *flywheel* berputar dengan lamanya waktu yang dihasilkan dari energi *Flywheel* itu sendiri, terlihat berat 4,7 Kg memiliki waktu yang paling singkat dan *flywheel* dengan berat 25 Kg memiliki waktu paling lama yaitu 1 menit 48 detik. Karena semakin berat dan besar diameter *flywheel*, maka torsi yang dimiliki *flywheel* akan semakin besar.

3.4. Pengujian *Flywheel* Menggunakan Beban Lampu 5 Watt 12 Volt

Gambar 13. Grafik pengujian *flywheel* menggunakan beban lampu 5 watt 12 volt

Pengujian *flywheel* terbebani lampu 5 watt dengan variasi masa dan dimensi menunjukan bahwa energi yang tersimpan pada *flywheel* lebih banyak pada masa 25 kg dengan waktu 68 detik dan pada *flywheel* dengan berat 4,7 kg hanya dapat berputar dengan waktu 20 detik, ditunjukan pada gambar 13. Dari pengujian berbebani lampu 5 watt dapat menghitung energi yang dihasilkan dari *flywheel* sebagai berikut :

- a. Perhitungan Energi berat 4,7 Kg dan diameter *flywheel* 20 cm berbebani lampu 5 watt 12 volt .

$$V_{rata-rata} = \frac{V_{total}}{t} =$$

$$V_{rata-rata} = \frac{28,65}{18} = 1,59 \text{ Volt}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{I_{total}}{t} =$$

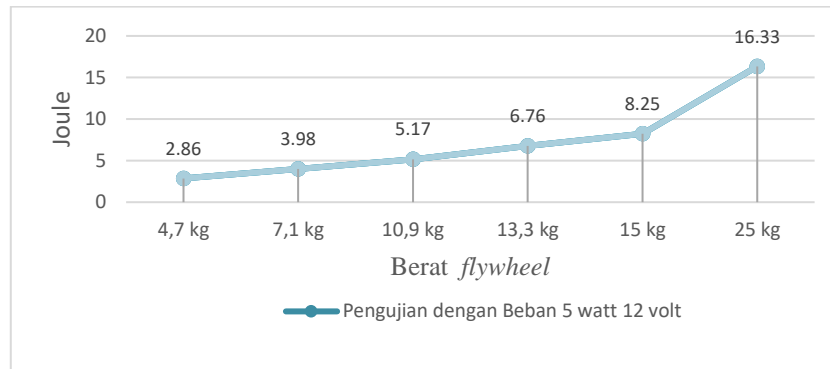
$$I_{rata-rata} = \frac{1,84}{18} = 0,1 \text{ Ampere}$$

Menghitung Energi yang di hasilkan

$$W = V \times i \times t$$

$$= 1,59 \times 0,1 \times 18$$

$$= 2,86 \text{ watt - detik}$$



Gambar 14. Energi yang di hasilkan oleh beberapa *flywheel*

Dari gambar 14 dapat dijelaskan bahwa pengujian energi *flywheel* dilakukan dengan cara mematikan sumber motor listrik dan menghitung lamanya *flywheel* berputar sampai berhenti, dapat dilihat bahwa *Flywheel* dengan berat 4,7 kg memiliki energi 2.86 joule sedangkan *flywheel* dengan berat terbesar 25 kg memiliki energi 16,33 joule menunjukan, semakin berat dan besar diameter *flywheel* maka memiliki energi yang besar, karena semakin berat dan besar *flywheel* semakin besar pula torsinya.

3.5. Perhitungan Moment Inersia Dan Torsi

Untuk mengetahui energi yang tersimpan pada *flywheel* dengan variasi masa dan dimensi maka dapat dihitung dengan rumus moment inersia, kecepatan, percepatan, torsi dan daya yang di hasilkan *flywheel*, yaitu:

A. Masa *flywheel* 4,7 kg, dan diameter *flywheel* 20 cm :

Moment inersia :

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{2} \times M \times R^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 4,7 \times 0,01 \\
 &= 0,0235 \text{ kg m}^2
 \end{aligned}$$

Kecepatan sudut *flywheel* :

$$\begin{aligned}
 \Delta\omega &= \frac{n \times 2\pi}{60} \\
 &= \frac{1503 \times 2 \times 3,14}{60} \\
 &= 157,314 \text{ rad / s}
 \end{aligned}$$

Percepatan sudut :

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \\
 &= \frac{157,314}{60} \\
 &= 2,621 \text{ rad / s}^2
 \end{aligned}$$

Torsi *flywheel* :

$$\begin{aligned}
 T &= I \times \alpha \\
 &= 0,0235 \times 2,613 \\
 &= 0,0614 \text{ N m}
 \end{aligned}$$

Daya yang dihasilkan *flywheel* :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{T \times 2\pi \times n}{60000} \\
 P &= \frac{0,0614 \times 2 \times 3,14 \times 1503}{60000} \\
 &= 0,0097 \text{ kw} \\
 &= 9,7 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

B. Masa *flywheel* 7,1 kg dan diameter *flywheel* 20 cm

Moment inersia :

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} \times M \times R^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 7,1 \times 0,01 \\ &= 0,0355 \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

Kecepatan sudut *flywheel* :

$$\begin{aligned} \Delta\omega &= \frac{n \times 2\pi}{60} \\ &= \frac{1503 \times 2 \times 3,14}{60} \\ &= 157,314 \text{ rad / s} \end{aligned}$$

Percepatan sudut :

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \\ &= \frac{157,314}{60} \\ &= 2,621 \text{ rad / s}^2 \end{aligned}$$

Torsi *flywheel* :

$$\begin{aligned} T &= I \times \alpha \\ &= 0,0355 \times 2,621 \\ &= 0,093 \text{ N m} \end{aligned}$$

Daya yang dihasilkan *flywheel* :

$$\begin{aligned} P &= \frac{T \times 2\pi \times n}{60000} \\ &= \frac{0,093 \times 2 \times 3,14 \times 1503}{60000} \\ &= 0,014 \text{ kw} \\ &= 14 \text{ watt} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui moment inersia, torsi dan daya yang dihasilkan oleh variasi *flywheel*, maka dapat dilihat pada tabel 1. berikut ini :

Tabel . 1 Hasil Perhitungan Moment Inersia Dan Torsi

Masa <i>Flywheel</i>	4,7 kg	7,1 kg	13,9 kg	15 kg	25 kg
Moment inersia	0,0235 kg m ²	0,0355 kg m ²	0,0545 kg m ²	0,15 kg m ²	0,25 kg m ²
Kecepatan	157,314 rad / s	157,314 rad / s	157,314 rad / s	157,314 rad / s	157,314 rad / s
percepatan	2,621 rad / s ²	2,621 rad / s ²	2,621 rad / s ²	2,621 rad / s ²	2,621 rad / s ²
Torsi	0,0614 N m	0,093 N m	0,142 N m	0,391 Nm	0,65 N m
Daya yang dihasilkan <i>flywheel</i>	9,7 watt	14 watt	27 w	60 watt	100 watt

Tabel 1. menunjukkan bahwa berat dan besar diameter *flywheel* memiliki pengaruh terhadap besarnya torsi dan daya yaitu pada berat *flywheel* 4,7 kg memiliki torsi 0,0614 Nm sedangkan pada *flywheel* dengan berat 25 kg memiliki torsi 0,65 Nm, dari perbedaan torsi yang cukup besar berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh *flywheel* yaitu *flywheel* dengan berat 4,7 kg memiliki daya 9,7 watt, sedangkan 25 kg memiliki daya 100 watt.

4. KESIMPULAN

Flywheel merupakan salah satu penyimpan energi yang dapat digunakan untuk menyimpan energi kinetik dan dapat diubah ke energi lain. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pengujian *flywheel* maka diperoleh kesimpulan bahwa *flywheel* dengan masa 4,7 kg dapat menghasilkan torsi sebesar 0,0614 Nm dan daya listrik sebesar 9,7 watt. Besarnya energi ini berbanding lurus dengan dimensi dan masa yang dikandungnya yaitu pada flywheel dengan masa 15 kg dan 25 kg besarnya daya yang dihasilkan adalah 60 watt dan 100 watt. Dari hasil penelitian tersebut maka flywheel dapat diterapkan pada beberapa sistem konversi energi misalnya flywheel di terapkan pada sistem pembangkit listrik pikohidro, flywheel akan menyimpan kelebihan energi sementara yang dihasilkan oleh turbin air dan akan dikeluarkan saat putaran energi masuk turbin berkurang dan diharapkan akan menstabilkan putaran dan tegangan keluaran pembangkit pikohidro.

Untuk meningkatkan daya simpan pada flywheel maka untuk penelitian selanjutnya dalam merancang dimensi flywheel harus memperhitungkan jarak ukuran pully agar kecepatan dapat lebih tinggi sehingga energi yang tersimpan lebih lama, melakukan uji getaran dan memperhitungkan kekuatan rangka konstruksi flywheel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djiteng Marsudi, Ir (2005)., "Pembangkitan Energi Listrik", Ciracas Jakarta, Penerbit Erlangga.
- [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.
- [3] British Electricity International (1991). *Modern Power Station Practice: incorporating*.
- [4] Fakhrunnisa, R. (2015). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Menggunakan Roda Gila (*Flywheel*). Jurnal Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [5] Rachmawan, A. P., Ariana, I. M., & Gerianto, I. (2014). Analisa Pengaruh Flywheel Daan FiringOrder Terhadap Proses Kerja Mesin Diesel. 1(1), 1–6.
- [6] Sitepu, A., Sinaga, J., & Sugiri, A. (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.
- [7] Rokhim, M. A., & Alfi, I. (2019). Rancang Bangun Generator Listrik Overunity Dengan Memanfaatkan Energi Yang Tersimpan Pada Flywheel (Roda Gila). Teknosains. <http://eprints.uty.ac.id/3353/>.

