

# KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH MASSA *FLYWHEEL* TERHADAP KINERJA KINCIR AIR DENGAN SISTEM TRANSMISI BERTINGKAT PADA SALURAN IRIGASI

Ari Setiawan<sup>[1]</sup>, Asral<sup>[2]</sup>, Musthafa Akbar<sup>[3]</sup>

Laboratorium, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Riau kampus Bina Widya Km.12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293.

<sup>[1]</sup>arisetiawan.tmesin@gmail.com, <sup>[2]</sup>asral\_2008@yahoo.com <sup>[3]</sup>akbarmst@gmail.com

## Abstract

*A study of flywheel mass variation is done in order to keeping the undershot waterwheel performance as a picohydro scale power plant. Testing is done with the available mass variation and in pair on each the four-shaft multilevel transmission system. From the test it is know that fluctuation of generator rotation decreases with increased flywheel mass, where the decrease of fluctuation occurred in flywheel mass 11.05 Kg and 14.63 Kg, while the constant rotation of the generator on the flywheel mass 26.54 Kg and 42 Kg. The optimal mounting position to reduce the fluctuation of rotation is the nearest position on the generator is on the fourth shaft. Influence of flywheel mass variation and mounting at transmission level, can be seen through the graph of fluctuation correlation of generator rotation with flywheel mass, indicates that the installation is on fourth shaft there was a decrease of fluctuation along with the addition of flywheel mass, so it affects the power generated generator.*

**Keywords :** *Flywheel, Fluctuation, Waterwheel, Irrigation, Picohydro*

## 1. Pendahuluan

Pembangkit listrik tenaga air pikohidro dan mikrohidro merupakan sebuah alat alternatif yang memanfaatkan saluran air irigasi atau sungai-sungai kecil yang ada pada daerah pedesaan pada umumnya untuk memutar kincir air kemudian menggerakkan generator yang menghasilkan energi listrik. Perubahan debit air menyebabkan putaran kincir menjadi tidak konstan, hal ini akan mempengaruhi listrik yang dihasilkan generator. Maka perlu suatu alat untuk mengurangi kecepatan putaran kincir air yang drastis sehingga gerakan putaran kincir menjadi lebih stabil yaitu *flywheel*.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh beberapa orang peneliti berkaitan dengan *flywheel* diantaranya yaitu, Aminudin [1] melakukan penelitian aplikasi *flywheel* energi *storage* untuk meningkatkan dan menjaga kinerja pembangkit listrik tenaga mikrohidro, dimana dari hasil penelitiannya diperoleh bahwa sepuluh buah *flywheel* berbentuk cakram pejal bermassa sama yang diaplikasikan pada shaft turbin miniplant mikrohidro tersebut ternyata energi kinetik dan torsinya meningkat 0,825 sampai 6,212 joule dan 0,009 sampai 0,045 kg.m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> seiring dengan peningkatan variasi jari-jari 0,055 sampai 0,15 m selama *flywheel* tersebut berputar dengan kecepatan sudut yang sama, terlihat dari hasil bahwa semakin besar jari-jari dengan massa yang sama semakin meningkat energi kinetik rotasi.

Suryawanshi [2] melakukan penelitian mengenai studi eksperimental massa ganda roda gila dan massa konvensional roda gila pada mesin dua langkah. Dimana hasilnya menunjukkan perbandingan *output* daya dari massa ganda lebih

besar peningkatannya sekitar 7 sampai 8 % dari pada massa roda gila konvensional, begitu juga dilihat dari efisiensi roda gila dengan massa ganda lebih besar 5 sampai 6 % dari pada roda gila konvensional.

Widodo [3] melakukan penelitian pengaruh massa roda gila (*flywheel*) terhadap konsumsi bahan bakar pada motor diesel stasioner satu silinder. Tujuan dari penelitiannya untuk menganalisa pengaruh penambahan massa roda gila (*flywheel*) pada motor diesel stasioner satu silinder terhadap kinerja mesin sehingga diketahui bagaimana hasil perbandingan konsumsi bahan bakar. Dari hasil penelitian dan pengujian penambahan massa roda gila yang dilakukan pada semua putaran (rpm). Pemakaian bahan bakar cenderung menurun seiring bertambahnya massa roda gila, di mana penurunan konsumsi bahan bakar terjadi pada massa roda gila 15,5 kg dan 19 kg, dari hasil dapat dilihat karena seiring penambahan roda gila mampu menjaga dan menyimpan energi sehingga menurunkan konsumsi bahan bakar.

Marwanto [4] merancang dan membuat kincir air sudu plat datar tipe air arus bawah dengan kombinasi pompa spiral pada saluran irigasi di Desa Koto Tibun, Kecamatan Kampar, melalui proyek Tugas Akhir Universitas Riau. Dari penelitian kincir air menggunakan sistem transmisi bertingkat untuk meneruskan daya mekanik kincir sehingga memutar generator listrik. Penelitian tersebut memvariasikan ketinggian air pada saluran irigasi dengan ketinggian air 0.82 m dan terendah yaitu 0.59 m. Pemasangan kombinasi pompa spiral dengan turbin air sebagai pembangkit listrik ini akan mempengaruhi ketinggian air yang mengalami

kenaikan rata-rata 5 cm, debit keluaran pompa spiral yang mengalami penurunan 0.14 l/s.

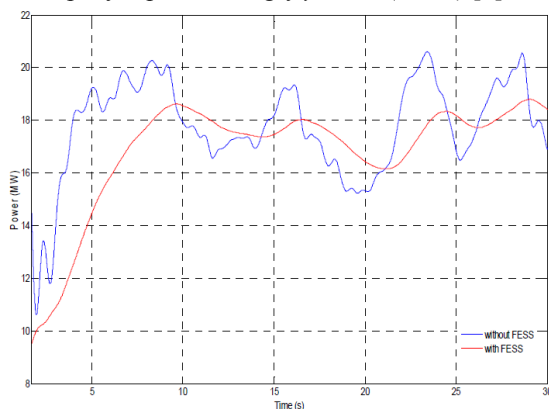
Berdasarkan uraian diatas massa *flywheel* berpengaruh terhadap prestasi mesin. Namun belum banyak yang melakukan pengujian *flywheel* pada kincir air sebagai pembangkit listrik skala pikohidro/mikrohidro. Berdasarkan penelitian tersebut penulis melakukan pengujian variasi jumlah massa *flywheel* pada sistem transmisi bertingkat untuk pembangkit listrik tenaga air pikohidro. Pengujian dilaksanakan langsung di sebuah saluran irigasi.

*Flywheel* adalah suatu massa berputar yang digunakan sebagai suatu reservoir energi dalam sebuah mesin. Energi kinetik suatu beban yang berputar dinyatakan sebagai:

$$1/2 I_O \omega^2$$

Di mana  $I_O$  adalah momen inersia massa dari beban terhadap sumbu putar dan  $\omega$  adalah kecepatan sudut perputaran. Apabila kecepatan berkurang, energi akan dilepaskan oleh roda gila dan sebaliknya, jika kecepatan bertambah energi akan disimpan di dalam roda gila [5]. Jadi, *flywheel* adalah suatu massa yang berputar yang dipergunakan sebagai penyimpan tenaga didalam mesin. Tenaga yang disimpan dalam *flywheel* berupa tenaga kinetik. Seperti yang kita ketahui adalah sebuah komponen yang terdapat pada semua kendaraan roda empat, merupakan sebuah piringan yang karena beratnya dapat menahan perubahan kecepatan yang drastis sehingga gerak putaran poros mesin menjadi lebih halus [6].

kontrol pengendalian untuk menyeimbangkan fluktuasi daya listrik pada kincir angin dengan sistem penyimpanan energi *flywheel* (FESS) [7].



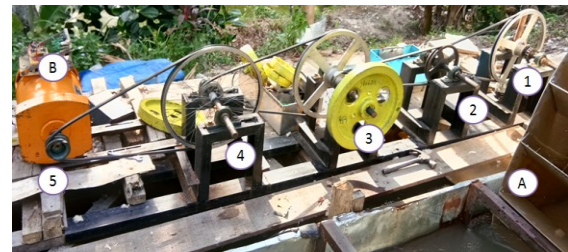
Gambar 1. Kurva *output* daya aktif dari kincir angin dengan / tanpa FESS

Dapat dilihat dari Gambar 1 bahwa ada kreasi yang lebih besar dalam *output* daya aktif kincir angin tanpa FESS meskipun DFIG beroperasi di bawah strategi pengendalian MPPT. Setelah menggunakan FESS, strategi kontrol yang diusulkan mengurangi fluktuasi daya angin secara signifikan tanpa mempengaruhi efisiensi

pemanfaatan energi angin. Koefisien halus hanya 25% dari itu tanpa FESS.

## 2. Metodologi

Pengujian dilakukan langsung dilapangan yaitu pada sistem transmisi bertingkat pembangkit listrik tenaga air skala pikohidro yang memanfaatkan saluran irigasi. Dilakukan pengujian pada sistem transmisi agar penelitian ini memberikan pengetahuan atas pengaplikasian sebuah massa *flywheel* yang sesuai untuk menjaga kinerja pembangkit listrik skala pikohidro. Pengujian dilakukan dengan mekanisme seperti terlihat pada Gambar 2.



Keterangan gambar:

- A. Kincir air
- B. Generator listrik
- 1. Poros transmisi 1
- 2. Poros transmisi 2
- 3. Poros transmisi 3
- 4. Poros transmisi 4
- 5. Poros generator

Gambar 2. Mekanisme Pengujian *Flywheel* Pada Sistem Transmisi

Pengujian variasi massa *flywheel* dengan metode pemasangan pada tiap-tiap poros, kemudian diukur putaran poros dengan *tachometer* dan tegangan listrik pada generator. Sehingga dapat diketahui kecepatan putaran poros generator dan daya listrik yang dihasilkan. Untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan generator dengan cara menambah beban berupa resistor.

Adapun variasi massa *flywheel* dalam pengujian dapat dilihat pada Gambar 3 dan dimensi *flywheel* dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Variasi massa *flywheel*

Tabel 1. Variasi massa *flywheel* dan dimensi

| No | Massa <i>Flywheel</i> (Kg) | Diameter |
|----|----------------------------|----------|
|    |                            | (cm)     |
| 1  | 1.76                       | 17       |
| 2  | 3.44                       | 18       |
| 3  | 5.75                       | 21.5     |
| 4  | 11.05                      | 33.5     |
| 5  | 14.63                      | 36       |
| 6  | 26.54                      | 42.5     |
| 7  | 42                         | 42       |

Untuk proses pengambilan data dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Alat dalam proses pengujian *flywheel* disiapkan.
2. Pemasangan *flywheel* pada poros transmisi seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemasangan *flywheel* pada poros transmisi

3. Pengukuran kecepatan putaran masing-masing poros transmisi menggunakan *tachometer* seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengukuran kecepatan putaran pada poros transmisi

4. Pengukuran voltase pada generator dengan menggunakan *multitester* seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengukuran voltase pada generator listrik

5. Variasi massa *flywheel* dilakukan dengan memasang pada setiap poros transmisi secara bergantian. Untuk setiap massa *flywheel* dilakukan pengukuran kecepatan putaran poros transmisi, generator dan pengukuran voltase pada generator listrik.
6. Hasil pengukuran dan data variasi massa *flywheel* dicatat.

### 3. Hasil

Pada Tabel 2 s/d Tabel 5 disajikan data pengujian *flywheel* pada ke empat poros transmisi berdasarkan ketinggian air optimum yaitu 0.90 m dan hasil perhitungan yang telah dilakukan.

Tabel 2 Data pengujian *flywheel* poros ke satu

| Massa <i>flywheel</i> (kg) | Putaran generator (rpm) | Rata-rata (rpm) | Range Fluktuasi | Daya Listrik (Watt) |
|----------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| TF                         | 489 - 515               | 502             | 26              | 1.04 – 3.37         |
| 1.75                       | 489 – 515               | 502             | 26              | 1.04 – 3.37         |
| 3.44                       | 489.2 – 515.2           | 502.2           | 26              | 1.04 – 3.37         |
| 5.75                       | 485.2 – 511.2           | 501.9           | 26              | 1.04 – 3.37         |
| 11.05                      | 489.9 – 513.9           | 501.9           | 24              | 3.08 – 1.12         |
| 14.63                      | 490.9 – 512.9           | 501.8           | 22              | 2.80 – 1.21         |
| 26.54                      | 490.2 – 510.2           | 501.8           | 20              | 2.80 – 1.21         |
| 42                         | 490 - 506               | 501.7           | 16              | 2.53 – 1.21         |

Tabel 3 Data pengujian *flywheel* poros ke dua

| Massa <i>flywheel</i> (kg) | Putaran generator (rpm) | Rata-rata (rpm) | Range Fluktuasi | Daya Listrik (Watt) |
|----------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| TF                         | 489 - 515               | 502             | 26              | 3.37 – 1.04         |
| 1.75                       | 489 – 515               | 502             | 26              | 3.37 – 1.04         |
| 3.44                       | 489.1 – 515.1           | 502.1           | 26              | 3.37 – 1.04         |
| 5.75                       | 489.5 – 514.5           | 502             | 25              | 2.94 – 0.80         |
| 11.05                      | 490.9 – 512.9           | 501.9           | 22              | 2.66 – 1.04         |
| 14.63                      | 492.1 – 512.1           | 502.1           | 20              | 2.55 – 1.04         |
| 26.54                      | 494.4 – 509.4           | 501.9           | 15              | 2.66 – 1.12         |
| 42                         | 495.8 – 507.8           | 501.8           | 12              | 2.40 – 1.04         |

Tabel 4 Data pengujian *flywheel* poros ke tiga

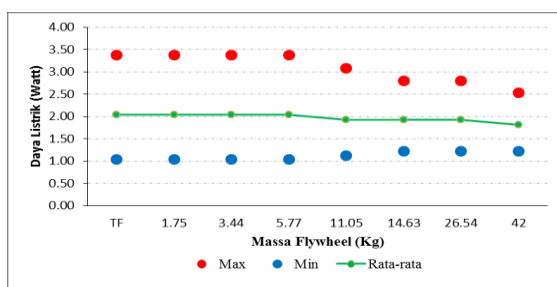
| Massa <i>flywheel</i> (kg) | Putaran generator (rpm) | Rata-rata (rpm) | Range Fluktuasi | Daya Listrik (Watt) |
|----------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| TF                         | 489 - 515               | 502             | 26              | 1.04 - 3.37         |
| 1.75                       | 489 - 515               | 502             | 26              | 1.04 - 3.37         |
| 3.44                       | 489.1 - 515.1           | 502.1           | 26              | 3.08 - 3.08         |
| 5.75                       | 490.2 - 514.2           | 502.1           | 24              | 0.96 - 3.22         |
| 11.05                      | 493.5 - 510.5           | 502.2           | 17              | 1.30 - 2.80         |
| 14.63                      | 495 - 509               | 502             | 14              | 1.12 - 2.53         |
| 26.54                      | 499.7 - 504.7           | 502.2           | 5               | 1.40 - 2.53         |
| 42                         | 500.5 - 502.5           | 501.5           | 2               | 1.40 - 2.28         |

Tabel 5 Data pengujian *flywheel* poros ke empat

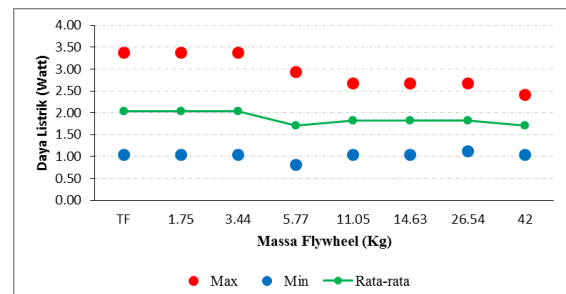
| Massa <i>flywheel</i> (kg) | Putaran generator (rpm) | Rata-rata (rpm) | Range Fluktuasi | Daya Listrik (Watt) |
|----------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| TF                         | 489 - 515               | 502             | 26              | 1.04 - 3.37         |
| 1.75                       | 489 - 515               | 502             | 26              | 1.04 - 3.37         |
| 3.44                       | 489.9 - 514.9           | 501.9           | 26              | 0.96 - 3.22         |
| 5.75                       | 489.7 - 514.7           | 502.2           | 25              | 0.88 - 3.08         |
| 11.05                      | 496 - 508               | 502             | 12              | 1.40 - 2.40         |
| 14.63                      | 499.2 - 505.2           | 502.2           | 6               | 1.60 - 2.53         |
| 26.54                      | 504                     | 504             | -               | 2.16 - 2.16         |
| 42                         | 598                     | 598             | -               | 1.81 - 1.81         |

#### 4. Pembahasan

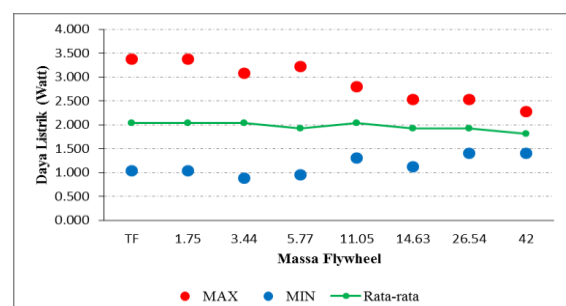
Gambar 7 memperlihatkan grafik variasi massa terhadap daya listrik yang dihasilkan generator berdasarkan pemasangan pada poros ke satu tingkat transmisi, TF merupakan singkatan dari “Tanpa *Flywheel*”. Fluktuasi putaran yang telah terjadi mengakibatkan perubahan tegangan pada generator yang tidak stabil, sehingga terlihat pada grafik daya listrik yang tidak konstan. Pemasangan *flywheel* pada poros ke satu belum bisa menyerap energi yang terbuang sehingga fluktuasi masih terjadi. Dapat dilihat bahwa massa 1.75 kg s/d 5.77 kg merupakan massa *flywheel* yang belum mampu mengurangi fluktuasi karena massa inersia yang begitu kecil. Posisi pemasangan *flywheel* mempengaruhi fluktuasi putaran yang terjadi karena tingkat pemasangan pada poros satu ini harus diteruskan kembali ke poros tingkat transmisi selanjutnya sampai ke generator yang menghasilkan listrik. Hal ini menyebabkan energi daya listrik yang dihasilkan generator menjadi menurun seiring dengan penurunan putaran poros generator.

Gambar 7. Grafik Daya Listrik dengan Variasi Massa *Flywheel* pada Pemasangan Poros Transmisi Tingkat Satu

Gambar 8 memperlihatkan grafik variasi massa *flywheel* terhadap daya listrik yang dihasilkan generator berdasarkan pemasangan pada poros ke dua tingkat transmisi, TF merupakan singkatan dari “Tanpa *Flywheel*”. Tegangan listrik yang dihasilkan generator pada pemasangan *flywheel* poros ke dua menunjukkan bahwa massa *flywheel* belum mampu menyerap fluktuasi energi. Sehingga daya listrik yang dihasilkan masih mengalami perubahan.

Gambar 8. Grafik Daya Listrik dengan Variasi Massa *Flywheel* pada Pemasangan Poros Transmisi Tingkat Dua

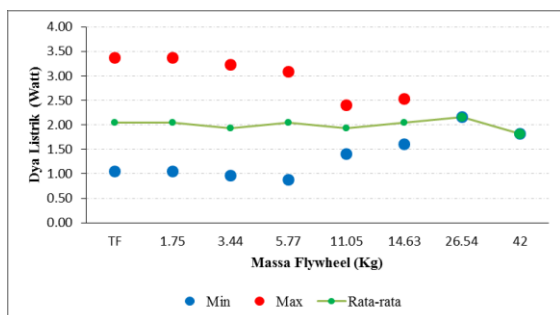
Gambar 9 memperlihatkan grafik variasi massa terhadap daya listrik yang dihasilkan generator berdasarkan pemasangan pada poros ke tiga tingkat transmisi, TF merupakan singkatan dari “Tanpa *Flywheel*”. Fluktuasi dari tegangan listrik yang dihasilkan generator menunjukkan penurunan pada saat pemasangan *flywheel* 11.05 kg s/d 42 kg, dengan bertambahnya massa *flywheel* maka fluktuasi dari tegangan listrik semakin berkurang pada pemasangan poros ke tiga. Pada massa *flywheel* terlihat daya listrik yang dihasilkan menurun, hal ini disebabkan penurunan putaran pada generator sehingga tegangan listrik mengalami penurunan. Seperti yang sudah dibahas sebelumnya pada hubungan fluktuasi dengan variasi massa *flywheel* mengalami penurunan putaran pada massa 42 Kg.

Gambar 9. Grafik Daya Listrik dengan Variasi Massa *Flywheel* pada Pemasangan Poros Transmisi Tingkat Tiga

Gambar 10 memperlihatkan grafik variasi massa terhadap daya listrik yang dihasilkan generator berdasarkan pemasangan pada poros ke



empat tingkat transmisi, TF merupakan singkatan dari “Tanpa *Flywheel*”. Dari grafik juga dapat dilihat bahwa daya listrik terbesar pada pemasangan massa inersia *flywheel* 26.54 Kg dan penurunan yang signifikan terjadi pada massa inersia *flywheel* 42 Kg. Hal ini disebabkan massa inersia yang semakin besar akan mempengaruhi putaran mesin atau generator sehingga menjadi menurun. Sedangkan untuk massa *flywheel* 1.75 Kg s/d 5.77 Kg tidak mengalami perubahan yang besar untuk mengurangi fluktuasi yang terjadi pada tegangan listrik, hal ini disebabkan pada massa tersebut momen inersia tidak mampu menyerap energi yang berlebihan. Besar daya listrik pada grafik merupakan rata-rata setelah mengalami fluktuasi, karena pada kenyataannya laju putaran generator yang tidak stabil mengakibatkan *output* dari generator yakni energi listrik mengalami penurunan dan tidak stabil. Tanpa adanya *flywheel* yang terpasang pada poros transmisi mengakibatkan perubahan tegangan dari generator, akan terlihat melalui terganggunya cahaya lampu. Pemasangan sebuah massa *flywheel* yang sesuai yaitu pada massa 26.54 Kg, karena dapat mengurangi fluktuasi yang terjadi pada poros generator sehingga menjadi lebih konstan. Sedangkan pemasangan posisi *flywheel* yang sesuai untuk menjaga putaran dan energi listrik yang dihasilkan adalah posisi pemasangan pada poros transmisi ke empat.



Gambar 10. Grafik Daya Listrik dengan Variasi Massa *Flywheel* pada Pemasangan Poros Transmisi Tingkat Empat

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk kondisi seperti yang dilakukan penelitian ini massa *flywheel* optimal untuk meningkatkan kinerja air adalah massa *flywheel* 26.54 kg.
2. Posisi *flywheel* yang optimal pada tingkat transmisi penelitian ini adalah pada tingkat ke empat.

3. Penambahan massa *flywheel* dapat meningkatkan kinerja kincir air pada tingkat ke empat sebesar 0.118 Watt.

## Daftar Pustaka

- [1] Aminudin, M. S. 2011. Studi aplikasi *flywheel energy storage* untuk meningkatkan dan menjaga kinerja pembangkit listrik tenaga mikrohidro (pltmh). Jurusan Teknik Fisika – Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [2] Suryawanshi. 2015. *An Experimental Study of Dual Mass Flywheel on Conventional Flywheel on Two stroke petrol engine*. Internasional Journal of Engineering Research and General Science. Vol. 3 : 2091-2730
- [3] Widodo, E. S. 2016. *pengaruh berat roda gila (flywheel) terhadap konsumsi bahan bakar Pada motor diesel stasioner satu silinder*. Jurnal AUTINDO Politeknik Indonusa Surakarta : 2442-7918 vol 1.
- [4] Marwanto, 2017. *Studi Eksperimental Kombinasi Pompa Spiral dengan Turbin Air untuk Pemberdayaan Sumber Energi Air pada Saluran Irigasi*. Skripsi Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- [5] Holowenko A. R., Prapto Cendy. 1993. *Dinamika Pemesinan*. Jakarta: Erlangga
- [6] Rachmawan, A. P. 2014. *Analisis pengaruh flywheel dan firing order terhadap proses kinerja mesin diesel*. Jurnal Teknik Sistem Perkapalan Vol. 1 No, (2014) 1-6.
- [7] Wang, J. C. dan X. R. Wang, 2013. A Control Strategy for Smoothing Active Power Fluctuation of Wind with *Flywheel Energy Storage System* Based on Improved Wind Power Prediction Algoritma. Journal Scientific Research. 2013. Vol 5. 387-392.