



# Pengaruh Massa *Flywheel* terhadap Energi Kinetik, Tegangan Serta Daya Luaran pada *Flywheel Energy Storage System*

Surabidin dan Djuhana\*

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: \*djuhana282@gmail.com

Masuk : 25 Januari 2019

Direvisi :20 Februari 2019

Disetujui : 3 Maret 2019

**Abstrak:** FEES ( flywheel energy storage system ) mampu menyimpan energi kinetik kedalam sebuah tempat penyimpanan unntuk selanjutnya dilepaskan pada saat penggerak menghentikan putarannya dimana informasi mengenai system penyimpanan menggunakan flywheel masih sangat kurang. Dalam tugas akhir ini membahas tentang pengaruh penambahan massa pada flywheel untuk mengetahui energi kinetik yang dihasilkan, lamanya waktu putar flywheel , daya luaran yang dihasilkan oleh generator , serta melakukan simulasi dengan software ANSYS 18.2 untuk mengetahui faktor keamanan dari flywheel. Hasil dari penelitian ini adalah semakin bertambahnya massa pada flywheel juga semakin meningkatnya energi kinetik yang dihasilkan yaitu sebesar 6.34 KJ, serta berpengaruh juga terhadap lamanya waktu putar flywheel selama 325s dan untuk daya luaran yang dihasilkan generator sebesar 38 W akan sejalan dengan rpm yang di berikan sebesar 1800 rpm serta hasil analisa ansys menunjukkan bahwa flywheel yang aman untuk digunakan.

**Kata kunci:** FEES ( flywheel energy storage system ), variasi massa , energi kinetik, ANSYS 18.2

**Abstract:** FEES (flywheel energy storage system) is able to store kinetic energy into a storage area to be released when the drive stops its rotation where information about the storage system using the flywheel is still lacking. In this final project discusses the effect of mass addition on the flywheel to determine the kinetic energy produced, the length of time to rotate the flywheel, the output power generated by the generator, and perform simulations with ANSYS 18.2 software to determine the safety factor of the flywheel. The result of this research is that the increasing mass of the flywheel also increases the kinetic energy produced, which is 6.34 KJ, and also affects the length of the flywheel rotating time for 325s and the output power produced by the generator is 38 W, it will be in line with the rpm given of 1800 rpm and ansys analysis results show that the flywheel is safe to use.

**Keywords:** FEES (flywheel energy storage system), mass variation, kinetic energy, ANSYS 18.2

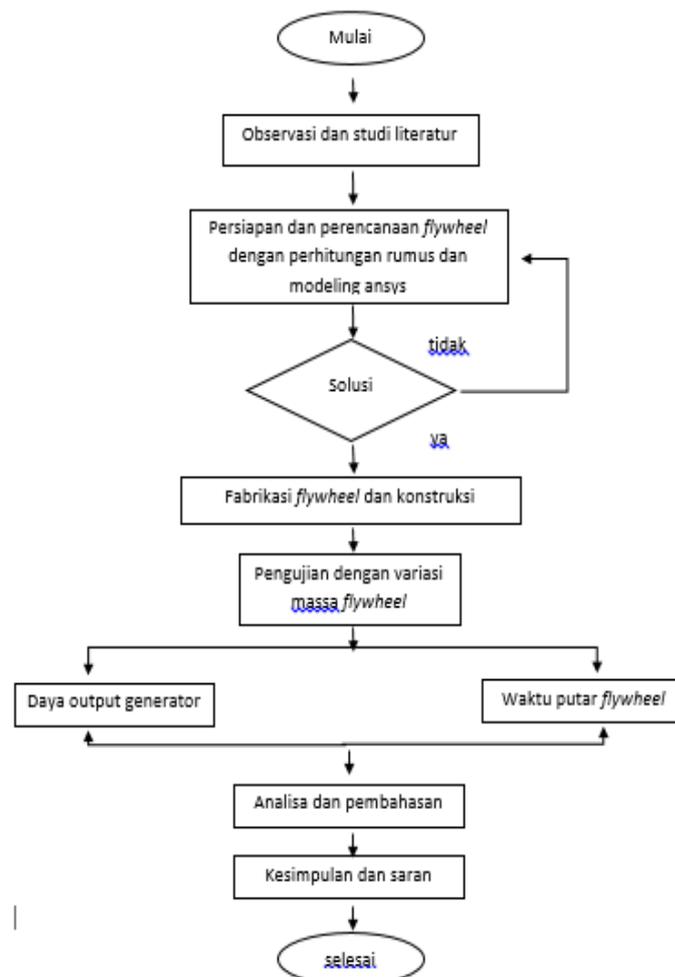
## PENDAHULUAN

Energi dapat diartikan sebagai kemampuan dari sebuah sistem untuk melakukan usaha terhadap sistem lainnya. Energi tidak dapat dilihat namun dapat dirasakan. Hukum konservasi energi menyatakan bahwa total energi dalam suatu sistem yang terisolasi akan tetap sama sepanjang waktu. Hal ini berarti bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dihancurkan. Energi hanya dapat ditransformasi dari satu bentuk ke bentuk lainnya [1]. Untuk mendukung pembangunan nasional yang berkelanjutan, ketersediaan energi sangat penting sebagai salah-satu penunjang dan keberlangsungan produktivitas nasional. Beberapa jenis energi yang digunakan untuk menjaga keberlangsungan tersebut diantaranya adalah BBM, gas bumi, batubara dan biofuel yang merupakan sumber energi tidak terbarukan [2]. Sampai saat ini, minyak bumi masih memegang peranan penting sebagai sumber energi di berbagai sektor yang ada di Indonesia. Produksi minyak yang menurun selama satu dekade terakhir. Berdasarkan Grafik pada web indonesia investment ini dibagi dalam dua angka produksi, yang pertama diambil dari perusahaan minyak dan gas multinasional BP Global (angka-angkanya mencakup minyak mentah, shale oil, oil sands dan gas alam cair), dan angka-angka produksi yang kedua bersumber dari Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (SKK Migas) dari Kementerian Energi dan

Sumber Daya Mineral (angka-angka ini mencakup minyak mentah dan kondensat minyak). Berdasarkan survey dari tahun 2006 hingga 2015, produksi minyak bumi di Indonesia cenderung menurun sedangkan konsumsinya relatif tetap bahkan meningkat. Penurunan produksi disebabkan cadangan minyak bumi yang terus terkuras habis. Produk minyak bumi seperti Bahan Bakar Minyak (BBM) sangat dibutuhkan terutama pada sektor transportasi dan sumber energi lainnya. Masyarakat membutuhkan sumber energi baru terutama untuk kehidupan sehari-hari. Sarana transportasi dan sumber energi lainnya seperti motor maupun mobilatau industri pembangkit listrik memegang peranan penting bagi kelangsungan cadangan energi minyak bumi di Indonesia. Hal ini dikarenakan energi yang dikandung minyak bumi cukup besar serta proses pengolahan yang relatif lebih mudah dibandingkan sumber energi lainnya. sebuah alat penyimpan energy dapat juga menjadi sangat penting akiba kebutuhan akan penggunaan energi yang efisien [3].

Salah satu alat penyimpanan energi adalah *Flywheel energy storage system (FESS)* dan bekerja dengan memanfaatkan energi kinetik melalui *flywheel*. *Flywheel* adalah perangkat mekanis yang digunakan sebagai media penyimpanan energi rotasi. *Flywheel* menahan perubahan kecepatanrotasi, yang membantu kestabilan rotasi poros ketika terjadi fluktuasi torsi [4]. Keuntungan *FESS* adalah besarnya kapasitas penyimpanan energi kinetik, awet dan bebas polusi [5]. Selain itu, kecepatan respon yang singkat membuat *FESS* sangat bagus untuk meredam fluktuasi yang disebabkan oleh daya awal yang berubah-ubah. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian yang berkaitan dengan *FESS* yaitu dengan penambahan massa pada *flywheel* untuk melihatnya pengaruh pada penyimpanan energi kinetik dan melakukan simulasi dengan perangkat lunak untuk mengetahui faktor keamanan dari *flywheel*. Tujuan dari penelitian ini mengetahui pengaruh massa pada *flywheel* terhadap energi kinetik yang mampu disimpan dan tegangan serta daya luaran yang dihasilkan oleh generator, pengaruh massa pada *flywheel* terhadap momen inersia yang didapatkan serta lamanya waktu putar *flywheel* menganalisa analisa kekuatan material *flywheel* melalui pembuatan model numerik.

## METODOLOGI



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### Prosedur penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah model dan eksperimen, dimana model dilakukan dengan menghitung dengan rumus yang sudah di tentukan dan juga model numerik menggunakan perangkat lunak ANSYS 18.2 sedangkan eksperimen yang dilakukan adalah membuat penambahan massa pada *flywheel* dengan berat 1 kg, 2kg dan 3kg untuk memperbesar moment inersia dan memanfaatkan energi kinetik yang tersimpan pada *flywheel*.

### Perakitan *flywheel* dengan mesin

Pada proses perakitan *flywheel* ini. *Flywheel* di gerakan dengan tenaga penggerak motor listrik AC 1 fase 372.85 Watau ½ HP dengan kecepatan 1800 rpm. Perbandingan *pulley* 1:1 dengan *pulley* pada motor 3 inc dan pada poros *flywheel* 3 inc. Bagian Rotor disatukan dengan poros beserta dengan *flywheel*. penambahan massa pada *flywheel* 1 kg 2 kg dan 3kg di rekatkan menggunakan mur dan baut.



**Gambar 2.** Penambahan massa *flywheel* 1kg



**Gambar 3.** Penambahan massa *flywheel* 2 kg

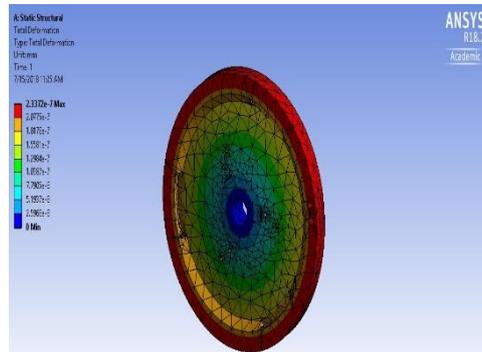


**Gambar 4.** Penambahan massa *flywheel* 3kg

## HASIL DAN DISKUSI

### Analisa dengan software Ansys 18.2

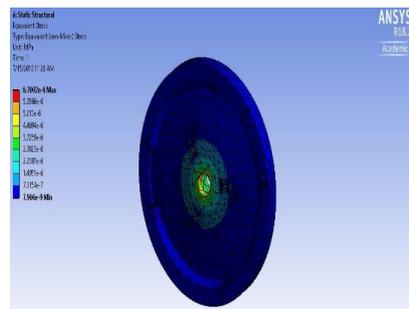
Analisa dengan software Ansys dilakukan untuk mendapatkan hasil analisa Mencari total deformation, Equivalent(von mises).



Gambar 5. Hasil simulasi total deformations

Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa *total deformasi maximum* yang diterima oleh *flywheel* yaitu sebesar  $2.34 \times 10^{-7}$  mm setelah diberikan momen sebesar 5517 N.mm jika dilihat dari hasil simulasi maximum deformasi yang diterima flywheel sangatlah kecil jadi pengaruh perubahan terhadap *flywheel* sangatlah kecil atau mungkin tidak terlihat dan jika di lihat dari warna pada hasil simulasi total deformasi terjadi pada ujung dari pada *flywheel* tersebut.

### Equivalent(von mises) stress



Gambar 6. Hasil simulasi (equivalent von mises) stress

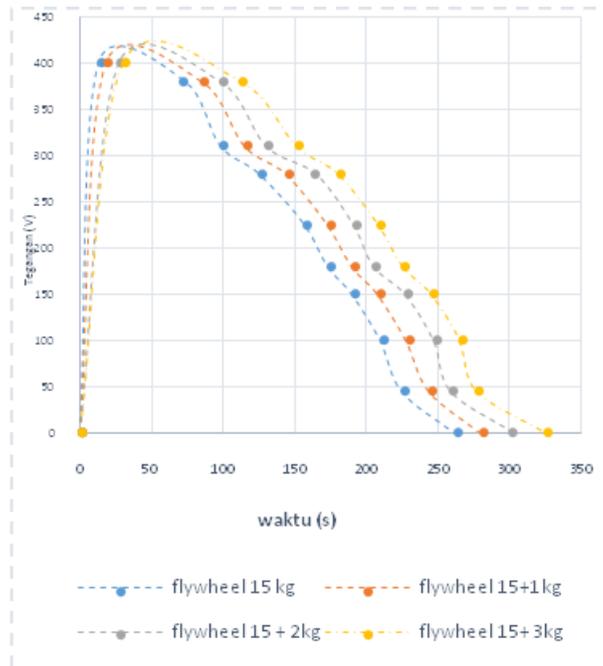
Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa *equivalent (von mises) stress maximum* yang diterima oleh *flywheel* yaitu sebesar  $6.70 \times 10^{-6}$  Mpa seperti yang terlihat pada gambar diatas jika dibandingkan dengan yield strength yang nilainya 100 Mpa maka *flywheel* yang digunakan masih sangat aman dapat dilihat pada gambar tegangan yang terjadi pada *flywheel* berada di sekitar poros.

### Pengujian Eksperiment

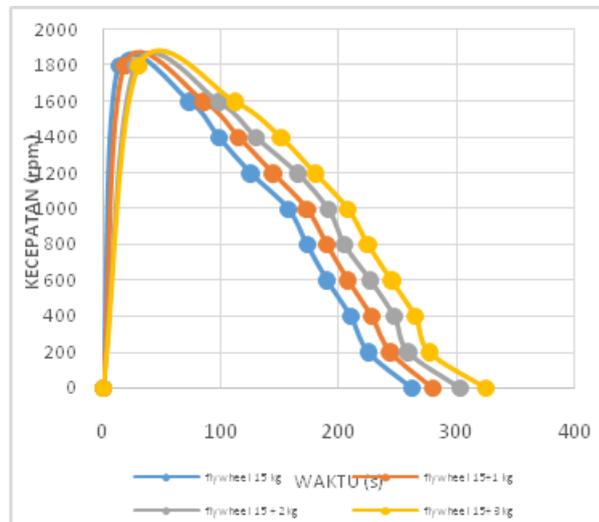
Dimana *flywheel* dengan massa awal 15 kg ditambahkan massanya dengan penambahan 1,2, dan 3kg .dengan mengamatinya pada putaran 1800 rpm untuk melihat pengaruhnya terhadap waktu putar *flywheel* dan daya luaran yang dihasilkan dengan memberikan dan tanpa memberikan beban pada generator.

### Pengujian tanpa beban pada generator

Pengujian tanpa beban dilakukan untuk melihat tegangan yang dihasilkan oleh generator.



Gambar 7. Grafik tegangan terhadap waktu

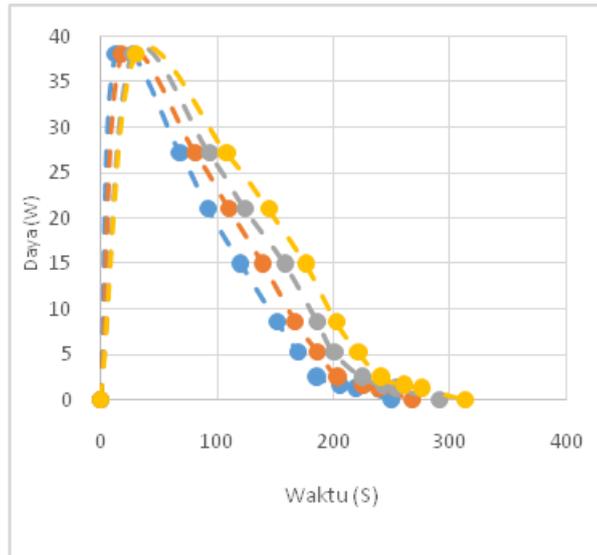


Gambar 8. Grafik kecepatan terhadap waktu

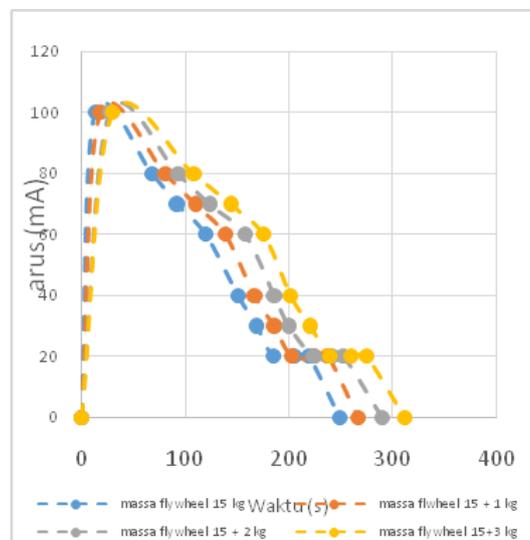
Dari pengujian grafik 7 dan 8 waktu putar *flywheel* dan tegangan yang dihasilkan dapat diketahui bahwa hasilnya adalah semakin berat massa *flywheel* semakin besar pula energi kinetik yang dihasilkan dan ini berpengaruh terhadap lamanya waktu putar *flywheel*, dimana *flywheel* dengan massa 15 kg waktu putarnya selama 262 sekon, dan *flywheel* dengan massa 18 kg waktu putarnya selama 325 sekon, sedangkan mengenai tegangan yang dihasilkan oleh generator akan berbanding dengan putaran yang di berikan kepada generator dimana pada 1800 rpm menghasilkan 400 v dan pada 200 rpm menghasilkan 45 v namun pada masing masing pengujian memiliki waktu yang berbeda pada setiap variasi *flywheel* yang digunakan.

#### Pengujian menggunakan beban 15 watt

Pengujian kedua menggunakan beban pada generator untuk mengetahui berapa daya, tegangan, serta arus yang dihasilkan oleh generator.



**Gambar 9.** Grafik daya terhadap waktu

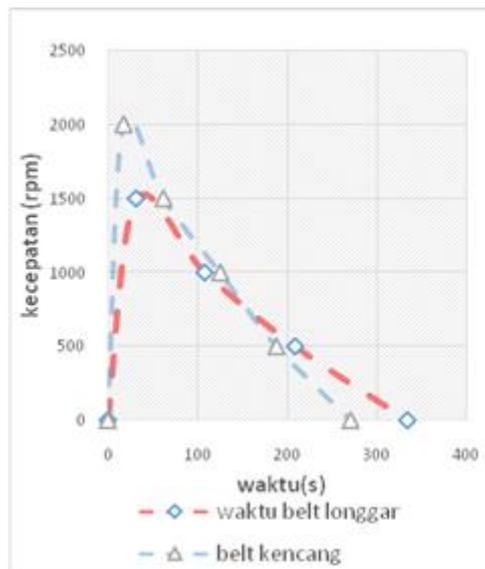


**Gambar 10.** Grafik arus terhadap waktu

Dari gambar 9 dan gambar 10 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan akan berubah tergantung pada putaran dan seiringnya waktu putar yang mampu di pertahankan *flywheel* dimana pada rpm 1800 daya yang dihasilkan sebesar 38 watt dan pada saat rpm 200 daya yang dihasilkan sebesar 1.26 watt, dan untuk arus yang didapat pada rpm 1800 menghasilkan 100 Ma dan pada rpm 200 menghasilkan arus sebesar 20 Ma. Sedangkan waktu putar *flywheel* yang didapatkan berbeda-beda tergantung pada penambahan massa dapat dilihat bahwa pada *flywheel* awal 15 kg hanya mampu mempertahankan putaran selama 249 s sedangkan jika *flywheel* ditambah dengan berat 3 kg *flywheel* mampu mempertahankan putaran selama 312 s. Jika waktu dibandingkan dengan pengujian tanpa beban lampu pada output generator, waktu putar *flywheel* mengalami perbedaan jika beban lampu ditambah waktunya pun akan mengalami perubahan pula.

#### Hasil Pengujian waktu putar *flywheel* berdasarkan kondisi *v-belt*

waktu putar *flywheel* sangat berpengaruh terhadap berbagai faktor bisa dari pembebanan pada generator yang terlalu besar, bering yang digunakan, dan salah satunya adalah pada saat kondisi *v-belt* longgar dan kencang



**Gambar 11.** Grafik pengujian waktu putar *flywheel* terhadap kondisi v-belt

Dapat dilihat dari grafik menunjukkan perbedaan waktu putar pada *flywheel* dengan massa yang tetap 15 kg yang disebabkan oleh kondisi v-belt dimana pada kondisi v-belt longgar untuk mencapai rpm 1500 saja membutuhkan waktu awal sebesar 31.47 s tetapi waktu putar *flywheel* mencapai 334.03 s. Sedangkan pada kondisi v-belt kencang untuk mencapai rpm 2000 rpm diperlukan waktu yang relative lebih singkat yaitu selama 17.59 s. Tetapi waktu putar *flywheel* juga cenderung lebih singkat yaitu sebesar 270.51 s.

## KESIMPULAN

Dari hasil simulasi Ansys dapat disimpulkan bahwa *total deformasi* dan *directional deformasi* yang diterima *flywheel* sangat kecil yakni sebesar  $2.34 \times 10^{-7}$  mm. Dan hasil simulasi *Equivalent (von mises) stress* yang diterima oleh *flywheel* sebesar  $6.7 \times 10^{-6}$  Mpa lebih kecil dari pada nilai yield strength yang besarnya 100 Mpa, jadi bisa disimpulkan bahwa *flywheel* yang digunakan sangat aman. Waktu putar *flywheel* berpengaruh terhadap massa dari *flywheel* semakin berat massa *flywheel* maka semakin lama waktu putar *flywheel* pada *flywheel* dengan massa 15 kg menghasilkan waktu putar selama 262 s dan *flywheel* dengan massa 18 kg menghasilkan waktu putar selama 325 s. Tegangan yang di dapat pada 1800 rpm menghasilkan tegangan sebesar 400 V tanpa beban pada generator dan dengan pembebanan lampu pijar 15 w menghasilkan daya sebesar 38 W pada rpm 1800. Energi kinetik yang didapat oleh *flywheel* bertambah pula seiring dengan penambahan massa pada *flywheel* yaitu dengan massa *flywheel* 15 kg menadapkan energi kinetik sebesar 5.14 KJ, *flywheel* dengan massa 16 menghasilkan 5.32 KJ, *flywheel* dengan massa 17 kg menghasilkan 5.68 KJ, dan *flywheel* dengan massa 18 kg menghasilkan energi kinetik sebesar 6.34 KJ.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pusat Datadan Teknologi Informasi Energi Dan Sumber Daya Mineral . (2013). *Kajian Substitusi Dengan Energi Lain Pada Sektor Industri*. Jakarta: Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- [2] Indonesia Investments. (2016, juni9). *Indonesia-Investment*. Retrieved from [www.indonesiainvestments.com](http://www.indonesiainvestments.com)
- [3] Maji, S. U., Mane, M. S., A. J., & D. M. (2016). Conventional Free Energy using Flywheel . *International Journal for Scientific Research & Development*, 1260-1264.
- [4] R. P., & S. K. (2016). Design and Material Optimization of Flywheel . *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* , 6484-6489.
- [5] Yaphet, A. A. (2011). Analisa pengaruh variasi geometri terhadap energi kinetik yang mampu disimpan oleh *flywheel* pada sistem Electro Mechanical KERS.