

ANALISIS PERFORMA *FLYWHEEL*

TUGAS AKHIR



DISUSUN OLEH :

Nama : IMAM DWI PRAETIYO
NIM : 12 524 105

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

ANALISIS PERFORMA *FLYWHEEL*

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Jurusan Teknik Elektro**



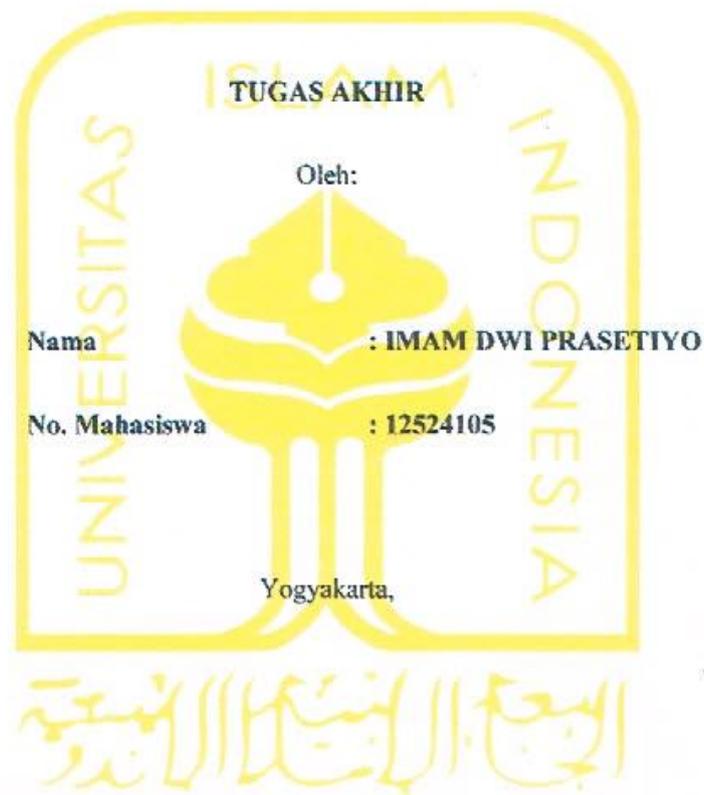
DISUSUN OLEH :

**Nama : IMAM DWI PRASETIYO
NIM : 12524105**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS PERFORMA *FLYWHEEL*



Pembimbing 1

Wahyudi Budi Pramono, S.T, M.Eng

Pembimbing 2

Warindi, S.T, M.Eng

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Imam Dwi Prasctiyo

NIM : 12524105

Menyatakan dengan jujur bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, tanpa ada niat untuk menjiplak atau plagiat karya orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu dari materi yang saya ambil, sudah sesuai dengan tata tertib yang berlaku dalam membuat karya tulis ilmiah yang lazim. Jika ternyata terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 20 Oktober 2016



Imam Dwi Prasctiyo

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

ANALISIS PERFORMA *FLYWHEEL* TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Imam Dwi Prasetyo

No. Mahasiswa : 12524105

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknologi

Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 2 Maret 2017

Tim penguji

Ketua

Wahyudi Budi Pramono, S.T., M.Eng.

Anggota I

Ir. Suyamto

Anggota II

RM Sisdamanto adinandra, S.T., M.Eng., Ph.D.

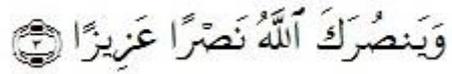
Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia



Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

HALAMAN MOTTO



“Dan Allah pasti menolongmu dengan pertolongan yang kuat”

(AL Fath ayat 3)

“Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari satu kegagalan kegagalan berikutnya tanpa kehilangan semangat”

(Winston Churchill)

“Nilai kesuksesan Allah adalah usaha dan do’a karena Allah tidak melihat seberapa pintar dan seberapa kaya yang kamu punya sekarang, tapi Allah melihat seberapa besar usaha dan do’a kamu”

(Imam Dwi Prasetiyo)

HALAMAN PERSEMBAHAN



Halaman Persembahan

Yang Utama Dari Segalanya

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan kasih dan sayang. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan kehariban Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

Bapak dan Ibu Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Bapak dan Ibu yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembarnya kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Bapak dan Ibu bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa berbuat lebih. Untuk Bapak dan Ibu yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku menjadi lebih baik.

Adik dan kakak ku tercinta

Untuk Tasya Azzahra dan Nurul Ma'wa S.pdi yang tercinta tiada yang paling membahagiakan saat berkumpul bersama kalian, walaupun sering bertengkar tapi hal itu selalu menjadi warna yang tak akan bisa tergantikan, terima kasih atas doa dan bantuan selama ini, hanya karena karya kecil ini yang dapat aku persembahkan. Maaf belum bisa menjadi panutan seutuhnya, tapi aku akan menjadi yang terbaik untuk kalian semua.

Dosen Pembimbing

Bapak Wahyudi Budi Pramono, ST., M. Eng. dan Bapak Warindi ST., M. Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir saya, terima kasih banyak pak saya sudah dibantu selama ini, sudah dinasehati, sudah diajari, saya tidak akan lupa atas bantuan dan bimbingan bapak dosen

KATA PENGANTAR



Asalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahill'abidin, rasa syukur dan terima kasih penulis haturkan pada-Mu ya Rabb atas karunia nikmat yang telah diberikan sehingga skripsi yang berjudul “*Analisis performa Flywheel*” telah selesai dengan baik dan lancar. Tak lupa Sholawat dan salam tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang menjadi teladan hidup bagi kita.

Rasa syukur tak henti-hentinya penulis haturkan atas terselesaikannya skripsi ini, sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi seluruh pembaca kedepannya. Banyak sekali kesan dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Terima kasih juga terhaturkan kepada semua pihak yang terlibat dalam proses pengerjaan skripsi ini. Atas Bimbingan, dukungan, kerja sama, dan fasilitas diucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak dan ibu terhebat serta adik yang selalu memberikan semangat, motivasi dan juga inspirasi dalam bentuk apapun.
2. Bapak Wahyudi Budi Pramono, S.T., M.Eng dan bapak Warindi, S.T.,M.Eng selaku pembimbing I dan pembimbing II skripsi yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis.
3. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing penulis selama perkuliahan sehingga penulis bisa berada pada tahap ini.

4. Marsaban, Heru, Dimas, Bambang, Bella, Wahyu Zainal, Sony, Nabilah dan Ussi Rahma Putri yang selalu memberikan dukungan dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Caca, Ipul, Akbar, Dara, Felly, Erlee, Alfian yang tidak henti-hentinya memberikan motivasi serta bantuan dalam bentuk apapun sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penelitian yang telah dilakukan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya masukan dan saran yang dapat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini untuk kedepannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan penggunanya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 20 Oktober 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Masalah	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Tinjauan Pustaka	3
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 <i>Flywheel</i>	5
2.2.2 Motor DC	8
BAB III METODE PENELITIAN	10
3.1 Objek Penelitian	10
3.2 Mempersiapkan alat dan bahan	11
3.2.1 Bahan penelitian	11
3.2.2 Alat penelitian.....	11
3.3 Alur penelitian.....	12
3.3.1 Studi literatur	13

3.3.2 Menentukan berat dan lebar <i>flywheel</i>	13
3.3.3 Pengukuran kecepatan motor.....	13
3.3.4 Pengukuran tegangan, arus, daya	13
3.3.5 Perhitungan daya yang dihasilkan <i>flywheel</i>	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Hasil Pengujian	16
4.1.1 Hasil pengukuran <i>power supply</i>	16
4.1.2 Hasil pengukuran generator `	18
4.1.2.1 Generator tanpa beban motor tanpa <i>dicouple flywheel</i>	19
4.1.2.2 Generator tanpa beban motor <i>dicouple flywheel</i>	20
4.1.2.3 Generator berbeban motor tanpa <i>dicouple flywheel</i>	22
4.1.2.4 Generator berbeban motor <i>dicouple flywheel</i>	24
4.2 Perhitungan	27
4.3 Pembahasan.....	28
BAB V PENUTUP	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Jenis-jenis induktor yang ada dipasaran.....	5
Gambar 2.2 Macam-macam simbol induktor.....	5
Gambar 2.3 Konstruksi sebuah induktor sederhana.....	7
Gambar 2.4 Induktor inti udara.....	9
Gambar 2.5 Induktor inti ferit.....	10
Gambar 2.6 Induktor inti besi.....	10
Gambar 2.7 Induktor inti besi laminasi.....	11
Gambar 2.8 Induktor inti toroid.....	11
Gambar 3.1 Induktor inti besi.....	14
Gambar 3.2 Induktor inti ferit.....	14
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian.....	16
Gambar 3.4 Pengukuran resistansi dan induktansi induktor inti besi.....	17
Gambar 3.5 Pengukuran resistansi dan induktansi induktor inti ferit.....	17
Gambar 3.6 Rangkaian pengukuran tegangan, arus, dan daya induktor.....	17
Gambar 3.7 Skema pengukuran $\text{Cos } \phi$ pada induktor.....	18
Gambar 4.1 Hasil pengukuran induktansi inti besi.....	20
Gambar 4.2 Pengukuran resistansi inti ferit.....	20
Gambar 4.3 Rangkaian pengukuran tegangan, arus, dan daya pada induktor.....	21
Gambar 4.4 Grafik rugi daya inti besi.....	28
Gambar 4.5 Grafik rugi daya inti ferit.....	29

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat pengukuran.....	15
Tabel 4.1 Spesifikasi Induktor Bentuk Solenoid	21
Tabel 4.2 Pengujian induktor inti besi tegangan masukan 0 Volt -240 Volt	22
Tabel 4.3 Pengujian induktor inti besi tegangan masukan 240 Volt -0 Volt	23
Tabel 4.4 Pengujian induktor inti ferit dengan tegangan masukan 0 Volt -20 Volt ..	25
Tabel 4.5 Pengujian induktor inti ferit dengan tegangan masukan 20 Volt -0 Volt ..	26



ABSTRAK

Seiring banyak terjadinya pemadaman listrik bergilir di daerah maupun di kota-kota banyak cara yang dilakukan untuk mengatasi masalah ini banyak penyimpanan energi cadangan yang dapat digunakan salah satu cara yang sering digunakan adalah dengan menggunakan genset, namun kendala dari genset ini mahalnya bahan bakar dan ketersediaan bahan bakar didunia ini semakin lama semakin menipis. Dari sekian banyak media penyimpan energi ada salah satu media yang dapat menyimpan energi yang berlebih kemudian menggunakan kembali saat diperlukan adalah menggunakan *flywheel* (roda gila). *Flywheel* atau sering disebut roda gila adalah sebuah komponen yang terdapat pada semua kendaraan roda empat. *Flywheel* merupakan sebuah piringan yang karena beratnya dapat menahan perubahan kecepatan yang drastis sehingga gerak putaran poros mesin menjadi lebih halus, untuk membuktikan kinerja *flywheel* terhadap motor pada penelitian ini menguji kinerja performa *flywheel* terhadap motor dc yang mana motor dc yg digunakan difungsikan sebagai penggerak dan penyuplai (pada saat diputus dari sumber), *Flywheel* yang digunakan merupakan sebuah lempengan besi 3 lapis yang tebalnya 2 cm dengan diameter keseluruhan 22 cm dan dengan berat 6 kg, dalam sistem ini berat dan lebar *flywheel* sangat berpengaruh pada putaran saat motor di putus dari sumber. Semakin berat dan semakin lebar ukuran *flywheel* maka semakin bagus dan semakin lama ketahanan putarannya. Berdasarkan hasil analisis performa roda-gila (*flywheel*) dapat ditarik kesimpulan: *Flywheel* sangat berpengaruh pada putaran generator saat sumber diputus, waktu bertahan putar selama 1 menit 20 detik Kecepatan motor sangat berpengaruh kepada kecepatan yang dihasilkan pada *flywheel*, *Flywheel* dapat menyimpan energi yang berlebih kemudian menggunkannya kembali saat diperlukan, Energi yang dihasilkan oleh model penyimpanan energy berbasis roda-gila (*flywheel*) adalah 2.29 joule Nilai efisiensi yang dapat dihasilkan oleh *flywheel* dengan diameter 22 cm dan berat 6 kg berdasarkan teori adalah 0.53%, sedangkan berdasarkan pengukuran adalah 0,22%

Kata kunci Motor DC, Flywheel.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring banyak terjadinya pemadaman listrik bergilir di daerah maupun di kota-kota banyak cara yang dilakukan untuk mengatasi masalah ini banyak penyimpanan energi cadangan yang dapat digunakan salah satu cara yang sering digunakan adalah dengan menggunakan genset. Genset yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah genset yang menggunakan bahan bakar seperti solar atau bensin, genset model ini banyak digunakan karena mudah dioperasikan dan bahan bakar yang dibutuhkan juga mudah didapat namun kendala dari genset ini mahalnya bahan bakar dan ketersediaan bahan bakar di dunia ini semakin lama semakin menipis pesediaannya [1]

Energi yang berlebih dari suatu pembangkit listrik harus disimpan dalam bentuk tertentu atau energi tersebut akan terbuang percuma. Dari sekian banyak media penyimpan energi ada salah satu media yang dapat menyimpan energi yang berlebih kemudian menggunakan kembali saat diperlukan adalah menggunakan *flywheel* (roda gila)

Flywheel ini merupakan sebuah piringan yang karena beratnya dapat menahan perubahan kecepatan yang drastis sehingga gerak putar poros mesin menjadi lebih halus. *Flywheel* menyimpan energi saat putaran mesin tinggi dan meneruskannya saat putaran mesin rendah.[5] Pada saat tenaga mesin bertambah putarannya bertambah tenaga tersebut tersimpan dalam roda gila, pada saat mesin kekurangan tenaga roda gila akan memberikan tenaganya.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan dasar pemikiran di atas maka pada penelitian ini akan meneliti bagaimana kinerja suatu penyimpanan energi berbasis *flywheel* (roda gila).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini dilakukan untuk meneliti kinerja sistem penyimpanan energi berbasis *flywheel* atau roda gila .

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan banyak ilmu yang terpakai dari mata kuliah yang di pelajari dalam dunia tehnik elektro salah satunya mata kuliah fisika dasar dan menambah pengetahuan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya teknik elektro

1.5 Batasan masalah

Membandingkan kinerja motor yang *dicouple* dengan *flywheel* dan tanpa *dicouple flywheel*, *flywheel* yang digunakan berupa pulley perkakas besar yang dimodifikasi menambah berat dan diameternya, diameter 22 cm, tebal 2 cm dan berat 6 kg

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Dalam studi pustaka penulis menggunakan referensi berupa tulisan artikel, informasi dari internet, serta tugas akhir, untuk informasi perancangan dan pelaksanaan penelitian ini.

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian oleh Saripuddin M, Suradi (2011) mengenai " analisa pengaruh berat roda gila (*flywheel*) terhadap akselerasi kendaraan". Perubahan berat roda gila dapat mempengaruhi kecepatan kendaraan dimana semakin bertambahnya putaran mesin sebagai akibat dari berkurangnya berat roda gila, maka kecepatan kendaraan semakin bertambah, pemakaian roda daya standar dengan berat 95,06 kg dengan putaran maksimum 2800 RPM, kendaraan mengalami kecepatan 64.87 Km/jam dan pada saat dimensi berat roda gila mengalami pengurangan berat hingga 86,24 kg menghasilkan putaran mesin 2939,23 RPM dan menyebabkan naiknya kecepatan kendaraan 68,05 Km/jam. Jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh ketika massa roda gila dalam keadaan standar dengan berat roda gila yang telah dimodifikasi, kecepatan bertambah sebesar 3,18 Km/jam.

Penelitian oleh Moh. Syaikhu Aminudin (2010) mengenai "studi aplikasi *flywheel* energi storage untuk meningkatkan dan menjaga kinerja pembangkit listrik tenaga mikrohidro (pltmh)". Penggunaan *flywheel energi* storage yang berbentuk cakram atau silinder pejal dapat meningkat energi kinetik rotasi serta torsi putaran turbin dari mini plant mikrohidro. Energi kinetik rotasi dan torsi dari turbin miniplant mikrohidro terus meningkat 0,825 sampai 6,212 joule dan 0,009

sampai $0,045 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$ seiring dengan peningkatan variasi jari-jari 0,055 sampai 0,15 m selama *flywheel* tersebut massanya sama dan berputar dengan kecepatan sudut yang sama. *Flywheel energi storage* dapat diaplikasikan pada suatu miniplant mikrohidro sehingga dapat dipastikan bisa diaplikasikan juga pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dengan skala yang sebenarnya.

Penelitian oleh Arif Setiarso mengenai “studi eksperimental pengaruh penambahan *flywheel* terhadap karakteristik energi bangkitan pada *micropower* generator tipe radial topology “. *Micropower* generator tipe *radialtopology* dengan jumlah lilitan 2000 dan 4 buah magnet neodmium ini mempunyai hasil volatase dan daya bangkitan yang tepat pada gap 1 m dan aplikasi penggunaan 1500 RPM. Dengan kata lain, dapat disimpulkan spesifikasi generator ini adalah 13 Volt 1500 RPM. Serta jika pada aplikasi penggunaan tertentu yang membutuhkan konstruksi dengan gap 2 dan 3 mm, penggunaan yang tepat pada tingkat kecepatan dibawah 1000 RPM. Pada pengujian pengaruh penambahan *flywheel* dengan dimensi tebal 5 mm dan jari-jari 40 mm, voltase bangkitan yang dihasilkan menjadi lebih konstan. Hal tersebut disebabkan karena dengan penambahan *flywheel*, momen inersia dari mekanisme menjadi lebih besar

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Flywheel

Flywheel atau sering disebut roda gila adalah sebuah komponen yang terdapat pada semua kendaraan roda empat. *Flywheel* merupakan sebuah piringan yang karena beratnya dapat menahan perubahan kecepatan yang drastis sehingga gerak putaran poros mesin menjadi lebih halus. Fungsinya hampir sama dengan baterai yang membedakan hanya cara penyimpanannya yang mana pada baterai energi di simpan secara kimiawi sedangkan pada *flywheel* energi di simpan dengan cara memutar porosnya. Untuk dapat menyimpan energi poros *flywheel* harus berputar dengan sangat cepat sesuai dengan kecepatan maksimal penggerak utama.[1]



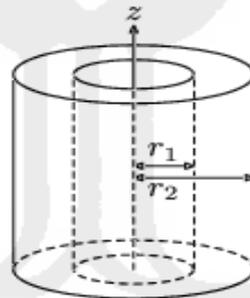
Gambar 2.1 *Flywheel*

Mekanisme penyimpanan energi pada *flywheel* menggunakan prinsip gerak rotasi poros, energi disimpan dalam bentuk energi kinetik rotasi. Besarnya energi yang tersimpan pada *flywheel* tergantung pada momen inersia dan kecepatannya saat berputar, *flywheel* akan menyimpan energi saat berputar karena dikenai gaya dalam bentuk energi kinetik rotasi dan akan melepaskan energi tersebut saat gaya yang mengenainya berkurang atau dihilangkan.

Sebuah *flywheel* bisa berputar sampai puluhan ribu RPM tergantung dari material yang menyusunnya, semakin padat dan keras material suatu *flywheel* semakin bagus karena dengan volume yang kecil massanya semakin besar dan selain itu juga akan semakin tahan jika diputar dengan kecepatan tinggi [4]. Dari fungsi tersebut dapat dikatakan *flywheel* dapat digunakan untuk menghasilkan energi yang baru dari energi yang sudah terpakai.

Untuk mengetahui daya maksimal yang dapat dihasilkan oleh *flywheel* langkah pertama adalah menghitung torsi. Sebelum menghitung torsi, perlu diketahui berapa berat dan jari-jari *flywheel* untuk dapat mengetahui besar momen inersianya. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung momen inersia sesuai dengan bentuk bendanya [6]:

1. Silinder berongga

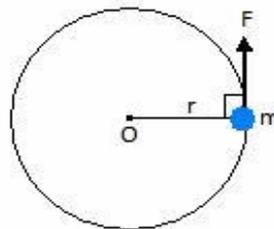


Gambar 2.2 Silinder berongga

$$I = mr^2$$

2.1

2. Benda pejal



Gambar 2.3 Benda pejal

$$I = (1/2) mr^2 \quad 2.2$$

Dimana :

I = Momen inersia (Kg m²)

m = Massa *flywheel* (Kg)

r = Jari-jari *flywheel* (m)

Setelah diketahui nilai momen inersia sehingga torsi dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\tau = I \cdot \alpha \quad 2.3$$

Dimana :

τ = Torsi (Nm)

I = Momen inersia (Kg m²)

α = Percepatan sudut (rad/sec²)

Setelah mendapatkan nilai torsi barulah dapat dihitung besar daya yang dapat dihasilkan oleh *flywheel* tersebut. Besar daya tersebut dapat diketahui menggunakan persamaan:

$$P = \frac{2\pi n \tau}{60} \quad 2.4$$

Dimana :

P = Daya maksimum (Watt)

τ = Torsi (Nm)

n = RPM maksimum

Setelah mendapatkan nilai dari daya maksimum yang di dapat sehingga dapat diketahui efisiensi yang di hasilkan oleh *flywheel* tersebut menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100\% \quad 2.5$$

Dimana:

η = Efisiensi

P_{in} = Daya yang masuk (Watt)

P_{out} = Daya keluar (Watt)

2.2.2 Motor DC (*Direct Current*)

Motor DC atau yang biasa disebut motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan* angin) dan di industri. Motor listrik kadang kala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Pada dasarnya semua motor DC dapat menjadi generator DC dikarenakan keduanya memiliki komponen-komponen yang sama persis. Meskipun demikian, fungsi dari keduanya saling bertolak belakang. Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanis, sedangkan generator berfungsi untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Motor dan generator DC sama-sama mengadopsi salah satu hukum fisika terkenal yakni hukum Faraday.[2]

Hukum Faraday menjelaskan adanya fenomena induksi elektromagnetik, mengenai hubungan antara medan magnet, gaya gerak listrik, serta gaya mekanis. Jika ada sebuah kawat yang bergerak sehingga memotong garis gaya magnet, maka akan secara alami terbangkitkan gaya gerak listrik pada kawat tersebut. Fenomena ini yang menjadi prinsip dasar generator DC. Sedangkan jika ada sebuah kawat kumparan beraliran listrik searah sedang berada di tengah-tengah medan magnet, maka kumparan tersebut akan timbul gaya dorong atau yang biasa kita kenal dengan sebutan gaya *Lorents*. Fenomena ini menjadi prinsip dasar motor listrik DC bentuk motor DC dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Motor DC (*Direct Current*)

Spesifikasi motor DC yang dipakai pada alat penyimpan energi berbasis roda-gila (*flywheel*) ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

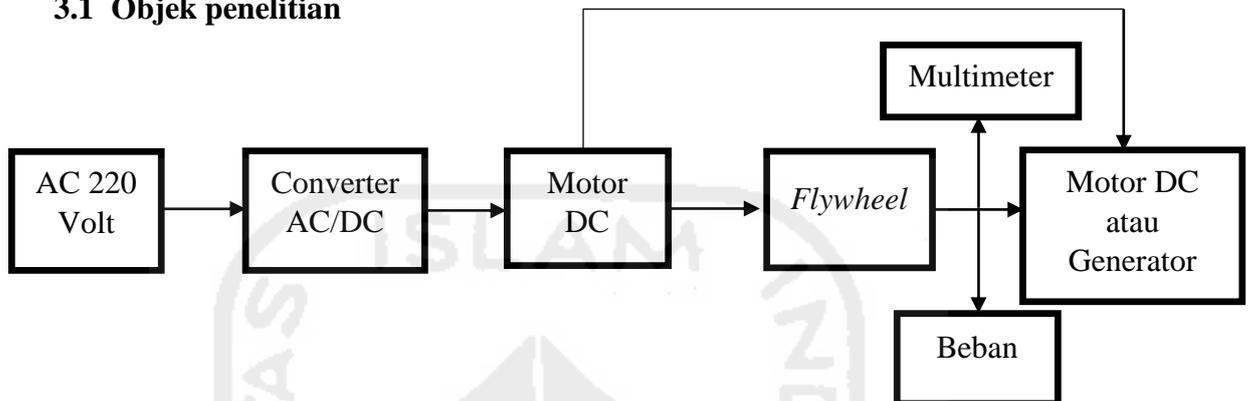
Tabel 2.1 Spesifikasi motor DC

<i>Rated voltage</i>	24 volt
<i>Rated output</i>	50 watt
<i>Rated current</i>	3,5 ampere
<i>Rated speed</i>	3150 RPM
<i>Rated torque</i>	1,9 kgf-cm
<i>Weight</i>	1,9 kg

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek penelitian



Gambar 3.1 Blok diagram sistem dan pengujian

Objek penelitian ini adalah model penyimpanan energi berbasis roda gila (*flywheel*). Penyimpanan energi ini terdiri dari motor DC dan *flywheel*. Motor DC yang digunakan adalah motor DC 24 Volt dengan kecepatan sekitar 3150 RPM dengan daya 50 Watt. *Flywheel* yang digunakan terbuat dari sebuah pulley perkakas besar yang dimodifikasi dengan menambah diameter dan beratnya, diameter *flywheel* ini 22 cm dan berat 6 kg.

Pertama motor DC mendapatkan *supply* dari sumber sebesar 220 V namun sebelum di *supply* ke motor tegangan diubah dengan *converter AC to DC* dan diturunkan tegangannya menjadi 24 Volt DC. Setekah tegangan diubah dan diturunkan dengan *converter* maka dapat langsung dihubungkan ke motor DC, motor DC disini berfungsi sebagai penggerak dan penyuplai. Pada saat mode penggerak motor DC dihubungkan dengan tegangan 24 Volt, motor tersebut dapat berputar dengan kecepatan yang maksimal dan *flywheel* yang digunakan pun ikut berputar. Energi kinetik ini yang kemudian digunakan untuk memutar motor. Motor

mengubah energi kinetik menjadi energi listrik sehingga energi yang dilepaskan dari motor DC dapat digunakan kembali, motor DC berubah fungsi menjadi mode penyuplai.

3.2 Alat dan bahan penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian:

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah model penyimpanan energi berbasis roda-gila (*flywheel*), dengan meneliti performa *flywheel* terhadap putaran motor dan membandingkan motor yang di couple dengan *flywheel* dengan motor tanpa *flywheel*.

3.2.2 Alat penelitian

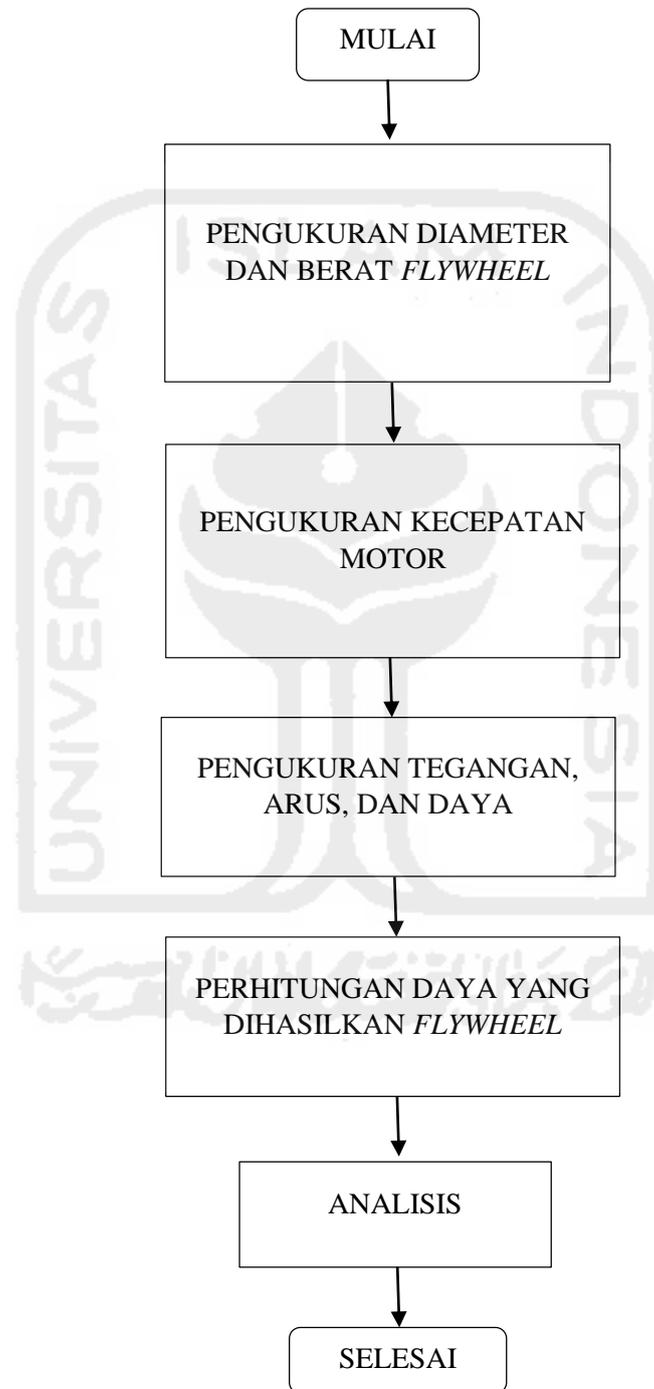
Pada alat penelitian kali ini sangat penting bagi penulis sebagai penunjang perancangan. Pada tahap ini penulis menggunakan alat penelitian, berupa:

Tabel 3.1 Alat penelitian

Alat	Fungsi
Timbangan	Menimbang berat massa <i>flywheel</i>
Tacho Meter	Menghitung kecepatan RPM <i>flywheel</i>
Watt Meter	Mengukur tegangan, arus, dan daya

3.3 Alur penelitian

Adapun alur penelitian yang dilakukan untuk pengujian performa *flywheel* sebagai berikut



Gambar 3.2 Alur penelitian

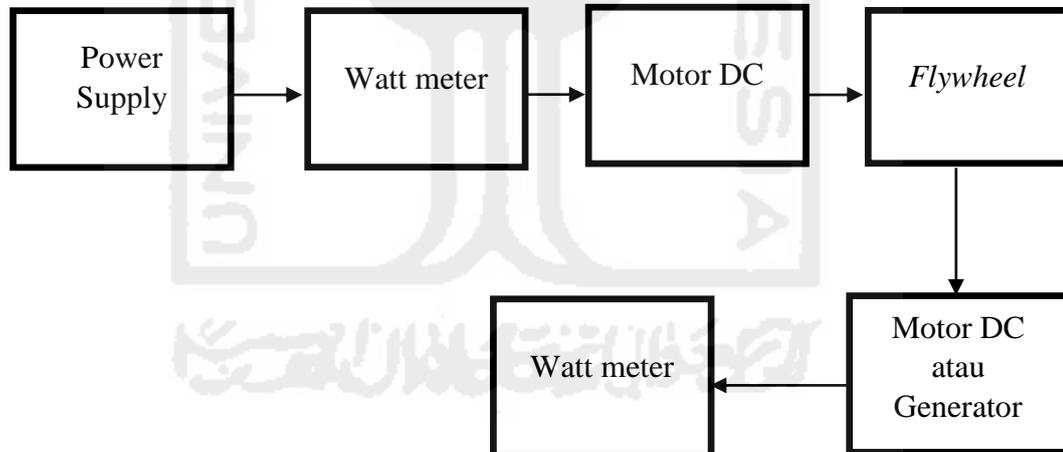
3.3.1 Perhitungan diameter dan berat flywheel

Perhitungan berat dan lebar *flywheel* yang akan dimanfaatkan untuk mendapatkan nilai momen inersia dan torsi sehingga energi yang dihasilkan dari *flywheel* dapat diketahui dengan perhitungan menurut teori, diameter *flywheel* yang digunakan sekitar 22 cm dan berat 6 kg.

3.3.2 Pengukuran kecepatan motor

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan maksimal motor yang digunakan. Hal ini berkaitan erat dengan perhitungan momen inersia dan torsi. Kecepatan motor sangat berpengaruh dalam sistem ini karena penggerak utama dari sistem ini adalah motor.

3.3.3 Pengukuran tegangan, arus dan daya



Pengujian dan pengukuran pada motor DC dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai tegangan, arus dan daya. *Power supply* digunakan sebagai input, *power supply* yang digunakan 24 volt pengujian yang dilakukan adalah pengujian *input* dan *output* pada *power supply*, untuk pengukuran *input power supply* pengukuran dilakukan pada *input converter* dan untuk pengukuran *output power supply* dilakukan pada *output converter* dan pengujian saat motor menjadi generator

tanpa berbeban dan tanpa beban, untuk pengukuran generator pengukuran dilakukan pada output motor yang mana motor yang awalnya digunakan untuk penggerak utama untuk memutar *flywheel* setelah *flywheel* berputar pada kecepatan tinggi dan menyimpan energi gerak, sehingga energi yang tersimpan pada *flywheel* digunakan kembali untuk memutar motor menghasilkan energi listrik sebagai pengganti dari peran utama generator, beban yang digunakan adalah resistor 1K.

Pengujian ini dilakukan sampai dengan kecepatan motor mencapai kecepatan maksimum atau 2500 RPM, setelah mencapai kecepatan maksimum maka sumber diputus dari *power supply*, pengujian dilakukan sebanyak tiga kali. Hal ini bertujuan untuk memasitikan nilai yang terukur dari masing-masing pengujian. Untuk pengujian generator yaitu pada saat motor diputus dari sumber dan putaran yang dihasilkan oleh *flywheel* digunakan untuk memutar motor DC dan sekaligus motor berubah fungsi menjadi generator, untuk pengujian generator berbeban resistor 1K dirangkai paralel sampai dengan daya yang terukur mencapai kecepatan maksimum.

Setelah melakukan pengukuran tegangan, arus dan daya. Data pengukuran tersebut diolah menggunakan *microsoft excel* untuk memunculkan grafik histerisis.

3.3.4 Perhitungan daya yang dihasilkan oleh *flywheel*

Pada tahap pengujian ini dimaksudkan untuk mengukur kecepatan putar maksimal yang dapat dihasilkan mesin. Alat ukur untuk pengujian ini berupa Tachometer yang berfungsi mengukur kecepatan putar mesin, Wattmeter untuk mengukur daya, Voltmeter untuk mengukur tegangan dan Amperemeter untuk mengukur arus. Untuk lebih meyakinkan hasil dari pengukuran di bandingkan

dengan hasil perhitungan sesuai teori. Berikut ini langkah-langkah yang digunakan untuk perhitungan sesuai teori:

1. Perhitungan torsi

Perhitungan torsi bertujuan untuk mengetahui daya maksimal yang dapat dihasilkan oleh *flywheel*. Sebelum menghitung torsi, perlu diketahui berapa berat dan jari-jari *flywheel* digunakan untuk dapat mengetahui besar momen inersianya. Penghitung momen inersia menggunakan persamaan (2.2). Setelah momen inersia didapatkan maka torsi dapat dihitung menggunakan persamaan (2.3)

2. Perhitungan daya yang dihasilkan *flywheel*

Daya adalah ukuran dari jumlah usaha yang dapat dilakukan dalam jumlah waktu tertentu. Setelah mendapatkan nilai torsi barulah kita dapat menghitung besar daya yang dapat dihasilkan oleh *flywheel* tersebut. Besar daya tersebut dapat diketahui menggunakan persamaan (2.4). [6]

3. Perhitungan efisiensi mesin

Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengetahui efisiensi yang dihasilkan oleh *flywheel*. Perhitungan efisiensi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.5). [6]

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

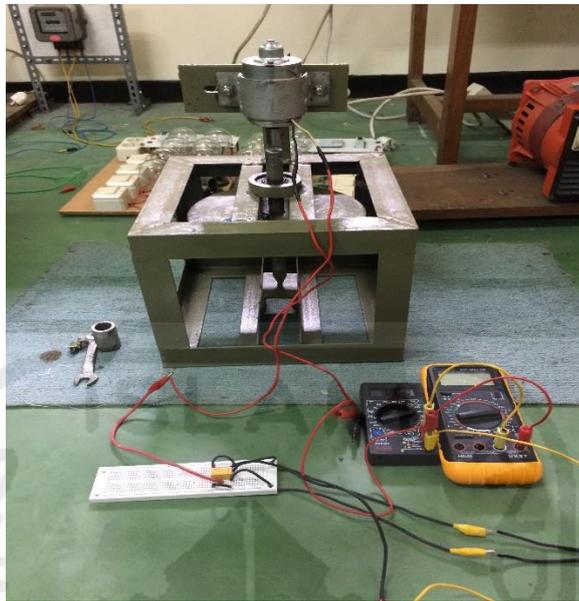
Pada percobaan kali ini hampir sama dengan pengukuran sebelumnya namun yang berbeda dari pengukuran ini yaitu dilakukan pengukuran pada output *power supply* yang mana keluaran *power supply* ini berupa tegangan DC (*Direct current*) yang digunakan untuk memutar motor. Pada percobaan pertama ini motor 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*

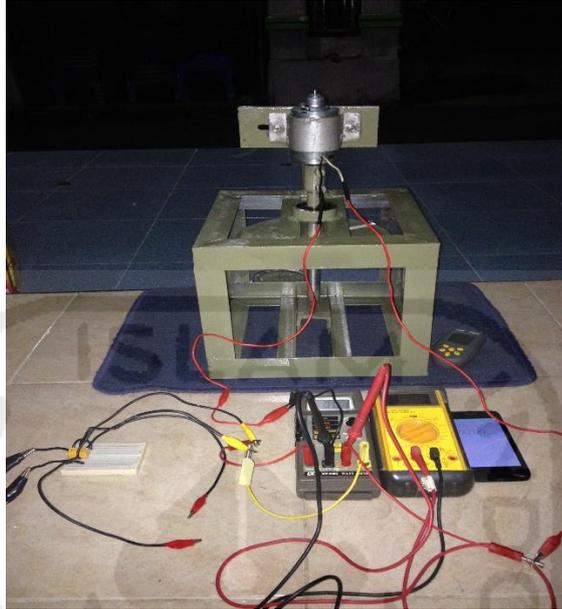
Pengujian ini bertujuan untuk melihat output yang dihasilkan dari generator dalam keadaan tanpa beban. Data hasil pengukuran yang dilakukan selama 3 kali pengukuran hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.3

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

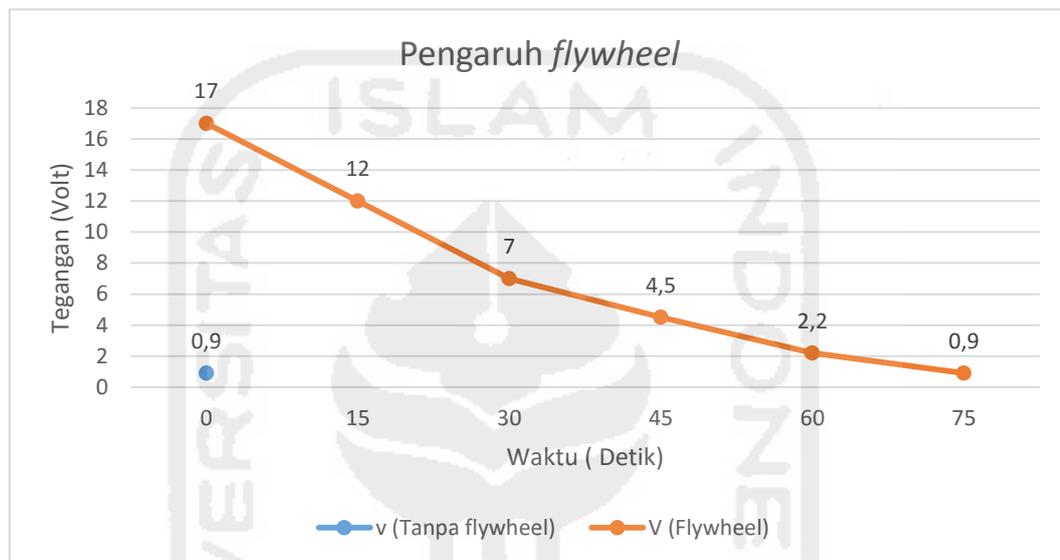
Pada pengujian ini hampir sama dengan pengujian sebelumnya yang membedakan hanya saja pada pengujian ini motor DC dicouple dengan flywheel sehingga data dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini:

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:

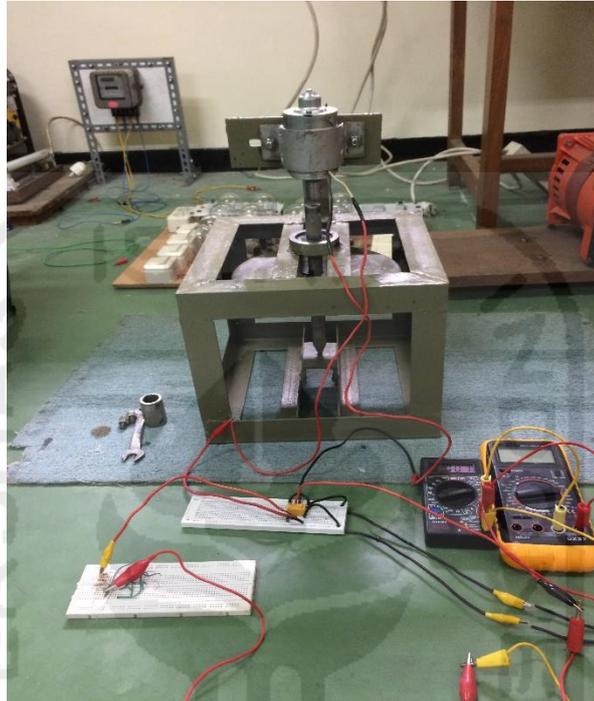


Gambar 4.3 Grafik perbandingan tegangan

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*



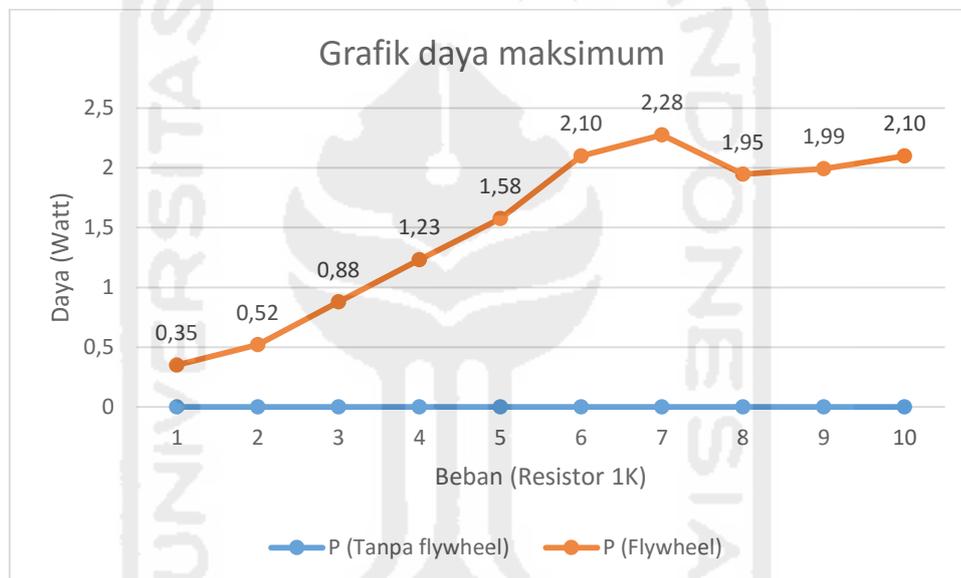
Gambar 4.5 Rangkaian generator berbeban motor *dicouple* dengan *flywheel*

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 parameter 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)

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

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

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

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

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

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

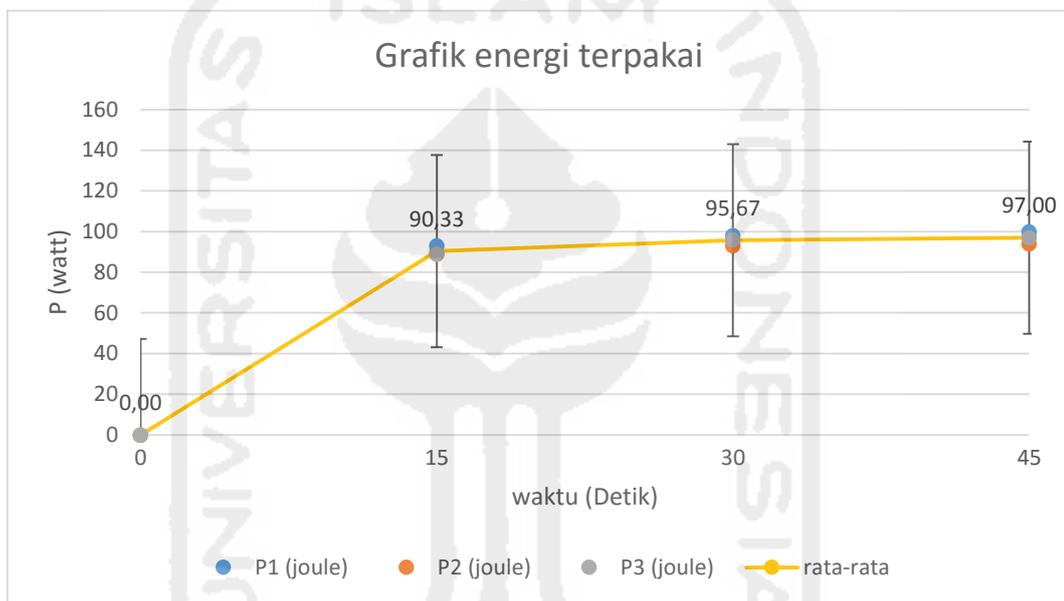
$$\begin{aligned}\eta &= \frac{2,28}{100} 100\% \\ \eta &= 0,0229\end{aligned}$$

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

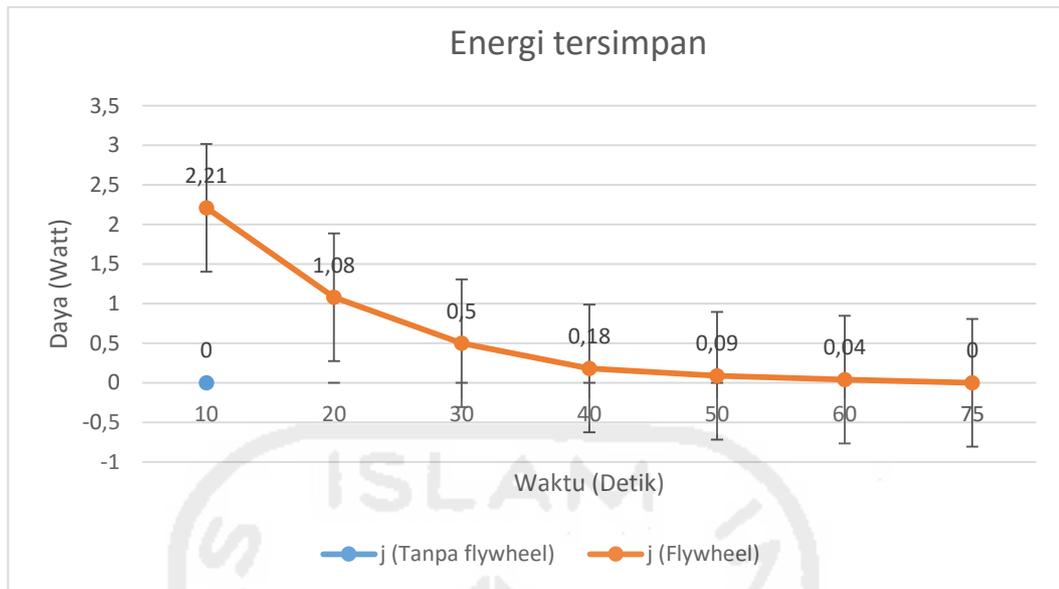
mengakibatkan berkurangnya nilai putaran serta akan berdampak pada nilai efisiensi.

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

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis performa roda-gila (*flywheel*) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. *Flywheel* sangat berpengaruh pada putaran generator saat sumber diputus, waktu bertahan putar selama 1 menit 20 detik
2. Kecepatan motor sangat berpengaruh kepada kecepatan yang dihasilkan pada *flywheel*
3. *Flywheel* dapat menyimpan energi yang berlebih kemudian mengembulkannya kembali saat diperlukan
4. Energi yang dihasilkan oleh model penyimpanan energy berbasis roda-gila (*flywheel*) adalah 2.29 joule
5. Nilai efisiensi yang dapat dihasilkan oleh *flywheel* dengan diameter 22cm dan berat 6 kg berdasarkan teori adalah 0.53%, sedangkan berdasarkan pengukuran adalah 0,22%

5.2 Saran

1. Penelitian yang telah dilakukan dapat dilanjutkan dengan mengganti model sistem penyimpanan serta ukuran *flywheel*
2. Mengurangi gaya gesekan pada sistem ini karena gaya gesek sangat mempengaruhi kinerja dari *flywheel*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Moh. Syaikhu Aminudin. *Studi Aplikasi Flywheel Energi Storage Untuk Meningkatkan Dan Menjaga Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (pltmh)*. Institut Teknologi Sepuluh November. 2010.
- [2] Qodari M. Chasan. *Motor DC dan Generator DC*. Departemen Pendidikan Joint Program Malang Teknik Elektro 2009
- [3] Arief Setiarso. *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Flywheel Terhadap Karakteristik Energi Bangkitan Pada Micropower Generator Tipe Radial Topology*. Institusi Teknologi Sepuluh November.
- [4] Saripuddin M, Suradi. *Analisa Pengaruh Berat Roda Gila (Flywheel) terhadap Akselerasi Kendaraan*. Teknik Universitas Islam Makassar. 2011.
- [5] Herman Yani. *Studi Tentang Roda Gila Motor-Generator Induksi Untuk Penyimpanan Energi Listrik*. Universitas Gajah Mada.2011
- [6] Manab rahmad chandra. *Rancang Bangun Model Mesin Stirling Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Termal*. Universitas Islam Indonesia.2015