

PEMBANGKITAN ENERGI LISTRIK DARI PUTARAN WATER SPRINKLER UNTUK PENCAHAYAAN DI MALAM HARI

HARVESTING ELECTRIC ENERGY FROM ROTATING WATERING SPRINKLER FOR NIGHT LIGHTING

Muhajidin¹, Sigit Yuwono², Angga Rusdinar³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹Muhajidin@students.telkomuniversity.ac.id, ²yuwono@telkomuniversity.ac.id,

³anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Indonesia adalah salah satu negara yang punya berbagai sumberdaya untuk pemanfaat pembangkitan energi listrik, namun hal itu belum terealisasi dengan baik, masih terdapat banyak perumahan khususnya wilayah pedesaan yang belum menikmati energi listrik, terlalu banyak pemborosan energi untuk di beberapa wilayah perkotaan contohnya pada sistem pertamanan dan juga perumahan yang seharusnya dapat diminimalisir, selain itu indonesia adalah salah satu negara dengan sumber atau bahan utama pembangkitan energi berbahan baku fosil, dimana ketersediaan semakin menipis, dengan demikian dibutuhkan berbagai inovasi di bidang energi harvesting atau energi terbarukan.

Pada penelitian ini dimanfaatkan sebuah alat penyemprot air berputar *Rotating water Sprinkler* (RWS) yang merupakan suatu peralatan pertamanan yang menyemprotkan air secara memutar. Perputaran kepala penyemprot air pada dasarnya disebabkan oleh adanya pergerakan atau aliran air yang masuk melalui selang atau pipa air dan keluar dari mulut penyemprot (*nozzle*). Pada penelitian ini, perputaran kepala penyemprot RWS dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik berskala kecil. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan analisi pada aliran air untuk disesuaikan dengan putaran RWS, putaran yang dihasilkan diintegrasikan dengan generator sebagai pembangkit energi listrik. Untuk mengurangi ripple atau noise digunakan komponen kapasitor dan hasilnya dapat dilihat seperti hasil yang di dapatkan pada Gambar 1 sampai 6.

Hasil pembangkitan energi listrik pada penelitian ini adalah dengan putaran minimum 160 RPM menghasilkan tegangan 1.54VDC dan dengan putaran maksimum 1260 RPM menghasilkan tegangan 5.44VDC, selain itu dari hasil pengujian yang di lakukan seperti pada Tabel 2, sistem ini dapat menyalakan 30 buah LED merah standar .

Kata Kunci : *Energy scavenging, rotating water sprinkler ,generator DC, energy harvesting.*

Abstract

Indonesia is one of the countries that has a variety of resources for the use of electricity generation, but it has not been realized well. There are still many housing, especially rural areas that have not enjoyed electricity. Too much wasted energy in some urban areas, for example in the gardening system and also in the housing area that should have been minimized. Moreover, that Indonesia is one of the countries with the main source or material for generating energy from fossil fuels, where is the availability is decreasing. Therefore, it requires various innovations in the field of energy harvesting or renewable energy.

In this research, a Rotating Water Sprinkler (RWS) is used which is a gardening device that sprays water in a rotating manner. The rotation of the head of the water sprayer is basically caused by the movement or flow of water entering through a hose or water pipe and out through a nozzle. In this study, RWS's head rotation is used to generate a small-scale electrical energy. The method that has been used in this study is to analyze the water flow to be adjusted with the RWS's rotation. The rotation result integrated with the generator as an electric energy generator. To reduce ripple or noise the capacitor component is used and the results can be seen that obtained in graphic 1 to 6..

The results of electrical energy generation in this study is that with a minimum rotation of 160 RPM produces a voltage of 1.54VDC and with a maximum rotation of 1260 RPM produces a voltage of 5.44VDC, in addition to the results of the tests as shown in Table 2, this system can turn on 30 standard red LEDs.

Keyword : *Energy scavenging, rotating water sprinkler, DC Generator, Energy harvesting, Renewable Energy.*

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara yang punya berbagai sumberdaya untuk pemanfaat pembangkitan energi listrik, namun hal itu belum terealisasi dengan baik, masih terdapat banyak perumahan khususnya wilayah pedesaan yang belum menikmati energi listrik, terlalu banyak pemborosan energi untuk di beberapa wilayah perkotaan contohnya pada sistem pertamanan dan juga perumahan yang seharusnya dapat diminimalisir dengan energi alternatif. Penyemprot air berputar *Rotating Water Sprinkler (RWS)* adalah suatu peralatan pertamanan yang menyemburkan air secara memutar, dan dihubungkan ke sumber air dengan selang atau pipa PVC. Perputaran kepala penyemprot air pada dasarnya disebabkan oleh adanya pergerakan atau aliran air yang masuk melalui selang atau pipa PVC air dan keluar dari mulut penyemprot (*nozzle*).

Pada sistem ini, perputaran kepala penyemprot air di atas akan dicoba untuk dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik berskala kecil berdasarkan prinsip kerja generator listrik, dimana suatu kumparan yang bergerak di dalam medan magnet dapat menghasilkan tenaga listrik. Apabila ide ini berhasil, di mana tenaga listrik berhasil dibangkitkan, ada beberapa tantangan dalam pemanfaatan tenaga listrik tersebut, antara lain:

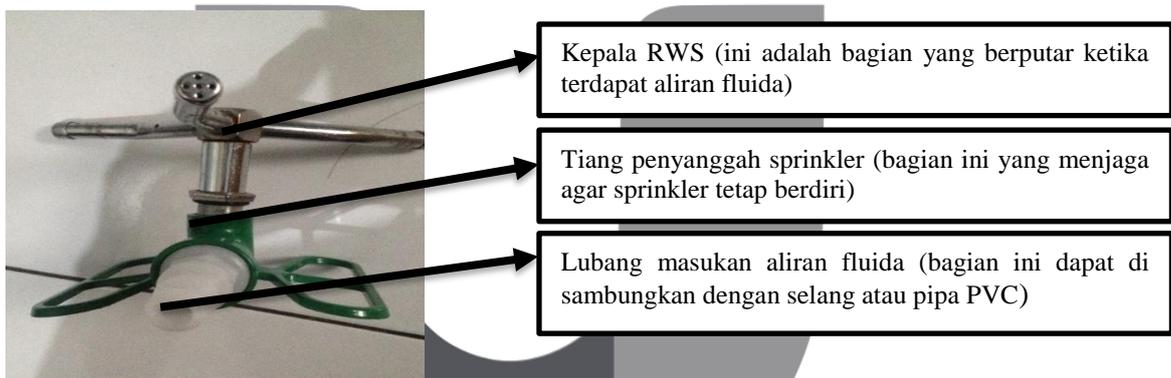
- Perangkat yang dicatu haruslah dapat beroperasi dengan energi listrik yang rendah.
- Jarak perangkat haruslah dekat dengan penyemprot air.
- Energi yang dibangkitkan dapat mencatu beban LED minimal sejumlah lengan nozzle pada RWS.

Dengan pertimbangan di atas, perangkat yang diusulkan untuk dicatu oleh generator di atas adalah lampu LED berdaya rendah, Cahaya dari LED nantinya akan digunakan untuk memberi efek cahaya ke air yang disemprotkan, dengan tujuan menambah estetika pada saat penyiraman di malam hari.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1. *Rotating Water Sprinkler (RWS)*

Gambar 1 adalah gambar *Rotating Water Sprinkler (RWS)* merupakan alat yang sering digunakan untuk menyiram tanaman, yang biasanya berupa rerumputan yang tumbuh tidak terlalu tinggi



Gambar 1 *Rotating Water Sprinkler*

RWS berputar dengan memanfaatkan debit aliran fluida yang bersumber dari keran air, Putarannya memanfaatkan momentum yang dihasilkan oleh laju aliran air yang keluar dari lubang *nozzle*. Jika putaran kepala *RWS* terhadap porosnya dianggap licin tanpa gesekan, maka berlaku hukum kekekalan momentum linear yang diakibatkan oleh laju aliran fluida. Momen gaya yang bekerja untuk memutar *RWS* merupakan gaya yang bekerja dengan arah tegak lurus dengan lengan torsi, dapat digunakan persamaan satu (1)

$$V_{\theta} = V \cos \theta \quad \text{Persamaan (1)}$$

Untuk memperbesar gaya yang dihasilkan kecepatan aliran air yang keluar dari lubang *nozzle*, arah aliran harus diarahkan setegak mungkin dengan lengan torsi atau saat sudut θ dibuat 90° dalam kondisi riil, *sprinkler* yang ada di pasaran biasanya tidak disertai spesifikasi teknis. Bila diasumsikan sistem yang akan diimplementasikan akan diletakkan di kepala *RWS*, maka tentunya kecepatan putar kepala *RWS* akan terpengaruh. Pada penelitian ini, tiga *RWS* akan di uji kecepatan putarannya dengan debit air yang konstan, namun dengan berat kepala yang berbeda-beda. Pengujian ini bertujuan untuk mencari data yang relatif tetap sebagai masukan dalam merancang sistem generator listrik yang akan digunakan.

2.2. Ratio Pully

Biasanya jika perbedaan putaran antara mesin dan motor listrik tidak terlalu besar, tidak perlu menggunakan Gearbox, cukup dengan mengatur perbandingan Pulley atau Sprocket.

1. **Pulley** digunakan untuk Mesin dengan Putaran Tinggi, Torque rendah
2. **Sprocket** digunakan untuk mesin dengan Putaran rendah, Torque tinggi
Hal ini biasanya dapat kita temui pada Mesin-mesin Industri seperti Pompa, Blower, Fan dan sebagainya.
3. **Rumus Menghitung ratio**
Ratio = $N2 : N1$
Putaran motor penggerak atau Input Speed, disimbolkan dengan **N1**
Putaran mesin disebut dengan Output Speed, disimbolkan dengan **N2**
4. **Kecepatan linier sabuk dinyatakan dengan persamaan :**

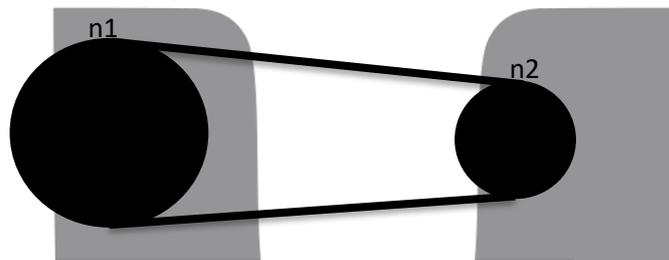
$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

Dengann V adalah kecepatan linier sabuk (m/s), π adalah konstanta sebesar 3.14 , d adalah diameter puli (cm) dan n adalah kecepatan putaran puli (rpm).

5. Perbandingan antar puli pemutar dan yang diputar seperti persamaan berikut :

$$i = \frac{nr2}{nr1} = \frac{d2}{d1}$$

Dengan i adalah perbandingan putaran (rpm), $nr1$ adalah putaran puli pemutar (rpm), $nr2$ adalah putaran puli yang diputar (rpm), $d1$ adalah diameter puli pemutar (inchi), dan $d2$ adalh diameter puli yang diputar (inchi). sisitem puli dapat dilihat pada Gambar 2 .



Gambar 2 Transmisi Sabuk dengan Puli

2.3. Penggerak Utama

Sebuah generator dapat bekerja apabila rotor yang terdapat pada generator diputar oleh penggerak utama, pada pengujian generator digunakan motor DC sebagai penggerak generator dengan metode shaft coupling. Namun untuk implementasi sisitem digunakan Rotating water sprinkler (RWS). RWS harus dapat memutar rotor pada saat Generator induksi belum dibebani maupun setelah dibebani, sehingga generator induksi dapat bekerja dengan baik. Teori yang mendasari terbentuknya GGL induksi adalah **Percobaan Faraday**, yang menyatakan bahwa pada sebuah kumparan akan dibangkitkan GGL apabila jumla garis gaya yang diliputi kumparan berubah-ubah. Ada tiga hal dasar pada GGL induksi yaitu:

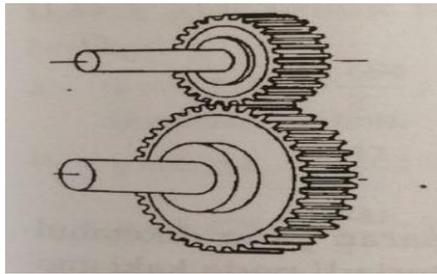
1. Adanya flux magnet yang dihasilkan oleh kutub-kutub magnet.
2. Adanya kawat penghantar yang merupakan tempat terbentuknya EMF.
3. Adanya perubahan flux magnet yang melewati kawat penghantar listrik.

2.4. Sistem Transmisi Roda Gigi

Roda gigi merupakan sebuah elemen yang digunakan untuk memindahkan daya dan putaran dari satu poros ke poros yang lain tanpa terjadinya slip. Roda gigi memiliki gigi di sekelilingnya sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkait dapat dilihat pada Gambar 3. Roda gigi sering digunakan karen dapat menggunakan alat transmisi yang lainnya, selain itu roda gigi juga memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan alat transmisi lainnya, yaitu :

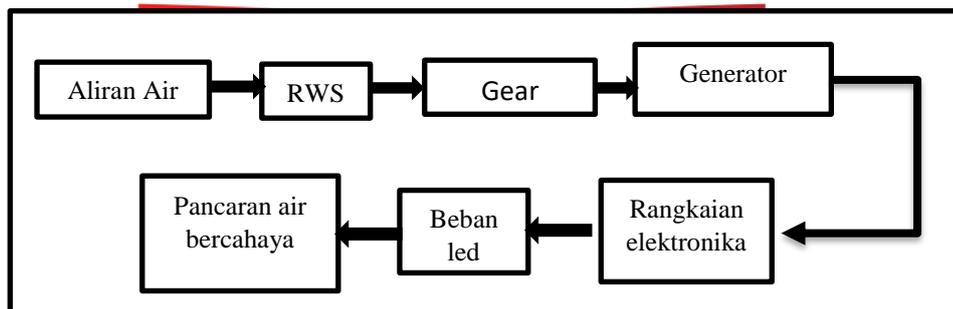
1. Sistem transmisi lebih ringkas, putran lebih tinggi dan daya yang besar.
2. Sistem yang kompak sehingga kontruksinya sederhana.
3. Kemampuan menerima beban lebih tinggi.
4. Efisiensi pemindahan dayanya tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil.

- Kecepatan transmisi roda gigi dapat digunakan sehingga dapat digunakan dengan pengukuran yang kecil dan daya yang besar.



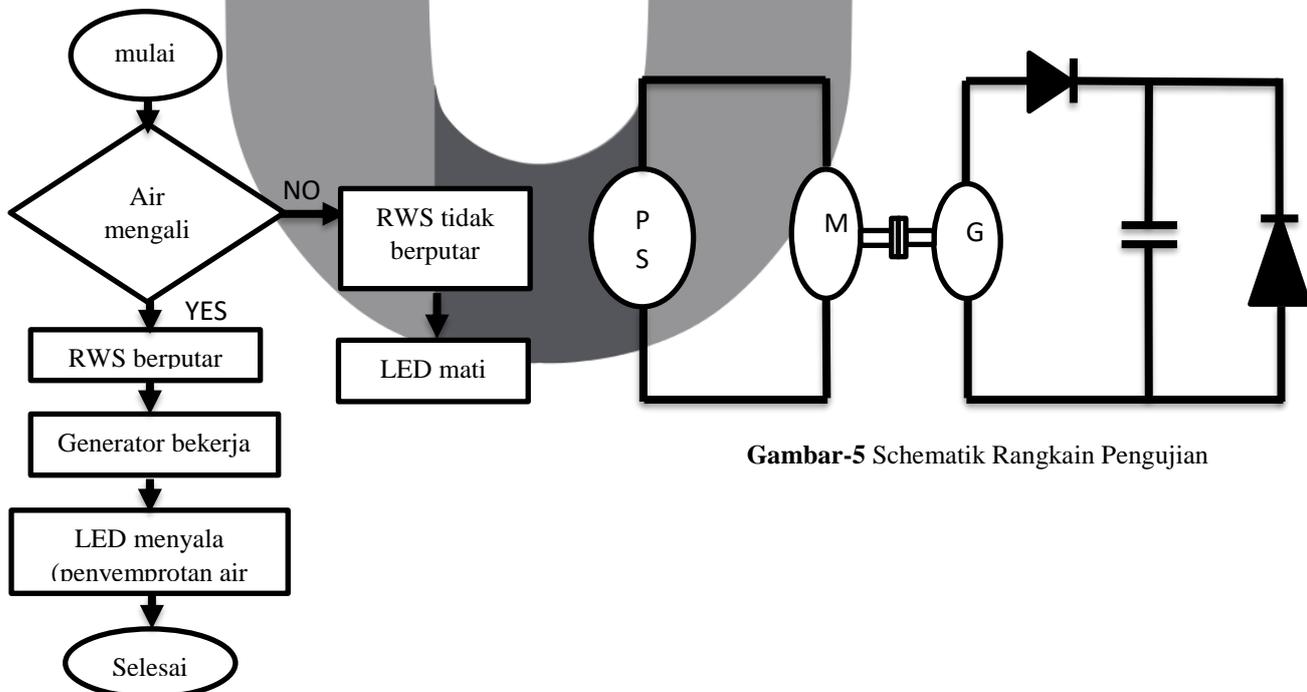
Gambar 3 Sistem Transmisi Roda Gigi

2.5. Blok Diagram Sistem Keseluruhan



Gambar 4 Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Pada gambar Gambar 4 merupakan blok diagram keseluruhan sistem dan pada Gambar 5 merupakan diagram alir keseluruhan sistem. Pembangkitan energi listrik dilakukan dengan memanfaatkan laju aliran air yang menyebabkan perputaran kepala RWS, kemudian diintegrasikan ke Generator DC dengan menggunakan gear. Semakin cepata putaran yang di hasilkan maka akan semakin besar pula tegangan dan arus yang dapat di bangkitkan generator.



Gambar-5 Schematik Rangkain Pengujian

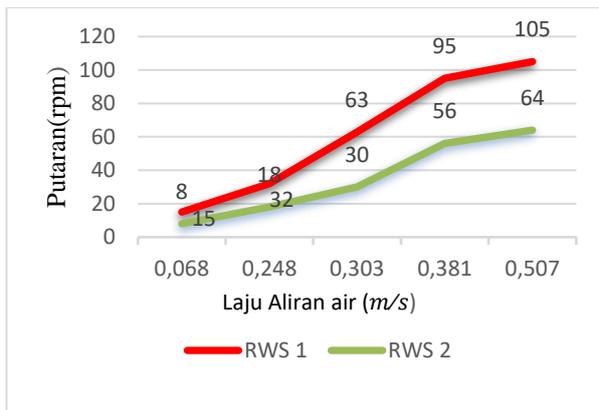
Gambar-6 flow Chart Sistem

Pada perancangan Gambar-6 adalah skenario pengujian pemilihan Generator yang akan digunakan, dari sekenario diatas akan didapatkan nilai putaran (Rpm), tegangan (Volt) dan arus (I). Dari data yang didapatkan akan dibandingkan pada tiap-tiap Generator, nilai terbaik yang memenuhi kebutuhan akan digunakan sesuai dengan paraeter batasan masalah dan tujuan.

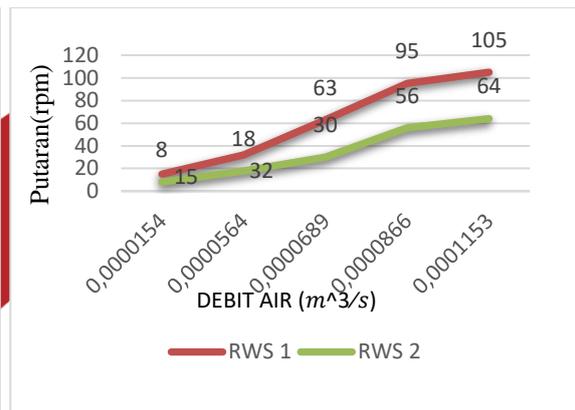
3. Hasil Pengujian dan Analisis

3.1. Pengujian Rotating Water Sprinkler (RWS)

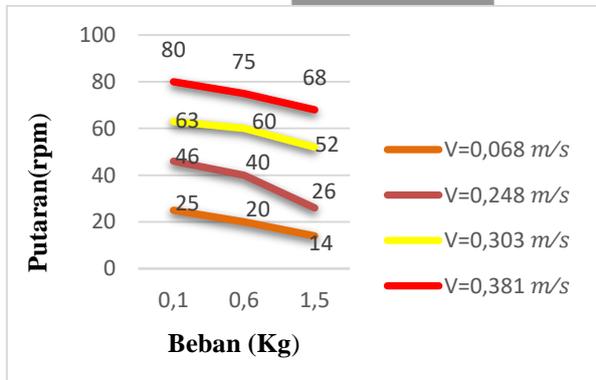
Untuk kesesuaian penelitian dilakukan analisis pada beberapa RWS untuk kemudian dibandingkan hasil yang didapat, parameter penting pada pengujian ini adalah jumlah putaran pada tiap sprinkler, berat sprinkler, dan ketersediaan RWS dipasar mudah didapat dan harga cukup terjangkau. Pada Grafik-1 menunjukkan perbandingan putaran RWS dengan parameter laju aliran dan pada Grafik-2 menunjukkan perbandingan debit air terhadap putran, Grafik-3 pengaruh beban terhadap putaran RWS 1, dan Grafik-4 pengaruh beban terhadap rws 2.



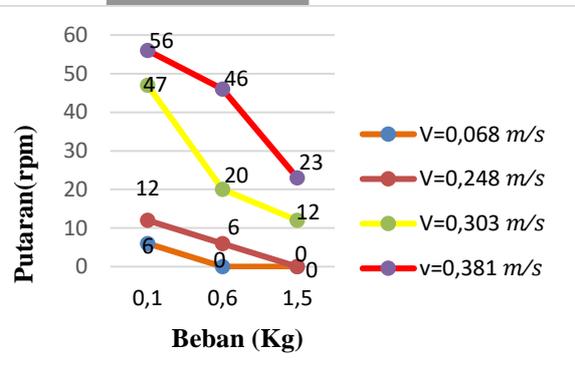
Grafik-1 Laju aliran terhadap Putaran



Grafik-2 Debit terhadap Putaran



Grafik-3 Pengaruh beban Terhadap RWS 1

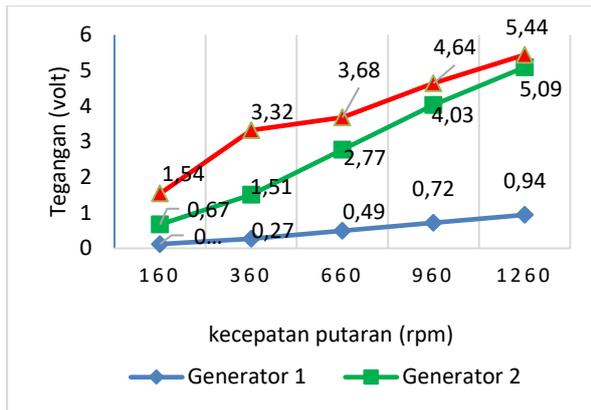


Grafik-4 Pengaruh beban Terhadap RWS 2

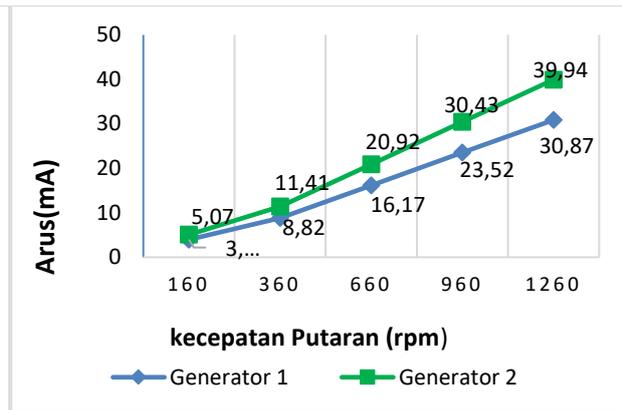
Keterangan : V= Laju aliran Air, Rpm= Rotasi per menit.

3.2. Pengujian Generator Induksi

Pada pengujian ini dilakukan analisis Motor DC sebagai aktuator dan juga sebagai generator dengan mengimplementasikan sistem shaft coupling. Komponen penyusun pada pengujian ini terdiri dari power supply, motor DC, tachometer, kapasitor dan juga Light emitting diode (LED). Pengujian ini bertujuan untuk melakukan perbandingan pada beberapa jenis motor DC, dengan parameter nilai Revolutions Per Minute (Rpm), Voltage (Vgenerator), Arus (I generator), yang dapat dilakukan oleh tiap-tiap motor DC sehingga dapat menentukan kesesuaian genertor yang cocok untuk kebutuhan penelitian. Hasil pengujian pengaruh putran terhadap tegangan (V) dihasilkan dapat dilihat pada Grafik-5 dan pengaruh putran terhadap arus (I) yang dihasilkan dapat dilihat pada Grafik-6



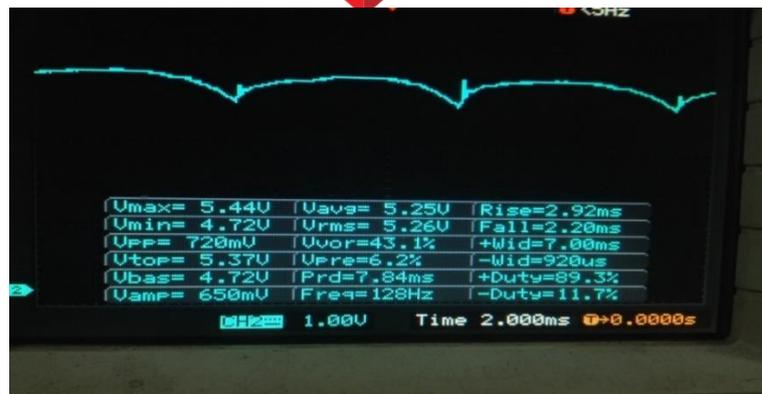
Grafik 5 Pengaruh RPM terhadap Tegangan



Grafik-6 Pengaruh RPM terhadap Arus

3.3. Pengujian Sistem tanpa Rangkain Elektronika.

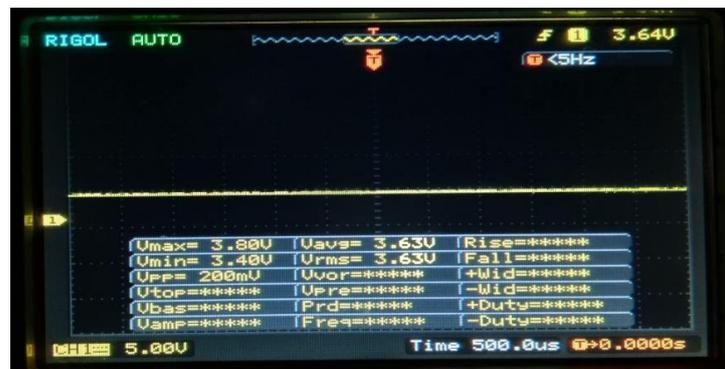
Pada pengujian ini dilakukan integrasi semua perangkat dan komponen yang telah diujikan sebelumnya, pada ngujian ini dilakukan tanpa integrasi rangkain elektronika ke sisitem, dari pengujian di diharapkan dapat mengukur nilai Tegangan dan arus yang di dihasilkan untuk keseuaian kebutuhan beban yang akan di catu, hasil pengujian tegangan maksimal dapat di lihat pada Gambar-7 yang di dapatkan menggunakan Oscilloscope Rigol DS1062CA hasil yang di dapatkan terdapat osilasi pada bentuk kurva.



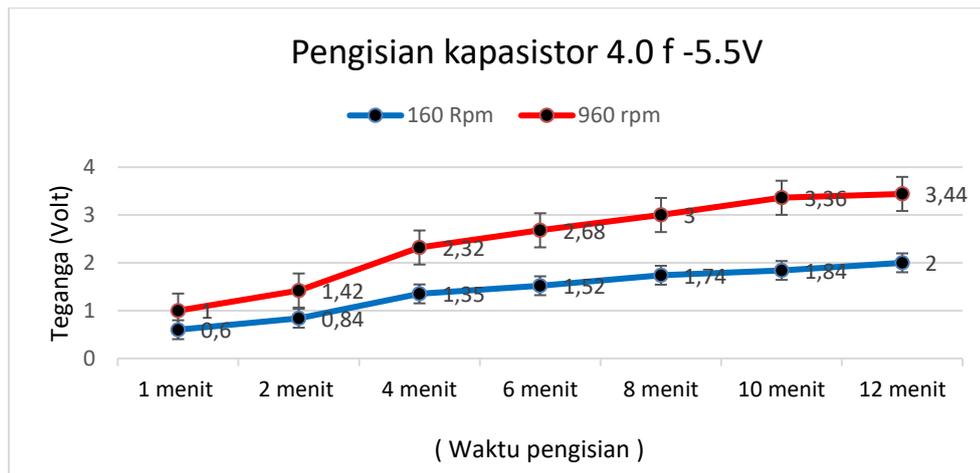
Gambar-7 Hasil pembangkitan tegangan Maksimal Sisitem

3.4. Pengujian sisitem Keseluruhan untuk Pengisian Capacitor

Pada pengujian ini dilakuakan integrasi semua perangkat dan komponen untuk kemudian dilakukan pengisian capsitor yang telah terintegrasi, capasitor yang digunakan dengan kapasitas 4,0f dan tegangan 5,5V hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar-8 hasil pembacaan oscilloscope Rigol DS1062CA dan Grafik perbandingan waktu terhadap pengisian capasitor. Terlihat pada pembacaan oscilloscope nois pada kurva sudah berkurang.



Gambar-8 Tegangan Output capasitor



Grafik 7 Pengisian Capasitor.

3.5. Pengaruh Beban Terhadap Tegangan Output

Pada pengujian ini dilakukan pengaruh beban terhadap tegangan output generator dan juga kondisi beban yang di catu oleh generator, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel-1.

Tabel-1 Pengaruh beban Terhadap Tegangan Output

No	V tanpa beban	Beban (LED)	V berbean	Ket. beban
1	2.86Volt	10 LED	2.50 volt	Semua ON
2	2.86Volt	15 LED	2.00 Volt	Semua ON
3	2.86Volt	20 LED	1.92 Volt	Semua ON
4	2.86Volt	25 LED	1.86 volt	20 awal on, 21-25 redup
5	2.86Volt	31 LED	1.67 volt	20 awal on, 21-27 redup, 28-30 sangar redup 31 off

Pada pengujian pengaruh beban terhadap tegangan output generator didapatkan kesimpulan pertambahan beban mempengaruhi output tegangan Generator, semakin banyakbeban makan tegangan semakin turun dan semakin banyak beban maka kondisi beban akan semakin redup.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada pembangkitan energi listrik yang berasal dari *Rotating Water Sprinkler* untuk pencahayaan air di malam hari, dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah putaran RWS dipengaruhi oleh laju aliran dan debit air yang digunakan serta posisi lubang nozzel pada kepala RWS.
2. Dengan laju aliran air 0.068 (m/s) menghasilkan 8 RPM sebagai laju aliran minimum RWS dapat berputar dan dengan laju aliran air 0,507 (m/s) menghasilkan 105 RPM.
3. Pembangkitan energi listrik pada sistem ini dengan putaran minimum 160 RPM menghasilkan tegangan 1,54VDC dan dengan putaran maksimum 1260 RPM menghasilkan tegangan 5.44VDC
4. Sistem ini dapat mencatu beban LED merah standar hingga 30 buah LED yang disusun paralel tanpa penambahan komponen elektronik lainnya.

5. Saran

Saran untuk pengembangan selanjutnya antarlain :

1. Dapat melakukan penyimpanan Energi listrik dengan kapasistas yang lebih banyak.

2. Pancaran air dan cahaya LED berada pada satu arah dan posisi yg sama sehingga LED tidak terlihat pada bagian luar sistem.
3. Pembangkitan energi listrik dapat mencatu beban lampu Rumahan.

Daftar Pustaka:

- [1] ZUHAL, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika daya Gramedia Pustaka Utama, Jakarta,Indonesia 1998
- [2] Sri Sukamta, Adhi Kusmanto, Perancangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) jantur Tabalas Kalimantan Timur, jurnal Teknik Elektro Vol.5 No 2, Juli- Desember 2013.
- [3] Theduard Febrawi dan Bambang Daryanto W, Vibration Energy Harvesting pada mesin cuci dengan mekanisme Piezoelectric, Jurnal Teknik Pomits ,Vol.2,No 1, 2013, ISSN:2301-9271
- [4] Hadryanus Simanjuntak,Sumono,Saipul Bahri Daulay,Rancang Bangun Alat Pembangkit Listrik Tenaga Air Irigasi, J.Rekayasa Pangan dan Pert...,Vol.2,No.4 ,2014
- [5] http://www.academia.edu/90912444/makalah_motor_dc diakses pada tanggal 3 april 2018.
- [6] Fakhzan M. N,Muthalif Asan G.A, 2012, *Harvesting Vibration Energy Using Piezoelectric Material: Modeling, Simulation, and Experimental Verifications*, Mechatronics, vol 23, pp.61-66.
- [7] Irawan Purna A, Perancangan Sistem Transmisi Roda Gigi, PT Kanisius, jl. Cempaka 9, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281, 2016, ISBN:978-979-21-4993-7.
- [8] Hari Prasetijo,Ropiudin, Budi Dharmawan, Generator Magnet Permanen sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah, Vol.8 No 2 Agustus 2012, ISSN 1858-3075.
- [9] Herudin, Wahyu Dwi Prasetyo, Rancang Bangun Generator Sinkron I fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah 750 RPM, Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jurnal Ilmiah SETRUM – Volume 5, No.1, Juni 2016, p-ISSN : 2301-4652 / e-ISSN : 2503-068X.
- [10] Hamid. 1994. *Design of Small Electrical Machines*. Chicester: John Wiley & Son.
- [11] Streeter, V.L, Wylie, E.B.1999, Mekanika Fluida. Edisi Delapan Jilid 1, Jakarta, Erlangga.
- [12] Nurcholis, L.2008, Perhitungan Laju Aliran Fluida pada Jraingan Pipa, Jurnal Unimus Vol.7 No.1.
- [13] Suhendri, Raja Harap, Analisis dan Simulasi Pengaturan Tegangan Induksi Berpenguatan Sendiri Menggunakan Static Synchronous Compensator (STATCOM), Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU), Jurnal Singuda EnsikomVol.14 No.44, Maret 2016.
- [14] Hadi Susanto, Analisis Tegangan Roda Gigi Miring Pada Transmisi Kendaraan Roda Empat Berdasarkan AGMA dan ANSYS, Megister Teknik Mesin, Universitas Katolik Indonesia Atma jaya, Jurnal Teknologi Media Teknika, Vol.12 No.1, Juli 2017.
- [15] Farida, Bowasis Umar, Analisis Efisiensi Penggunaan Lampu Light Emitten Diode (LED) pada Gedung Telkom Regional VII Makassar, Universitas Islam Makassar, *Jurnal Of Electrical Technology*, Vol.3, No.1, Februari 2018.
- [16] Brady, Robert N, Elektrikand Electronic System for Automobiles and Truck, Reston Publishing Company, Inc, Virginia 1983.
- [17] Sirod Hantoro, Tiwan, Desain Profil Gigi Roda Gigi Lurus Dengan Sistem Koordinat, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, TEKNOIN, Vol. 11, No. 1, Maret 2006, ISSN 0853-8697.