

MODIFIKASI TURBIN ANGIN SAVONIUS MULTI BLADE MENGGUNAKAN SELUBUNG ROTOR TIPE KONSENTRATOR TANPA DIFUSER UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU

Frendy Prastyo, Jarot Dwi Anantojati, Puji Nugroho, Sudjito, Wiwik Purwati Widyaningrum
Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Konversi Energi
Politeknik Negeri Semarang Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Semarang Fax.(024) 7472396

Abstrak

Tujuan penelitian ini membuat, menguji, dan mengkaji karakteristik pembangkitan listrik tenaga angin dengan menggunakan turbin angin Savonius Multi Blade dengan memvariasikan beban pada listrik yang dihasilkan oleh sistem dengan prinsip pengisian baterai dan pemakaian energi listrik baterai tersebut guna mengetahui kemampuan pembangkitan listrik tenaga bayu turbin savonius dengan menggunakan generator putaran rendah untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Metode yang dilakukan meliputi, observasi, perencanaan dan pembuatan alat, serta pengujian. Pengujian dimulai setelah jadi konstruksi turbin dan instalasi listrik untuk pembangkit listrik, lalu menguji kinerja turbin Savonius multi blade untuk memutar generator, mengetahui waktu pengisian generator, dan waktu pemakaian daya listrik baterai terhadap parameter variasi beban lampu 50 Watt, 60 Watt, 70 Watt, 80 Watt. Dari hasil pengujian didapatkan pengisian baterai 12 Volt tercepat pada saat kecepatan angin 8m/s selama 70 menit, waktu pengosongan atau pemakaian daya baterai semakin bertambah beban dengan total beban 80 Watt dengan waktu 29 menit baterai turun tegangannya mencapai 9 Volt. Daya yang dihasilkan generator paling besar terjadi pada kecepatan angin 8m/s sebesar 5,1 Watt. Dari semua data yang didapat dari pengujian tersebut didapat efisiensi sistem tertinggi diperoleh pada kecepatan 6 m/s sebesar 9.6 %.

Kata kunci: Turbin Savonius, daya generator, PLTB

1. PENDAHULUAN

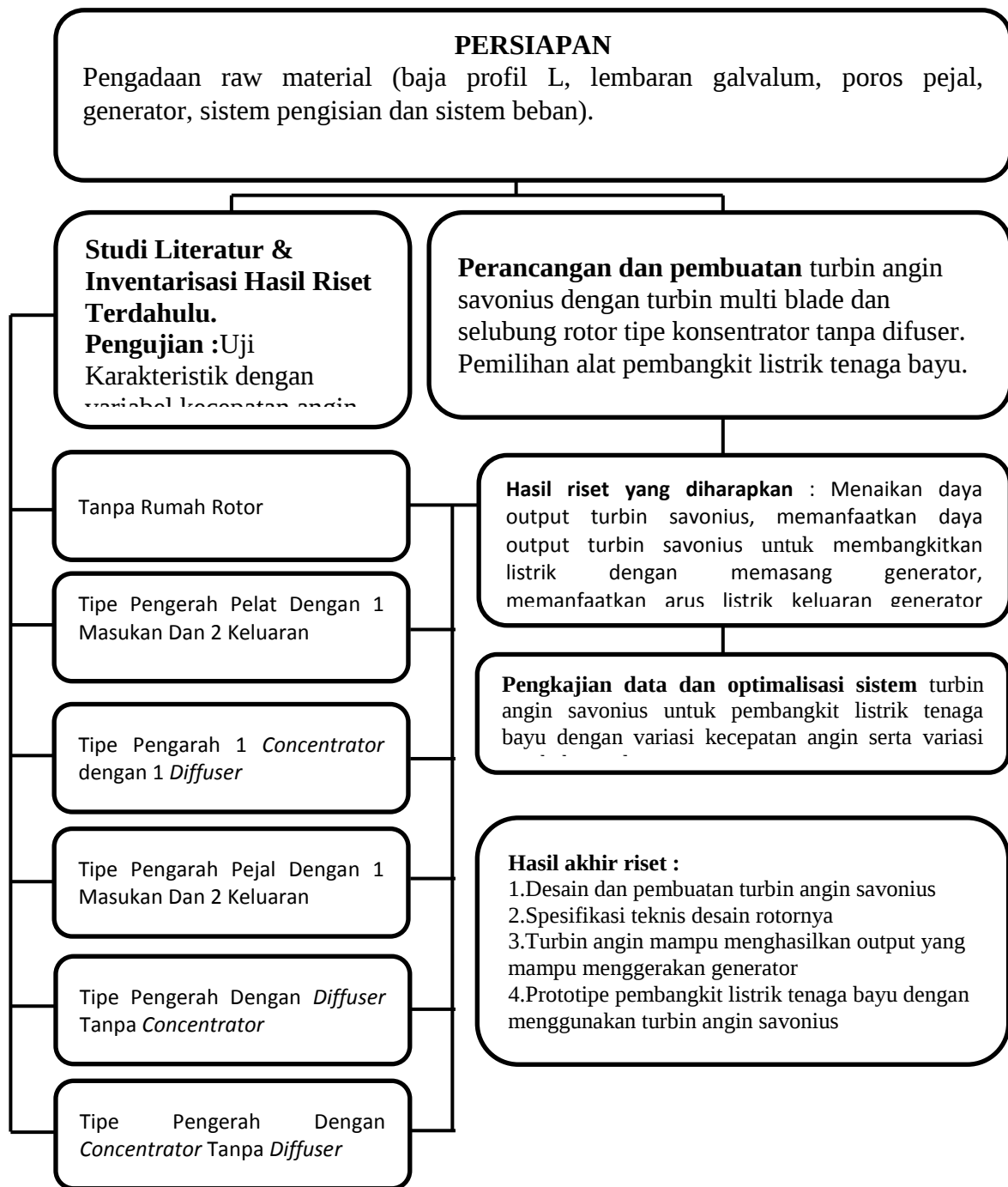
Sepanjang sejarah manusia kemajuan-kemajuan besar dalam kebudayaan selalu diikuti oleh meningkatnya konsumsi energi. Peningkatan ini berhubungan langsung dengan tingkat kehidupan penduduk serta kemajuan industrialisasi. Sejak revolusi industri, penggunaan bahan bakar meningkat secara tajam, oleh sebab itu diperlukan sumber energi yang dapat memenuhi semua kebutuhan. Salah satu sumber energi yang banyak digunakan adalah energi fosil. Sayangnya energi ini termasuk energi yang tidak dapat diperbaharui dan jika energi fosil ini habis maka diperlukan sumber-sumber energi baru. Indonesia memiliki potensi energi angin yang sangat besar yaitu sekitar 9,3 GW dan total kapasitas yang baru terpasang saat ini sekitar 0,5 MW (Daryanto, 2007).

Perkembangan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah. Salah satu penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar. Turbin yang sesuai untuk kecepatan angin rendah adalah Turbin Savonius. Turbin ini memiliki torsi awal yang besar pada kecepatan angin rendah (Kamal, 2008).

Berbagai macam penemuan turbin angin sebagai pembangkit energi alternatif sudah ditemukan sejak lama dengan berbagai macam bentuk desain. Turbin angin tipe savonius adalah salah satu macam turbin angin yang ditemukan sebagai pemanfaatan energi angin yang bekerja dengan memanfaatkan kecepatan angin. Bentuk sudu dibuat sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan gaya dorong yang akan memutar rotor. Besarnya putaran rotor yang dihasilkan berbanding lurus dengan besarnya kecepatan angin. Untuk memaksimalkan kerja dan efisiensi turbin savonius mempunyai berbagai macam cara, salah satunya yaitu dengan penambahan selubung rotor tipe konsentrator tanpa difuser.

2. METODE PENELITIAN

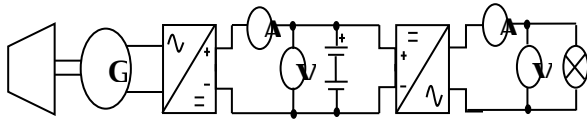
Metode penelitian dimulai dengan studi literatur dan studi hasil riset-riset sebelumnya, studi potensi angin, tahap perancangan alat, tahap pemilihan bahan, tahap pengerjaan, tahap perakitan, dan tahap pengujian alat. Tahapan penelitian dapat digambarkan dalam diagram alir dan tahapan pekerjaan penelitian seperti di bawah ini. Tahapan-tahapan penelitian dapat digambarkan dalam diagram alir Gambar 1 di bawah ini



Gambar 1. Tahapan penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Turbin Savonius Multi Blade saat udara yang mengalir menumbuk sudu dan kecepatan angin dibelokkan dalam rotor menumbuk sudu yang lain, sehingga rotor akan berputar secara optimal. Kemudian angin menumbuk sudu turbin dan turbin tersebut akan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik yang berupa putaran dari turbin tersebut kemudian dihubungkan dengan poros generator dengan transmisi 1 : 4 untuk agar generator mampu menghasilkan keluaran energi listrik. Dibawah ini merupakan rangkaian dari proses pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ini.



Gambar 2 Rangkaian Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini turbin angin *savonius* multi *blade* menggunakan selubung rotor tipe konsentrator tanpa *diffuser* untuk pembangkit listrik tenaga bayu adalah :

- Alat uji Turbin Angin *Savonius* Multi *blade* beserta seluruh perlengkapannya.
- Blower*. 1 buah
- Anemometer* digital. 1 buah
- Tachometer* digital. 1 buah
- Hygrometer*. 1 buah
- Multimeter* 1 buah
- Stopwatch* 1 buah
- Amperemeter* 2 buah
- Voltmeter* 2 buah

Proses pengujian alat ini adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan alat yang diperlukan seperti, Turbin angin *Savonius* Multi *blade* menggunakan selubung rotor tipe konsentrator tanpa *diffuser* beserta komponen pembangkitan listriknya, *blower*, *tachometer*, *anemometer*,

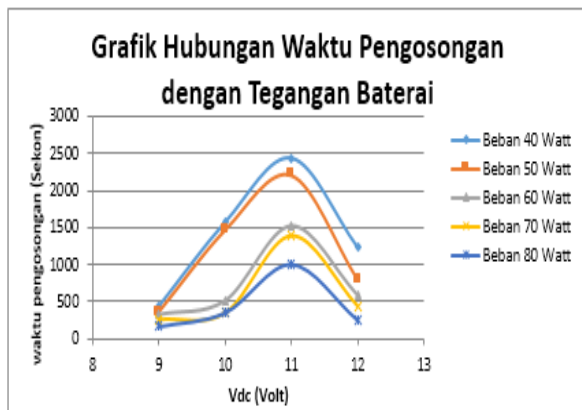
hygrometer, *multimeter*, *stop watch*, *Voltmeter*, dan *amperemeter*.

- Mengecek dan mengkalibrasi alat ukur.
- Menghidupkan *powersupply* yang akan digunakan untuk menghubungkan *blower* (220Volt).
- Menyiapkan turbin angin *Savonius* Multi *blade* yang dihadapkan sejajar dengan angin yang dihasilkan *blower* pada jarak tertentu.
- Menyalakan *blower*, lalu mengukur kecepatan angin (v) dengan cara mengatur jarak *blower* dengan turbin angin dengan jarak tertentu supaya menghasilkan kecepatan angin $6 \frac{m}{s}$ dengan menggunakan *anemometer*. Setelah mendapatkan kecepatan angin tersebut, matikan *blower*.
- Mengambil data temperatur udara kering dan temperatur udara basah pada *hygrometer*.
- Menyalakan *blower*, kemudian mengukur kecepatan putaran poros turbin angin dan mengukur kecepatan putaran poros turbin, mengisikan pada tabel.
- Mengukur tegangan keluaran dari generator menggunakan *multimeter*. Tegangan keluaran generator ini digunakan untuk pengisian baterai.
- Mengukur lamanya waktu pengisian baterai dengan menggunakan *stopwatch*, hingga baterai terisi penuh.
- Setelah baterai terisi penuh mematikan *blower*
- Kemudian melakukan pengosongan baterai dengan cara di beri beban lampu 80 Watt, 70 Watt, 60 Watt, 50 Watt, dan 40 Watt, mengukur lamanya waktu pengosongan baterai.
- Setelah selesai pengambilan data tersebut, mengulangi langkah 5 - 12

dengan kecepatan angin $7 \frac{m}{s}$ dan $8 \frac{m}{s}$.

Kemudian setelah semua data di dapatkan mengembalikan peralatan ketempat semula.

Berikut ini merupakan grafik dari data hasil pengujian turbin angin *savonius multiblade* menggunakan selubung rotor tipe *konsentrator tanpa diffuser*.

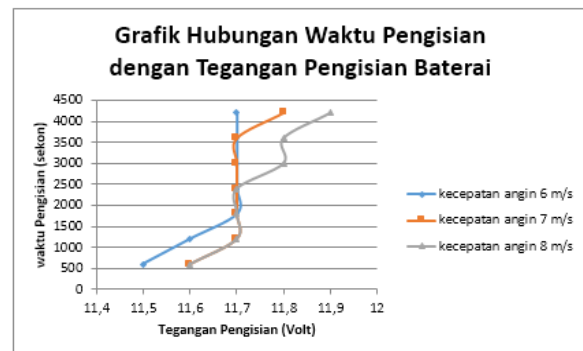


Gambar 3 Grafik hubungan waktu pengosongan dengan tegangan baterai

Berdasarkan grafik hubungan waktu pengosongan dengan tegangan baterai menggunakan variasi beban 40 Watt, 50 Watt, 60 Watt, 70 Watt, dan 80 Watt, garis hubungan menunjukkan pada semua beban saat pengosongan atau pemakaian daya baterai menggambarkan karakteristik yang berbeda, karakteristik yang membedakan pada saat pemakaian baterai adalah ketika melewati titik 11 Volt antara beban 40 Watt dan 80 Watt terjadi perbedaan yang jauh. Beban 40 Watt dan 50 Watt penurunan tegangan dari 11 Volt menuju 9 Volt tergambar signifikan namun ketika dibebani dengan beban 60 Watt, 70 Watt, dan 80 Watt secara bergantian tergambar grafik mengalami penurunan yang cepat yaitu dari tegangan 11 Volt hingga 10 Volt dan dalam 163 detik tegangan langsung turun 9 Volt.

Garis hubungan waktu pengosongan dengan tegangan baterai yang terbentuk menggambarkan bahwa semakin bertambahnya beban maka waktu yang digunakan untuk pengosongan baterai

semakin cepat tergambar dengan penurunan garis hubungan, terlihat pada saat beban 40 Watt waktu penurunan tegangan 12 Volt menuju 9 Volt membutuhkan waktu 5682 detik atau 94 menit, berbeda ketika beban mencapai 80 Watt waktu penurunan tegangan 12 Volt menuju 9 Volt membutuhkan waktu 1750 detik atau 29 menit.



Gambar 4 Grafik hubungan waktu pengisian dengan tegangan baterai

Berdasarkan Grafik hubungan waktu pengisian dengan tegangan pengisian baterai menunjukkan bahwa dengan waktu pengisian baterai yang sama yaitu 4200 detik dan kecepatan angin yang berbeda garis hubungan yang tergambar mempunyai karakteristik yang sama, terlihat dari garis yang terbentuk dari hubungan tersebut.

Kecepatan angin $6 \frac{m}{s}$ dalam waktu 10 menit

awal pengisian tegangan pengisian mencapai 11,5 Volt dan naik mencapai 11,7 Volt 30 menit kemudian dan berhenti pada waktu 70 menit dengan tegangan 11,7 Volt, ketika

kecepatan angin $7 \frac{m}{s}$ dalam waktu 10 menit

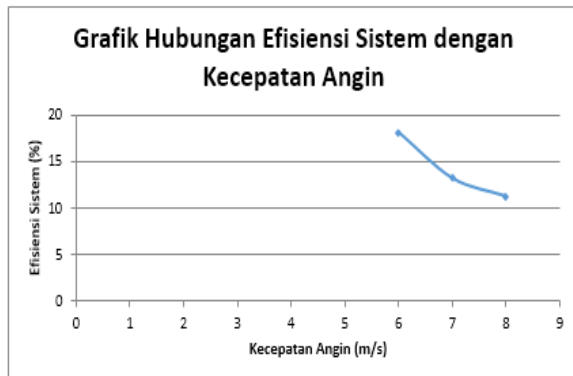
awal pengisian tegangan pengisian mencapai 11,6 Volt dan naik mencapai 11,7 Volt 20 menit, kemudian pada waktu 60 menit tegangan naik menjadi 11,8 Volt dan berhenti pada waktu 70 menit. Kecepatan

angin $8 \frac{m}{s}$ dalam waktu 10 menit awal

pengisian tegangan pengisian mencapai 11,6 Volt dan naik mencapai 11,7 Volt 20 menit, kemudian pada waktu 50 menit tegangan

naik menjadi 11,8 Volt dan tegangan naik menjadi 11,9 Volt pada waktu 70 menit.

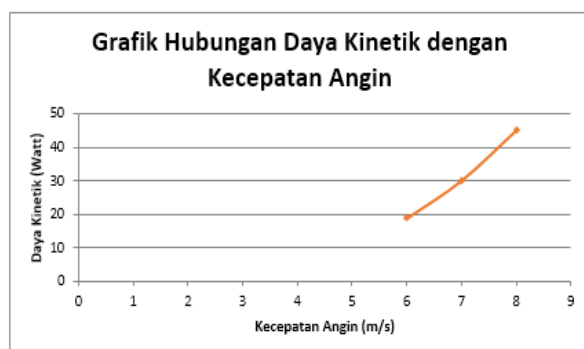
Grafik hubungan waktu pengisian dengan tegangan pengisian baterai menunjukkan bahwa dengan waktu yang sama yaitu 70 menit, maka kecepatan angin yang paling besar dan tegangan generator yang terbesar mampu mengisi baterai lebih cepat, begitu pula sebaliknya.



Gambar 5 Grafik hubungan efisiensi dengan kecepatan angin

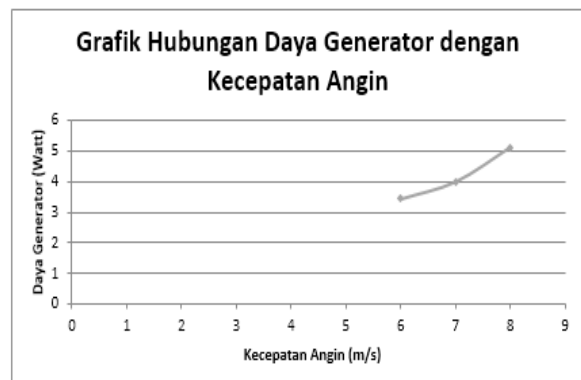
Grafik hubungan efisiensi sistem dengan kecepatan angin menggambarkan terjadinya penurunan, yaitu pada saat kecepatan angin $6 \frac{m}{s}$ efisiensi sistem sebesar 18,14 % dan ketika angin dinaikkan menjadi $7 \frac{m}{s}$ efisiensi turun menjadi 13,23 % dan turun menjadi 11,31 % ketika kecepatan angin ditambahkan lagi menjadi $8 \frac{m}{s}$.

Grafik hubungan efisiensi sistem dengan kecepatan angin menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kecepatan angin maka efisiensi sistem semakin menurun.



Gambar 6 Grafik hubungan daya kinetik dengan kecepatan angin

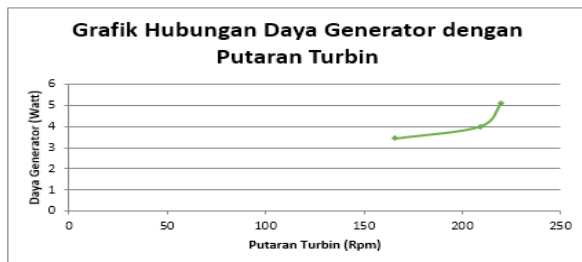
Grafik hubungan daya kinetik dengan kecepatan angin menggambarkan mengalami kenaikan, yaitu pada kecepatan angin $6 \frac{m}{s}$ daya kinetik yang dihasilkan sebesar 19,02 Watt kemudian kecepatan angin ditambahkan menjadi $7 \frac{m}{s}$ dan daya kinetiknya pun ikut naik menjadi 30,22 Watt dan bertambah lagi menjadi 45,11 Watt saat kecepatan angin dinaikkan menjadi $8 \frac{m}{s}$. Grafik hubungan daya kinetik dengan kecepatan angin menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kecepatan angin maka daya kinetik yang dihasilkan juga semakin bertambah.



Gambar 7 Grafik hubungan daya generator dengan kecepatan angin

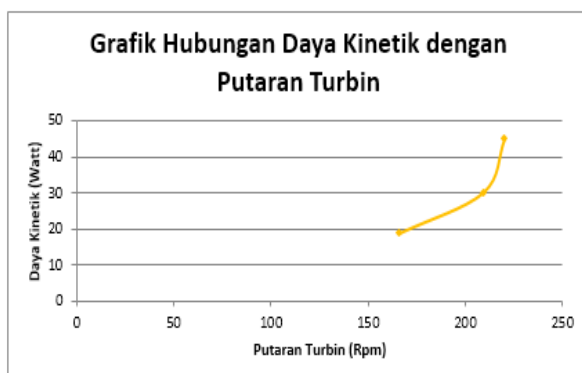
Grafik hubungan daya generator dengan kecepatan angin menggambarkan mengalami kenaikan, yaitu pada kecepatan angin $6 \frac{m}{s}$ daya generator yang dihasilkan sebesar 3,45 Watt kemudian kecepatan angin ditambahkan menjadi $7 \frac{m}{s}$ dan daya kinetiknya pun ikut naik menjadi 4 Watt dan bertambah lagi menjadi 5,10 Watt saat kecepatan angin dinaikkan menjadi $8 \frac{m}{s}$. Grafik hubungan daya generator dengan kecepatan angin menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kecepatan angin

maka daya generator yang dihasilkan juga semakin bertambah.



Gambar 8 Grafik hubungan daya generator dengan putaran turbin

Grafik hubungan daya generator dengan putaran turbin menggambarkan mengalami kenaikan, yaitu pada putaran turbin 166 rpm dan daya generator yang dihasilkan sebesar 3,45 Watt kemudian kecepatan turbin bertambah menjadi 209rpm dan daya generatonya pun ikut naik menjadi 4 Watt dan bertambah lagi menjadi 5,10 Watt saat kecepatan putaran turbin naik menjadi 220rpm. Grafik hubungan daya generator dengan putaran turbin menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kecepatan putaran turbin maka daya yang dihasilkan generator juga semakin bertambah.



Gambar 9 Grafik hubungan daya kinetik dengan putaran turbin

Grafik hubungan daya kinetik dengan putaran turbin menggambarkan mengalami kenaikan, yaitu pada putaran turbin 166 rpm daya kinetik yang dihasilkan sebesar 19,02 Watt kemudian kecepatan turbin bertambah

menjadi 209 rpm dan daya kinetiknya pun ikut naik menjadi 30,22 Watt dan bertambah lagi menjadi 45,11 Watt saat kecepatan putaran turbin naik menjadi 220rpm. Grafik hubungan daya kinetik dengan putaran turbin menunjukkan bahwa semakin bertambahnya putaran turbin maka daya kinetik yang dihasilkan juga semakin bertambah.

4. KESIMPULAN

- Pada turbin *Savonius* tanpa rumah rotor dengan kecepatan angin $7 \frac{m}{s}$ dan di bebani 0,08 kg memiliki nilai *Coefficient of Power* 0,033, Daya mekanik 2,0119 Watt, putaran 204,2 rpm, *Tip Speed Ratio* 0,763 dan efisiensi turbin 3,3 %. Sedangkan dengan penambahan rumah rotor tipe *Concentrator* tanpa *Diffuser* pada turbin *Savonius* memiliki nilai *Coefficient of Power* sebesar 0,08, Daya mekanik 2,44 Watt, putaran 248 rpm, *Tip Speed Ratio* 0,463 dan efisiensi turbin 8 %.
- Tegangan pengisian baterai dengan waktu pengisian menunjukkan bahwa dengan waktu yang sama yaitu 70 menit, maka kecepatan angin yang paling besar yaitu $8 \frac{m}{s}$ dan tegangan generator yang terbesar yaitu 17 Volt mampu mengisi baterai lebih cepat pada tegangan maksimal baterai yang terukur yaitu 11,9 Volt. Berbeda ketika kecepatan angin $6 \frac{m}{s}$ dengan tegangan keluaran generator 15 Volt dan waktu pengisian yang sama yaitu 70 menit hanya mampu mengisi baterai pada tegangan terukur baterai yaitu 11,7 Volt. Karakteristik atau hasil terbaik yang diperoleh dari pengujian pengisian baterai adalah ketika

- kecepatan angin $8 \frac{m}{s}$ dengan tegangan keluaran generator 17 Volt karena waktu pengisian akan semakin cepat.
- c) Perubahan beban yang dilakukan dari beban 40 Watt sampai 80 Watt mempengaruhi waktu pengosongan baterai yaitu apabila semakin bertambahnya beban lampu yang dipasang, maka waktu pemakaian daya 29 menit. Jadi setiap penambahan beban harus menanggung resiko dimana waktupemakaian tegangan baterai juga akan semakin singkat.
- d) Semakin bertambahnya kecepatan angin yang digunakan untuk memutarakan turbin maka semakin bertambah juga putaran turbin, dan semakin besar juga daya kinetik, dan daya genarator. Petambahan ini dapat dilihat yaitu ketika kecepatan angin $6 \frac{m}{s}$ putaran turbin 166 rpm, besarnya daya kinetik 19,02 Watt, dan daya genarator 3,45 Watt, ketika kecepatan angin dinaikan menjadi $8 \frac{m}{s}$ maka putaran turbin 220 rpm, besarnya daya kinetik 45, 11 Watt, dan daya genarator 5,10 Watt
- e) Efisiensi sistem yang didapat dari pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya kecepatan angin maka efisiensi sistem semakin turun, ini terbukti ktika kecepatan angin $6 \frac{m}{s}$ efisiensi sistem sebesar 18,14 % dan bertambahnya kecepatan angin menjadi $8 \frac{m}{s}$ efisiensi sistem yang didapatkan turun menjadi 11,31 %

atau pengosongan baterai akan semakin cepat terlihat pada saat baterai diberi beban 40 Watt waktu penurunan tegangan dari 12 Volt menuju 9 Volt membutuhkan waktu 5682 detik atau 94 menit, berbeda ketika baterai dibebani sebesar 80 Watt waktu penurunan tegangan dari 12 Volt menuju 9 Volt membutuhkan waktu 1750 detik atau

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto, Y. 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Balai PPTAGG– UPT – LAGG.
- Hau, Erich. 2006. *Wind Turbine: Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Berlin: Springer-Verlag.
- Kamal, Faizul M. 2008. *Aerodinamics Characteristics of A Stationary Five Blade Vertical Axis Vane Wind Turbine*. Journal of Mechanical Engineering, Vol No.2, pp.95-99.
- Lysen E. H. 1983. *Introduction to Wind Energy, Basic and Advance Introducing to Wind Energy with Emphasisi on Water Pumping Wingmills*. Netherland : Development Cooperation.
- Nuary, Difi Nugroho. 2011. *Analisis Pengisian Baterai Pada Rancang Bangun Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Untuk Pencatuan Beban Listrik*. Depok : Fakultas Teknik Departemen Teknik Elektro UI
- Nur,Alif Wahyudi, dkk. 201. *Pengaruh PenambahanVariasi Bentuk Rumah Rotor (Ducted Of Rotor)Terhadap Performa Turbin Angin Savonius Multi Blade*
- Sularso, Ir dan Kiyakatsu Suga, Prof. 1994. *Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradyana Paramit