

PERENCANAAN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE DARRIEUS-H DENGAN PENAMBAHAN 2 BLADE TIPE SAVONIUS UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK

Ikbal Pandu Prakoso¹⁾ Dr. Ir. Priyagung Hartono, M.T²⁾ Ir. Hj. Unung Lesmanah, M.T³⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Mesin ²⁾³⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang

Jl. Mayjen Haryono No.193, Dinoyo, Malang, Jawa Timur 65144

Email: ikbalpandu94@gmail.com

ABSTRACK

Energi angin merupakan salah satu bentuk sumber energi listrik yang dapat digunakan dengan gratis. Kawasan yang berpotensi memiliki angin yang banyak antara lain daerah pegunungan dan daerah pantai. Energi angin dapat diambil oleh turbin angin dan dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan alat pembangkit listrik yang tepat. Proses ini benar-benar ramah lingkungan dan biaya yang terkait dengan fabrikasi yang sangat sedikit. Pembangkit listrik tenaga angin dengan efisiensi yang baik sehingga bisa dimanfaatkan untuk kehidupan masyarakat dan mewujudkan program pemerintah untuk percepatan pemanfaatan energi terbarukan. Cara kerjanya cukup sederhana yaitu putaran turbin yang disebabkan oleh angin diteruskan ke rotor generator dimana generator ini memiliki lilitan tembaga yang berfungsi sebagai stator sehingga terjadinya GGL (gaya gerak listrik). Listrik yang dihasilkan dapat disimpan ke baterai atau dimanfaatkan langsung ke beban seperti lampu (Sumiati & Zamri 2013). Pada penelitian kali ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan melakukan riset lapangan dan penelitian secara langsung sehingga peneliti mendapatkan data yang *real* sesuai apa yang diharapkan dan selanjutnya diolah sesuai dengan apa yang telah dirumuskan. Hasil dari penelitian ini, menggunakan hipotesa dimana $t_{hitung} < t_{tabel}$, sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesa penelitian ditolak yang berarti tidak ada pengaruh yang signifikan dengan penambahan sudu savonius ataupun tanpa sudu savonius. Dan pada penelitian ini peneliti merencanakan turbin angin dengan hasil perhitungan teoritis seperti, Daya Turbin = $P = 3,622$ watt, Diameter Poros = $d_s = 4,97$ mm, Tegangan Geser Yang Diijinkan = $\tau_a = 4$ kg/mm², Momen Puntir Rencana = $T = 33,875$ kg.mm, Tegangan Geser Yang Terjadi = $\tau = 1,43$ kg/mm², dimensi gear = $b = 1,895$ in, Keandalan Umur Bantalan = $L_n = 169900$ jam, Torsi gear = $T = 149$ lb.in, Faktor, Umur Bantalan = $f_h = 11,74$, diameter pitch line = $d_p = 2,12$ in, Umur Nominal Bantalan = $L_h = 809048$ jam.

PENDAHULUAN

Energi angin merupakan salah satu bentuk sumber energi listrik yang dapat digunakan dengan gratis. Kawasan yang berpotensi memiliki angin yang banyak antara lain daerah pegunungan dan daerah pantai. Sumatera Barat memiliki banyak pantai seperti pantai Carolina di kota Padang dan pantai Ketaping di kota Pariaman. Berdasarkan data BMKG kota Padang tahun 2010, Kota Padang dan Pariaman adalah daerah dengan

kecepatan angin yang termasuk dalam kategori kecepatan rendah (≤ 7 m/s) (Latif 2013), sedangkan menurut (Lianda & Zulkifli 2016) Penggunaan energi terbarukan telah terus meningkat selama beberapa tahun terakhir untuk membantu memecahkan masalah energi dan pemanasan global. Energi angin merupakan bentuk energi terbarukan yang paling banyak tersedia di antara semua sumber energi. Pembangkit listrik tenaga angin

mengkonversikan tenaga angin menjadi energi listrik dengan menggunakan kincir angin atau turbin angin. Cara kerjanya cukup sederhana yaitu putaran turbin yang disebabkan oleh angin diteruskan ke rotor generator dimana generator ini memiliki lilitan tembaga yang berfungsi sebagai stator sehingga terjadinya GGL (gaya gerak listrik). Listrik yang dihasilkan dapat disimpan ke baterai atau dimanfaatkan langsung ke beban seperti lampu (Sumiati & Zamri 2013). Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. Turbin angin sumbu vertikal mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya, yaitu memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, generator dapat ditempatkan di bagian bawah turbin sehingga mempermudah perawatan dan kerja turbin tidak dipengaruhi arah angin. Kekurangannya yaitu kecepatan angin di bagian bawah sangat rendah sehingga apabila tidak memakai tower akan menghasilkan putaran yang rendah, dan efisiensi lebih rendah dibandingkan dengan turbin angin sumbu mendatar. Dan ada tiga model rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: *Savonius*, *Darrieus*, dan *H rotor*. (Nahkoda & Saleh 2015).

Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merencanakan turbin angin tipe *darrieus-H* dengan penambahan 2 *blade* tipe *savonius* sebagai pembangkit listrik?
2. Berapa daya output yang dihasilkan turbin angin tipe *darrieus-H* dengan penambahan 2 *blade* tipe *savonius*?

Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini penulis memfokuskan pada kajian dan perancangan sebagai berikut:

1. Perhitungan meliputi perencanaan daya, luas penampang, poros, *bearing*, gear
2. Penulis tidak menghitung kekuatan las dan konstruksi.
3. Sudu turbin berbasis silinder terbuat dari bahan plat galvalum dan menggunakan 4 sudu tipe *darrieus* dan 2 sudu tipe *savonius*.

Tinjauan Pustaka

Pengertian Turbin

Turbin angin diklasifikasikan dalam dua tipe yaitu sumbu horizontal dan sumbu vertikal. Sumbu horizontal, memiliki *blade* atau kipas yang berputar sejajar dengan tanah, sedangkan pada sumbu vertikal memiliki *blade* atau kipas yang berputar tegak lurus ke tanah, namun sangat sedikit turbin angin dengan sumbu vertikal yang tersedia secara komersial dibandingkan dengan sumbu horizontal. Setiap desain rotor memiliki kelebihan dan kekurangan, dibawah ini merupakan kelebihan dan kekurangan dari turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Kelebihan turbin angin sumbu horizontal yaitu memiliki efisiensi yang tinggi, dan *cut-in wind speed* rendah. Kekurangannya, yaitu turbin jenis ini memiliki desain yang lebih rumit karena rotor hanya dapat menangkap angin dari satu arah sehingga dibutuhkan pengarah angin selain itu penempatan dinamo atau generator berada di atas tower sehingga menambah beban tower (Darmawan, 2015).

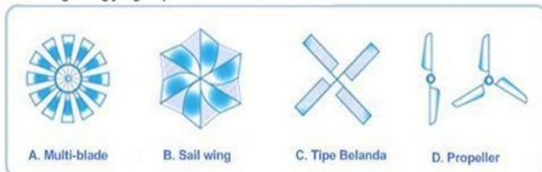
Jenis Turbin Angin

Turbin angin dapat dikategorikan menjadi dua jenis yaitu *Horizontal Wind Turbin* dan *Vertical Wind Turbin*. *Horizontal Wind Turbin* merupakan suatu turbin angin yang menggunakan sumbu sejajar dengan sumbu x (*axis*) / horizontal. Turbin ini memiliki putaran horizontal terhadap tanah. Berdasarkan jumlah sudu, maka turbin angin sumbu horizontal memiliki beberapa jenis yaitu turbin angin satu sudu (*single blade*), turbin angin dua sudu (*double blade*), turbin angin tiga sudu (*three blades*) dan turbin angin banyak sudu (*multi blade.*) (Mukhtar & Ma'mun, 2016).

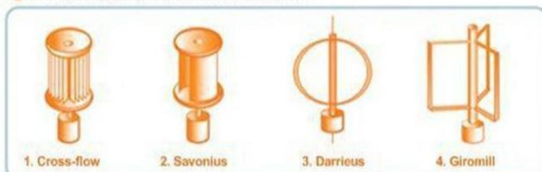
Sudu atau Blade

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membuat berbagai macam bentuk sudu yang sesuai untuk turbin angin. Diantara beberapa bentuk sudu yang telah dibuat untuk turbin angin sumbu horizontal adalah *multi blade*, *sail swing*, tipe Belanda dan *propeller*. Sedangkan pada turbin angin sumbu vertikal adalah *cross-flow*, *savonius*, *darrieus* dan *giromill*

■ Baling-baling yang berputar secara horizontal-axis



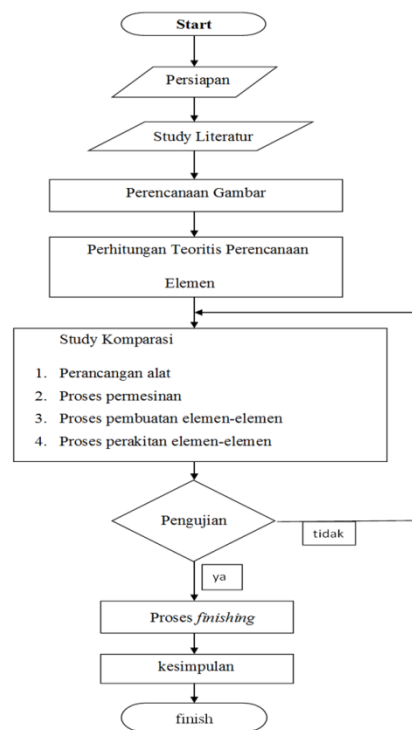
■ Baling-baling yang berputar secara vertikal-axis



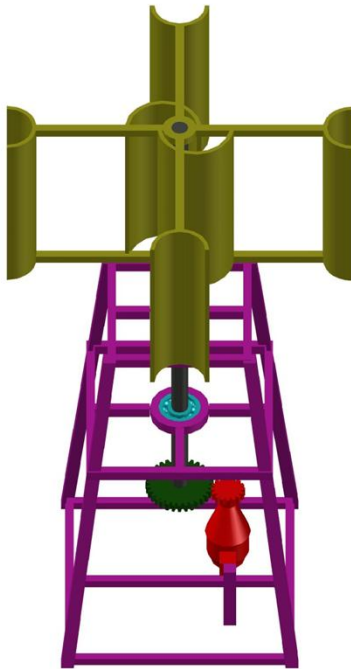
Metode Penelitian

Dalam skripsi ini penulis membuat perencanaan turbin angin tipe *darrieus-H* dengan penambahan 2 *blade* tipe *savonius* sebagai pembangkit listrik. Penelitian dilakukan di Desa Lang - Lang Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang dan di Labolatorium Teknik Universitas Islam Malang penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2018.

Diagram Alir Penelitian

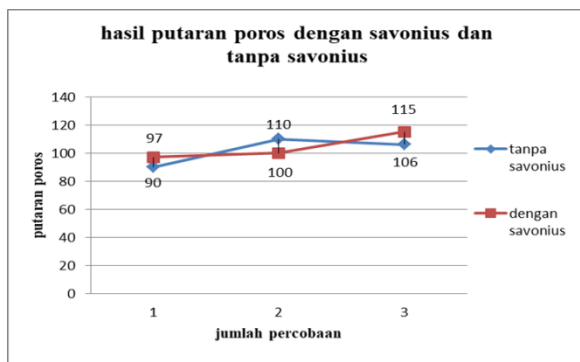


Design Perencanaan Turbin Angin

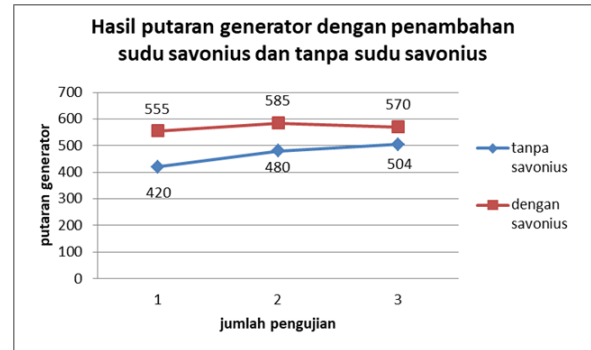


PEMBAHASAN

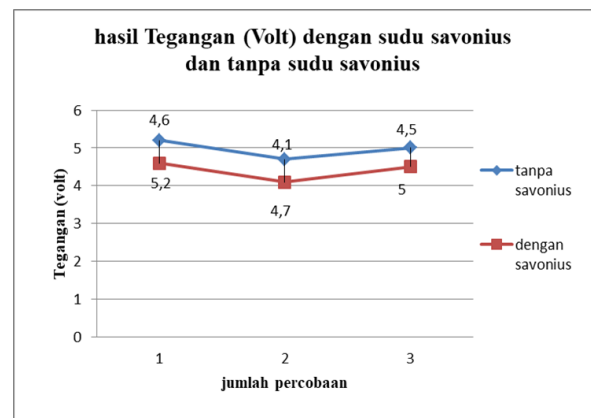
hasil pengujian dari pengaruh variasi jumlah sudu, Dengan menggunakan variasi 2 jumlah sudu, yaitu penggunaan sudu *Savonius* dan *Darrieus-H* pada pengujian pertama dan pada pengujian kedua menggunakan 1 sudu *Darrieus-H*. Pada dasarnya pengujian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari variasi jumlah sudu terhadap daya listrik yang dihasilkan pada turbin angin sumbu *vertical*.



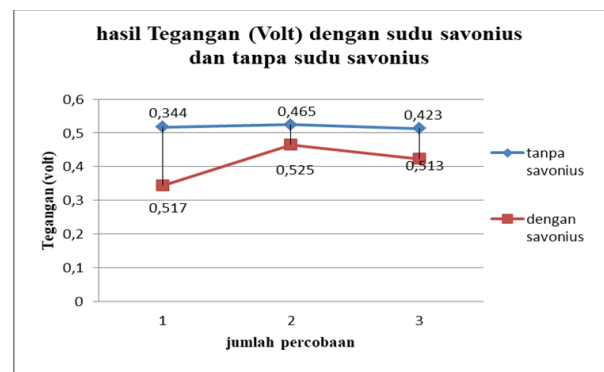
Grafik Hasil putaran poros dengan penambahan sudu savonius dan tanpa sudu savonius



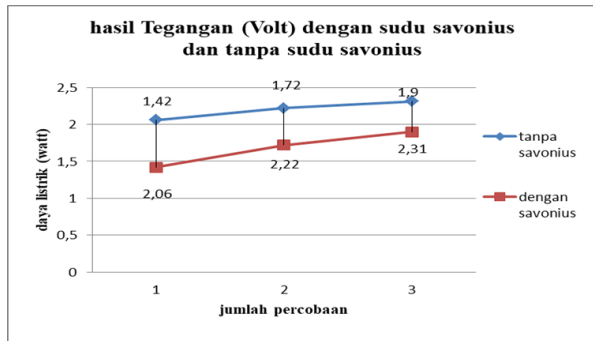
Grafik Hasil putaran generator dengan penambahan sudu savonius dan tanpa sudu savonius



Grafik Hasil tegangan (volt) dengan penambahan sudu savonius dan tanpa sudu savonius



Grafik Hasil tegangan (ampere) dengan penambahan sudu savonius dan tanpa savonius



Grafik Hasil Daya Listrik dengan penambahan sudu savonius dan tanpa savonius

Menentukan Daya Turbin

$$P = \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

dengan :

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot 0,275^2$$

$$= 0,237 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{1}{2} 0,01914 \cdot 1,2 \cdot 0,237 \cdot 11^3$$

$$= 3,622 \text{ watt}$$

Perhitungan Kekuatan Poros

Perhitungan poros dengan daya 3,622 watt, putaran poros turbin 115 rpm, dengan faktor koreksi 2,0. Asumsi bahan diambil baja batang S 30 C.

Diketahui:

$$P = \text{daya turbin} = 3,622 \text{ watt} = 0,0362 \text{ kW}$$

$$n_{\text{poros}} = \text{putaran poros} = 115 \text{ rpm}$$

$$f_c = \text{faktor koreksi} = 2,0$$

$$S 30 C = 48 \text{ kg/mm}^2$$

Momen Puntir Rencana

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n^2} \dots\dots\dots (\text{Sularso dan Kiyokatsu Suga ; 7})$$

Dimana:

$$Pd = f_c P$$

$$= 2,0 (0,02)$$

$$Pd = 0,04$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{0,04}{115}$$

$$T = 33,875 \text{ kg.mm}$$

Tegangan Geser yang Diizinkan

Karena bahan poros yang digunakan adalah S 30 C dengan kekuatan tarik 48 kg/mm^2 (tabel 2.1). sehingga besar tegangan geser yang diizinkan adalah :

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 \cdot sf_2}$$

$$\tau_a = \frac{48}{4,0 \cdot 2}$$

$$= 4 \text{ kg/mm}^2$$

Perencanaan Bantalan

Dalam perencanaan bantalan material bahan yang digunakan besi cor dengan jenis bantalan bola terbuka dengan nomer 6200, Untuk poros (ds) 4,97 mm dapat dilihat pada lampiran.

Beban Radial Ekuivalen Spesifik (Pr)

$$Pr = X \cdot V \cdot Fr + Y \cdot Fa$$

$$Pr = 0,56 \cdot 1 \cdot 1,469 + 1,45 \cdot 1$$

$$= 3,27 \text{ kg}$$

Faktor Kecepatan

$$fn = \left(\frac{33,3}{n_2} \right)^{1/3}$$

$$fn = \left(\frac{33,3}{115} \right)^{1/3}$$

$$= 0,096$$

Faktor Umur Bantalan

$$fh = fn \frac{C}{Pr}$$

$$fh = 0,096 \frac{400}{3,27}$$

$$= 11,74$$

Umur Nominal Bantalan

$$Lh = 500 \cdot fh^3$$

$$= 500 \cdot (11,74)^3$$

$$= 809048 \text{ jam}$$

Keandalan Umur Bantalan

$$Ln = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot Lh$$

$$Ln = 0,21 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 809048$$

$$= 169900 \text{ jam}$$

Untuk pengecekan umur bantalan baik apa tidaknya mempunyai syarat yang ditentukan :

$$Ln \geq 30000$$

$$169900 \geq 30.000 \text{ (baik)}$$

Kesimpulan

1. Hasil Analisa

Data yang dapat diambil dari penyelesaian proposal skripsi ini dapat disimpulkan bahwa pengujian yang akan dilakukan di lokasi laboratorium Teknik Universitas Islam Malang, terhadap penambahan sudu *savonius* dan *darrieus* dengan bahan sudu terbuat dari galvalum. Bahan poros terbuat dari baja batang S 30 C, dengan menggunakan sistem transmisi roda gigi dengan perbandingan 2 : 1 dan mampu menghasilkan daya sebesar 2,31 watt.

Berdasarkan pengujian menggunakan analisa Uji T atau biasa disebut dengan Uji rata-rata, dapat diketahui bahwa dari setiap analisa yang telah dilakukan pada Bab sebelumnya memiliki nilai t_{hitung} yang rendah atau $t_{hitung} < t_{tabel}$, dari penjelasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan sudu *savonius* dan tanpa penambahan sudu *savonius* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hipotesa penelitian.

2. Hasil perencanaan

Dari hasil perencanaan turbin angin didapatkan hasil sebagai berikut:

- Daya Turbin = $P = 3,622 \text{ watt}$
- Tip Speed Ratio = $\lambda = 0,331$
- Rotor Torque Coefisien = $C_{qr} = 0,393$
- Rotor Power Coefficient = $C_{pr} = 0,13$
- Momen Puntir Rencana = $T = 33,875 \text{ kg.mm}$

- Tegangan Geser Yang Diijinkan = $\tau_a = 4 \text{ kg/mm}^2$
- Diameter Poros = $d_s = 4,97 \text{ mm}$
- Tegangan Geser Yang Terjadi = $\tau = 1,43 \text{ kg/mm}^2$
- Beban Radial Ekuivalen Spesifik = $P_r = 3,27 \text{ kg}$
- Faktor Kecepatan = $f_n = 0,096$
- Faktor Umur Bantalan = $f_h = 11,74$
- Umur Nominal Bantalan = $L_h = 809048 \text{ jam}$
- Keandalan Umur Bantalan = $L_n = 169900 \text{ jam}$
- Torsi gear = $T = 149 \text{ lb.in}$
- diameter pitch line = $d_p = 2,12 \text{ inh}$
- kecepatan pitch line = $v_p = 63,79 \text{ ft/min}$
- dimensi gear = $b = 1,895 \text{ in}$

DAFTAR PUSTAKA

- Sularso, Ir, MSME dan Suga Kiyokatsu., 1997. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Marizka Lustia Dewi, 2010. "Analisa Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal fikasi Rotor Savonius L untuk Optimasi Kinerja Turbin". Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Mukhtar, A. & Ma'mun, H. , (2016). APLIKASI PERMANENT MAGNETIC BEARING DALAM RANCANG BANGUN VERTICAL WIND TURBIN. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik (Engineering)*. 21-31.
- Daryanto, Y. 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Yogyakarta : Balai PPTAGG – UPT-LAGG
- Mittal, Neeraj. 2001. *Investigation of Performance Characteristics of a Novel VAWT*. Thesis. UK: Departement of Mechanical Engineering University of Strathclyde

Giles, Randal V., 1990. *Mekanika Fluida dan Hidraulika (SI-Metrik) Edisi Kedua (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.

Hau, Erich. 2006. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Edisi

Kedua. Germany. Springer.

Nakhoda, Y. I. & Saleh C., (2015). Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknologi (Sains dan Teknologi)*. 5 (2): 19-24.