

OPTIMASI PROTOTIPE TURBIN ANGIN MENGUNAKAN METODE *CONJUGATE GRADIENT*

Bilalodin dan Sugito

Program Studi Fisika Jurusan MIPA Fakultas Sains dan Teknik Unsoed

Jl. Dr. Soeparno No. 61 Kampus Unsoed Karangwangkal Telp/Fax (0281) 638793

E-mail : bilalodin.unsoed@gmail.com

Abstract

One of the principal issue of energy conversion from wind energy to electrical energy is the optimization of its conversion process. Energy conversion is called optimum if the power lost is minimum. The condition can be attained at the development stage of a wind turbine prototype. This research will determine the optimum value the variables of various operation condition by using multivariables Conjugate Gradient (CG) optimization algorithm. It is found that the optimum value is attained at $H = 1,0$ m and $D = 0,6$ m, hence minimum power lost. The performance of turbine prototype design at laboratory, showed that the turbine can testing at low and high wind speed and the irrespective of wind direction condition.

Keywords : optimalization, prototype, wind turbin, conjugate gradient

Abstrak

Salah satu prinsip konversi energi dari energi angin menjadi energi listrik adalah optimalisasi proses konversi. Konversi energi disebut optimal jika daya yang hilang adalah minimum. Kondisi ini dapat dicapai pada tahap pengembangan prototipe turbin angin. Penelitian ini akan menentukan nilai optimum berbagai variabel kondisi operasi dengan menggunakan optimasi algoritma multivariables Conjugate Gradient (CG). Dari hasil penelitian diperoleh bahwa nilai optimum dicapai pada $H = 1,0$ m dan $D = 0,6$ m, dimana daya minimum hilang. Kinerja desain prototipe turbin di laboratorium menunjukkan bahwa turbin dapat diuji pada kecepatan angin rendah dan tinggi dan terlepas dari kondisi arah angin.

Kata-kata kunci : optimalisasi, proto-tipe, turbin angin, konjugat gradien

PENDAHULUAN

Energi fosil yang selama ini menjadi sumber energi utama, ketersediaannya sangat terbatas dan terus mengalami *depleksi* (kehabisan dan menipis). Oleh karena itu upaya pencarian sumber energi alternatif yang baru harus diusahakan agar masyarakat terhindar dari krisis energi di masa mendatang. Salah satu sumber energi alternatif yang sampai sekarang belum banyak dimanfaatkan adalah energi angin [4]. Padahal potensi sumber energi angin cukup besar terutama di daerah pesisir pantai seperti di Kabupaten Cilacap [1]. Pemanfaatan energi angin baru di Indonesia baru sebesar 0,5 MW. Bandingkan dengan pemanfaatan

energi lain yang mampu mencapai angka 8 – 4.200 MW [3]. Salah satu kendala pemanfaatan energi angin menjadi energi listrik adalah ketidakoptimalan rancangan kincir atau turbin angin. Rancangan turbin dan kincir angin yang tidak optimal akan berpengaruh pada rendahnya efisiensi konversi energi angin menjadi energi listrik.

Dalam setiap perancangan, akan muncul batasan-batasan baik dari sisi proses, material, maupun kondisi lingkungan. Oleh karena itu, sebelum merancang prototipe turbin angin, terlebih dahulu perlu dibangun model yang mencakup di dalamnya batasan-batasan tersebut. Model tersebut dapat berupa model fisis maupun model input-output. Dengan adanya model proses,

eksperimen dan pengukuran yang tidak terarah dapat dihindarkan.

Satu dari metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan optimasi ini adalah metode *conjugate gradient*. Metode ini digunakan untuk menemukan minimum lokal dari fungsi *differentiable*. Metode *Conjugate Gradient juga* dapat digunakan untuk mencari solusi numerik dari suatu sistem persamaan linier tertentu, yaitu yang matriksnya simetris dan definit positif. Metode ini bersifat *iteratif*, sehingga dapat diaplikasikan pada sistem yang mana akan sangat sulit jika diselesaikan dengan metode secara langsung.

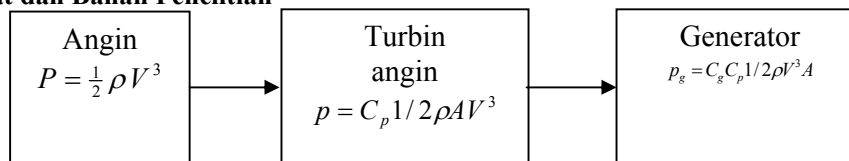
Berdasarkan uraian di atas, penelitian lebih lanjut dan komprehensif sangat diperlukan untuk memperoleh desain turbin angin yang optimal melalui serangkaian tahapan pemodelan dan optimasi. Pengoperasian turbin angin pada kondisi optimal diharapkan ada pengurangan kehilangan daya (*power loss*) pada proses konversi energi angin menjadi energi listrik.

METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Optimasi, rancang bangun turbin angin dan pengujian performa turbin angin dilakukan di Laboratorium Fisika Eksperimen Jurusan MIPA Fakultas Sains dan Teknik Unsoed mulai April sampai Oktober 2009.

2. Alat dan Bahan Penelitian



Gambar 1. Skema model konversi energi angin menjadi energi listrik

Alat yang digunakan di dalam penelitian adalah : *Personal Computer (PC)*, printer, multimeter, anemometer, kipas angin, tekhnometer, powermeter, termometer digital, GPS Garmin V Plus dan Kompas Geologi.

Bahan yang digunakan adalah baterai 9 dan 1,5 volt DC, generator (*alternator*), aluminium, besi penyangga, poros, geer, kabel penghubung dan baterai penyimpan.

3. Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan kegiatan penelitian adalah sebagai berikut :

3.1 Membangun model yang mendeskripsikan proses konversi energi angin menjadi energi listrik

Model yang dibangun berdasarkan asumsi bahwa angin merupakan fluida yang bergerak. Fluida bersifat kontinue sehingga kerapatan udara dianggap tetap, yaitu sebesar $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$. Apabila kecepatan angin sebesar v , maka daya angin per satuan luas dapat dituliskan sebagai, $P = \frac{1}{2} \rho V^3$ [2]. Daya angin yang diubah oleh turbin angin menjadi energi kinetik adalah sebesar $p = C_p 1/2 \rho V^3 A$ dan kemudian diubah lagi oleh generator menjadi energi listrik. Daya listrik yang dihasilkan adalah $p = C_p C_g 1/2 \rho V^3 A$. Model sistem konversi energi angin menjadi energi listrik tersebut diperlihatkan pada skema gambar 1.

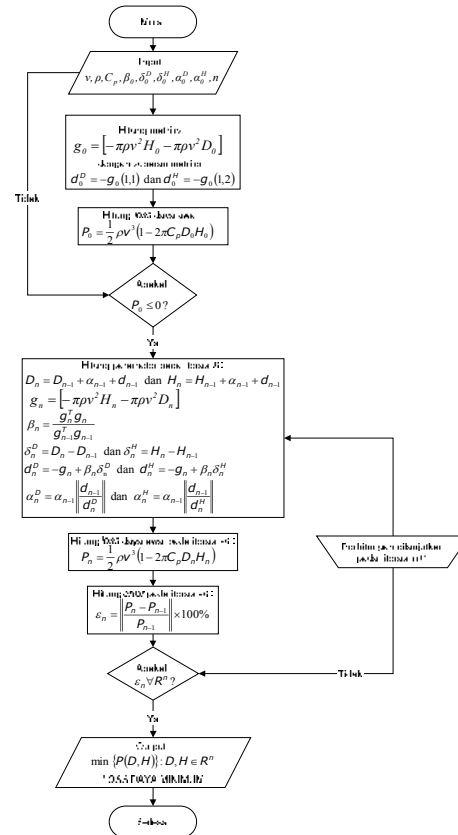
3.2. Memformulasikan turbin angin untuk meminimalkan rugi daya (power loss)

Proses konversi energi angin menjadi energi listrik diharapkan bahwa semua energi angin dapat dikonversi menjadi energi listrik. Keadaan ini disebut kondisi optimum yaitu daya angin (Pa) sama dengan daya generator (Pg). Jika Pa ≠ Pg, berarti terdapat rugi daya (power loss). Besarnya rugi daya dapat dihitung sebagai berikut :

$$|\Delta P| = (1/2\rho V^3 A) - (C_p C_g 1/2\rho V^3 A)$$

$$= 1/2\rho V^3 (1 - C_p C_g A) \dots (1)$$

Besarnya rugi daya dapat dikurangi dengan memilih harga CpCgA yang minimum. Nilai tersebut terkait dengan konstruksi turbin angin. Dengan mengambil nilai Cp = 0,25 [5] dan diasumsikan Cp =1 (efisiensi generator maksimum), maka nilai rugi daya hanya ditentukan oleh nilai A. Untuk konstruksi turbin angin model Savonius harga A = 2 H D, dengan H tinggi dan D lebar baling-baling (blade) turbin angin. Dengan mensimulasikan variasi nilai H dan D menggunakan algoritma optimisasi multivariabel *Conjugate Gradient* (CG), variabel desain turbin angin yang optimal dapat diperoleh. Metode *Conjugate Gradient Descent* adalah sebuah algoritma untuk mencari solusi numerik dari suatu sistem persamaan linier tertentu, yaitu yang matriksnya simetris dan definit positif. Metode ini bersifat iteratif, sehingga dapat diaplikasikan pada sistem jika diselesaikan dengan Metode secara langsung [7]. Diagram alir (flowchart) optimisasi menggunakan CG diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart perhitungan rugi daya (power loss) dengan metode CG

3.3. Mendesain prototipe turbin angin, eksperimen dan pengukuran

Prototipe turbin angin didesain berdasarkan nilai parameter yang diperoleh pada langkah sebelumnya. Turbin angin yang dipilih merupakan model Savonius. Dalam mendesain prototipe turbin angin tersebut didasarkan pada kriteria sebagai berikut (Sulaiman, dkk; 2007) :

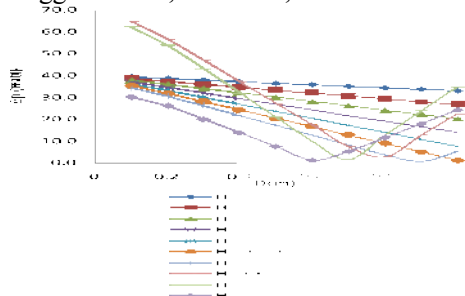
- a. turbin dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah maupun tinggi
 - b. turbin dapat beroperasi tanpa dipengaruhi oleh arah kecepatan angin
 - c. turbin dibuat dari bahan yang ringan, kuat dan tahan korosi
- Dengan memperhatikan pada kriteria di atas diharapkan turbin yang

dikontruksi memiliki bentuk yang baik, fleksibel, ringan, awet, proses pemesinannya (fabrikasi) sederhana dan memiliki rugi daya yang rendah. Selanjutnya pengujian prototipe turbin angin yang sudah melewati uji optimalisasi dilakukan di Laboratorium Fisika Eksperimen.

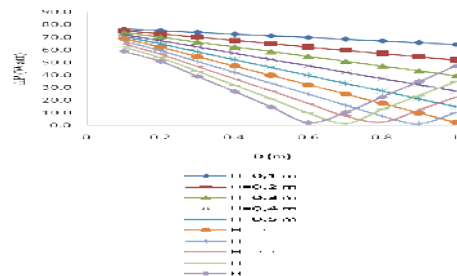
HASIL DAN PEMBAHASAN

Program optimasi untuk menentukan rugi daya (*power loss*) turbin angin model Savonius dua sudu dengan metode *conjugate gradient* diimplementasikan dengan *software* Matlab 6.5. Penentuan rugi daya minimum dilakukan dengan variasi diameter dan tinggi turbin serta kecepatan angin 4,0 s/d 8,0 m/s, sesuai hasil penelitian sebelumnya [1].

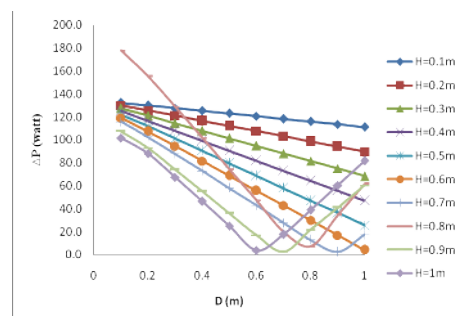
Hasil optimasi menunjukkan kondisi nilai minimum rugi daya bervariasi pada diameter turbin 0,6 - 0,9 m, sedangkan tinggi turbin adalah 0,1 s/d 1,0 m. Nilai rugi daya (ΔP) terhadap diameter (D) dan tinggi turbin (H), selengkapnya diperlihatkan pada Gambar 3 s/d 7. Pada kecepatan angin 4,0 m/s nampak bahwa rugi daya menurun tajam untuk diameter turbin 0,6 s/d 0,9 m dan tinggi turbin 0,7 s/d 1,0 m (Gambar 3). Berdasarkan Gambar 3, 4, 5, 6 dan 7, rugi daya minimum diperoleh pada diameter dan tinggi turbin 0,6 m dan 1,0 m.



Gambar 3. Hasil optimasi prototipe turbin angin pada kecepatan angin 4 m/s

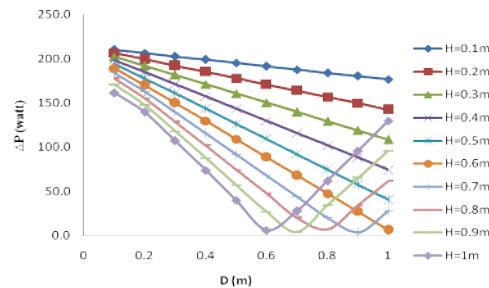


Gambar 4. Hasil optimasi prototipe turbin angin pada kecepatan angin 5 m/s

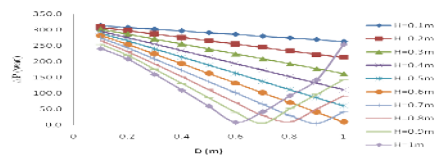


Gambar 5. Hasil optimasi prototipe turbin angin pada kecepatan angin 6 m/s

Hasil optimasi pada kecepatan angin 6,0, 7,0 dan 8,0 m/s diperoleh kondisi minimum rugi daya juga pada diameter dan tinggi turbin 0,6 m dan 1 m, sehingga rasio $H/D = 1,5$. Dengan demikian diameter turbin 0,6 m dan tinggi turbin 1 m, merupakan desain yang paling baik dalam rancang bangun turbin angin model Savonius 2 sudu. Nilai rasio $H/D = 1,5$ ini sudah mendekati hasil optimasi yang dilakukan oleh Reksoatmodjo (2004)[6], yaitu $H/D = 1,6$.



Gambar 6. Hasil optimasi prototipe turbin angin pada kecepatan angin 7 m/s



Gambar 7. Hasil optimasi prototipe turbin angin pada kecepatan angin 8 m/s

Berdasarkan hasil optimasi, selanjutnya dilakukan rancang bangun turbin angin model Savonius 2 sudu. Prototipe turbin angin terdiri atas rotor Savonius berdiameter 0,6 m dan tinggi 1,0 m, transmisi roda gigi dengan rasio 1 : 3 dan generator AC (*alternator*). Generator AC dapat beroperasi pada kecepatan putaran 300 rpm dan menghasilkan daya listrik 36 W. Hasil rancang bangun sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. (a) Hasil rancang bangun turbin angin model Savonius 2 sudu (b) Generator AC (*alternator*)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan optimasi prototipe turbin angin menggunakan metode *Conjugate Gradient* (CG), diperoleh rugi daya minimum turbin angin apabila diameter turbin $D = 0,6$ cm dan tinggi $H = 1,0$ m. Prototipe turbin angin yang direalisasikan berdasarkan hasil optimasi memiliki kinerja dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah maupun tinggi dan tidak terpengaruh oleh arah angin.

Saran

Perlu dilakukan pengujian kecepatan angin lebih besar 8 m/s untuk mengetahui pengaruhnya pada kehilangan daya (*power loss*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada Rektor dan Ketua Lembaga Penelitian Unsoed atas kepercayaan pendanaan Riset Unggulan Strategis Nasional dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Riset No.: 169/H23/PL/2009.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bilalodin dan Sugito, 2008, Studi Analisis Potensi Energi Angin di Wilayah Pesisir Kabupaten Cilacap, *Laporan Penelitian* Lembaga Penelitian Unsoed.
- [2]. Daryanto, Y, 2007, Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu, *Balai PPTAGG-UPT.LAGG*, Yogyakarta.
- [3]. DESDM, 2005, Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konversi Energi (Energi Hijau), *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025. Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral, Jakarta.
- [4]. Kadiman, K., 2004, Kebijakan Strategis Nasional Riset Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Makalah disampaikan pada '2nd Kentingan Physics Forum', Surakarta 21 Agustus 2004.
- [5]. Pudjanarsa, A., dan Nursuhud, D., 2006, *Mesin Konversi Energi*, Penerbit Andi Offset Yogyakarta.
- [6]. Reksoatmodjo, T. N, 2005, Vertical-Axis Differential Drag Windmill, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol.6.
- [7]. Shewchuk, J.R., 1994, *An Introduction to the Conjugate Gradient Method Without the Agonizing Pain*, School of Computer Science Carnegie Mellon University Pittsburg.
- [8]. Soelaiman F.A.T, Tandian P.N, dan Rosidin, N, 2007, Perancangan, pembuatan dan pengujian Prototipe SKEA menggunakan Rotor Savonius dan Windside Untuk Penerangan Jalan Tol, *Laporan Penelitian* ITB Bandung.

