

Optimasi Penambahan Selubung (*Shroud*) pada Turbin Angin Sumbu Vertikal dengan Menggunakan Simulasi CFD 2 Dimensi

T. A. Fauzi Soelaiman, N. P. Tandian, dan Rizki Rachmatulloh
Institut Teknologi Bandung, INDONESIA

Laboratorium Termodinamika, Pusat Rekayasa Industri
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara &
Pusat Penelitian Energi Berkelanjutan,
Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesa 10, Bandung 40132, Indonesia
Email: fauzi@termo.pauir.itb.ac.id

ABSTRAK

Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) memiliki efisiensi yang masih lebih rendah dari jenis Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH). Hal ini membuat penelitian turbin angin jenis ini masih belum banyak diminati. Namun demikian, TASV memiliki keunggulan dapat menangkap angin dari segala arah sehingga tidak memerlukan yaw mechanism seperti pada TASH. Turbin angin dengan keunggulan seperti ini sangat tepat diterapkan di Indonesia mengingat kondisi di Indonesia dengan arah datang angin yang berubah-ubah.

Pada penelitian ini, dilakukan simulasi untuk mengoptimasi selubung (*shroud*) yang akan ditambahkan pada TASV untuk memperbaiki efisiensinya. Selubung yang didesain dibuat sedemikian hingga tidak mereduksi keunggulan TASV yang dapat menangkap angin dari segala arah.

Metode optimasi yang dilakukan adalah dengan simulasi 2 dimensi dengan menggunakan Program Computational Fluid Dynamic (CFD) FLUENT. Simulasi dilakukan untuk kondisi kecepatan angin rata-rata di Indonesia. Dari simulasi yang dilakukan, diperoleh bentuk, ukuran, dan jumlah sekat selubung yang memberikan kecepatan angin tertinggi di dalam selubung sebelum masuk turbin.

Kata kunci: Turbin Angin, TASV, selubung, CFD, simulasi.

1. Pengantar

Turbin angin sumbu vertikal (TASV) memiliki kelebihan khusus dibandingkan dengan jenis sumbu horizontal karena turbin angin jenis ini dapat menangkap angin dari segala arah tanpa diperlukan penambahan mekanisme *yaw*. Dalam usaha meningkatkan daya keluaran turbin, penambahan fitur selubung (*shroud*) merupakan salah satu pilihan yang dapat dilakukan. Penambahan selubung diharapkan dapat meningkatkan kecepatan angin di dalamnya dengan adanya reduksi luas penampang saluran selubung. Hal ini sesuai dengan hukum kekekalan massa aliran:

$$\dot{m} = \text{konstan} \quad (1)$$

$$\dot{m} = \rho A v \quad (2)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (2) ke (1), didapat:

$$\rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2 \quad (3)$$

Hingga saat ini, berbagai macam selubung telah banyak dikembangkan. Namun, kebanyakan dari selubung tersebut hanya digunakan pada turbin angin sumbu horizontal (TASH).

Beberapa keunggulan penambahan selubung pada turbin angin adalah sebagai berikut [1]:

- Mengurangi bahaya bagi kehidupan di sekitar turbin seperti burung dan hewan-hewan lainnya (dengan menambahkan penghalang pada sisi masuk selubung).
- Menghindarkan turbin dari kerusakan karena tumbukan benda-benda sekitar.
- Untuk daya yang sama, turbin berukuran lebih kecil sehingga biaya lebih rendah.
- Mengurangi kerugian aliran ujung pada tipe aksial.
- Selubung menghindarkan turbin dari sinar matahari secara langsung sehingga akan mengurangi tumbuhnya lumut yang dapat merusak turbin [2].

Untuk mendapatkan desain selubung yang paling tepat bagi sebuah turbin angin, diperlukan beberapa tahapan optimasi yang bertujuan untuk mendapatkan kenaikan kecepatan angin dalam selubung yang paling maksimal. Proses optimasi yang dilakukan menggunakan *Software Computational Fluid Dynamics (CFD) Fluent*.



2. Optimasi Desain Selubung

2.1 Tahapan Optimasi

Dasar pertimbangan optimasi disesuaikan dengan tujuan akhir penelitian yaitu mendapatkan kenaikan kecepatan angin yang paling maksimum dalam selubung sesaat sebelum memasuki turbin dengan mempertimbangkan pula pada aspek desain, estetika dan fungsi.

Metode yang digunakan adalah simulasi CFD 2-dimensi. Beberapa parameter desain divariasikan, kemudian kenaikan kecepatan angin yang terjadi diperiksa dengan simulasi. Strategi dan urutan dalam mencari desain terbaik dijelaskan pada Gambar 2.1.

Tiap parameter disimulasikan dan kurva performa yang didapati dianalisis. Varian yang dianggap paling optimum akan dipilih sebagai desain yang akan divariasikan lagi pada langkah berikutnya. Proses berlangsung terus sampai desain terpilih tercapai.



Gambar 2.1 Tahapan optimasi.

Optimasi tidak dilakukan pada semua parameter desain. Variasi desain yang terlalu banyak akan memakan waktu yang lama. Sebagian parameter dirancang tetap, yaitu:

- Diameter turbin = 1 m
- Diameter dalam selubung (d_i) = 2 m
- Tinggi turbin = 2 m
- Tinggi selubung bagian dalam (h_i) = 2,5 m
- Tinggi selubung bagian luar (h_o) = 3,5 m
- Kecepatan angin (V) = 5 m/s

2.2 Analisis Pemilihan Diameter

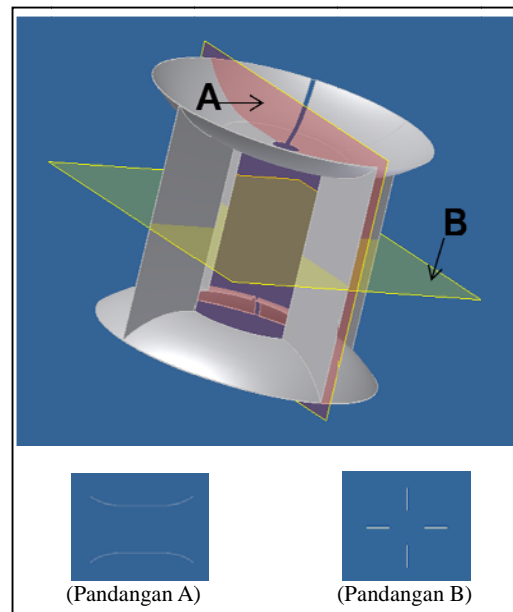
Proses optimasi pertama dilakukan dengan memilih diameter. Diameter selubung divariasikan ke dalam berbagai ukuran. Oleh karena simulasi yang dilakukan dalam 2 dimensi, pemilihan diameter dilakukan dengan 2 tahapan utama, yaitu simulasi tampak samping dan simulasi tampak atas.

Dengan dilakukannya penyederhanaan dalam 2 dimensi, tentunya harus ada asumsi tambahan yang diberikan agar penyederhanaan ini dapat dikatakan valid, yaitu sifat fluida harus homogen dalam arah z (menjauhi mata). Oleh karena itu, asumsi desain dilakukan ke dalam 2 kelompok besar, yaitu:

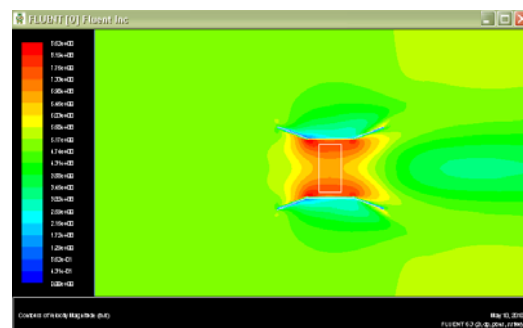
1. Pada penggambaran tampak samping (pandangan A di Gambar 2.2), selubung berupa panjang tak hingga dan tidak memperhitungkan pengaruh dari adanya sekat. Dengan demikian, sifat dari fluida dapat dinyatakan homogen.
2. Pada penggambaran tampak atas (pandangan B di Gambar 2.2), selubung merupakan kumpulan sekat yang memiliki panjang tak hingga, tidak ada pengaruh dari tutup atas dan bawah selubung.

Pada Gambar 2.3 terlihat kotak putih di dalam selubung putih yang menggambarkan letak turbin di dalam selubung. Rata-rata kecepatan angin di garis putih batas kotak itulah yang dihitung menjadi rata-rata kecepatan dalam selubung.

Secara mudah dapat dilihat pada Gambar 2.3 kontur kecepatan dalam selubung memiliki kecepatan rata-rata yang relatif lebih tinggi dari kecepatan lingkungan. Ini memperlihatkan bahwa selubung dengan konfigurasi seperti ini dapat meningkatkan kecepatan angin.



Gambar 2.2 Penyederhanaan desain dalam 2 dimensi.



Gambar 2.3 Kontur kecepatan pada selubung tampak samping

Data pada Tabel 2.1 didapat dari serangkaian simulasi yang dilakukan dengan mengubah-ubah besar diameter turbin. Data dialurkan juga ke dalam grafik seperti pada Gambar 2.4. Perlu diingat bahwa perubahan itu tidak berpengaruh pada tinggi luar maupun tinggi dalam selubung yang telah ditetapkan menjadi parameter tetap. Dari Tabel 2.1 terlihat kecepatan angin dalam selubung cenderung naik saat diameter dinaikkan dari 2,5 - 3,5 m, dan kecepatan berada di atas 7 m/s saat diameter di kisaran 3,5 - 4,5 m, kemudian terus mengalami penurunan saat diameter diperbesar di atas 4,5 m.



Tabel 2.1 Data Hasil Simulasi Tampak Samping

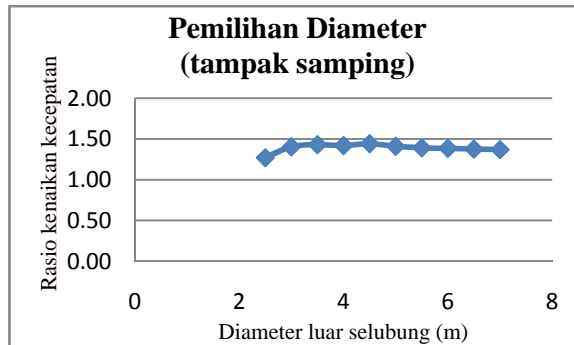
Diameter, m	Kecepatan dalam Selubung, m/s	Rasio Kenaikan Kecepatan
2,50	6,35	1,27
3,00	7,02	1,40
3,50	7,15	1,43
4,00	7,10	1,42
4,50	7,21	1,44
5,00	7,05	1,41
5,50	6,96	1,39
6,00	6,93	1,39
6,50	6,88	1,38
7,00	6,85	1,37

turbine kembali diubah-ubah untuk melihat karakteristik selubung dalam mempercepat kecepatan angin dalam selubung.

Data kecepatan angin rata-rata yang mengalir di sekitar turbine dapat dilihat pada Tabel 2.2. Nilai rasio kenaikan kecepatan angin dialurkan pada grafik seperti di Gambar 2.6.

Tabel 2.2 Data Hasil Simulasi Tampak Atas

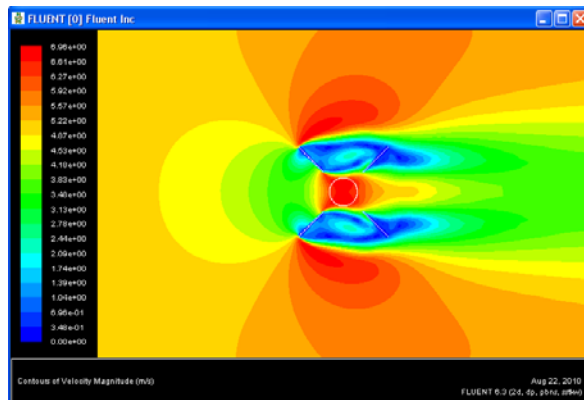
Diameter, m	Kecepatan dalam Selubung, m/s	Rasio Kenaikan Kecepatan
2,50	5,27	1,05
3,00	5,84	1,17
3,50	6,06	1,21
4,00	6,54	1,31
4,50	6,72	1,34
5,00	6,87	1,37
5,50	7,08	1,42
6,00	7,29	1,46
6,50	7,43	1,49
7,00	7,57	1,51



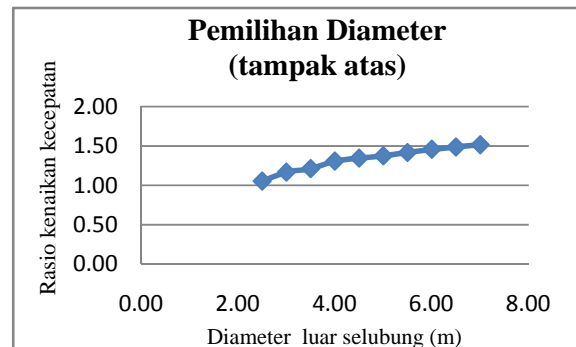
Gambar 2.4 Grafik hasil simulasi tampak samping.

Proses pemilihan diameter dilanjutkan dengan melakukan simulasi tampak atas. Hasil simulasi dapat terlihat pada gambar kontur kecepatan pada Gambar 2.5.

Semakin besar diameter, semakin tinggi pula rasio kenaikan kecepatan angin seperti terlihat pada Tabel 2.2 dan Gambar 2.6. Hal ini sangat beralasan, karena pada penampang selubung tampak atas, rasio pengecilan luas meningkat seiring dengan kenaikan diameter.



Gambar 2.5 Kontur kecepatan pada tampak atas selubung.



Gambar 2.6 Grafik hasil simulasi tampak atas.

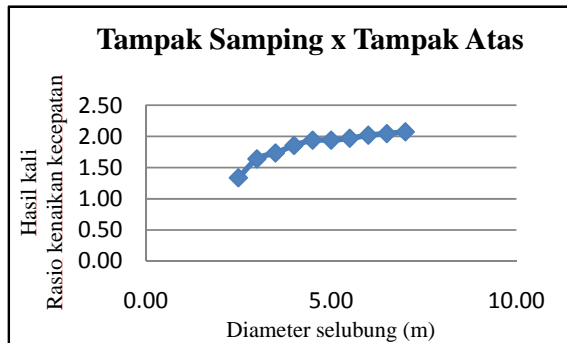
Proses pemilihan diameter selubung diakhiri dengan mengalikan kedua parameter di atas. Dengan mengalikan keduanya, pengaruh kedua parameter tersebut dapat dibandingkan dalam sebuah grafik, seperti terlihat pada Gambar 2.7.

Lingkaran putih di tengah selubung merupakan daerah dimana turbine berada. Kecepatan angin rata-rata di sepanjang lingkaran batas ini dihitung untuk dibandingkan. Diameter

Pada Gambar 2.7 tampak bahwa rasio kenaikan kecepatan angin memiliki kecenderungan terus meningkat seiring dengan kenaikan diameter. Namun demikian, pada akhirnya dipilih diameter 4,5 m. Dasar pemilihan ini karena kenaikan rasio kenaikan kecepatan meningkat dengan peningkatan yang cukup besar dibandingkan dengan kenaikan pada saat diameter di atas 4,5 m. Di sisi lain, ditinjau dari segi harga, selubung



akan terlampaui besar dan mahal jika diameter selubung lebih besar dari 5 m.



Gambar 2.7 Grafik hasil perkalian simulasi tampak samping dengan simulasi tampak atas.

2.3 Analisis Perbandingan Jumlah Sekat

Parameter optimasi selubung lainnya adalah jumlah sekat. Jumlah sekat divariasikan dari 3 hingga 10 buah sekat (lihat Tabel 2.3). Setiap varian selubung memiliki karakteristik yang unik dalam mempercepat kecepatan angin. Sudut datang angin juga menentukan performa selubung dalam mempercepat kecepatan angin.

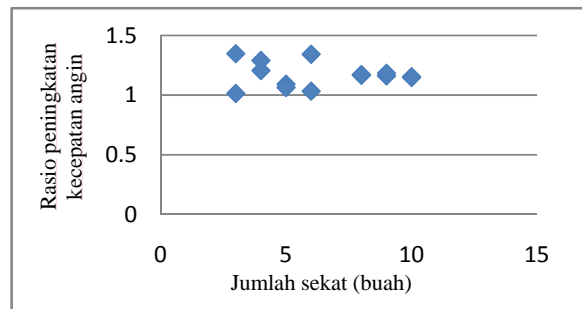
Tabel 2.3 Data Hasil Simulasi Pemilihan Jumlah Sekat

Jumlah Sekat	Kecepatan Angin Lingkungan, m/s	Kecepatan Angin yang Bekerja pada Turbin, m/s	Rasio Peningkatan Kecepatan	Keterangan
3	5.00	5.07	1.01	terburuk
3	5.00	6.73	1.35	tebaik
4	5.00	6.03	1.21	terburuk
4	5.00	6.45	1.29	tebaik
5	5.00	5.31	1.06	terburuk
5	5.00	5.46	1.09	tebaik
6	5.00	5.16	1.03	terburuk
6	5.00	6.71	1.34	tebaik
8	5.00	5.83	1.17	terburuk
8	5.00	5.86	1.17	tebaik
9	5.00	5.80	1.16	terburuk
9	5.00	5.91	1.18	tebaik
10	5.00	5.77	1.15	terburuk
10	5.00	5.73	1.15	tebaik

Dengan demikian, perlu disimulasikan minimal 2 kondisi sudut, yaitu kondisi terbaik dan kondisi terburuk mengacu pada arah datangnya angin. Pada kondisi sudut lainnya, dapat

dipastikan performanya berada pada rentang tersebut. Dari grafik pada Gambar 2.8 dapat dianalisis bahwa:

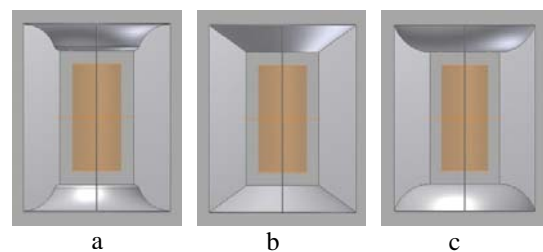
- Jumlah sekat 3 dan 6 buah memiliki karakteristik yang identik, sangat baik dalam mempercepat kecepatan angin dalam kondisi terbaiknya, namun menurun secara signifikan ketika selubung diputar hingga kondisi terburuknya.
- Jumlah sekat 8, 9 dan 10 memiliki kesamaan satu sama lain, yaitu performa dalam mempercepat kecepatan angin cenderung tetap setelah diputar pada kedua kondisi ekstrimnya.
- Jumlah sekat 4 dipilih karena paling baik dalam mempercepat kecepatan angin dibandingkan dengan jumlah sekat selubung lainnya.



Gambar 2.8 Grafik simulasi berbagai varian jumlah sekat pada selubung.

2.4 Analisis Perbandingan Profil Selubung

Tahapan yang terakhir dalam optimasi selubung ini adalah dengan membuat variasi profil pada selubung. Variasi ini dibatasi hanya 3 jenis saja, yaitu profil cembung, datar, dan cekung. Gambaran tampak samping ketiga profil selubung adalah seperti terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Profil selubung (a) cekung, (b) datar, (c) cembung

Ketiga variasi profil ini kembali disimulasikan. Ukuran diameter dan jumlah sekat yang sudah dipilih dijadikan sebagai variabel tetap pada proses simulasi pemilihan profil selubung kali ini. Data hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini.

Dari Tabel 2.4 terlihat bahwa rasio peningkatan kecepatan angin pada selubung dengan profil cembung lebih baik dari dua profil selubung lainnya. Hal ini juga memberikan jawaban mengapa kebanyakan nosel memiliki bentuk yang lebih mirip dengan selubung profil cembung ini.



Tabel 2.4 Data Simulasi Pemilihan Profil Selubung

Jenis Profil	Kecepatan Angin dalam Selubung, m/s	Rasio Peningkatan Kecepatan
Cembung	7,10	1,42
Datar	6,45	1,29
Cekung	6,35	1,27

3. Kesimpulan

Proses optimasi menggunakan metode simulasi CFD 2 dimensi telah menghasilkan desain terbaik yaitu:

- Diameter luar/dalam selubung : 5/9 m
- Jumlah sekat : 4 buah
- Profil selubung : cembung.

Pengakuan dan Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari Riset Unggulan ITB 2010. Untuk itu, para penulis menyatakan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk dukungan dana yang diberikan dari ITB melalui LPPM-ITB dan Pusat Energi Berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- [1] Brian Kirke, *Developments in Ducted Water Current Turbines*, Sustainable Energy Centre, University of South Australia, Mawson Lakes, SA 5095, Australia, 2005.
- [2] Swenson, *J Tidal Power Project: Report on the Evaluation of an Axial Flow Lift Type Turbine*, Centre for Energy Research, Northern Territory University, 1999.



