

# SIMULASI PENGUJIAN PRESTASI SUDU TURBIN ANGIN

Sulistyo Atmadi\*\*, Ahmad Jamaludin Fitroh\*\*

•Peneliti Pusat Teknologi Dirgantara Terapan. LAPAN

">Peneliti Teknik Penerbangan ITB

## ABSTRACT

Identification of whether aerodynamic performances of a rotor blades has met the criteria according to its design or not, the general procedure is to fabricate and perform a field testing; or testing its model in a windtunnel. Both method require high cost however; therefore, a simulation method using Fluent software had used for obtaining lower cost. The model used is an LS(1)-0417 Mod airfoil having 3 blades and rotor diameter 7,21 m. Simulation test shows a good result with a difference of 4,61 % for torque and power from design result.

## ABSTRAK

Untuk mengetahui apakah prestasi aerodinamik sebuah sudu sudah memenuhi kriteria yang diinginkan sesuai rancangan atau belum, maka tahapan yang dilakukan adalah membuat sudu tersebut, kemudian mengujinya di lapangan; atau membuat model dan mengujinya di terowongan angin. Kedua cara tersebut memerlukan biaya yang cukup mahal; sehingga untuk memperoleh hasil pengujian yang murah dilakukan cara simulasi dengan menggunakan perangkat lunak Fluent. Pengujian dilakukan pada rancangan sudu aerofoil LS (1J-0417 Mod dengan jumlah sudu 3 dan diameter 7.21 m. Simulasi menunjukkan perbedaan 4,61 % untuk torsi maupun daya yang dihasilkan dan dibandingkan dengan hasil rancangan, hasil tersebut dianggap cukup baik.

Kata kunci : *Sudu, Turbin angin, FLUENT*

## 1 PENDAHULUAN

Pada umumnya, untuk menguji apakah rancangan aerodinamik sudu sudah memenuhi kriteria yang diinginkan sesuai rancangan atau belum maka dilakukan dengan membuat sudu tersebut, kemudian mengujinya di lapangan, atau membuat model dan mengujinya di terowongan angin, tapi kedua cara tersebut memerlukan biaya cukup mahal, sehingga untuk memperoleh hasil pengujian yang murah dilakukan cara simulasi dengan menggunakan perangkat lunak *Fluent*.

Simulasi dilakukan secara *Computational Fluid Dynamic (CFD)*, dan perangkat lunak yang digunakan adalah *FLUENT*.

Perangkat lunak *FLUENT* adalah salah satu perangkat lunak berbasis *CFD* yang mana memecahkan persamaan kekekalan massa, momentum, dan energi

dan menggunakan persamaan tuxbulensi sebagai pelengkapnya. Alasan utama memilih *FLUENT* adalah karena perangkat lunak tersebut dapat mengakomodasi berbagai kasus fluida.

## 2 METODOLOGI

Alur penggeraan yang dilakukan adalah mengumpulkan data geometri dan kondisi operasional sudu kemudian melakukan simulasi. Data geometri sudu meliputi diameter pangkal, diameter Ujung, aerofoil yang digunakan, distribusi *chord* dan sudut puntir. Kondisi operasional meliputi tekanan dan temperatur udara, kecepatan angin, kecepatan putar. Kegiatan simulasi melalui beberapa tahap, yaitu pembuatan model dan *grid*, pemilihan kondisi batas, simulasi (*running*), dan yang terakhir adalah pengolahan data.

## 2.1 Geometri Sudu

Geometri sudu yang akan disimulasikan:

- Diameter pangkal = 0,70 m
- Diameter ujung = 7,21 m
- Penampang = aerofoil LS (1)-0417 Mod

Tabel 2-1: DISTRIBUSI CHORD DAN SUDUT PUNTIR

Posisi (m)	Chord (m)	Sudut Puntir (derajat)
0.350	0.300	21.76
0.815	0.285	12.31
1.280	0.270	9.24
1.745	0.255	7.71
2.210	0.240	6.79
2.675	0.225	6.16
3.140	0.210	5.70
3.605	0.195	5.34

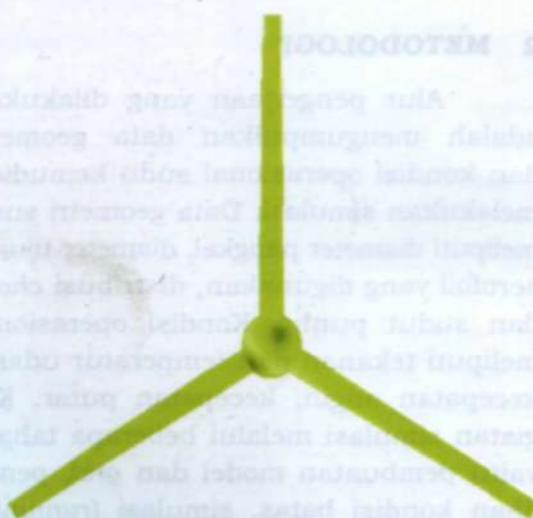
## 2.2 Kondisi Operasional

Turbin angin dioperasikan pada kondisi:

- Tekanan dan temperatur udara masing-masing 1 bar dan 288 K
- Kecepatan angin = 5 m/s
- Kecepatan putar = 160,1 rpm

## 2.3 Model Sudu

Berikut ini adalah model sudu yang akan disimulasikan:

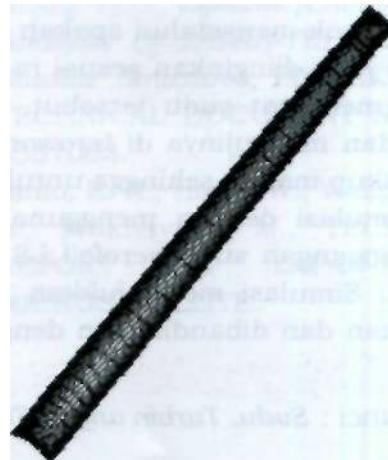


Gambar 2-1: Model sudu

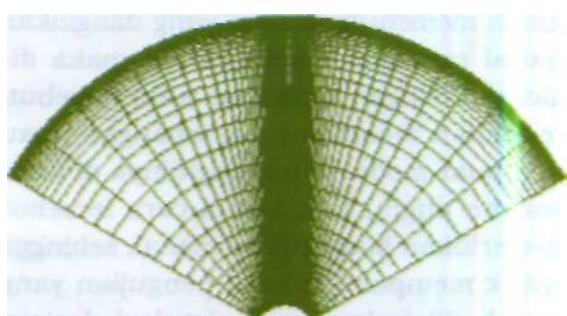
## 2.4 Grid

Turbin angin ini terdiri dari 3 buah sudu yang identik dan berada dalam sumbu putar yang sama. Oleh karena itu simulasi dapat dilakukan dengan satu sudu saja secara periodik. Simulasi secara periodik juga memberikan keuntungan lainnya, yaitu *grid* yang diperlukan juga lebih sedikit sehingga mempercepat proses iterasi.

Jenis *grid* yang digunakan adalah *map* (*hexagonal-quadrilateral*) dengan jumlah 160.000 elemen. *Grid* jenis ini dipilih karena mudah diatur kerapatan-nya pada daerah tertentu dan lebih cepat proses iterasinya. Berikut ini bentuk *grid*-nya:



Gambar 2-2: Bentuk *grid* sudu

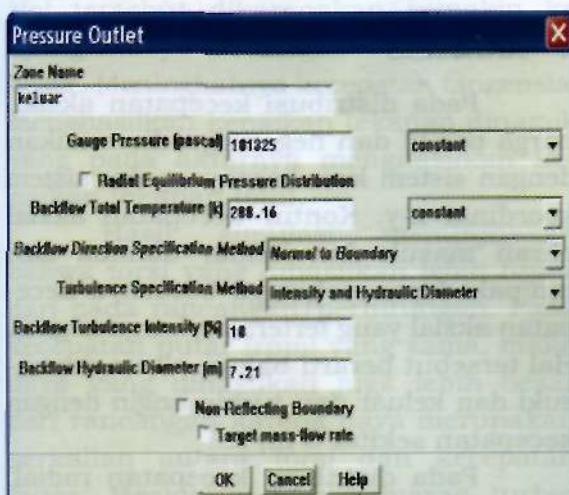
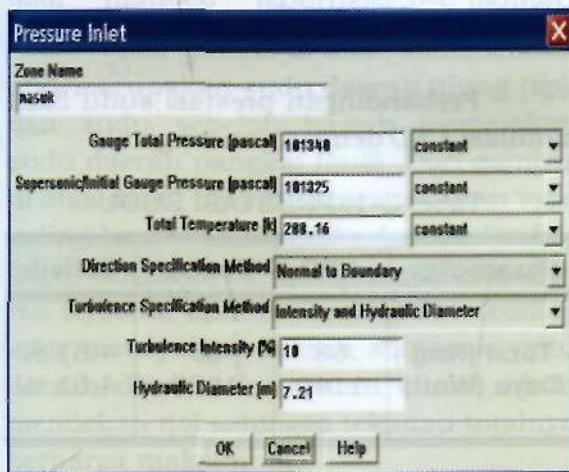


Gambar 2-3: Bentuk *grid* masuk/keluar

*Grid* dibangun pada permukaan model dan udara di sekitar model, bukan di dalam model. Hal tersebut dikarenakan yang akan dihitung adalah parameter aliran di sekitar model, bukan di dalam model.

## 2.5 Kondisi Batas

Terdapat beberapa kondisi batas yang disediakan oleh *FLUENT*. Untuk kasus kali ini, kondisi batas untuk aliran masuk adalah *pressure inlet* dan untuk aliran keluar adalah *pressure outlet*. Kondisi batas *pressure inlet* dipilih karena aliran yang akan disimulasikan bersifat kompresibel. Kondisi batas *pressure outlet* inZetberpasangan dengan kondisi batas *pressure outlet*.



Gambar 2-5: Kondisi batas Pressure outlet

Terdapat juga beberapa model turbulensi yang disediakan oleh *FLUENT*, diantaranya *Spalart-Allmaras*, *k-epsilon*, *k-omega*, *Reynolds Stress*, dan lain-lain. Pada studi kasus kali ini yang digunakan adalah model turbulensi *Spalart-Allmaras*.

Pemilihan tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa *Spalart-Allmaras* merupakan model turbulensi yang paling sederhana dan paling sering digunakan sehingga *effort* iterasinya lebih kecil, dan masih mampu mengakomodasi putaran.

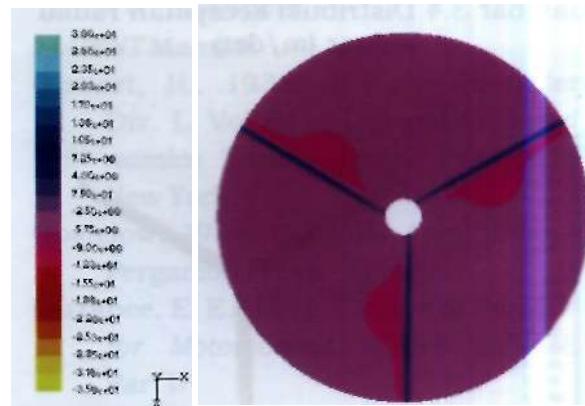
## 2.6 Simulasi

Setelah model, *grid*, dan kondisi batas telah dipenuhi, maka langkah selanjutnya adalah simulasi (*running*). Simulasi dilakukan pada kondisi *steady*, yang tidak memperhitungkan efek waktu. Diskritisasinya menggunakan orde 2 (*second order*) supaya hasilnya lebih akurat. Setting *CFD* lainnya, misalnya *Courant Number*, *Under Relaxation* disesuaikan dengan situasi dan kondisi.

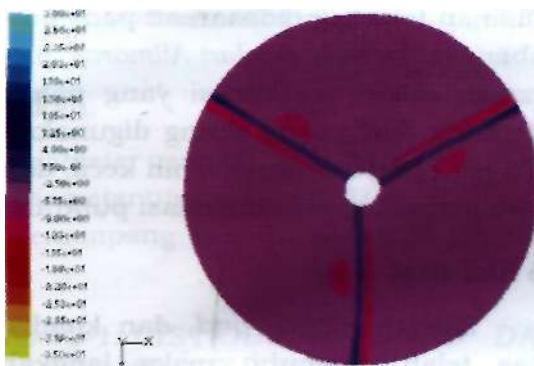
## 3 HASIL

Hasil simulasi dapat ditunjukkan dalam bentuk kontur warna, grafik atau plot dan dalam bentuk angka. Hasil simulasi dalam bentuk kontur warna digunakan untuk menggambarkan distribusi parameter aliran, misalnya tekanan atau kecepatan. Grafik atau *plot* digunakan dalam bentuk koordinat x-y. Hasil simulasi dalam bentuk angka digunakan untuk menampilkan hasil akhir, misalnya gaya total, momen, atau laju aliran massa.

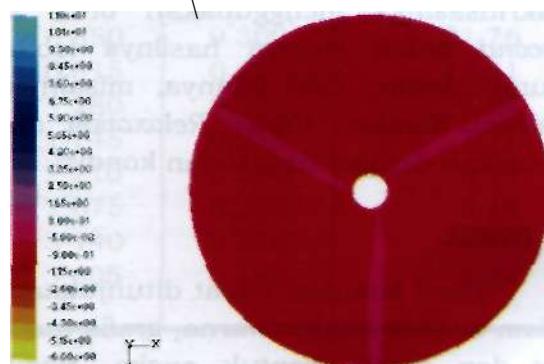
Berikut ini distribusi kecepatan aksial, kecepatan radial, dan tekanan total :



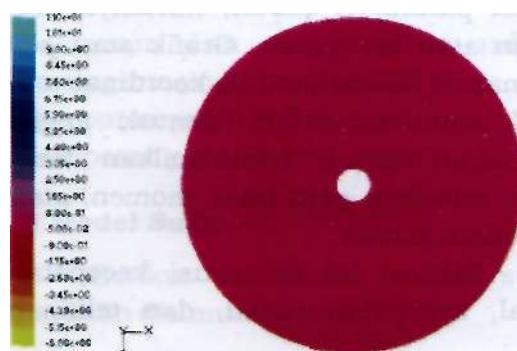
Gambar 3-1: Distribusi kecepatan aksial masuk (m/det)



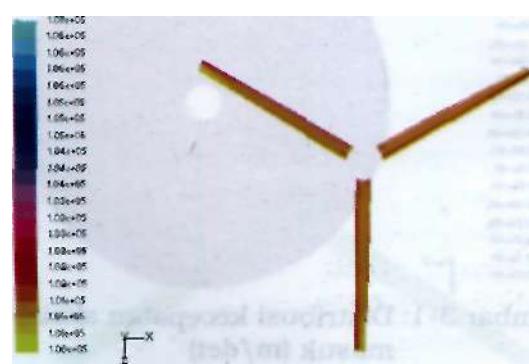
Gambar 3-2: Distribusi kecepatan aksial keluar (m/det)



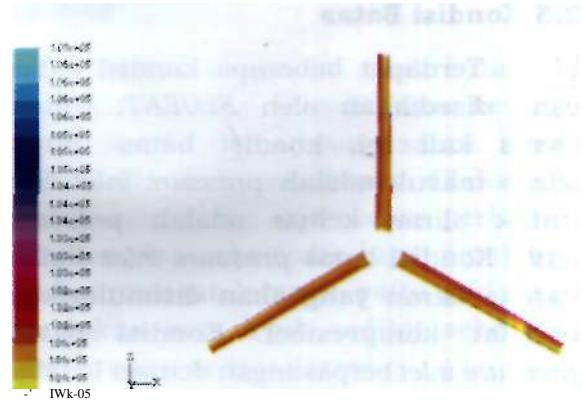
Gambar 3-3: Distribusi kecepatan radial masuk (m/det)



Gambar 3.4 Distribusi kecepatan radial keluar (m/det)



Gambar 3-5: Distribusi tekanan total sudu tampak depan (Pa)



Gambar 3-6: Distribusi tekanan total sudu tampak belakang (Pa)

Perbandingan prestasi sudu hasil simulasi CFD dengan rancangan :

Tabel 3-1: PRESTASI SUDU

Parameter	CFD	Desain	Selisih
Torsi (Nm)	68	65	4.61 %
Daya (Watt)	1140	1090	4.61 %

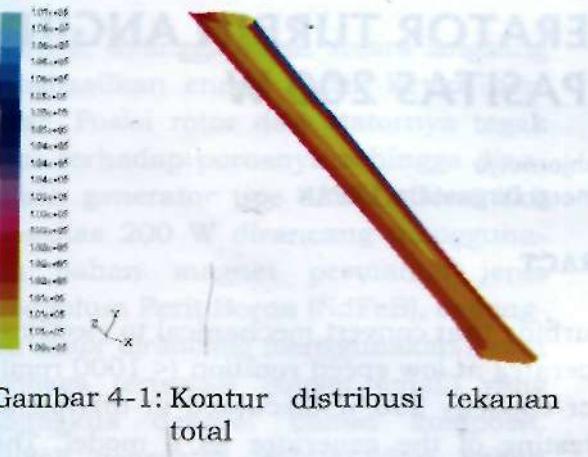
Hasil simulasi tidak jauh berbeda dengan rancangan.

#### 4 ANALISIS

Pada distribusi kecepatan aksial, harga positif dan negatifnya disesuaikan dengan sistem koordinatnya, yaitu sistem koordinat x-y. Kontur kecepatan aksial aliran masuk dan keluar diambil dari tampak depan sehingga besarnya kecepatan aksial yang tertera berharga negatif. Hal tersebut berarti bahwa aliran memasuki dan keluar dari turbin angin dengan kecepatan sekitar 5 m/s.

Pada distribusi kecepatan radial, tampak bahwa kecepatan radial pada aliran masuk dan aliran keluar mendekati nol. Hal tersebut membuktikan bahwa pada turbin angin, vektor angin yang dominan adalah kecepatan angin dalam arah aksial dan tangensial. Dengan demikian proses desain dan analisis sudu cukup valid secara 2-D.

Kontur distribusi tekanan total di atas dapat disajikan dalam bentuk yang sedikit berbeda, seperti pada Gambar 4-1.



Gambar 4-1: Kontur distribusi tekanan total

Pada gambar di atas, sudu sebelah atas merupakan sudu daerah ujung (*tip*), dan sudu sebelah bawah merupakan sudu daerah pangkal (*hub*). Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa tekanan total paling besar terjadi pada daerah *leading edge*, semakin ke ujung semakin besar. Hal tersebut dikarenakan daerah *leading edge* merupakan daerah stagnasi, yaitu daerah dimana kecepatan aliran udara mendekati nol sehingga tekanan totalnya berharga maksimum.

Di daerah stagnasi, semakin ke ujung tekanan totalnya semakin besar. Hal tersebut dikarenakan semakin ke ujung kecepatan tangensialnya semakin besar. Meningkatnya kecepatan tangensial menghasilkan kenaikan tekanan dinamik yang pada akhirnya menghasilkan kenaikan tekanan total.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa torsi yang dihasilkan lebih besar dari pada rancangan/perhitungan. Pada kecepatan putar (rpm) yang sama, maka daya yang dihasilkan juga lebih besar dari rancangan karena daya merupakan perkalian antara torsi dan kecepatan putar. Meskipun daya keluaran turbin angin hasil simulasi lebih besar dari perhitungan awal, namun daya yang dapat diserap oleh generator pada 160,1 rpm tetap sebesar 1090 Watt.

## 5 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa

- Simulasi CFD sudu turbin angin 5 m/s menggunakan perangkat lunak FLUENT

telah berhasil dilakukan dengan hasil mendekati rancangan.

Hasil simulasi dapat digunakan sebagai masukan untuk memastikan bahwa rancangan sudah baik, namun selanjutnya perlu dilakukan pengujian lapangan, dan diharapkan hasilnya tidak menyimpang jauh, sehingga dapat menghemat biaya pengujian.

## 6 SARAN

Beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk memperoleh hasil yang lebih baik dari penelitian ini antara lain:

- Menggunakan model turbulensi yang berbeda sehingga dapat dilakukan perbandingan.
- Menambah *grid* hingga jauh ke depan dan jauh ke belakang sudu sehingga aliran masuk dan keluar sudu merupakan aliran yang benar-benar tidak terganggu (*free stream*). Konsekuensinya adalah akan membutuhkan *effort* waktu komputasi dan kapasitas komputer.
- Menambah *grid* hingga jauh di atas sudu (batas *grid* dalam arah radial semakin jauh) sebagai manifestasi dari udara *free stream*. Hal tersebut juga akan membutuhkan *effort* yang semakin besar.

## DAFTAR RUJUKAN

- Anderson, J. D. Jr., 1985. *Fundamentals of Aerodynamics*, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- FLUENT Manual*.
- Glauert, H., 1935. Airplane Propellers. Div. L, Vol IV of Durand's *Aerodynamics Theory*, Dover Publication, New York.
- Gostelow, 1984. *Cascade Aerodynamics*, Pergamon Press, Sidney.
- Larrabee, E. E., 1979. *Design of Propellers for Motorsoares*, NASA CP-2085, Part I.
- Mc. Cormick, Barnes W., 1995. *Aerodynamics, Aeronautics, and Flight Performance*, John Wiley & Sons, Canada.