

Desain dan Pemodelan Sudu Primary Air Fan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Indra Djodikusumo^{1,a*}, I Nengah Diasta^{2,b*}, Iwan Sanjaya Awaludin^{3,c*}, Fachri
Koeshardono^{4,d*} dan Aditya Iriawan Handoko^{5,e*}

¹²³⁴Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
40132, Indonesia

Email: ^adjodikusumo.indra@gmail.com, ^binengahdiasta@gmail.com,

^ciwanteknikmesin08@gmail.com, ^dfahrimason@gmail.com ^eadityairiawanhandoko@gmail.com

Abstrak

Listrik menjadi hal penting bagi manusia dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari. Dengan adanya listrik, kehidupan manusia menjadi lebih mudah dan nyaman. Salah satu jenis pembangkit listrik adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), karena besarnya daya yang dihasilkan oleh PLTU, maka desain PLTU yang efisien menjadi sangat penting. Penulis meninjau bagian dari pembangkit listrik tenaga uap yaitu *primary air fan*. Penulis melakukan perhitungan desain sudu propeller *primary air fan* berdasarkan parameter-parameter yang diketahui dari *operating and maintenance manual*. Kemudian penulis melakukan desain sudu propeller *primary air fan* menggunakan software Autodesk Inventor 2015 serta Ansys Bladegen. Penulis juga melakukan analisis *computational fluid dynamics (CFD)* menggunakan software Ansys CFX dengan didahului melakukan proses generasi mesh menggunakan Ansys Turbogrid. Berdasarkan model sudu propeller *primary air fan* yang penulis buat, kriteria tekanan yang dihasilkan model memenuhi spesifikasi dengan tekanan yang dihasilkan *primary air fan* melebihi 11419 Pa. Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa efisiensi model sudu propeller *primary air fan* memenuhi efisiensi perhitungan yaitu 81%.

Kata kunci: Primary Air Fan, Tekanan, Efisiensi

Pendahuluan

Listrik menjadi hal penting bagi manusia dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari. Dengan adanya listrik, kehidupan manusia menjadi lebih mudah dan nyaman. Jenis pembangkit yang terbanyak dipakai di Indonesia adalah pembangkit listrik berbahan bakar batubara, dengan total 20 gigawatt (GW) atau 44% dari total produksi listrik Indonesia [1]. Bahkan, pembangkit listrik berbahan bakar batubara (uap) masih menjadi mayoritas dalam rencana pembangkitan listrik 35.000 MW yang digagas oleh pemerintah Indonesia.

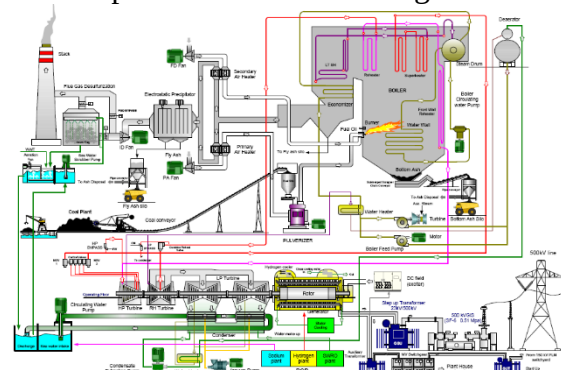
Desain PLTU yang efisien menjadi penting karena besarnya daya listrik yang dihasilkan. Dalam hal ini penulis meninjau sudu Propeller *primary air fan* pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) ABC. Pada penelitian ini penulis membuat desain sudu Propeller *primary air fan* menggunakan Autodesk Inventor 2015 dan Ansys Workbench.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain propeller *primary air fan* berdasarkan parameter-parameter yang diketahui menggunakan software Autodesk Inventor

2015 dan Ansys Workbench, serta melakukan simulasi *computational fluid dynamics (CFD)* terhadap desain yang dibuat menggunakan Ansys Workbench.

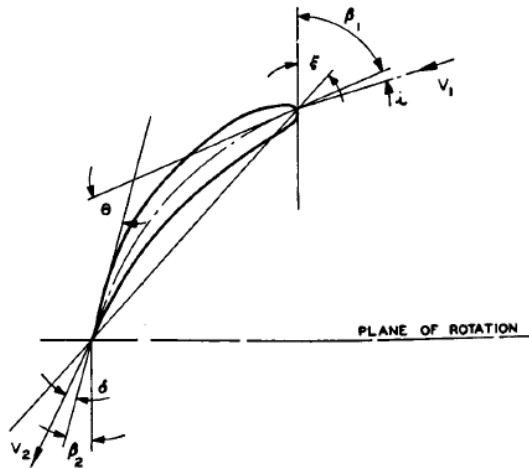
Primary Air Fan

Primary air fan adalah salah satu jenis penggerak udara berfungsi menggerakkan udara yang akan mendorong serbuk batubara masuk ke dalam boiler. Pada PLTU ABC, primary air fan yang sudah ada (*existing*) berjenis *adjusted rotor-vane axial-flow fan* [2]. Keberadaan primary air fan dapat dilihat pada skema operasi PLTU ABC sebagai berikut.



Gambar 2 Skema PLTU ABC [3]

Primary air fan yang ada pada PLTU ABC saat ini memiliki dua *stage*, dan pada tiap *stage* terdiri dari rotor dan stator. Rotor dan stator tersusun dari airfoil, berikut ini adalah geometri airfoil berdasarkan Wallis [4].



Gambar 3 Geometri Airfoil [4]

Pemodelan Sudu Propeller Primary Air Fan

Penulis melakukan pemodelan sudu propeller primary air fan berdasarkan parameter yang didapat dari *operating and maintenance manual* sebagai berikut.

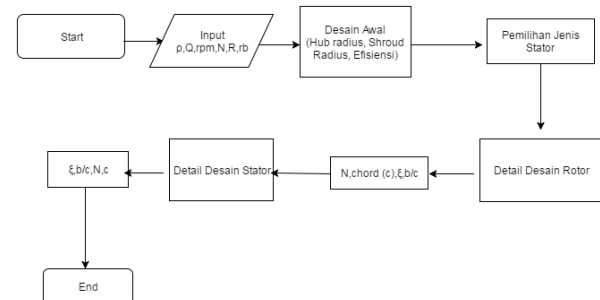
Tabel 1. Data Operation and Maintenance Manual [5]

Working Condition	TB Condition	B-MCR Condition	TMCR Condition
Volume flow rate at inlet (m^3/s)	172.84	120.48	94.57
Mass flow rate at inlet (kg/s)	199.11	138.91	109.04
Temperature at inlet ($^{\circ}\text{C}$)	30	30	30
Air density at inlet (m^3/kg)	1.1530	1.1530	1.1530
Total pressure at inlet (Pa)	-549	-438	-409
Static pressure at inlet (Pa)	-549	-438	-409
Total pressure at outlet (Pa)	13870	10695	9965
Static pressure at outlet (Pa)	11419	11133	10374
Total pressure rise (Pa)	14566	11205	10418

Tabel 1. Data Operation and Maintenance Manual (lanjutan) [5]

Working Condition	TB Condition	B-MCR Condition	TMCR Condition
Pressure rise for user need (Pa)	14566	11205	10418
Air temperature at outlet ($^{\circ}\text{C}$)	15.41	10.92	10.22
Accessory loss (Pa)	Involved in the loss of total pressure rise		
Total pressure efficiency (%)	80.36	87.22	86.67
Static pressure efficiency (%)	80.36	87.22	86.67
Shaft power (%)	2984	1490	1097
Speed of air fan (rev/min)	1470	1470	1470

Berdasarkan parameter-parameter tersebut, penulis melakukan pemodelan sudu propeller *primary air fan* dengan diagram alir sebagai berikut.



Gambar 4 Diagram Alir Pemodelan Sudu

Penulis melakukan perhitungan dengan diagram alir di atas, maka didapatkan hasil:

Tabel 2 Perhitungan Sudu Primary Air Fan(1)

Desain Awal - BASE AND MEAN, CASCADE DESIGN METHOD					
Symbol	Terms	Value	Unit	Value	Unit
R	radii tip	998	mm	39.29	in
r_b	radii boss	629	mm	24.76	in
A	Annulus area			20.30	ft ²
x_b	boss to tip ratio			0.63	
η_T	Total Efficiency	0.81			

Desain Rotor Semua Section						
Param eter	Section					
	0	1	2	3	4	5
r	24	24.76	28.39	32.02	35.65	39.29
x	0.61	0.63	0.72	0.81	0.90	1.00
N	24	24	24	24	24	24
c	11.92	11.84	10.57	8.85	7.31	6.10
ξ	23.41	25.66	34.84	41.85	47.28	51.56
b/c	0.098	0.092	0.069	0.053	0.042	0.034

Desain Stator						
	Section					
	0	1	2	3	4	5
ξ	17.22	16.86	15.08	13.39	11.84	10.45
b/c	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.076
N	23	23	23	23	23	23
C	12.12	11.68	10.18	9.26	8.64	8.19

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat dilakukan pemodelan sudu propeller *primary air fan* baik rotor maupun stator. Profil airfoil yang penulis pakai untuk mendesain sudu propeller *primary air fan* adalah profil C4 karena profil ini merupakan gabungan dari beberapa bentuk profil dasar serta menghasilkan hasil yang memuaskan [4]. Berikut ini adalah koordinat dari profil C4 yang penulis pakai.

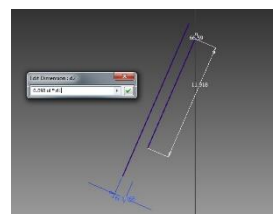
Tabel 3 Koordinat Profil C4 [4]

Distance from LE	C4 (Ref. 54)
0	1.15
1.25	3.19
2.5	4.42
5	6.1
7.5	7.24
10	8.09
15	9.28
20	9.9
30	10.3
40	10.22
50	9.8
60	8.98
70	7.7
80	5.91

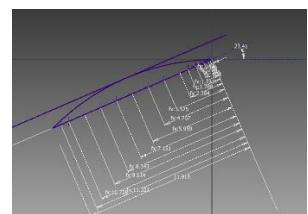
Distance from LE	C4 (Ref. 54)
90	3.79
95	2.58
100	0.76
L.E. rad	1.15
T.E. rad	0.76

Tabel 3 Koordinat Profil C4 (lanjutan) [4]

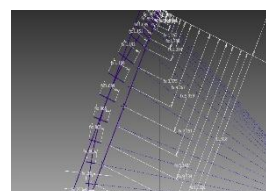
Proses pemodelan sudu pada software Autodesk Inventor 2015 dan Ansys Workbench sebagai berikut.



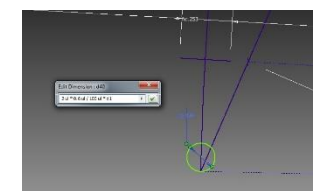
Pembuatan chord dan stagger angle



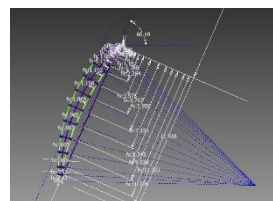
Meanline



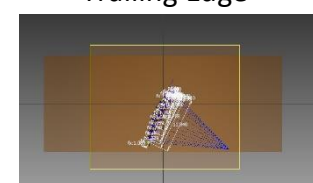
Camber



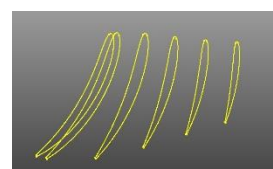
Trailing Edge



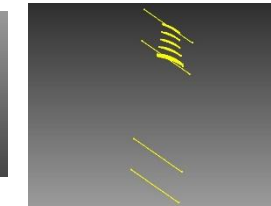
Interpolasi Camber



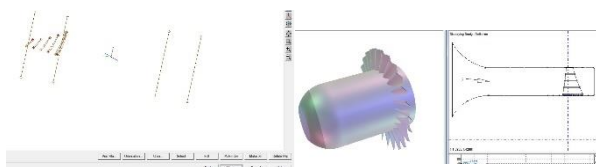
Menempelkan Airfoil pada bidang di silinder



Airfoil 3D
Section 0-5



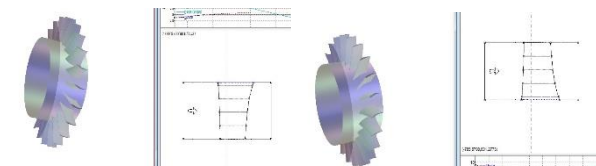
Pembuatan Hub dan
Shroud



Import Airfoil ke
Ansys Bladegen

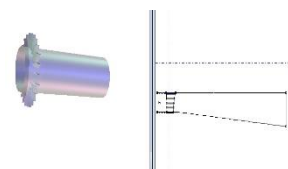
Inlet dan Rotor 1

Gambar 5 Proses Pemodelan Sudu



Stator 1

Rotor 2



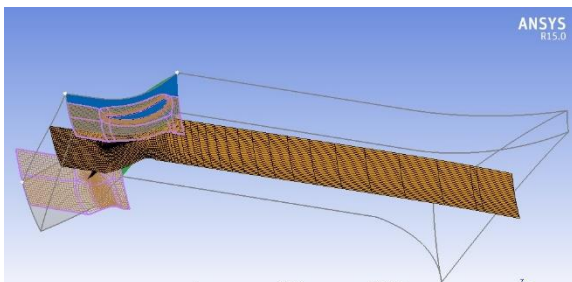
Stator 2 dan Outlet

Gambar 4 Proses Pemodelan Sudu
(lanjutan)

Analisis Computational Fluid Dynamics (CFD) Model Propeller Primary Air Fan

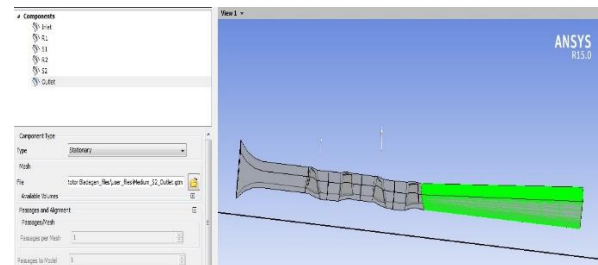
Setelah model propeller *primary air fan* dibuat, maka dilakukan simulasi untuk mengetahui performa yang dihasilkan oleh model, dalam hal ini penulis mencari nilai efisiensi serta tekanan yang dihasilkan oleh *primary air fan*. Penulis memakai software Ansys CFX sebagai software simulasi CFD, dengan didahului proses generasi mesh dengan menggunakan Ansys Turbogrid.

Penulis melakukan proses generasi mesh dengan jumlah elemen bermacam-macam, hal ini berfungsi untuk menentukan hasil simulasi pada akhirnya konvergen atau tidak.



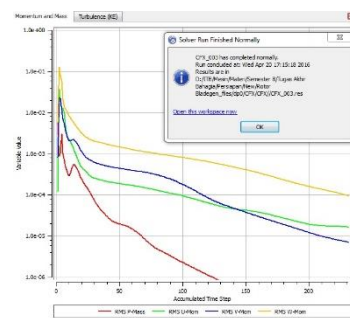
Gambar 6 Hasil Generasi Mesh

Pada proses simulasi di Ansys CFX, penulis memakai fasilitas Turbo Mode untuk menyatukan komponen-komponen yang disimpan pada file yang berbeda.



Gambar 7 Turbo Mode Ansys CFX

Kemudian dilakukan proses running simulasi CFD dengan didahului mengatur parameter operasi *primary air fan*.



Gambar 8 Running Simulasi CFD

Analisis

Berdasarkan hasil simulasi CFD, maka dapat dilakukan pengukuran torsi dan daya yang dihasilkan oleh sudu untuk rotor 1 dan rotor 2, hasilnya adalah sebagai berikut.

Tabel 4 Daya Yang Dihasilkan Model

Jenis	Torsi Rotor 1 (kN.m)	Torsi Rotor 2 (kNm)	Daya (kw)
Coarse	1419.859	1253.277	2673.13
Medium	1403.052	1228.742	2631.79
Fine	1383.3320	1200.505	2583.82
Specify	1381.385	1200.413	2581.79

Perhitungan daya didapatkan dari persamaan

$$P = T \cdot \omega$$

Setelah mendapatkan daya mekanik yang dihasilkan oleh *primary air fan*, maka efisiensi *primary air fan* didapat:

Tabel 5 Efisiensi Model Sudu

Jenis	Efisiensi (%)	Error (%)
-------	---------------	-----------

Coarse	89.582	10.59
Medium	88.196	8.88

Tabel 5 Efisiensi Model Sudu (lanjutan)

Jenis	Efisiensi (%)	Error (%)
Fine	86.589	6.90
Specify	86.521	6.81

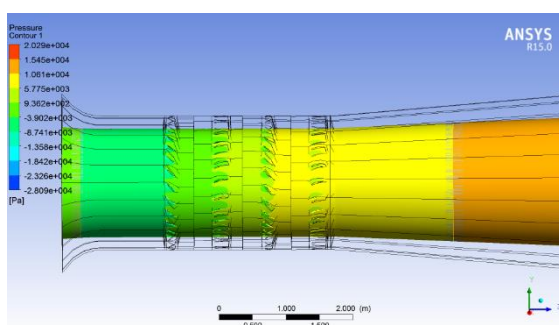
Perhitungan error berdasarkan referensi efisiensi perhitungan desain awal yaitu 81%. Meskipun efisiensi hasil simulasi CFD lebih besar 6.81% dibanding efisiensi hasil perhitungan, namun hasil ini masih baik karena pada model sudu propeller *primary air fan* yang penulis buat tidak ada toleransi antara shroud dengan tip diameter pada sudu, jika toleransi dimasukkan maka efisiensi akan menurun dan semakin mendekati efisiensi perhitungan.

Selain efisiensi, berdasarkan simulasi CFD didapat pula tekanan yang dihasilkan oleh model sudu propeller *primary air fan*, sebagai berikut.

Tabel 6 Tekanan Yang Dihasilkan Model

Jenis	Tekanan (Pa)	Error (%)
Coarse	11434.8	0.138
Medium	11430.1	0.097
Fine	11422	0.026

Perhitungan error yaitu berdasarkan referensi tekanan yang dihasilkan oleh *primary air fan* berdasarkan *operating and maintenance manual* sebesar 11419 Pa.



Gambar 9 Distribusi Tekanan

Hasil analisis CFD menunjukkan bahwa model sudu propeller *primary air fan* menghasilkan tekanan 11422 Pa, tekanan tersebut sudah memenuhi kriteria dari *operating and maintenance manual* yaitu 11419 Pa.

Kesimpulan

Sudu propeller *primary air fan* berhasil dibuat berdasarkan parameter-parameter yang diketahui dari *operating and maintenance manual* menggunakan software Autodesk Inventor 2015 serta Ansys Workbench. Hasil simulasi CFD terhadap model yang sudah dibuat menunjukkan bahwa tekanan yang dihasilkan oleh model adalah 11422 Pa dengan efisiensi sebesar 86.521 %.

Untuk pengembangan penelitian ini kedepan, toleransi antara tip diameter dan shroud dapat dimasukkan ke dalam model, selain itu pemakaian profil airfoil selain C4 perlu untuk dianalisis sehingga didapat profil airfoil yang optimum untuk *primary air fan*.

Referensi

- [1] BPPT, Outlook Energi Indonesia 2015, Online, November 2015 (https://www.researchgate.net/publication/283468059_Outlook_Energi_Indonesia_2015, diakses 28 Maret 2016).
- [2] Shanghai Blower Works, Primary Air Fan, Shanghai, 2008.
- [3] Maula Nurul Khakam, Akhmad Hendriawan, Simulasi Sistem Kontrol Induced Draft (ID) Fan Sebagai Furnace Pressure Control pada Boiler di PLTU Paiton Unit 7&8, Online, January 2016 (<https://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj1yPny3eHMAhUIH6YKHb1IAXcQFggdMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.pens.ac.id%2Fuploadadta%2Fdownloadmk.php%3Fid%3D1182&usg=AFQjCNFMHCqlNgG0QwjHJ0DW1ltaVwyImg&sig2=TH7urXhITPeuujHWmuemLA>, diakses tanggal 18 Mei 2016).
- [4] R.A Wallis, Axial Flow Fans, Academic Press, New York, 1961.
- [5] Harbin Power Engineering Co.Ltd, Indonesia 1x660MW Paiton Coal Fired Thermal Power Plant - Operating and

Maintenance manual, Volume I: Design
Manual, Hanbin, 2009.