

## ANALISIS PENGARUH BENTUK *SHROUD* TERHADAP GAYA DORONG *ELECTRIC DUCTED FAN*

**Tabah Priangkoso\*, Suryadi Pamungkas, Muhammad Dzulfikar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim  
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

\*Email: [tabah@unwahas.ac.id](mailto:tabah@unwahas.ac.id)

### Abstrak

*Electric ducted fan (EDF)* memiliki kelebihan dibanding sistem propulsi konvensional seperti mesin jet untuk digunakan dalam pesawat model atau pesawat ukuran penuh. *Shroud* mempunyai peran penting dalam mengarahkan udara agar fokus masuk ke dalam pusaran *impeller*. Udara yang masuk diteruskan ke belakang melalui *duct* dengan kecepatan lebih tinggi dibanding kecepatan masuk. Hal ini menghasilkan momentum yang menimbulkan gaya dorong. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh bentuk *shroud* terhadap gaya dorong yang dihasilkan. Pengujian gaya dorong dilakukan dengan simulasi menggunakan perangkat lunak komputer untuk memperoleh bentuk *shroud* yang paling efisien yang ditunjukkan dengan gaya dorong terbesar dari berbagai bentuk *shroud*. Pemodelan dilakukan dengan mencontoh produk yang sudah tersedia yaitu *EDF FMS 90* diameter *impeller* 89,5 mm, jumlah bilah *impeller* 12, diameter *duct* 90 mm, dan motor listrik seri 328021 2100KV. Simulasi dilakukan untuk radius tip *shroud* 5 mm, 6 mm, dan 7 mm dan masing-masing divariasikan dengan diameter *shroud* 102 mm, 104 mm, 106 mm dengan kecepatan 60000 rpm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar radius dan diameter *shroud*, makin besar gaya dorong yang diperoleh. Gaya dorong terbesar dihasilkan oleh penggunaan diameter *shroud* 7 mm dan diameter 106 mm sebesar 34 N.

**Kata kunci:** *EDF*, *shroud*, radius tip, diameter, gaya dorong.

### PENDAHULUAN

*Electric ducted fan (EDF)* merupakan salah satu jenis sistem propulsi yang digunakan dalam pesawat model dan beberapa tipe pesawat ukuran penuh (*full sized*). Penggunaan *EDF* memiliki kelebihan utama yaitu ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi. Selain itu, perawatannya jauh lebih mudah dibanding mesin jet konvensional.

Konstruksi *EDF* terdiri dari motor listrik dan kipas (*impeller*). Kipas dan motor listrik berada di dalam saluran (*duct*). Konstruksi dari *EDF* dapat dilihat pada Gambar 1 (Brusell et al., 2017). Saluran berfungsi untuk meningkatkan efisiensi kipas dengan mengurangi jumlah udara yang keluar di sekitar tepi bilah *impeller*.

*Impeller* diputar oleh motor listrik pada kecepatan tinggi. Pada beberapa tipe *EDF*, putaran dapat mencapai 70000 rpm. Ketika *impeller* berputar maka akan menghasilkan tekanan negatif di depan *EDF* yang mengisap udara. Udara yang masuk ke dalam *duct* ditekan ke belakang dengan kecepatan lebih tinggi dibanding kecepatan masuk sehingga

menghasilkan momentum yang menimbulkan gaya dorong (*thrust*).



**Gambar 1. Desain tipikal EDF**

*Shroud* memiliki peran yang penting. *Shroud* berfungsi mengarahkan udara agar udara fokus masuk ke dalam pusaran yang disebabkan oleh *impeller* dan diteruskan ke belakang melalui *duct*. Sorribes-Palmer et al. (2017) menyebutkan, secara teoritis kinerja yang lebih baik dapat diperoleh jika aliran udara yang melewati *shroud* lancar dan tidak bergolak. Bentuk bibir *intake* juga

mempengaruhi besarnya kerugian aliran. Semakin besar sudut *intake* memberikan kerugian yang semakin besar pula (Seddon & Goldsmith, 1985).

Performa EDF ditunjukkan oleh berapa besar gaya dorong yang dapat diberikan. Besarnya gaya dorong yang dapat dihasilkan menjadi faktor penting dalam desain pesawat yang dituangkan dalam rasio berat pesawat dengan gaya dorong. Dengan demikian, informasi tentang besarnya gaya dorong sangat diperlukan untuk menentukan pemilihan EDF.

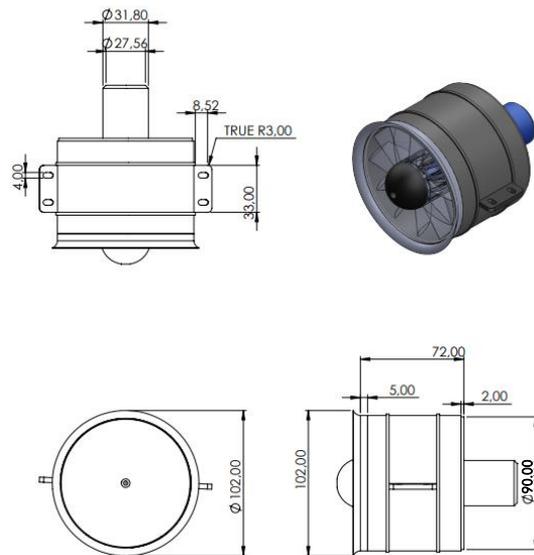
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bentuk *shroud* EDF terhadap gaya dorong. Bentuk *shroud* dibatasi pada radius tip dan diameter *shroud*. Pengujian gaya dorong dilakukan dengan simulasi menggunakan perangkat lunak komputer untuk memperoleh bentuk yang paling efisien yang ditunjukkan dengan gaya dorong terbesar dari berbagai bentuk *shroud*.

## METODE

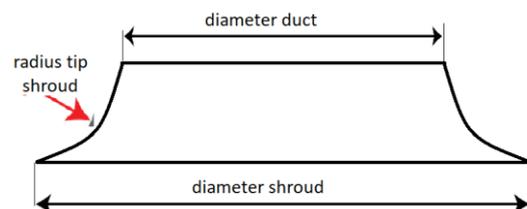
Metode penelitian diawali dengan mengukur dimensi dan bentuk EDF FMS dengan spesifikasi diameter *impeller* 89,5 mm, jumlah bilah *impeller* 12, diameter *duct* 90 mm, radius tip *shroud* 5 mm, diameter *shroud* 102 mm, dan motor listrik seri 328021 2100KV sebagai acuan model untuk disimulasi. Gambar 2 menunjukkan bentuk dan dimensi EDF FMS 90. Bentuk *shroud* diubah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap besarnya *thrust*. Perubahan bentuk dilakukan dengan mengubah dimensi radius tip dan diameter *shroud*.

Perubahan bentuk diberikan pada radius tip *shroud* dan diameter *shroud* sebagaimana didefinisikan pada Gambar 3. Simulasi dilakukan untuk variasi EDF tanpa *shroud*, radius tip 5 mm, 6 mm, dan 7 mm, serta diameter *shroud* 102 mm, 104 mm, dan 106 mm.

Pengujian gaya dorong menggunakan simulasi aliran fluida dengan bantuan perangkat lunak komputer. Dalam simulasi, *impeller* diputar pada kecepatan 60000 rpm untuk setiap pengujian dengan kondisi udara atmosfer standar. EDF berada pada kondisi statis atau tidak bergerak sehingga fluida yang bergerak mengalir melalui *shroud*, *impeller*, dan *duct* untuk menghasilkan gaya dorong.



Gambar 2. EDF FMS 90



Gambar 3 Dimensi shroud

Simulasi dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali dan gaya dorong yang tercatat dihitung rata-ratanya.

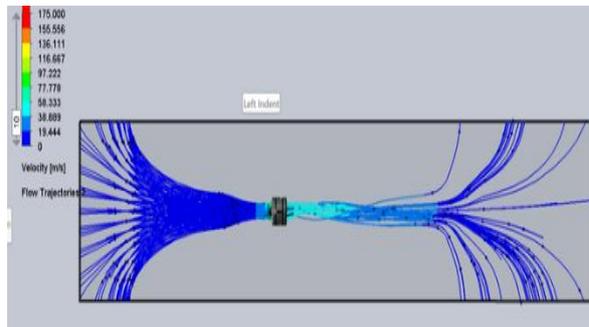
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi menunjukkan kesesuaian pola aliran fluida melalui *shroud*, *impeller*, dan *duct*. Terdapat perbedaan pola aliran udara pada EDF tanpa *shroud* pada Gambar 4(a) dan EDF menggunakan *shroud* pada Gambar 4(b).

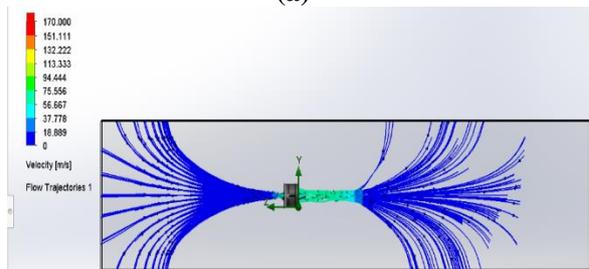
Pola aliran udara masuk pada EDF yang menggunakan *shroud* lebih terpusat dibanding EDF tanpa *shroud*. Penerapan *shroud* pada EDF memperluas penampang *intake* EDF yang akan meningkatkan jumlah udara masuk ke *duct* EDF. Di sisi lain, jumlah udara yang lebih besar akan meningkatkan gaya dorong.

Pada sisi belakang *shroud*, terdapat pusaran (*wake*) sebagai akibat putaran *impeller*. Meskipun terjadi *wake*, EDF

menghasilkan *wake* yang lebih kecil dibanding jika *impeller* terbuka tanpa *duct*. Kerapatan massa udara yang lebih besar menyebabkan kecepatan *wake* pada EDF lebih rendah (Ohanian, 2011). *Wake* yang lebih rendah juga memberikan efisiensi yang lebih baik (Cai et al., 2019).



(a)



(b)

**Gambar 4** Pola aliran udara EDF (a) tanpa *shroud*, (b) dengan *shroud*

Dengan melihat pola aliran udara keluar EDF dapat dikatakan bahwa penerapan *shroud* memberikan efek *wake* yang lebih kecil dibanding tanpa *shroud*. Dengan demikian, penerapan *shroud* meningkatkan efisiensi propulsi. Di samping itu, penggunaan *duct* di belakang *shroud* menyebabkan terjadinya peningkatan tekanan negatif di belakang *impeller* yang menyebabkan tarikan sejumlah besar massa udara (Sorribes-Palmer et al., 2017). Hal ini menyebabkan peningkatan gaya dorong pada EDF yang menggunakan *shroud*.

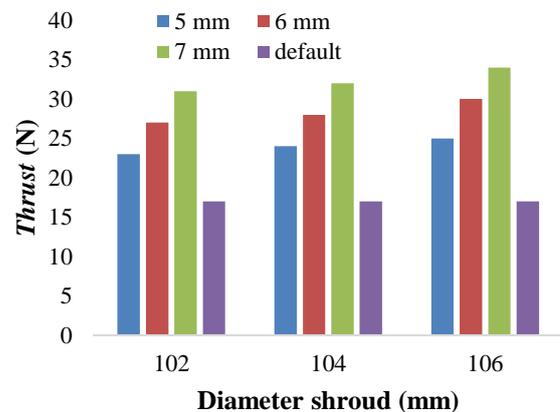
Hasil pengujian gaya dorong menunjukkan, perubahan bentuk *shroud* mempengaruhi besarnya gaya dorong yang dihasilkan oleh EDF sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 5.

Gambar 5 memperlihatkan perbandingan gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan oleh EDF tanpa *shroud* dan EDF dengan *shroud* berbagai dimensi radius tip dan diameter. Gaya dorong

yang dihasilkan oleh EDF tanpa *shroud* paling rendah dibanding EDF yang menggunakan *shroud*. Gaya dorong EDF tanpa *shroud* sebesar 17 N menjadi gaya dorong yang paling rendah. Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, penerapan *shroud* memberikan kerapatan massa yang lebih besar pada sisi *intake* sehingga memberikan momentum lebih besar di samping membuat *wake* menjadi lebih kecil. Kedua faktor ini membuat penerapan *shroud* lebih menguntungkan.

**Tabel 1** Hasil simulasi gaya dorong (N)

Radius tip	Diameter shroud (mm)		
	102	104	106
Tanpa Shroud	17	17	17
5 mm	23	24	25
6 mm	27	28	30
7 mm	31	32	34



**Gambar 5.** Perbandingan gaya dorong yang dihasilkan EDF tanpa *shroud* dan berbagai bentuk *shroud*

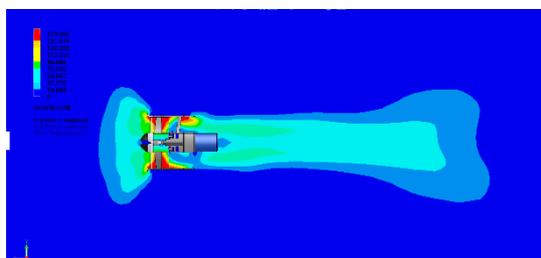
Perubahan dimensi radius tip *shroud* mempengaruhi besarnya gaya dorong yang dihasilkan EDF. Semakin besar radius tip *shroud*, semakin besar gaya dorong yang dihasilkan. Hal ini terjadi pada semua diameter *shroud*. Pada diameter *shroud* 102 mm, berturut-turut radius tip 5 mm, 6 mm, dan 7 mm menghasilkan gaya dorong 23 N, 27 N, dan 31 N. Pada diameter *shroud* 104 mm, berturut-turut radius tip 5 mm, 6 mm, dan 7 mm menghasilkan gaya dorong 24 N, 28 N, dan 32 N. Pada diameter *shroud* 106 mm, berturut-turut radius tip 5 mm, 6 mm, dan 7 mm menghasilkan gaya dorong 25 N, 30 N, dan 34 N.

28 N, dan 32 N. Pada diameter *shroud* 106 mm, berturut-turut radius tip 5 mm, 6 mm, dan 7 mm menghasilkan gaya dorong 25 N, 30 N, dan 34 N.

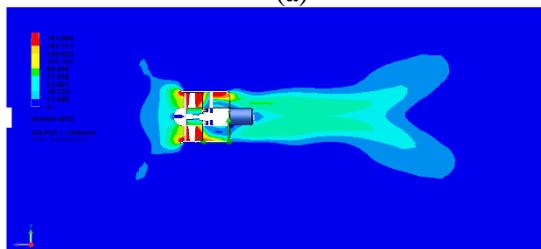
Radius tip pada saluran masuk mempengaruhi kerugian aliran fluida. Radius tip yang besar memberikan kerugian yang lebih kecil dan memperpendek jarak turbulensi. Radius tip yang lebih kecil menghasilkan sudut *intake* yang lebih besar dibandingkan radius tip yang lebih besar. Sudut *intake* yang lebih besar menyebabkan hambatan lebih besar terhadap aliran udara yang masuk (Seddon & Goldsmith, 1985).

menghasilkan gaya dorong berturut-turut sebesar 27 N, 28 N, dan 20 N. Pada radius tip *shroud* 7 mm diameter *shroud* 102 mm, 104 mm, dan 106 mm menghasilkan gaya dorong berturut-turut sebesar 31 N, 32 N, dan 34 N. Hal ini berarti terjadi peningkatan gaya dorong yang dihasilkan EDF sejalan dengan membesarnya diameter *shroud*.

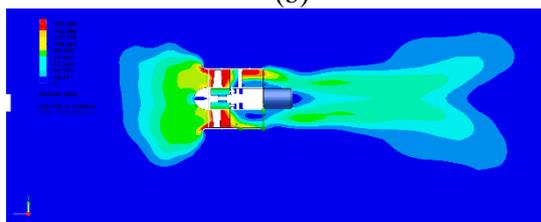
Diameter *shroud* yang besar memungkinkan “penangkapan” udara lebih besar sehingga memberikan kepadatan massa lebih besar saat memasuki *duct*. Hal ini yang menjadikan gaya dorong menjadi lebih besar jika diameter *shroud* dibesarkan.



(a)



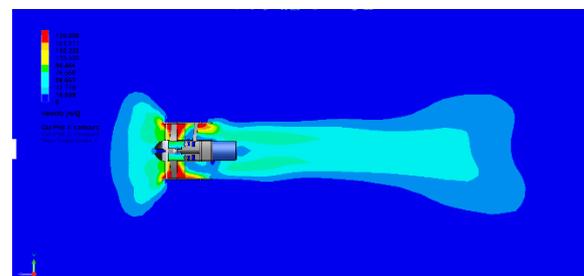
(b)



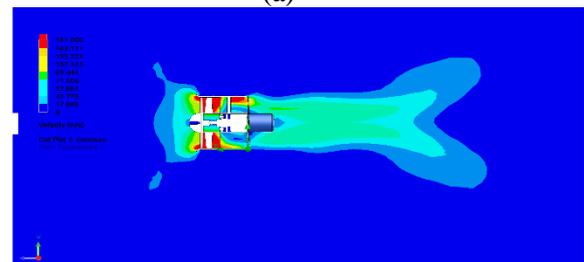
(c)

**Gambar 6. Cut plot pola kecepatan udara dengan radius tip *shroud* 5 mm dan diameter *shroud* (a) 102 mm, (b) 104 mm, dan (c) 106 mm**

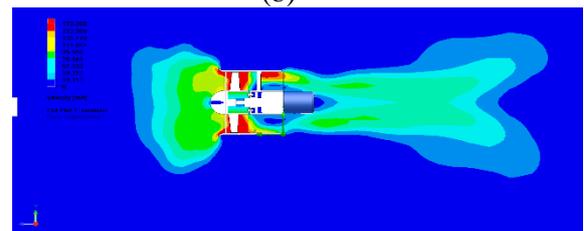
Diameter *shroud* yang makin besar juga menghasilkan gaya dorong yang lebih besar. Pada radius tip *shroud* 5 mm diameter *shroud* 102 mm, 104 mm, dan 106 mm menghasilkan gaya dorong berturut-turut sebesar 23 N, 24 N, dan 25 N. Pada radius tip *shroud* 6 mm diameter *shroud* 102 mm, 104 mm, dan 106 mm



(a)



(b)



(c)

**Gambar 7. Cut plot pola kecepatan udara dengan diameter *shroud* 102 mm dan radius tip *shroud* (a) 5 mm, (b) 6 mm, dan (c) 7 mm**

Pola kecepatan fluida pada *cut plot* hasil simulasi mengkonfirmasi pembesaran pada radius tip *shroud* maupun diameter *shroud* memberikan kepadatan lebih tinggi sehingga menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi.

Gambar 6 menunjukkan pola kecepatan fluida pada *shroud* dengan radius tip 5 mm dan diameter 102 mm, 104mm, 106 mm. Daerah berwarna biru tua merupakan udara atmosfer bebas yang diam. Warna yang lebih terang menunjukkan daerah aliran kecepatan yang lebih tinggi. Daerah di belakang *shroud*, yaitu di sebelah kanan menunjukkan pola yang berbeda pada setiap diameter.

Pola kecepatan aliran keluar dari EDF dengan *shroud* diameter 102 mm menunjukkan kecepatan yang lebih tinggi (berwarna hijau) menempati daerah yang lebih sempit dibanding *shroud* dengan diameter 104 mm dan 106 mm. EDF dengan *shroud* diameter memberikan daerah aliran kecepatan tinggi yang paling luas. Hal ini menunjukkan kepadatan massa udara yang paling besar. Pola yang sama juga terjadi pada perubahan radius tip *shroud*. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa semakin besar radius tip, semakin luas daerah kecepatan tinggi di belakang EDF.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Bentuk *shroud* pada EDF mempengaruhi gaya dorong yang dihasilkan. Semakin besar radius tip *shroud* dan semakin besar diameter *shroud* memberikan gaya dorong yang semakin besar. Radius tip dan diameter memberikan kepadatan massa udara yang lebih besar sehingga kecepatan aliran massa udara menjadi lebih besar yang menghasilkan gaya dorong lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brusell, A., Andrikopoulos, G., & Nikolakopoulos, G. (2017). Novel considerations on the negative pressure adhesion of electric ducted fans: An experimental study. *25th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)* (pp. 1404 - 1409). IEEE Publication.
- Cai, H., Ma, G., & Li, Z. (2019). Aerodynamic Characteristics of a Ducted Fan System Based on Momentum Source Method. *3rd International Conference on Fluid Mechanics and Industrial Applications*. IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/1300/1/012061

- Ohanian, I. O. (2011). *Ducted Fan Aerodynamics and Modeling, with Applications of Steady and Synthetic Jet Flow Control*. Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Priangkoso, T., Dzulfikar, M., Setiawan, J. D., & Sportyawan, C. W. (2022, Oktober). Analisis Propulsi Statik Dari Electric Ducted Fan Dengan Metode Eksperimental. *Momentum*, *18*(2), 124-127. doi:<http://dx.doi.org/10.36499/jim.v18i2.7281>
- Seddon, J., & Goldsmith, E. L. (1985). *Intake aerodynamics*. AIAA Education Series.
- Sorribes-Palmer, F., Sanz-Andres, A., Ayuso, L., Sant, R., & Franchini, S. (2017). Mixed CFD-1D wind turbine diffuser design optimization. *Renewable Energy*, vol. 105(C), pp. 386-399. doi:10.1016/j.renene.2016.12.065