STUDI NUMERIK: KOMPARASI PENGARUH RASIO PANJANG DAN DIAMETER *GUIDE VANE* TERHADAP ALIRAN UDARA *OUTLET DUCTING*

NUMERICAL STUDY: COMPARISON THE EFFECT OF RATIO LENGTH AND DIAMETER *GUIDE VANE* OF AIR FLOW ON *OUTLET DUCTING*

Fajar Anggara

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia
email: fajar.anggara1@mercubuana.ac.id

Received:

13 Oktober
2020

Accepted:

30 Desember
2020

Published:

31 Desember
2020

© 2020 SJME
Kinematika All
Rights Reserved.

Abstrak

Guide vane sangat berperan dalam pengkondisian pola aliran dan kecepatan fluida sebelum melewati sudu turbin. Dengan konfigurasi pemasangan turbin sumbu aksial sesudah kondensor ac, dibutuhkan *guide vane* yang mampu menghasilkan kecepatan tinggi pada daerah dekat dinding ducting. Untuk itu penelitian ini dilakukan untuk membandingkan pengaruh rasio dimensi panjang dan diameter menggunakan ANSYS FLUENT 17. Variasi dimensi geometri *guide vane* dibagi menjadi dua tipe, dimana masing-masing memiliki tiga variasi geometri. Tipe 1 dengan rasio dimensi panjang terdiri atas variasi A, B dan C sedangkan tipe 2 dengan rasio dimensi diameter, variasinya adalah D, E dan F. Hasil memperlihatkan bahwa variasi B dan F menghasilkan kecepatan paling tinggi di tipenya. Hal ini karena efek percepatan maksimal pada variasi B dan sudut terkecil *guide vane* akan mengurangi gaya gesek pada variasi F.

Kata Kunci: *Guide Vane*, CFD, Turbin Aksial

Abstract

Guide vane has an important role for conditioning flow pattern of fluid velocity. With the configuration of axial turbine blade, the flow pattern near wall must have the highest velocity. As such that intention, this research is conducted to compare between the effect of dimension ratio of length and diameter of *guide vane* using ANSYS FLUENT 17. The dimension ratio of *guide vane* has been divided into two types with each of types has three variations. Type 1 is ratio of length that having variation A, B and C, whilst type 2 is ratio of diameter with D, E and F variations. The result shows that variation B and F produces the highest velocity. Because the effect of acceleration on variation B is maximum so that it increases the velocity, while on variation F has the smallest angle of *guide vane* that would reduce the drag force.

Keywords: *Guide Vane*, CFD, Axial Turbine

How to cite:

Anggara, F., "Studi Numerik: Komparasi Pengaruh Rasio Panjang Dan Diameter *Guide Vane* Terhadap Aliran Udara *Outlet Ducting*". *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 5(2), 150-159, 2020.

PENDAHULUAN

Permasalahan global yang muncul akibat meningkatnya jumlah populasi manusia dan industri adalah kelangkaan sumber energi. Beberapa upaya yang sudah dilakukan oleh peneliti antara lain dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan, peningkatan efisiensi dari suatu sistem dan penyimpanan energi. Turbin angin [1], mikrohidro [2] dan turbin ombak laut [3] adalah bentuk aplikasi sumber energi terbarukan sedangkan baterai dan Thermal Energy Storage (TES) [4], [5] adalah bentuk aplikasi penyimpanan energi.

Guide vane sangat berperan penting untuk mengkondisikan pola dan kecepatan aliran angin di dalam *ducting* [6]–[8]. Pemasangan *guide vane* mampu meningkatkan efisiensi kerja turbin dan mampu mempengaruhi besarnya kecepatan keluaran angin.

Simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dilakukan untuk mengamati fenomena fisis yang terjadi pada suatu proses yang sedang diamati dimana pendekatan eksperimen sulit dijangkau atau membutuhkan biaya yang sangat mahal. Beberapa penelitian yang memanfaatkan CFD [9] dengan tujuan tersebut sudah banyak dilakukan seperti pada kajian fenomena pelelehan [10], *turbomachinery*, *multiphase* [11] dan masih banyak lagi.

Pada penelitian ini merupakan salah satu bentuk aplikasi peningkatan efisiensi energi pada suatu sistem refrigrasi dimana turbin angin aksial dipasang pada sisi *outlet* kondensor yang dihubungkan oleh *ducting*. Hal ini diharapkan ketika aliran angin dari kondensor bisa dimanfaatkan untuk memutar turbin angin tersebut untuk menghasilkan energi listrik. Dengan konfigurasi turbin aksial yang dipasang pada kondensor, aliran angin yang paling efektif untuk memutar turbin angin aksial adalah daerah yang dekat dengan dinding *ducting*. Untuk itu penelitian ini ditujukan untuk membandingkan pengaruh dimensi panjang dan diameter pada *guide vane* menggunakan ANSYS FLUENT 17 dalam bentuk 3D. Hasil dari ukuran dimensi yang dihasilkan pada simulasi ini sangat dibutuhkan untuk proses fabrikasi *guide vane*.

Model Numerik

Bentuk *governing equation* pada umumnya ada tiga yaitu persamaan konservasi massa, momentum dan energi. Namun karena persamaan energi tidak diaktifkan maka *governing equation* yang dipakai hanya dua yaitu konservasi massa dan momentum. Bentuk persamaan tersebut bisa dilihat sebagai berikut.

Bentuk *mass governing equation* dengan asumsi steady state [12]:

$$\left(\frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} \right) = 0 \quad (1)$$

Asumsi bahwa panas yang keluar dari kondensor tidak mempengaruhi pola aliran udara pada *ducting* saat melewati *guide vane* sehingga untuk persamaan energi tidak diaktifkan pada simulasi ini. Bentuk turbulensi yang digunakan adalah $k - \epsilon$ dan fungsi aliran pada dinding adalah *enhanced wall treatment*.

Bentuk *momentum governing equation* dengan asumsi steady state [13]:

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial (-p + \tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + S_{My} \quad (2)$$

$$\rho \frac{Du}{Dt} = \frac{\partial (-p + \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + S_{Mx} \quad (3)$$

$$\rho \frac{Dw}{Dt} = \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial (-p + \tau_{yy})}{\partial z} + S_{Mz} \quad (4)$$

Pada dasarnya CFD mengubah persamaan *governing equation* (persamaan masa, momentum dan energi) dari bentuk turunan diferensial parsial menjadi bentuk persamaan polinomial. Metode diskritisasi yang umum digunakan pada CFD antara lain sebagai berikut:

- a. FDM (*finite difference method*)
- b. FEM (*finite element method*)
- c. FVM (*finite volume method*)

Metode diskritisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah FVM dalam bentuk program *software* [12]. Karena asumsi yang digunakan bahwa simulasi ini tidak melihat fenomena transfer energi maka *energy transport* di nonaktifkan.

Air Ducting

Air ducting adalah sebuah komponen yang digunakan untuk mengalirkan udara dari satu tempat ke tempat lain. Seperti pada Gambar 1 komponen ini akan dibuat menggunakan *plate* besi berukuran 1 mm, dan didesain sedemikian rupa untuk untuk menghalangi pengaruh kecepatan udara dari luar. Sehingga aliran angin yang dihembuskan oleh kondensor terhadap baling-baling generator bisa lebih dipusatkan.

Gambar 1. *Air Ducting*

Bahan material yang digunakan *air ducting* adalah *plate* besi yang memiliki nilai konduktivitas panas yang cukup tinggi sehingga panas udara dari kondensor bisa langsung dibuang ke lingkungan. Fenomena transfer panas yang terjadi tidak mempengaruhi pola aliran udara didalam *ducting* dan panas tersebut diasumsikan langsung dibuang ke lingkungan. Sehingga asumsi transfer energi pada simulasi ini diabaikan.

Jenis Dan Karakteristik Aliran

Karakteristik aliran fluida pada aliran dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu laminar, transisi dan turbulen [14]. Profil aliran fluida yang melalui pipa dipengaruhi oleh gaya momentum, viskositas dan gaya gesek fluida. Pembagian jenis aliran fluida secara umum dapat dikategorikan dengan memperhitungkan bilangan reynold.

1. Aliran Laminar

Pada Gambar 2 adalah aliran laminar dimana pengaruh viskositas cukup besar sehingga aliran bergerak dalam lapisan yang terlihat jelas. Khusus aliran pada pipa

kecepatan paling besar berada pada bagian tengah pipa [14]. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldsnnya kurang dari 2300 ($Re < 2300$) [14].

Gambar 2. Visualisasi Aliran Laminar [14]

2. Aliran Transisi

Gambar 3 adalah aliran transisi dimana aliran tersebut merupakan peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Nilai bilangan Reynoldsnnya antara 2300 - 4000 ($2300 < Re < 4000$) [14].

Gambar 3. Visualisasi Aliran Transisi [14]

3. Aliran Turbulen

Gambar 4 merupakan aliran turbulen dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak beraturan karena mengalami putaran partikel antar lapisan, sehingga mengakibatkan pencampuran antar lapisan yang baik. Putaran partikel ini sangat dipengaruhi oleh bilangan Reynolds [14]. Dimana nilai bilangan Reynoldsnya lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$) [14].

Gambar 4. Visualisasi Aliran Turbulen [14]

METODE PENELITIAN

Pada sesi ini menjelaskan tentang tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan dan bisa dilihat selengkapnya pada Gambar 5. Pada Gambar 5 proses tahapan dimulai dengan membuat domain geometri fluida kemudian dilanjutkan dengan pembuatan mesh dimana domain geometri dipotong dalam bentuk volume-volume kecil sesuai dengan konsep finite volume. Tahapan selanjutnya adalah melakukan konfigurasi simulasi ANSYS FLUENT 17 dimana konfigurasi boundary condition dan solution discretization ditentukan berdasarkan asumsi untuk menyelesaikan governing equation. Setelah dilakukan running tahap result bisa ditampilkan untuk melihat kontur dan grafik kecepatan aliran angin pada *outlet ducting*.

Pembuatan geometri pada penelitian ini terdapat 6 geometri yang disesuaikan dengan pembagian tipe 1 dan tipe 2. Dimana tipe 1 adalah variasi rasio dimensi panjang dan tipe 2 adalah variasi rasio diameter inlet guide vane. Pada masing-masing tipe dilakukan 3 variasi rasio, untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 1. Gambar 6 menjelaskan bagaimana bentuk domain geometri dan setup pemasangan inlet guide vane. Rasio tipe 1 adalah P_1/P_2 sedangkan tipe 2 adalah D_1/D_2 . Tabel 1 menjelaskan nilai rasio dimensi untuk masing-masing tipe 1 dan 2.

Pada tahapan pembuatan *mesh*, bentuk domain geometri dipotong kecil-kecil sesuai dengan kaedah finite volume. Untuk software ANSYS FLUENT 17 menggunakan konsep diskretisasi finite volume dan bisa dilihat lebih jelas pada Gambar 7. Pada Gambar 7 terlihat bahwa bentuk *mesh* yang digunakan adalah *tetrahedrons* dan sudah dilakukan *setting* pada ANSYS 17.

Tabel 1. Daftar variasi pada masing-masing tipe

Tipe	Besar Rasio Pada Variasi	Pembilang (mm)	Penyebut (mm)
1(P_1/P_2)	(A) 0.25	100	400
	(B) 0.5	200	400
	(C) 0.75	300	400
	(D) 1	140	140
	(E) 0.5	140	280
2(D_1/D_2)	(F) 0.4	140	350

Pada tipe 1 variasi yang diubah adalah perbandingan panjang P_1 dengan P_2 . Perbandingan P_1 dengan P_2 secara tidak langsung mengakibatkan perubahan sudut kemiringan *guide vane*, dimana rasio A memiliki sudut kemiringan paling besar di tipe 1. Variasi pada tipe 1 ditujukan untuk melihat pengaruh efek panjang lintasan (P_2-P_1) terhadap kecepatan aliran setelah melewati *guide vane*. Pada tipe 2 variasi yang diubah adalah perbandingan diameter D_1 dengan D_2 . Hal ini ditujukan untuk melihat langsung pengaruh sudut kemiringan *guide vane*.

Meshing pada daerah dinding sudah dibuat rapat agar menghasilkan tingkat keakurasian yang baik. Pendefinisian *boundary condition* pada *mesh* disesuaikan dengan Gambar 2 yaitu sisi dinding kanan adalah inlet sedangkan sisi kiri adalah *outlet*. Sudut *guide vane* diambil antara sisi miringnya dengan garis imajiner mendatar. Nilai *boundary condition* pada simulasi ini bisa dilihat pada Tabel 2.

Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Gambar 6. Domain Geometri

Gambar 7. Bentuk Mesh

Tabel 2. Nilai *boundary condition* pada simulasi

No	Kondisi Batas	Keterangan
1	Type	<i>velocity- inlet</i>
	Inlet	4 m/s
2	Type	<i>pressure-outlet</i>
	outlet	0 pa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 8 menunjukkan kontur kecepatan yang dihasilkan pada salah satu variasi *inlet guide vane*. Mula-mula angin masuk dengan kecepatan 4 m/s, namun setelah melewati daerah penyempitan di Gambar 8 (garis merah) kecepatan angin pada *ducting* semakin cepat. Hal ini disebabkan karena hukum kekekalan massa dimana efek penyempitan luas permukaan menyebabkan peningkatan kecepatan sebagai timbal balik menyamakan *mass flowrate* udara pada daerah tersebut. Daerah kecepatan yang terbentuk inilah yang diinginkan untuk memutar turbin aksial pada *outlet ducting*.

Gambar 8. a) Kontur Kecepatan Angin Variasi A Tipe 1 b) Kontur Kecepatan Angin Variasi D Tipe 2

Pada Gambar 9 dan Gambar 10 adalah profil kecepatan aliran dimana sumbu y adalah posisi diameter dengan 0 sebagai pusat dari diameter *ducting* sedangkan sumbu x merupakan kecepatan udara pada simulasi. Posisi pengambilan data diambil pada sisi *outlet ducting*. Terlihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 terjadinya penurunan kecepatan *outlet* angin pada semua variasi di tipe 1 dan 2, pada posisi dekat dengan pusat diameter *ducting*. Hal ini karena pada daerah tersebut, aliran angin dihalangi oleh *guide vane*.

Pada Gambar 9 terlihat bahwa variasi A menghasilkan kecepatan lebih rendah dibandingkan variasi B pada posisi dekat dengan dinding. Hal ini disebabkan karena sudut *guide vane* variasi A lebih besar dibandingkan B sehingga pengaruh *drag* lebih besar. Sudut kemiringan *guide vane* yang semakin besar menjadi hambatan bagi aliran udara yang masuk sehingga menyebabkan kecepatan aliran pada *outlet* lebih kecil. Sudut *guide vane* variasi B lebih besar dibanding variasi C, namun kecepatan *outlet* udara pada variasi B lebih besar dibandingkan dengan variasi C. Hal ini disebabkan karena jarak daerah penyempitan terhadap *outlet ducting* (P2-P1) pada variasi B lebih panjang dibandingkan variasi C. Sehingga pengaruh percepatan terhadap kecepatan *outlet* variasi B lebih besar dibandingkan variasi C.

Gambar 9. Grafik Kecepatan Angin Di Sisi *Outlet* Tipe 1

Pada Gambar 10 menggambarkan pola aliran angin pada sisi *outlet* untuk tipe 2. Terlihat bahwa kecepatan angin pada *ducting* berbanding terbalik dengan sudut *guide vane*. Dimana semakin besar sudut *guide vane* maka semakin besar pengaruh *drag* terhadap aliran udara sehingga mengakibatkan kecepatan *outlet ducting* semakin kecil.

Namun jika dibandingkan antara tipe 1 dengan tipe 2, bahwa kecepatan pada tipe 1 lebih besar.

Gambar 10. Grafik Kecepatan Angin Di Sisi *Outlet* Tipe 2

KESIMPULAN

Pola aliran yang dihasilkan oleh *guide vane* memberikan kecenderungan yang sama dimana kecepatan yang dekat dengan dinding *ducting* pada sisi *outlet* semakin besar. Tentunya pola aliran seperti ini yang dibutuhkan, agar semua aliran angin langsung menabrak sudu turbin aksial.

Pengaruh *drag* semakin besar ketika sudut *guide vane* semakin besar sehingga menyebabkan kecepatan udara pada *outlet ducting* semakin kecil. Hal ini sangat terlihat pada pola aliran yang disajikan dalam grafik pada tipe 2.

Pada tipe 1 juga memberikan pengaruh dimensi rasio panjang *guide vane* terhadap kecepatan angin pada *outlet ducting*. Variasi B tipe 1 menjelaskan bahwa kecepatan *outlet* tidak hanya dipengaruhi oleh *drag* saja, namun ada pengaruh lain yaitu percepatan. Dimana efek percepatan berbanding lurus dengan jarak P2-P1. Dari hasil simulasi rasio terbaik pada masing-masing tipe yaitu variasi B tipe 1 dan variasi F tipe 2 yang akan digunakan untuk fabrikasi *guide vane*.

REFERENSI

- [1] A. Annuk *et al.*, "Increasing self electricity consumption by using double water heating tanks for residential net zeroenergy buildings," *2017 6th Int. Conf. Renew. Energy Res. Appl. ICRERA 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 106–110, 2017, doi: 10.1109/ICRERA.2017.8191249.
- [2] K. V. Alexander, E. P. Giddens, and A. M. Fuller, "Axial-flow turbines for low head microhydro systems," *Renew. Energy*, vol. 34, no. 1, pp. 35–47, 2009, doi: 10.1016/j.renene.2008.03.017.
- [3] R. Alonso, M. Jackson, P. Santoro, M. Fossati, S. Solari, and L. Teixeira, "Wave and tidal energy resource assessment in Uruguayan shelf seas," *Renew. Energy*, vol. 114, pp. 18–31, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2017.03.074.
- [4] P. R. Ansyah, J. Waluyo, Suhanan, M. Najib, and F. Anggara, "Thermal behavior of melting paraffin wax process in cylindrical capsule by experimental study," vol. 020008, p. 020008, 2018, doi: 10.1063/1.5049968.
- [5] F. Anggara, H. Carles, P.R. Ansyah, "Studi Numerik: Pengaruh Debit Inlet Terhadap Karakteristik Pelelehan Paraffin Wax Pada Tabung Silinder," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [6] S. Chitrakar, H. P. Neopane, and O. G. Dahlhaug, "Development of a test rig for investigating the flow field around guide vanes of Francis turbines," *Flow Meas. Instrum.*,

- vol. 70, p. 101648, 2019, doi: 10.1016/j.flowmeasinst.2019.101648.
- [7] X. Wang *et al.*, “Grey relational analysis and optimization of guide vane for reactor coolant pump in the coasting transient process,” *Ann. Nucl. Energy*, vol. 133, pp. 431–440, 2019, doi: 10.1016/j.anucene.2019.05.015.
 - [8] R.A Ratu, F.Anggara, “Investigasi Analisis Numerik Pada Pengaruh Perbandingan Diameter Inlet Dan Outlet Guide Vane Terhadap Velocity Profile,” *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.20527/sjmekinematika.v5i1.98.
 - [9] A. Aryadillah and A. Mursadin, “Analisis Perbandingan Kinerja Sistem Distribusi Panas Pada Variasi Ruang Mesin Pengering Ikan,” *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 1, no. 1, pp. 27–36, 2016, doi: 10.20527/sjmekinematika.v1i1.25.
 - [10] F. Anggara *et al.*, “Simulation and validation of PCM melting in concentric double pipe heat exchanger,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2001, 2018, doi: 10.1063/1.5049967.
 - [11] Y. ting LIU, T. zu YANG, Z. CHEN, Z. yu ZHU, L. ZHANG, and Q. HUANG, “Experiment and numerical simulation of two-phase flow in oxygen enriched side-blown furnace,” *Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Ed.)*, vol. 30, no. 1, pp. 249–258, 2020, doi: 10.1016/S1003-6326(19)65196-4.
 - [12] ANSYS, “ANSYS Fluent Theory Guide--Release 17.0,” *Comput. Commun.*, vol. 15317, no. January, pp. 724–746, 2016, doi: 10.1016/0140-3664(87)90311-2.
 - [13] ANSYS Inc. (US), “Ansys Users’ Guide,” *Aging (Albany. NY.)*, vol. 7, no. 11, pp. 956–963, 2015, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
 - [14] E.J. Shaughnessy, I. M. Katz, J.P. Schaffer, 2013, *Introduction To Fluid Mechanics* :MIT Press