

DENGAN ANALISA NUMERIK TERHADAP POLA ALIRAN DAN KECEPATAN KELUARAN *OUTLET DUCTING*

Fajar Anggara¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: fajar.anggara@mercubuana.ac.id

Abstrak-- Pada penelitian ini, aliran udara dari kondensor pendingin ruangan dimanfaatkan untuk memutar turbin melalui *ducting*. Pemasangan *guide vane* didalam *ducting* digunakan untuk mengarahkan aliran udara agar terpusat ke arah sudu turbin. Investigasi numerik dilakukan untuk menentukan rasio dimensi panjang yang terbaik antara *guide vane* dan *ducting* dengan ANSYS FLUENT 17. Dengan membandingkan 3 variasi yaitu A, B dan C bahwa variasi B menghasilkan kecepatan 9.2-9.4 m/s pada outlet *ducting*. Hal ini disebabkan karena sudut *guide vane* B lebih kecil dibandingkan A dan jarak untuk meningkatkan kecepatan lebih panjang dibandingkan jarak *guide vane* C.

Kata kunci: Numerik, CFD, *ducting*, dimensi rasio, turbin

Abstract—It In this research, air flowing from condenser of cold room has been used to turning turbine through *ducting*. In term of installation the *guide vane* in the *ducting*, air flowing is directed to turbine blade. This investigation using ANSYS FLUENT 17 to determine the dimension ratio of length between *guide vane* and *ducting*. By comparing three variations A, B and C that the best ratio is B by producing 9.2-9.4 m/s at the outlet of *ducting*. This is due to the degree of the *guide vane* B is smaller than A and the distance to increase velocity is longer than *guide vane* C.

Keywords: Numeric, CFD, *ducting*, ratio dimension, turbine

1. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi aplikatif pada bidang energi terbarukan menjadi solusi bagi manusia untuk melanjutkan kehidupan yang masih sangat tergantung dengan sumber energi fosil. Beberapa contoh aplikasi pengembangan di bidang energi terbarukan antara lain penyimpanan energi termal dengan *paraffin wax* [1], aplikasi termoakustik [2], pemanfaatan turbin angin [3], dan penggunaan *photovoltage* [4], [5].

Pentingnya pemasangan *inlet guide vane* pada aplikasi *turbomachinery* adalah untuk mengarahkan/memusatkan aliran pada fluida kerja untuk menabrak sudu turbin. Parameter *inlet guide vane*, seperti sudut tabrak inlet dan outlet *guide vane*, ketebalan sudu turbin sangat mempengaruhi *head* pada pompa [6]. Optimasi performa turbin francise juga dilakukan dengan menambahkan jumlah *guide vane*. Jumlah *guide vane* mempengaruhi performa dari *turbine francise* [7].

Simulasi numerik atau *computational fluid dynamics* (CFD) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mempelajari fenomena aliran secara numerik [8]. Penggunaan simulasi numerik sudah banyak digunakan dikarenakan mampu mengurangi biaya penelitian dan sudah digunakan untuk mengamati beberapa fenomena seperti fenomena pelelehan [9], aliran pada nozzle [10], spray drying [11] dan lain-lain.

Dengan melihat pentingnya desain *inlet guide vane* maka penelitian ini dilakukan untuk melihat

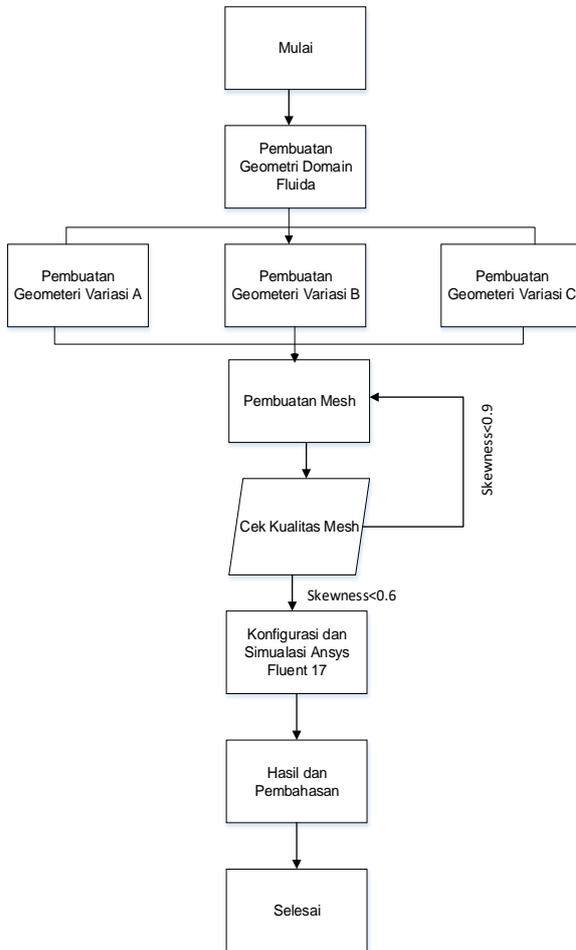
rasio dimensi panjang *inlet guide vane* dengan *ducting* terhadap pola aliran dan kecepatan keluaran outlet *ducting* yang dibantu dengan analisa numerik menggunakan CFD ANSYS 17 dalam bentuk tiga dimensi.

2. METODE PENELITIAN

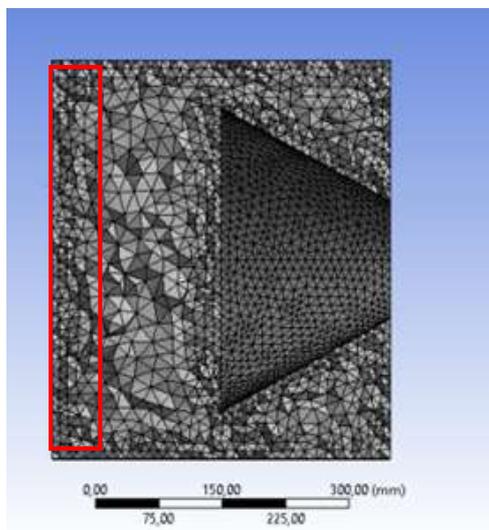
Pada bagian ini menjelaskan mengenai tahapan penelitian yang dilakukan pada simulasi numerik menggunakan ANSYS FLUENT 17 dan lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 1. Tahapan pertama adalah menggambar geometri 3D menggunakan *software* CAD. Geometri yang digambar adalah geometri *domain* yang dilalui oleh fluida. Sehingga daerah yang dilalui oleh fluida menjadi sebuah volume *solid* sedangkan daerah yang menjadi halangan atau yang tidak dilalui fluida menjadi daerah volume kosong. Ukuran dari geometri *inlet guide vane* tersebut divariasikan dengan variasi A,B dan C.

Setelah menggambar geometri, tahapan yang dilakukan berikutnya adalah membuat *meshing*. *Meshing* yang dibuat dalam bentuk *tetrahedral* dengan batas nilai maksimum *skewness* dibawah 0.9 dan bentuk *mesh* bisa dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2 memperlihatkan bentuk *mesh* lebih rapat dibagian dinding sedangkan area dibelakang *ducting* dibuat lebih longgar. Hal ini dikarenakan bahwa area tersebut adalah bukan area kritis yang ingin diamati. Tingkat kerapatan pada dinding bertujuan untuk meningkatkan hasil ketelitian pada simulasi. Area yang ingin diamati

berada pada daerah keluaran *ducting* yang dikotaki warna merah sehingga lebih rapat. Setelah membuat *mesh*, tahapan selanjutnya adalah melakukan konfigurasi FLUENT yang akan dijelaskan pada bagian model simulasi.



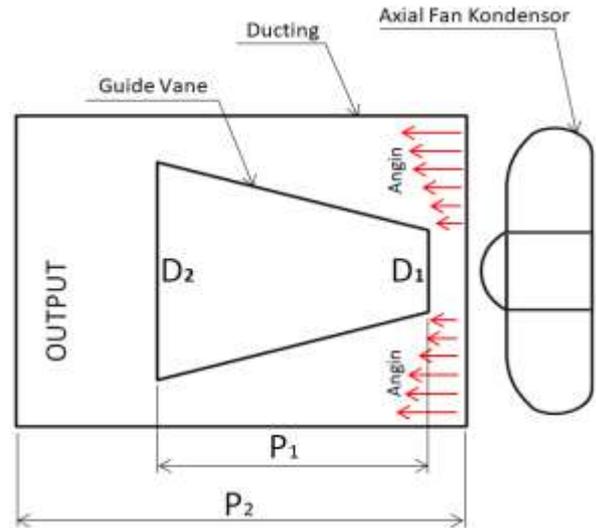
Gambar 1. Skema penelitian



Gambar 2. Bentuk *mesh* pada area *ducting*

2.1 Geometri

Geometri yang dibuat dalam bentuk 3D menggunakan *solidworks*, yang disesuaikan dengan desain variasi rasio dimensi panjang *ducting* dengan *guide vane*. Bentuk setup geometri bisa dilihat pada Gambar 3. Variasi rasio dimensi panjang *inlet guide vane* dengan *ducting* diwakili dengan perbandingan P1:P2 dimana panjang *ducting* dibuat konstan.



Gambar 3. Bentuk *set-up* geometri

2.2 Variasi rasio dimensi panjang

Variasi rasio panjang *ducting* dengan *inlet guide vane* dapat ditabelkan pada Tabel 1. Keterbatasan nilai variasi rasio dikarenakan dengan kesesuaian tampilan, kemudahan pemasangan alat dan ukuran diameter dari kondenser pendingin ruangan.

Tabel 1. Variasi rasio

$\left(\frac{P1}{P2}\right)$	P1(mm)	P2 (mm)
A $\left(\frac{1}{4}\right)$	100	400
B $\left(\frac{1}{2}\right)$	200	400
C $\left(\frac{3}{4}\right)$	300	400

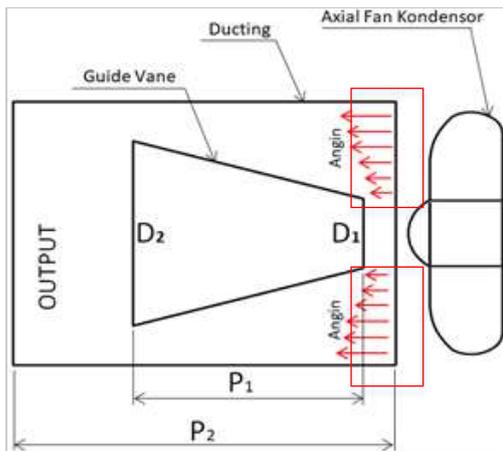
3. MODEL SIMULASI

Bentuk pemodelan simulasi numerik menggunakan persamaan *governing equation*. Persamaan *governing equation* merupakan persamaan hukum kekekalan yang ditulis dalam bentuk diferensial. Bentuk persamaannya antara lain persamaan kekekalan massa, energi dan momentum.

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

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \frac{-\partial p}{\partial t} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + \rho f \tag{2}$$

Pers 1, Pers 2 merupakan persamaan kekelan massa, momentum berturut-turut. Pada konfigurasi FLUENT digunakan beberapa asumsi yang memudahkan pengamatan pada simulasi. asumsi yang digunakan pada simulasi numerik ini adalah dalam keadaan *steady state*. Kecepatan inlet dari kondensor dianggap relatif konstan. Hal ini disebabkan karena ukuran diameter dari baling-baling kondensor cukup kecil dan setelah dilakukan pengambilan data ke lapangan bahwa perbedaan kecepatan pada daerah yang paling efisien menggerakkan turbin dari baling-baling kondensor relatif sama. Daerah yang paling efektif menggerakkan turbin ditunjukkan pada daerah yang dikotaki merah di Gambar 4.

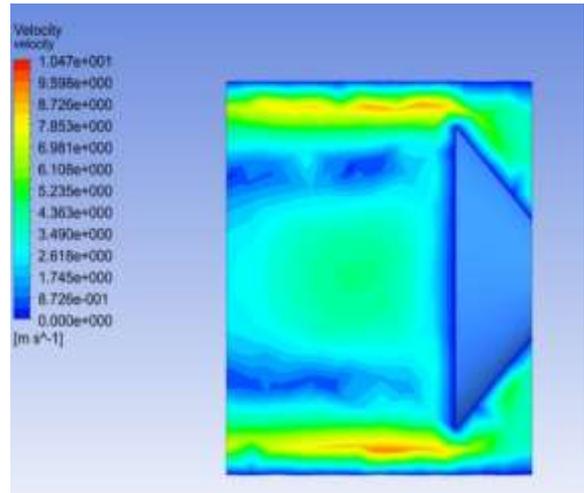


Gambar 4. Daerah efektif untuk memutar turbin

Asumsi lain yang digunakan adalah bahwa tidak ada perpindahan kalor dari *ducting* ke lingkungan. Penggunaan *solution method* adalah *pressure based*. Pemodelan turbulensi menggunakan *k-ε* model. *Boundary condition* kecepatan aliran pada *inlet ducting* adalah 4 m/s. fluida yang mengalir adalah udara.

4. PEMBAHASAN

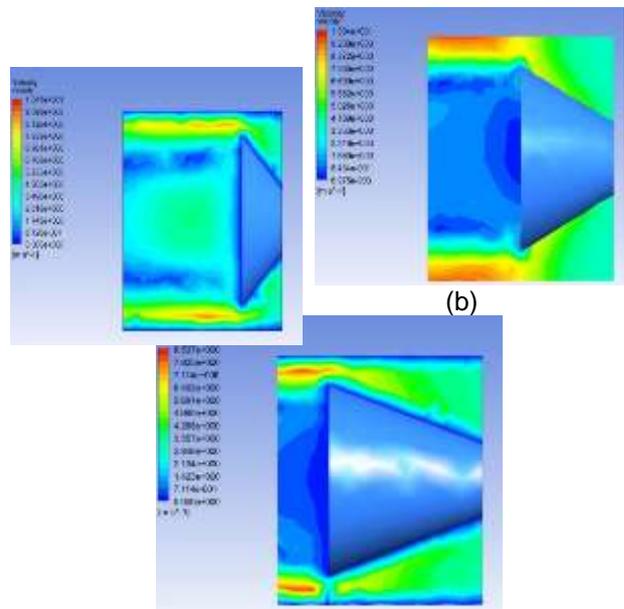
Hasil simulasi yang dihasilkan dapat dilihat berupa kontur dan grafik. Penjelasan mengenai kontur kecepatan axial dapat dilihat pada Gambar 5 di mana kontur kecepatan pada daerah inlet memiliki kecepatan rendah.



Gambar 5. Kontur kecepatan pada sumbu axial

Seiring dengan pelebaran luas penampang pada *inlet guide vane* menyebabkan penyempitan luasan penampang aliran udara untuk mengalir. Terjadinya peningkatan kecepatan aliran udara pada daerah tersebut disebabkan oleh hukum kekelan massa.

Daerah di belakang *inlet guide vane* merupakan daerah berkecepatan rendah. Hal ini terjadi karena daerah tersebut adalah daerah yang dihalangi oleh *inlet guide vane*.

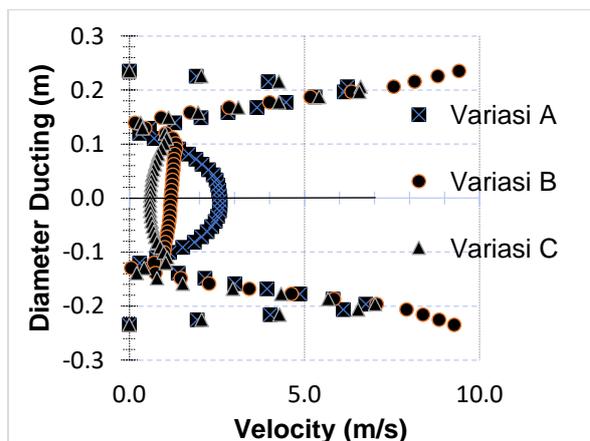


Gambar 6. Perbandingan kontur kecepatan variasi (a) A, (b) B dan (c) C.

Tujuan dipasang nya *inlet guide vane* adalah memusatkan dan mempercepat aliran udara pada daerah dekat dinding outlet *ducting*. Sehingga aliran udara dapat langsung menabrak sudu turbin.

Dari Gambar 6 terlihat pengaruh variasi *inlet guide vane* terhadap kontur kecepatan. Dimana

variasi B menghasilkan kecepatan paling tinggi sebesar 9.4 m/s.



Gambar 7. Grafik bentuk profil kecepatan aliran pada outlet *ducting*

Terlihat pada Gambar 7 menjelaskan bagaimana bentuk profil kecepatan pada sisi outlet *ducting*. Hubungan kecepatan aliran dengan panjang diameter berbanding lurus. Hal ini terlihat pada diameter yang semakin besar terjadi peningkatan kecepatan. Namun kondisi *no-slip* mengakibatkan kecepatan aliran pada dinding *ducting* adalah 0.

Perbandingan kecepatan variasi A dengan B terlihat pada Gambar 7, bahwa pada diameter 0.2 dan -0.2 m kecepatan variasi B lebih cepat dibandingkan variasi A. Hal ini disebabkan karena sudut yang dimiliki *inlet guide vane* A lebih besar, sehingga mengakibatkan efek perlambatan aliran udara lebih besar dibandingkan variasi B.

Namun pengaruh dari sudut *inlet guide vane* bukan menjadi faktor utama terhadap kecepatan. Hal ini terlihat pada perbandingan kecepatan variasi B dengan C. Dimana sudut *inlet guide vane* C lebih kecil dibandingkan dengan B. Terlihat pada Gambar 7 pada daerah yang sama yaitu di 0.2 dan -0.2 m bahwa variasi B memiliki kecepatan tinggi dibandingkan variasi C. Hal ini dikarenakan pengaruh percepatan dan panjang lintasan. Dimana efek percepatan membuat kecepatan aliran semakin cepat jika terdapat lintasan yang cukup.

5. KESIMPULAN

Inlet guide vane memberikan pengaruh pola aliran yang sesuai dengan kriteria desain turbin pada outlet *ducting*. Dimana kecepatan aliran semakin besar pada daerah yang mendekati dinding outlet *ducting*. Pengaruh sudut *inlet guide vane* bukan menjadi faktor utama untuk meningkatkan kecepatan aliran pada daerah yang dekat dinding. Namun terdapat faktor panjang lintasan dan efek percepatan yang turut serta memberikan pengaruh peningkatan kecepatan. Bahwa ditemukan rasio panjang 1:2

pada *inlet guide vane* dengan *ducting* memberikan kecepatan outlet yang paling cepat pada konfigurasi dan bentuk inlet *guide vane* tersebut. yang dibantu dengan analisa numerik menggunakan CFD ANSYS 17 dalam bentuk tiga dimensi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] R. A. Anugrah, A. Widyapraga, I. M. Miasa, J. Waluyo, Sugiyanto, and S. Kamal, "Experimental study on performance of standing-wave thermoacoustic engine at different tilted angles and resonator length," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2001, no. August, 2018.
- [3] A. M. Rasham and J. M. Mahdi, "Performance of wind turbines at three sites in Iraq," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 8, no. 3, pp. 1327–1338, 2018.
- [4] 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.
- [5] I. Keskin and G. Soykan, "Reduction of peak power consumption by using photovoltaic panels in Turkey," *2017 6th Int. Conf. Renew. Energy Res. Appl. ICRERA 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 886–890, 2017.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] C. T. Shaw, "Using computational fluid dynamics," *Book*, vol. 22, no. 3, p. 323, 1992.
- [9] F. Anggara *et al.*, "Simulation and validation of PCM melting in concentric double pipe heat exchanger," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2001, 2018.
- [10] B. Y. Prawira and C. Soekardi, "Analisis Aliran Uap Pada Nozzle Tip Sampling Probe Pltp Menggunakan Computational Fluid Dynamics," *Sinergi*, vol. 21, no. 3, p. 213, 2017.
- [11] T. A. G. Langrish and D. F. Fletcher, "Spray drying of food ingredients and

applications of CFD in spray drying,”
Chem. Eng. Process., vol. 40, no. 4, pp.
345–354, 2001.