

STUDI EKSPERIMENTAL *WIND TUNNEL* TIPE *SUBSONIC* RANGKAIAN TERBUKA DENGAN VARIASI BENTUK *HONEYCOMB*

Andy Azis^{a,1}, Alchalil^{1*}, Adi Setiawan¹, Nurul Islami²

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh

²Program Studi Teknik Material, Universitas Malikussaleh

*Corresponding Email: andyazis1122@gmail.com, *alchalil@unimal.ac.id

ABSTRACT - Honeycomb is applied to the Open Series Subsonic Wind Tunnel which aims to obtain a unidirectional fluid flow shape with uniform (laminar) and stable fluid flow velocities. Honeycomb testing was carried out experimentally at a flow velocity of 3 m / s without honeycomb using a variety of shapes: hexagonal, square, and circular. Each honeycomb shaped to 8mm diameter. The results of the analysis on honeycomb testing with variations in shape obtained the value of turbulence intensity that occurs in the test section, namely for hexagonal shape variations the flow that occurs is better than circular shape, while in circular shape variations the value of turbulence intensity is better than square shape. The results of the Reynold's number calculation show that the flow that occurs is laminar with the following values, in the hexagonal shape variation the value is 787, circular shape 956.48, and square shape 1199.42. After calculating the turbulence intensity and Reynold's number, we can conclude that honeycomb with hexagonal shape variation is optimal than circular shape, and circular is optimal than square.

ABSTRAK - Honeycomb diaplikasikan pada Wind Tunnel Subsonic Rangkaian Terbuka yang bertujuan untuk mendapatkan bentuk aliran fluida yang searah dengan kecepatan aliran fluida yang seragam (laminar) dan stabil. Pengujian honeycomb dilaksanakan secara eksperimental pada kecepatan aliran 3 m/s tanpa honeycomb dengan variasi bentuk yaitu hexagonal, square, dan circular, masing-masing bentuk honeycomb dengan diameter 8 mm. Hasil analisis pada pengujian honeycomb dengan variasi bentuk didapatkan nilai intensitas turbulensi yang terjadi pada test section yaitu untuk variasi bentuk hexagonal aliran yang terjadi lebih baik daripada bentuk circular, sedangkan pada variasi bentuk circular nilai intensitas turbulensinya lebih baik daripada bentuk square. Hasil Perhitungan bilangan Reynold menunjukkan bahwa aliran yang terjadi adalah laminar dengan nilai sebagai berikut, pada variasi bentuk hexagonal nilainya sebesar 787, bentuk circular 956,48, dan bentuk Square 1199,42. Setelah melakukan perhitungan intensitas turbulensi dan bilangan Reynold dapat kita simpulkan bahwa honeycomb dengan variasi bentuk hexagonal optimal daripada bentuk circular, dan circular optimal daripada square

Keywords: Wind Tunnel, Honeycomb, Turbulance Intensity

1 PENDAHULUAN

Aerodinamika salah satu cabang dari ilmu mekanika fluida yang mempelajari interaksi aliran fluida dengan benda-benda padat yang bergerak secara relatif di dalam aliran tersebut (Azhar, 2015). Salah satu cara dalam melakukan penelitian mengenai aerodinamika adalah mengujikan benda kerja ke dalam wind tunnel

(Sulisetyono, 2012). Wind tunnel terowongan angin adalah alat yang digunakan untuk pengujian aerodinamika terhadap satu model, seperti pesawat atau mobil. Biasanya digunakan untuk mensimulasikan kondisi aliran udara terhadap suatu benda uji. Salah satu syarat wind tunnel layak digunakan untuk melakukan pengujian adalah aliran wind tunnel harus seragam linier. Untuk mengetahui apakah distribusi aliran dalam wind tunnel

seragam atau tidak, maka diperlukan pengujian kecepatan aliran. (Handayani, 2015) Hasil pengujian model pada terowongan angin sangat dipengaruhi oleh kualitas aliran yang dihasilkan. Kualitas aliran pada terowongan angin ditunjukkan oleh keseragaman aliran dan intensitas turbulensi (Handayani, 2014).

Turbulensi adalah gerakan partikel yang sangat tidak teratur dalam suatu aliran fluida yang sangat sulit untuk diperkirakan gerakannya. Tingkat atau besar fluktuasi turbulensi dalam aliran disebut intensitas turbulensi. Intensitas turbulensi dinyatakan dalam bentuk persen yang menunjukkan bahwa semakin besar nilai intensitas turbulensinya maka fluktuasi kecepatan juga semakin besar (Surya, 2014). Dalam beberapa penelitian diatas dapat kita ketahui bahwa hal yang paling diperhatikan pada sebuah terowongan angin adalah aliran udaranya, Dimana untuk mendapatkan hasil pengujian yang lebih akurat dibutuhkan wind tunnel dengan aliran yang tidak turbulen. Menurut (Cengel Cimbala, 2006) aliran udara dengan kelancaran dan gerakan yang teratur disebut aliran laminar, aliran udara dengan gerakan yang tidak teratur disebut aliran turbulen, dan diantara aliran laminar dan aliran turbulen terdapat aliran transisi.

Dari kajian numerikal yang dilakukan oleh (Gov, 2021) tentang perbandingan bentuk heksagonal, persegi, dan lingkaran sebuah honeycomb terhadap performa wind tunnel didapatkan hasil yaitu untuk honeycomb dengan bentuk heksagonal mampu memberikan aliran udara yang lebih baik dari persegi dan lingkaran.

Berdasarkan beberapa uraian diatas maka diperlukan eksperimental terhadap aliran wind tunnel dengan variasi bentuk honeycomb. Sehingga peneliti mengambil judul tugas akhir "Studi Eksperimental Wind Tunnel Tipe Subsonic Rangkaian Terbuka Dengan Variasi Bentuk Honeycomb".

Tujuan penelitian dengan judul "Studi Eksperimental Wind Tunnel Tipe Subsonic Rangkaian Terbuka Dengan Variasi Bentuk Honeycomb" adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi bentuk honeycomb terhadap keseragaman aliran.
2. Mengetahui bentuk yang optimal untuk sebuah honeycomb.

2 Tinjauan Pustaka

Honeycomb merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menyeragamkan aliran pada *wind tunnel*, beberapa kajian telah dilakukan maka diperlukan eksperimen secara langsung untuk mengetahui bahwa dengan menggunakan honeycomb hexagonal mampu mendapatkan aliran yang lebih baik dari pada kotak dan bundar pada *test section*, untuk membuktikan bahwa aliran tersebut sudah laminar peneliti melakukan perhitungan untuk desain *honeycomb* terhadap bilangan Reynolds untuk mendapatkan aliran yang baik yaitu aliran laminar.

2.1 Wind Tunnel

Wind tunnel adalah alat yang digunakan dalam penelitian aerodinamika untuk mempelajari karakteristik aliran udara. *Wind tunnel* digunakan untuk mensimulasikan keadaan sebenarnya pada suatu benda yang berada dalam pengaruh gaya-gaya aerodinamika dalam bidang aeronautika. *Wind tunnel* juga banyak digunakan dalam pengujian berbagai kondisi benda dalam aliran udara seperti konstruksi gedung pencakar langit, lingkungan perkotaan dan lain-lain. (Hanifah & Handayani, 2015)

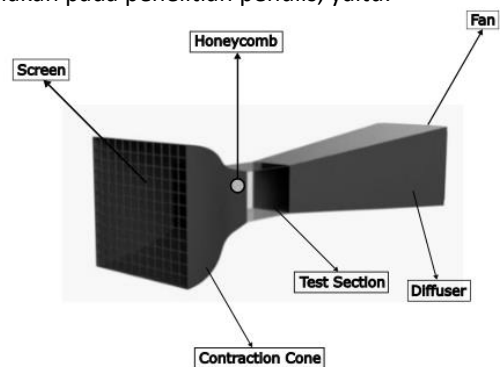
2.2 Klasifikasi Wind Tunnel

Wind Tunnel terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Berdasarkan jalur rangkaiannya
2. Berdasarkan kecepatan operasional

2.3 Wind Tunnel Subsonic Rangkaian Terbuka

Wind Tunnel tipe subsonic rangkaian terbuka yang digunakan pada penelitian penulis, yaitu:



Gambar 2.1 Wind Tunnel

Dapat kita lihat pada gambar di atas wind tunnel yang digunakan merupakan wind tunnel tipe subsonic rangkaian terbuka dengan bagian-bagiannya.

3 METODOLOGI PENELITIAN

1. Thermo-Anemometer



Gambar 3.1 Thermo-Anemometer

Thermo-anemometer ini ditempatkan di dalam terowongan angin untuk mengukur besar kecepatan aliran udara dan temperatur pada setiap titik pengujian.

2. Manometer Pipa U



Gambar 3.2 Manometer Pipa U

Merupakan alat sederhana yang digunakan untuk mengukur tekanan udara di dalam ruang tertutup.

3. Pitot Tube



Gambar 3.3 Pitot Tube

Pitot tube mengukur kecepatan fluida pada suatu titik dengan mengubah kecepatan menjadi tekanan. Pitot tube adalah dua tabung satu sumbu yang disambungkan pada dua alat penukur tekanan, sehingga nilai-nilai tekanannya dapat ditentukan

4 Hasil Dan Pembahasan

1. Menghitung Tekanan pada *Wind Tunnel*

Perhitungan tekanan yang ada pada *wind tunnel* di setiap titik pengujian dapat kita hitung dengan menggunakan persamaan 4, sebelumnya harus diketahui beberapa nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\rho_1 &= 997,13 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_0 &= 1,1738 \text{ kg/m}^3 \\ g &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\ h_2 &= 0,0004 \text{ m}\end{aligned}$$

Setelah diketahui nilainya masing-masing maka dapat dilakukan perhitungan tekanan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta P &= (\rho_1 - \rho_0)g \cdot h \\ \Delta P &= (997,13 - 1,1738) \cdot 9,8 \cdot 0,0004 \\ \Delta P &= 3,90413 \text{ N/m}^2 \\ \Delta P &= 3,90413 \text{ Pa}\end{aligned}$$

2. Menghitung Bilangan Reynold

Pengujian *wind tunnel subsonic rangkaian terbuka* menggunakan 3 variasi bentuk *honeycomb* yaitu *hexagonal, square, dan Circular*. Bilangan Reynold dapat dihitung dengan persamaan 3. Sebelum menghitung bilangan Reynold, terlebih dahulu untuk mengetahui nilai dari ρ (massa jenis), V (kecepatan aliran), D (diameter section) dan μ (viskositas dinamic) yaitu,

$$\begin{aligned}\rho &= 1,17328 \text{ kg/m}^3 \\ V &= 0,45 \text{ m/s} \\ D &= 0,73 \text{ m} \\ \mu &= 0,0000186156 \text{ kg/m.s}\end{aligned}$$

Maka dapat kita hitung bilangan Reynold sebesar:

$$\begin{aligned}Re &= \frac{\rho V D}{\mu} \\ Re &= \frac{1,17328 \times 0,45 \times 0,73}{0,0000186156} \\ Re &= 20.704,27\end{aligned}$$

3. Menghitung Standar Deviasi Fluktuasi Kecepatan

Pada perhitungan standar deviasi fluktuasi kecepatan dapat dilakukan dengan Persamaan 5 berikut. Sebelum menghitung u' (fluktuasi kecepatan) kita harus mengetahui \bar{U} (rata-rata kecepatan aliran) pada *wind tunnel* disetiap *honeycomb*,

$$\begin{aligned}\bar{U} &= 1,48 \text{ m/s} \\ n &= 2\end{aligned}$$

Setelah diketahui \bar{U} pada setiap *honeycomb* maka dapat dilanjutkan pada perhitungan $\sum(\bar{U} - U_n)^2$ menggunakan tabel sebagai berikut:

Tabel 4.4 Perhitungan $\sum(\bar{U} - U_n)^2$ pada *Hexagonal Honeycomb*

Pengujian	\bar{U} (m/s)	U_n (m/s)	$(\bar{U} - U_n)$	$(\bar{U} - U_n)^2$
1	1,48	1,43	0,05	0,0025
2	1,48	1,53	-0,05	0,0025
$\sum(\bar{U} - U_n)^2$				0,005

Setelah diketahui $\sum(\bar{U} - U_n)^2$, dapat kita hitung fluktuasi kecepatan pada *wind tunnel* dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}u' &= \sqrt{\frac{\sum(\bar{U} - U_n)^2}{n - 1}} \\ u' &= \sqrt{\frac{0,005}{2 - 1}} \\ u' &= \sqrt{0,005} \\ u' &= 0,070711 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Maka dapat kita ketahui bahwa standar deviasi fluktuasi kecepatan pada *wind tunnel* menggunakan *hexagonal honeycomb* yaitu sebesar 0,070711 m/s. Dengan itu dapat dilakukan perhitungan yang sama untuk variasi *honeycomb* lainnya.

4. Menghitung Intensitas Turbulensi

Perhitungan intensitas turbulensi digunakan untuk menentukan jumlah tingkat fluktuasi gerakan

partikel yang tidak teratur dalam suatu aliran fluida (turbulensi). Maka semakin besar nilai intensitas turbulensi, nilai fluktuasinya juga semakin besar. Intensitas turbulensi dapat kita ketahui dengan Persamaan 6 berikut (Wicaksana dkk, 2020).

$$IT = 100\% \times \frac{u'}{\bar{u}}$$

Sebelumnya telah diketahui nilai u' (fluktuasi kecepatan) pada *wind tunnel* dengan *hexagonal honeycomb* pada titik 5 ke 6 yaitu sebesar 0,070711 m/s. Maka dapat kita lanjutkan dengan perhitungan intensitas turbulensi sebagai berikut:

$$IT = 100\% \times \frac{u'}{\bar{u}}$$

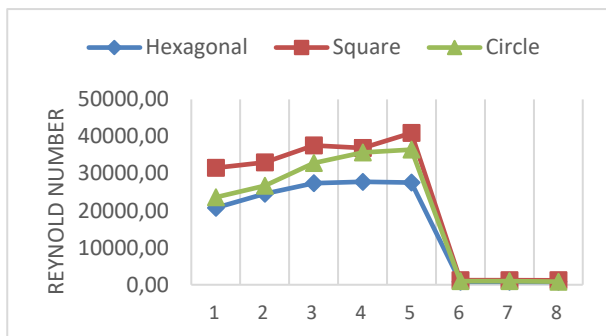
$$IT = 100\% \times \frac{0,070711}{1,48}$$

$$IT = 100\% \times 0,04777749$$

$$IT = 4,777749\%$$

5. Perbandingan Bilangan Reynold

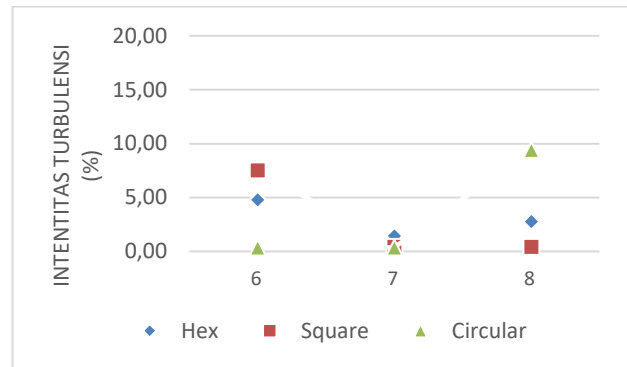
Dari perhitungan bilangan Reynold pada setiap titik pengujian seperti pada gambar



Dari perhitungan bilangan Reynold di setiap titik pada ketiga variasi honeycomb dapat dilihat bahwa bilangan Reynold pada *honeycomb hexagonal* lebih rendah di setiap titik pengujian dibandingkan bilangan Reynold pada *square* dan *circular honeycomb*. Pada titik ke 6 tepatnya ketika sudah melewati *honeycomb* hingga titik ke 8 perubahan bilangan Reynold stabil pada setiap variasi *honeycomb* begitu juga alirannya yang sudah laminar, dan pada *honeycomb hexagonal* memiliki aliran yang lebih baik daripada *square* dan *circular honeycomb* dimana nilai bilangan Reynold lebih rendah dibandingkan yang lainnya yaitu sebesar 772,72 sedangkan pada *Square* dan *circular honeycomb* sebesar 1194,42 dan 961.24.

6. Perbandingan Intensitas Turbulensi

Dari pengujian ketiga variasi *honeycomb* dan dilakukakan perhitungan pada setiap bentuk didapati nilai intensitas turbulensi adalah seperti pada gambar



5 Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan, penulis mendapatkan beberapa kesimpulan mengenai pengaruh bentuk *honeycomb* terhadap kualitas aliran dalam *wind tunnel* yaitu:

1. Bentuk *honeycomb* tidak memberikan pengaruh terhadap temperatur dimana pada setiap pengujian perubahan pada setiap bentuk cenderung sama yang mempengaruhi temperatur pada *wind tunnel* adalah temperatur lingkungan sekitar tempat pengujian.
2. Bentuk *honeycomb* mempengaruhi tekanan dimana pada bentuk *circular* setelah melewati *honeycomb* lebih stabil dibandingkan *hexagonal* dan *square honeycomb*, nilai perubahan tekanan pada *honeycomb circular* yaitu dari 4,88 N/m² sebelum melewati *honeycomb* dan 2,93 N/m² setelah melewati *honeycomb*, selisih perubahan tekanan lebih stabil dari bentuk lainnya, maka dari itu dapat kita ambil kesimpulan bahwa *honeycomb* dengan bentuk *circular* lebih baik terhadap perubahan tekanan daripada kedua variasi lainnya.
3. Bentuk *honeycomb* mempengaruhi kecepatan pada *wind tunnel* dimana pada *honeycomb hexagonal* memiliki rata-rata kecepatan aliran yang lebih rendah dibandingkan kedua variasi lainnya adalah sebesar 1,13 m/s, sedangkan pada *honeycomb square* 1,69 m/s dan *circular honeycomb* 1,39 m/s.
4. Bentuk *honeycomb* mempengaruhi bilangan Reynold terutama pada *test section* dan juga di setiap titik pengujian lainnya, didapati bahwa nilai bilangan Reynold yang lebih rendah pada *honeycomb hexagonal* daripada variasi lainnya.
5. Dari hasil analisis intensitas turbulensi yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa *honeycomb* yang memiliki bentuk paling optimal adalah *honeycomb hexagonal*, kemudian *honeycomb square*, dan yang terakhir *honeycomb circular*.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, J. (2017). *Fundamentals of Aerodynamics* (3 ed.). New York: McGraw-Hill Education.

- Azhar, S. (2015). *Analisa Medan Aliran Dalam Terowongan Angin Dengan Metode CFD (Computational Fluid Dynamics)*. Aceh Utara: Universitas Malikussaleh.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics An Engineering Approach* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). *Fluid Mechanics Fundamentals And Applications*. In T. M.-H. Companies. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Gov, I. (2021). Comparison Of Hexagonal, Square, And Circular Sectioned Honeycomb Performance In A Wind Tunnel. *The International Journal of Energy And Engineering Sciences*, 38-49.
- Handayani, S. U. (2014). Pengembangan Dan Analisa Keseragaman Aliran Terowongan Angin Tipe Terbuka Sebagai Sarana Pengujian Aerodinamika. *Universitas Diponegoro*.
- Hanifah, S., & Handayani, S. U. (2015). Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Wind Tunnel Tipe Terbuka. *Universitas Diponegoro*.
- Haynes, W. M. (2014). *Handbook of Chemistry and Physics*. In Journal of the American Pharmaceutical Association (95th ed.). CRC Press Taylor & Francis Group.
- Hartono, F., Bessie, R., & Aribowo, A. (2016, Desember). Pengukuran Turbulensi dan Angularitas Aliran Pada Terowongan Angin Subsonic Lapan. *Teknologi Dirgantara*, 147-158.
- Hermawan, R., Aziz, A., & Rey, P. D. (2020). Investigasi Parameter Kinerja Alat Uji Open Circuit Wind Tunnel Tipe Subsonic. *Jurnal Baut dan Manufaktur*, 15-22.
- Mehta, R. D., & Bradshaw, P. (1979). Design rules for small low speed wind tunnels. *Aeronautical Journal*, 443-456.
- Munson. (2009). *Fundamentals of Fluid Mechanics*. (7, Ed.) America: Don Fowley.
- Nasbey, H., & Budi, E. (2019). Desain Dan Pengembangan Terowongan Angin Menggunakan Honeycomb Sebagai Karakterisasi Turbin Angin Instrumen. *Jurnal Of Physics*, 1-5.
- Nastain. (2005). *Mekanika Fluida*. Purwokerto: Universitas Jendra Soedirman.
- Panda, M. K., & Samanta, A. K. (2016, August). Design of Low Cost Open Circuit Wind Tunnel A Case Study. *Indian Journal of Science and Technology*, 9, 2-7.
- Ridwan. (1999). *Mekanika Fluida Dasar*. Jawa Barat: Universitas Gunadarma.
- Shreyas. dkk. (2019, October). Design, Manufacturing and Testing of Open-Circuit Subsonic Wind Tunnel. *International Research Journal*, 6(10), 2.
- Singh, M. d. (2013). Review of Design and Construction of an Open Circuit Low Speed Wind Tunnel. *Global Journal*, 13(5 Version 1), 1-21.
- Sulisetyono, D. P. (2012, September). Analisa Desain Layar 3D Menggunakan Pengujian Pada Wind Tunnel. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1, 1.
- Surya, P. B. (2014). Pengaruh Variasi Screen terhadap Intensitas Turbulensi Wind Tunnel Tipe Open Circuit Subsonic di Jurusan Teknik Mesin Unesa. *Universitas Negeri Surabaya*, 3, 29-37.
- Triatmodjo, B. (2013). *Hidraulika II*. (9, Ed.) Yogyakarta: Beta Offset.
- Wicaksana, A. A., Wibowo, R., & Kabib, M. (2020, Maret). Analisa Intensitas Turbulensi Aliran Udara Pada Honeycomb Dengan Bentuk Penampang Melingkar Untuk Wind Tunnel Subsonic. *Universitas Muria Kudus*, 3, 19-24.