

# INST-06: PENGEMBANGAN DESAIN TEROWONGAN ANGIN SEDERHANA

Christin Stefphanie\*, Cecep E. Rustana, Hadi Nasbey

Universitas Negeri Jakarta, Gedung FMIPA Jl. Pemuda, Jakarta – 13220

\*<sup>1</sup> Email: [christinstefphanie@gmail.com](mailto:christinstefphanie@gmail.com)

## Abstrak

Ketelitian dalam penelitian yang memanfaatkan terowongan angin dapat dicapai dengan kondisi aliran dalam terowongan yang berintensitas turbulensi kecil. Dalam penelitian ini dibuat sebuah terowongan angin sirkuit terbuka sebagai pengembangan dari desain terowongan angin yang terdapat di Jurusan Fisika FMIPA UNJ. Penggunaan *honeycomb* juga dilakukan dengan tujuan meningkatkan kualitas aliran angin pada desain pengembangan tersebut. Data kecepatan angin pada waktu tertentu dari terowongan angin desain lama dan baru diambil untuk kemudian diolah menjadi data intensitas turbulensi. Dari kedua nilai intensitas turbulensi tersebut diketahui bahwa desain terowongan angin berpengaruh pada kualitas aliran pada terowongan angin. Kajian tersebut akan membandingkan efektifitas kedua desain terowongan angin terhadap turbulensi.

**Kata kunci:** terowongan angin, intensitas turbulensi, desain, *honeycomb*

## 1. Pendahuluan

*Wind tunnel* atau terowongan angin digunakan dalam berbagai macam bidang seperti teknik, fisika, aerodinamika, pertanian, dan kehutanan. Melalui bidang-bidang tersebut, terowongan angin memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Contohnya, desain komponen mobil dan pesawat diuji dengan terowongan angin untuk mengamati hambatan yang diterima objek tersebut karena aliran angin. Selain itu, terowongan angin juga memiliki peran penting dalam bidang energi. *Wind turbine* sebagai salah satu sumber energi alternatif harus melewati pengujian dengan terowongan angin terlebih dahulu. Dengan simulasi menggunakan terowongan angin, daya *output* yang mampu dihasilkan oleh *wind turbine* dapat diketahui. Sedangkan dalam skala kecil, terowongan angin sederhana dapat digunakan sebagai alat uji turbin sederhana dan alat bantu dalam mempelajari dinamika fluida.

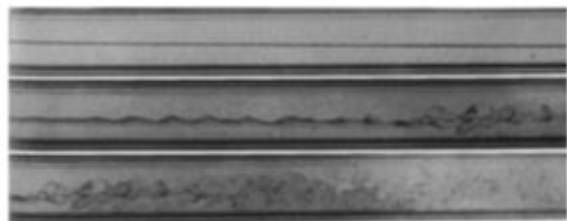
Sebuah terowongan angin dituntut untuk menghasilkan aliran udara yang seragam atau yang memiliki intensitas turbulensi sekecil mungkin untuk menghindari kesalahan data yang besar. Keberadaan terowongan angin sederhana dengan intensitas turbulensi kecil dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam pengujian aerodinamika dan *wind turbine* sederhana. Namun terowongan angin komersial yang dapat digunakan untuk edukasi tentunya terlalu mahal untuk dibeli. Sebagai alternatif, terowongan angin

sederhana dapat dibuat dengan alat dan bahan yang lebih terjangkau.

Penelitian ini dilakukan sebagai tahap lanjut dari penelitian di Universitas Negeri Jakarta mengenai uji coba *wind turbine* dengan menggunakan terowongan angin sederhana. Diduga kekurangan dari penelitian sebelumnya adalah tidak tercapainya tingkat intensitas turbulensi aliran angin yang kecil sehingga data yang didapat memiliki nilai kesalahan yang besar. Pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan dari desain terowongan angin sebelumnya.

Aliran turbulen atau aliran yang tidak teratur dapat terjadi pada terowongan angin sirkuit terbuka akibat beberapa faktor seperti desain, kehalusan dinding, dan pengaruh aliran di luar sirkuit. Aliran turbulen mengakibatkan pengujian menjadi tidak optimal.

**Gambar 1.** Aliran laminar (atas), aliran transisi (tengah), dan aliran turbulen (bawah). Sumber:



Shaughnessy (2005)

Untuk meminimalkan intensitas turbulensi, dilakukan redesain dengan tujuan menghasilkan terowongan angin sederhana dengan intensitas turbulensi yang lebih kecil.

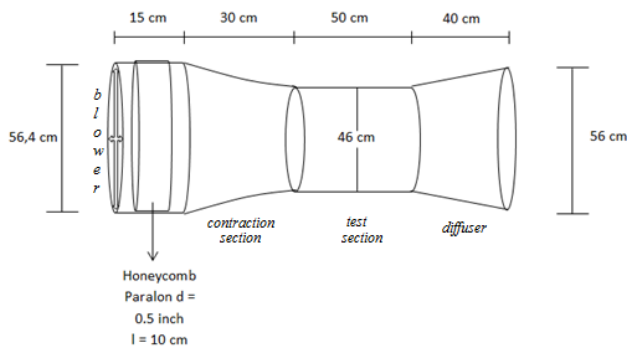
### 1.1 Aliran Udara dalam Terowongan Angin

Dalam mekanika fluida, aliran dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu aliran laminar, transisi, dan turbulen.

Aliran laminar berkaitan dengan pergerakan fluida dalam lapisan-lapisan. Gerak fluida dalam aliran fluida terjadi dengan rapi, biasanya lambat dan tetap, dan secara umum memenuhi syarat untuk observasi, pengukuran, dan prediksi. Namun, aliran laminar jarang ditemui di alam dan dalam praktik.

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Gangguan akan terbentuk ketika kecepatan aliran bertambah atau viskositas berkurang. Gangguan tersebut akan mengakibatkan peralihan aliran.

Aliran turbulen ditemukan hampir di setiap aliran di alam dan dalam praktik. Tipe aliran ini terdiri dari gerak fluida yang tidak teratur dan tidak tetap sehingga ia sulit untuk divisualisasikan, diukur, dan diprediksi. Sampai saat ini belum terdapat solusi analitik untuk aliran turbulen dan model komputasi untuk turbulensi masih terbatas aplikasinya.



**Gambar 2.** Desain terowongan angin pertama.

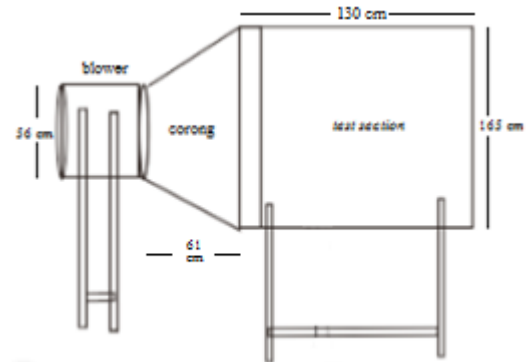
Turbulensi mengarah pada fluktuasi kecepatan angin dalam skala waktu yang relatif cepat, biasanya kurang dari 10 menit [Tony Burton et.al., 2001]. Terdapat beberapa penjelasan statistik untuk menjelaskan turbulensi, tergantung pada aplikasinya. Salah satunya adalah intensitas turbulensi. Intensitas turbulensi adalah ukuran dari keseluruhan level turbulensi dan didefinisikan sebagai:

$$I = \frac{\sigma}{\bar{U}} \quad (1)$$

di mana  $\sigma$  adalah standar deviasi dari variasi kecepatan angin dan  $\bar{U}$  adalah rata-rata kecepatan angin. Untuk desain terowongan angin yang baik pada umumnya  $I \approx 0,01$ . Nilai  $I$  terendah yang pernah dicapai pada terowongan angin adalah 0,0002. Sedangkan pada aliran di atmosfer dan sungai didapatkan  $I \approx 0,1$  [Bruce R. Munson et.al., 2002]

## 2. Metode Penelitian

Kualitas aliran dalam *test section* terowongan angin diukur dengan intensitas turbulensi pada area tersebut. Data kecepatan angin pada beberapa titik yang telah ditentukan akan diolah menjadi nilai intensitas turbulensi. Pada setiap titik diambil satu data setiap sepuluh detik hingga jumlah sepuluh data per titik dicapai. Pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan menggunakan anemometer digital.



**Gambar 3.** Desain terowongan angin kedua.

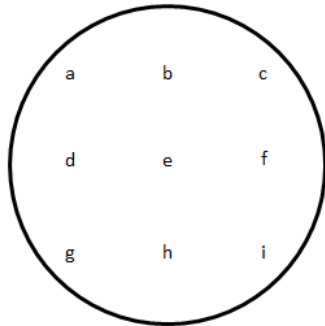
Terdapat dua desain terowongan angin yang berjenis terowongan angin terbuka. Kedua terowongan angin menggunakan *blower* dengan kecepatan 1400 rpm. Di bawah ini adalah penjelasan singkat mengenai kedua desain terowongan angin yang diuji.

**Desain 1.** Terowongan angin pertama adalah terowongan angin desain lama yang terdapat di laboratorium mekanik FMIPA Universitas Negeri Jakarta. Terowongan angin ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu *blower* pada *entry section*, corong, dan *test section*. Dimensi terowongan angin dapat dilihat pada gambar 2.

**Desain 2.** Terowongan angin kedua adalah desain pengembangan dari desain pertama. Terowongan angin terbagi menjadi bagian *blower* pada *entry section*, *honeycombs*, *contraction section*, *test section*, dan *diffuser*. Dimensi terowongan angin dapat dilihat pada gambar 3.

Penggunaan *honeycombs* diharapkan mampu menyeragamkan arah dan kecepatan angin dari *blower*. *Honeycombs* yang digunakan memiliki bentuk penampang lingkaran dengan perbandingan diameter dan panjang sebesar 1:8. Sedangkan *contraction section* dan *diffuser* diharapkan mampu menstabilkan aliran di dalam *test section*.

Data kecepatan angin diambil dengan anemometer digital pada 9 titik di masing-masing *test section* terowongan angin, seperti pada gambar 4. Data yang didapat dari masing-masing terowongan angin kemudian diolah dalam persamaan (1). Dari hasil tersebut dianalisis kualitas aliran yang terdapat pada kedua desain terowongan angin.



Gambar 4. Titik pengambilan data kecepatan angin.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada setiap titik pengambilan data di *test section*, diambil 10 data kecepatan angin dengan selang 10 detik untuk setiap data. Titik ditentukan pada koordinat tertentu dengan tujuan mewakili keseluruhan area *test section* terowongan angin.

#### 3.1 Hasil Desain 1

Data kecepatan angin diambil pada 9 titik di area *test section* desain 1 dengan koordinat sebagai berikut:

Tabel 1. Koordinat titik pengambilan data terowongan angin desain 1.

		Titik								
Koordinat		a	b	c	d	e	f	g	h	i
x		-52	0	52	-52	0	52	-52	0	52
y		52	52	52	0	0	0	-52	-52	-52

Kemudian hasil data kecepatan angin yang diperoleh pada titik-titik tersebut adalah:

Tabel 2. Data kecepatan angin pada test section terowongan angin desain 1.

No.	V angin (m/s)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1.	1.6	2.4	2.4	0.4	9.2	2	3.2	3.7	4
2.	1.2	2.1	1.5	0.5	9.7	0.5	2.5	4.5	2.4
3.	1.9	2	1.1	0.2	9.7	1.1	3.4	3.2	3
4.	1.7	1.7	2	0.4	9.6	1	3	4.1	4.3
5.	1.9	1.5	3.5	0.3	9.8	1.6	2.5	3.2	3
6.	0.6	2.1	2.2	0.4	9.9	2	2.8	3.7	3.6
7.	0.9	1.9	2.3	0.5	9.8	2.2	2.1	5.8	2.9
8.	1	1.6	1.5	0.2	10	1.5	2.8	5	4.7

9.	1.5	1.6	1.6	0.2	8.9	1.9	3.2	5.4	4.2
10.	1.1	2	2.3	0.2	9.8	1.4	2.5	4	3.4

Dari data di atas dapat dilihat perubahan kecepatan angin yang cukup signifikan pada beberapa titik pengambilan data. Perubahan ini terjadi pada satu titik yang sama dan antar titik yang berbeda. Perubahan nilai kecepatan angin yang besar mengindikasikan adanya turbulensi yang besar pula.

Untuk membuktikan besarnya intensitas turbulensi, data kecepatan angin di atas diolah ke dalam persamaan (1). Pada terowongan angin desain 1 diperoleh nilai  $\sigma = 2.633$  dan  $\bar{U} = 3.046$ . Sehingga didapatkan nilai intensitas turbulensi  $I = 0.864$ .

Perubahan kecepatan angin di sekitar titik pusat (e) diperkirakan terjadi akibat bentuk corong yang menyebabkan angin mengalami pengurangan kecepatan. Seperti yang diketahui dalam persamaan kontinuitas, kecepatan aliran fluida berbanding terbalik dengan luas penampang. Selain itu pusaran angin yang dihasilkan *blower* tidak dapat disearahkan akibat ketiadaan *honeycombs* atau sekat. Hal ini menyebabkan turbulensi yang cukup besar pada *test section* terowongan angin desain 1.

#### 3.2 Hasil Desain 2

Data kecepatan angin diambil pada 9 titik di area *test section* desain 2 dengan koordinat sebagai berikut:

Tabel 3. Koordinat titik pengambilan data terowongan angin desain 2.

		Titik								
Koordinat		a	b	c	d	e	f	g	h	i
x		-16	0	16	-16	0	16	-16	0	16
y		13	13	13	0	0	0	-13	-13	-13

Kemudian hasil data kecepatan angin yang diperoleh pada titik-titik tersebut adalah:

Tabel 2. Data kecepatan angin pada test section terowongan angin desain 2.

No.	V angin (m/s)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1.	10.1	10.9	11.4	13.2	8	13.1	11.8	11.3	10
2.	10	10.8	11.3	12.9	8.1	13.3	11.9	11.2	10.1
3.	10	10.9	11.3	13	8.1	13.2	12	11.4	10.2
4.	10.1	10.9	11.3	12.5	8.2	13.3	11.7	11.4	10.2
5.	10	10.9	11.1	12.9	8.8	13.2	12	11.3	10.4
6.	10.2	10.8	11.2	12.9	7.9	13.3	11.9	11.1	10.2
7.	10	11	11.3	12.9	8	13.2	11.9	11.3	10
8.	10.2	11	11.1	12.9	8.2	13.3	11.9	11.2	10.2
9.	10	11	11.5	13	8.1	13.3	11.8	11.1	10.2
10.	10.1	11.1	11.6	12.9	8.1	13.3	11.9	11.2	10.1

Perubahan nilai kecepatan angin pada titik yang sama maupun antar titik berbeda juga terlihat pada data desain 2. Namun perubahan yang terjadi tidak sebesar data desain terowongan angin 1. Seperti yang diketahui sebelumnya, aliran laminar sangat sulit ditemui di alam dan dalam praktik.

Data kecepatan angin di atas juga diolah ke dalam persamaan (1) untuk mendapatkan nilai intensitas turbulensi. Untuk terowongan angin desain 2 didapat nilai  $\sigma = 1.486$  dan  $\bar{U} = 11.1$ . Sehingga didapatkan nilai intensitas turbulensi  $I = 0.132$ .

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan *honeycombs* mampu mengurangi turbulensi aliran angin. Selain itu adanya *contraction section* dan *diffuser* membantu menstabilkan aliran angin di dalam *test section*. Berkurangnya kecepatan angin pada titik pusat (e) diperkirakan terjadi akibat posisinya yang sejajar dengan pusat *blade* pada *blower* atau pusat pusaran aliran angin.



**Gambar 5.** Terowongan angin 1.

Walaupun aliran laminar sulit didapatkan, aliran dengan intensitas turbulensi yang kecil dapat dicapai untuk memperkecil kesalahan dalam penelitian yang menggunakan terowongan angin. Dalam percobaan ini terbukti bahwa penggunaan *honeycombs* dan pengembangan desain menjadi bagian-bagian seperti *entry section*, *honeycombs*, *contraction section*, *test section*, dan *diffuser* mampu menstabilkan aliran di dalam terowongan angin dan memperkecil intensitas turbulensi.



**Gambar 6.** Terowongan angin 2.

## 4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dibuat sebuah terowongan angin hasil pengembangan dari terowongan angin yang terdapat di Laboratorium Mekanik Jurusan Fisika FMIPA UNJ. Desain lama atau desain 1 terdiri dari *blower* pada *entry section*, corong, dan *test section*. Sedangkan desain baru atau desain 2 terdiri dari *blower* pada *entry section*, *honeycombs*, *contraction section*, *test section*, dan *diffuser*.

Data kecepatan angin masing-masing terowongan angin diambil pada 9 titik berbeda dengan tujuan mewakili keseluruhan area *test section* terowongan angin. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan anemometer digital.

Nilai intensitas turbulensi  $I = 0.864$  diperoleh untuk desain 1, sedangkan nilai  $I = 0.132$  diperoleh untuk desain 2. Hasil ini membuktikan bahwa desain pengembangan dan penggunaan *honeycombs* mampu menstabilkan aliran angin pada *test section* dan memperkecil intensitas turbulensi. Nilai intensitas turbulensi yang lebih kecil dapat membantu pengujian yang menggunakan terowongan angin karena kesalahan yang dihasilkan relatif lebih kecil.

## Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Jurusan Fisika FMIPA UNJ sebagai pemberi dana penelitian dan mahasiswa prodi Fisika 2010 FMIPA UNJ atas segala bentuk bantuannya sehingga penelitian ini dapat berjalan lancar.

## Daftar Acuan

- Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi. *Fundamentals of Fluid Mechanics*. Chicester, John Wiley & Sons (2002), p. 464.
- Edward J. Shaughnessy, Jr., Ira M. Katz, James P. Schaffer. *Introduction to Fluid Mechanics*. New York, Oxford University Press (2005), p. 104.
- John F. Douglas et.al. *Fluid Mechanics*. 5th ed. Harlow, Pearson Education Limited (2005).
- J.P. Bitog et.al., A wind tunnel study on aerodynamic porosity and windbreak drag, *Forest Science and Technology*. 7:1 (2011), p. 8-16.
- Mehta, R.D., P Bradshaw. Design rules for small low-speed wind tunnels, *The Aeronautical Journal of The Royal Aeronautical Society*. (1979), p. 443-449.
- Manshadi, Motjaba Dehghan & Prof. Jorge Colman Lerner (Ed). *Wind Tunnels and Experimental Fluid Dynamics Research*. Rijeka, Intech (2011), p. 261-278.
- Natalia, Kristin. 2012. Studi Uji Coba Wind Turbine dengan Menggunakan Wind Tunnel Sederhana. Skripsi Program Studi Fisika. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.

- Tony Burton et.al. *Wind Energy Handbook*. Chicester, John Wiley & Sons (2001), p. 17.
- Vinayak Kulkarni, Niranjana Sahoo, Sandip D. Chavan, Simulation of honeycomb-screen combination for turbulence management in a subsonic wind tunnel, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 99 (2010), p. 37-45.