

Pengujian Laminar Dan Homogen Angin Pada Terowongan Angin Kecepatan Rendah Dengan *Honeycomb* Di Laboratorium *Renewable Energy* Prodi Teknik Elektro ITI

(Laminar And Homogeneous Wind Tests In Low Speed Wind Tunnels With Honeycomb at The Renewable Energy Laboratory of The ITI Electrical Engineering Study Program)

Edwin Kamal*, Sri Yatmani, Adi Setiawan

Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Indonesia
Jl. Raya Puspiptek, Serpong, Kota Tangerang Selatan, 15413

Abstrak

Terowongan angin merupakan fasilitas yang digunakan untuk menguji karakteristik suatu desain teknis seperti turbin angin yang akan dilalui oleh suatu udara bergerak (angin). Turbin angin tersebut akan memutar generator dan menyuplai listrik pada sistem kelistrikan yang ada. Terowongan angin yang layak cenderung memiliki output angin yang tingkat laminar dan homogenya cukup baik. Terowongan angin di Laboratorium Renewable Energy Program Studi Teknik Elektro ITI merupakan tipe blow/tiup yang memang memudahkan dalam desain strukturnya. Metode pengujian laminar dari angin yang dihasilkan menggunakan sumber asap yang cukup besar dan melihat aliran asap tersebut apakah berupa garis lurus atau cenderung memutar pada 9 kuadran di ruang test output dari terowongan angin tersebut. Sedangkan pengujian homogen dengan mengukur kecepatan angin dengan anemometer pada setiap kuadran tersebut dan melihat kedekatan hasil pengukuran dari semua kuadran. Pengujian kali ini kelanjutan dari sebelumnya dengan penambahan fasilitas honeycomb yang berfungsi untuk menghasilkan angin yang lebih laminar. Dari pengujian didapatkan 88,9% (8 kuadran) menunjukkan angin laminar dan hanya 11,1% (1 kuadran) yang masih terlihat turbulensi), ini merupakan peningkatan yang significant dari pengujian sebelumnya dan merupakan pengaruh dari pemasangan honeycomb tersebut. Sedangkan tingkat homogen menunjukkan fluktuasi angin hanya 8,74%. Hal ini menunjukkan terowongan angin tersebut layak digunakan penelitian lebih lanjut

Kata Kunci : Laminar, homogen, turbulensi, *honeycomb*

Abstract

A wind tunnel is a facility used to test the characteristics of a technical design such as a wind turbine that will be passed by a moving air (wind). The wind turbine will rotate the generator and supply electricity to the existing electrical system. A decent wind tunnel tends to have a fairly good laminar and homogeneous wind output. The wind tunnel in the Renewable Energy Laboratory of the ITI Electrical Engineering Study Program is a blow type which makes the structural design easy. The laminar testing method of the generated wind uses a large enough smoke source and sees whether the smoke flow is a straight line or tends to rotate in 9 quadrants in the output test room of the wind tunnel. While the homogeneous test is to measure wind speed with an anemometer in each of these quadrants and see the proximity of the measurement results from all quadrants. This test is a continuation of the previous one with the addition of a honeycomb facility that functions to produce a more laminar wind. From the test, it was found that 88.9% (8 quadrant) showed laminar wind and only 11.1% (1 quadrant) still saw turbulence), this is a significant increase from the previous test and is the effect of the

honeycomb installation. While the homogeneous level shows wind fluctuations of only 8.74%. This shows that the wind tunnel is worthy of further research

Keyword : Laminar, homogeneous, turbulence, honeycomb

*Penulis Korespondensi. Tep1:+62 21 7561092; fax: +62 21 7560542
Alamat E-mail : edwinkamal@iti.ac.id (Edwin Kamal)

1. Pendahuluan

Potensi angin di Indonesia cenderung sangat bervariasi, umumnya kecepatan angin disini mulai dari 3 m/s hingga 7 m/s. Memang potensi angin yang terbilang baik baru diterapkan di beberapa tempat seperti di Sidrap dan Jenepono di Sulawesi Selatan[1]. Hal ini juga yang mendorong untuk penerapan tenaga angin tersebut dibutuhkan penelitian dan simulasi angin yang memadai sehingga ketika penerapan di lokasi pemasangan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) tersebut sudah memperhitungkan kondisi-kondisi angin yang dapat terjadi. Tentu hal itu semua untuk menekan kemungkinan kesalahan dan kegagalan sistem pembangkit nantinya. Oleh karena itu kebutuhan fasilitas simulasi angin seperti terowongan angin menjadi suatu keharusan.



Gambar 1. PLTB Sidrap

Terowongan angin merupakan suatu fasilitas yang sangat membantu bagi para peneliti untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari suatu disain teknis jika dilewati/dilalui oleh udara bergerak (angin). Disain teknis tersebut bisa berupa disain kendaraan, disain turbin, disain bangunan dan lain-lain.

Keberadaan terowongan angin di Laboratorium Program Studi (PS) Teknik Elektro ITI merupakan kebutuhan lebih lanjut dari kegiatan-kegiatan penelitian tentang tenaga angin/bayu yang sudah pernah dilakukan. Namun penelitian-penelitian sebelumnya tersebut menggunakan sumber angin di alam yang cenderung fluktuatif sehingga potensi dari sistem dan pembangkit kurang diperdalam. Hal itu

dikarenakan ketika dilakukan pengukuran sumber angin tidak bisa dikondisikan mencapai kecepatan angin tertentu karena bergantung kondisi angin yang terjadi saat itu. Untuk membantu penelitian-penelitian tenaga angin maka dibutuhkan terowongan angin yang layak.

Terowongan angin tersebut merupakan tipe blow/tiup yang selalu dihindari oleh perancang-perancang terowongan angin karena cenderung menghasilkan angin yang turbulen[2]. Namun keunggulannya sangat mudah dalam perancangan dan pembuatan karena strukturnya cukup sederhana tidak rumit seperti tipe hisap yang membutuhkan perhitungan teknik untuk strukturnya dalam menghitung kemiringan dan lain-lain. Gambar 2 menunjukkan foto terowongan angin yang berada diluar disebelah Laboratorium Renewable Energi PS Teknik Elektro. Hal ini sangat membantu jurusan/program studi diluar PS Teknik Mesin yang membutuhkan simulasi angin dalam penelitian ataupun studinya. Seperti PS Teknik Elektro yang membutuhkan simulasi angin untuk mempelajari sistem pembangkit PLTB berdasarkan data angin di suatu lokasi.



Gambar 2. Terowongan angin laboratorium renewable energi Prodi Teknik Elektro ITI

Kelayakan terowongan angin tentu dilihat dari angin yang dihasilkannya. Pada umumnya terowongan angin merujuk pada tingkat laminar dan keseragaman/homogen dari angin yang melalui ruang tes. Walaupun untuk pembangkit listrik tenaga angin/bayu sebenarnya angin yang akan melalui turbin di alam bisa berubah-ubah dari laminar ke turbulensi[3]. Namun untuk bisa meneliti lebih lanjut tetap dibutuhkan angin yang cukup tingkat laminar dan homogenya, dan kalau pun ingin dibuat simulasi turbulensi dan ketidakseragaman / ketidakhomogen angin dapat dilakukan dengan menambah perangkat lainnya.

Permasalahan utama dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat laminar dan homogen angin yang dihasilkan terowongan angin di Laboratorium Prodi Teknik Elektro ITI, agar terowongan angin tersebut dianggap layak digunakan untuk penelitian lebih lanjut. Permasalahan lain adalah metodologi pengujian yang digunakan yang nantinya mendukung analisa kelayakan terowongan angin.

Permasalahan tersebut mendorong peneliti untuk melakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat laminar dan homogen dari terowongan angin di Laboratorium Renewable Energi Prodi Teknik Elektro ITI tipe blow/tiup tersebut.

Kajian yang akan dibahas tidak terlalu meluas ke arah mekanika dari terowongan angin, hal ini dikarenakan peneliti tidak memiliki background yang cukup dalam untuk itu. Bidang yang digeluti peneliti lebih fokus ke Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu.

Hasil yang diharapkan dari pengujian ini dapat menentukan kelayakan dari terowongan angin tersebut. Tingkat laminar yang diharapkan dapat melebihi 80% dan tingkat homogen dengan nilai fluktuasinya tidak lebih dari 10%.

2. Teori Dasar

Aliran Laminar merupakan aliran yang dibentuk oleh fluida bergerak yang pada umumnya bergerak dalam lintasan garis lurus. Berbeda dengan aliran turbulensi yang menghasilkan lintasan yang berbelok atau berputar-putar dan lain-lainnya. Secara teoritis untuk menentukan suatu aliran laminar ataupun turbulensi dengan menentukan bilangan Reynolds (Re) dari aliran tersebut yaitu [4]:

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu} \quad (1)$$

- μ = viskositas dinamik fluida
- ρ = massa jenis fluida
- v = kecepatan alir fluida
- L = karakteristik dimensi aliran

Dimana jika $Re < 2300$ maka aliran fluida merupakan aliran laminar, sedangkan $Re > 4000$ maka aliran tersebut menjadi turbulensi. Diantara $2300 < Re < 4000$ merupakan transisi dimana fluida bisa berubah-ubah dari laminar ke turbulensi atau sebaliknya[4]. Penentuan bilangan reynold ini terbilang sulit jika tidak memiliki perangkat yang memadai seperti perangkat untuk mengukur tingkat viskositas udara, massa jenis udara dan lain-lain.

Namun para ahli telah memberikan kemudahan untuk mengukur tingkat laminar dari suatu aliran fluida udara yaitu dengan menggunakan asap[5]. Karena seyogyanya aliran laminar berbentuk garis lurus maka asap yang akan terbawa oleh aliran tersebut pun akan berbentuk garis lurus. Metoda ini sangat mempermudah dalam mengukur dan melihat aliran laminar dari suatu aliran udara bergerak karena tidak membutuhkan perangkat-perangkat yang mahal. Gambar 3 menunjukkan penggunaan asap dalam suatu terowongan angin untuk melihat adanya turbulensi dari suatu aliran.



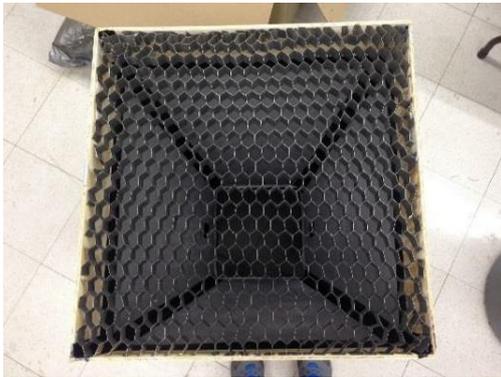
Gambar 3. Penggunaan asap untuk melihat aliran laminar

Keseragaman aliran atau tingkat homogen angin merupakan parameter yang juga harus dipenuhi oleh suatu terowongan angin. Keseragaman ditunjukkan dengan kecilnya tingkat fluktuasi kecepatan angin disetiap bagian output dari terowongan angin tersebut[6]. Pengukuran dilakukan pada seluruh penampang output pada ruang tes lalu dari data hasil pengukuran tersebut dicari simpangan baku-nya. Gambar 4 menunjukkan proses yang umum digunakan untuk mengukur kecepatan angin pada suatu kuadran dari penampang output sebuah terowongan angin.



Gambar 4. Pengujian kecepatan angin pada ruang tes

Simulasi angin pada terowongan angin cenderung menghasilkan aliran yang turbulensi karena umumnya dilakukan pada kecepatan angin yang cukup tinggi. Dan sesuai dengan teori bilangan Reynolds sebelumnya faktor kecepatan angin/aliran fluida akan memperbesar nilai bilangan Reynolds itu sendiri, sehingga bilangan Reynolds cenderung melebihi 4000 yang merupakan suatu aliran yang turbulensi. Karena itu umum digunakan pada berbagai terowongan angin suatu unit yang dapat memperkecil tingkat turbulensi yaitu honeycomb. Gambar 5 menunjukkan suatu honeycomb yang digunakan di terowongan angin subsonic pada Worcester Polytechnic Institute di Amerika. Pada prinsipnya honeycomb akan memperkecil karakteristik dimensi aliran pada bilangan Reynolds, sehingga seakan-akan angin dihasilkan dari ratusan sumber angin yang kecil-kecil. Hal ini yang menyebabkan angin yang dihasilkan cenderung menjadi laminar.



Gambar 5. Honeycomb terowongan angin subsonic di Worcester Polytechnic Institute Amerika

3. Metodologi

Pengujian terowongan angin ini lebih menitikberatkan pada output angin yang dihasilkan apakah tingkat laminar dan homogen sudah cukup layak sehingga bisa digunakan untuk penelitian lebih lanjut. Untuk melihat tingkat laminar dan homogen angin dari setiap kuadran dilakukan dengan membagi bagian output terowongan angin (setelah honeycomb) atas 9 kuadran, seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pembagian 9 kuadran output terowongan angin

Pengujian laminar angin menggunakan asap yang bersumber dari bom asap / flare yang mudah didapat di pasaran. Pada intinya dalam pengujian ini harus menggunakan sumber asap yang cukup banyak agar terlihat ketika adanya aliran angin yang cukup kuat diberikan. Sumber-sumber asap yang lain cenderung akan tidak terlihat seperti aerosol, asap pembakaran kertas dan lain-lain. Bom asap direkatkan pada suatu tongkat agar dapat dijulurkan ke dalam ruang tes di terowongan angin.

Pengujian homogen angin dilakukan dengan mengukur kecepatan angin pada 9 kuadran output terowongan angin tersebut dengan menggunakan anemometer merk Dekko FT-7935 seperti pada Gambar 7. Pengukuran dilakukan pada selang 5 detik sebanyak 6 kali pengukuran pada setiap kuadran.



Gambar 7. Anemometer Dekko FT-7935

4. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian laminar dengan menggunakan bom asap didapat seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Asap pada Output Terowongan Angin

Kuadran	Kondisi asap
1	garis lurus
2	garis lurus
3	garis lurus
4	garis lurus
5	berputar
6	garis lurus
7	garis lurus
8	garis lurus
9	garis lurus

Pada Gambar 8 diberikan foto-foto ketika dilakukan pengujian asap di output terowongan angin di Laboratorium Renewabel Energi Prodi Teknik Elektro ITI di Serpong.

Berdasarkan data pada Tabel 1 diperoleh persentase tingkat laminar angin output dari terowongan angin adalah :

$$\frac{8 \text{ kuadran}}{9 \text{ kuadran}} \times 100\% = 88,9\%$$



Gambar 8. Pengujian asap

Data pengukuran kecepatan angin pada 9 kuadran diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran dan Pengolahan Kecepatan Angin pada 9 kuadran

No	Kecepatan Angin setiap Kuadran (m/s)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	7,9	6,8	6,3	6,9	4,8	6,6	6,7	7,4	6,3	
2	8	6,8	6,2	6,7	4,9	6,9	6,8	7,4	6,3	
3	7,8	6,9	6,2	6,9	4,7	6,7	6,6	7,4	6,2	
4	7,7	7	6,3	6,6	4,6	6,7	6,6	7,3	6,2	
5	7,6	6,9	6,2	6,8	4,7	7	6,7	7,1	6,2	
6	7,5	6,9	6,1	6,7	4,8	6,9	6,8	7,1	6,2	
rerata	7,8	6,9	6,2	6,8	4,8	6,8	6,7	7,3	6,2	6,6
fluktuasi	1,2	0,3	0,4	0,2	1,8	0,2	0,1	0,7	0,4	0,6
persentase fluktuasi total										8,7

Pada Tabel 2 terlihat rata-rata kecepatan angin untuk setiap kuadran dan rata-rata semua kuadran 6,598 m/s. Pada tabel 2 tertulis 6,6 hal ini disebabkan software spreadsheet melakukan pembulatan secara otomatis untuk tampilan, namun untuk perhitungan tetap digunakan data riil. Fluktuasi dari setiap kuadran dihitung dari selisih rata-rata kecepatan angin setiap kuadran dengan rata-rata dari semua kuadran (6,598 m/s). Dari hasil rata-rata tersebut dapat dihitung simpangan baku yang merupakan rata-rata dari fluktuasi kecepatan angin dari semua kuadran yaitu 0,577 m/s. Sehingga jika dihitung persentase rata-rata fluktuasi tersebut adalah

$$\frac{0,577}{6,598} \times 100\% = 8,74\%$$

Gambar 9 menunjukkan proses pengambilan data kecepatan angin pada terowongan angin pada masing-masing kuadran.





Gambar 9. Proses pengambilan data kecepatan angin

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian pada penelitian ini diperoleh bahwa pengujian asap setiap kuadaran menunjukkan tingkat laminar aliran udara terowongan angin mencapai 88,9%. Pengukuran kecepatan setiap kuadaran dan pengolahan datanya menunjukkan fluktuasi angin hanya mencapai 8,74%. Kedua hal tersebut menunjukkan terowongan angin di Laboratorium Prodi Teknik Elektro layak untuk digunakan pada penelitian-penelitian lebih lanjut.

Untuk penelitian lebih lanjut disarankan untuk pemasangan unit *variable speed drive* agar dapat menghasilkan besar kecepatan angin yang diperlukan. Sehingga pengujian-pengujian disain teknis dapat disesuaikan dengan data kondisi angin yang ada.

Ucapan terima kasih ditujukan kepada berbagai pihak yang memberi dukungan baik secara ide, sumber-sumber literatur, dana dan fasilitas. Seperti pihak rektorat ITI yang menyetujui dan membiayai pembangunan terowongan angin tersebut. Juga pihak dari Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat (PRPM) ITI yang membiayai pembangunan dan pengujian. Serta pihak fasilitas ITI yang memberi masukan dan kerjasamanya dalam proses pembangunannya. Tak lupa rekan-rekan di PS Teknik Elektro yang tidak mengenal lelah mendukung dalam berbagai hal sehingga

terwujudnya fasilitas terowongan angin serta pengujiannya.

Daftar Pustaka

- [1] Adhi Prasetyo, "STUDI POTENSI PENERAPAN DAN PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DI INDONESIA," *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan*, 2019.
- [2] Ahmad Marabdi Siregar, "RANCANG BANGUN WIND TUNNEL SEDERHANA UNTUK ALAT PENDUKUNG STUDI EKSPERIMENTAL," *MEKANIK Teknik Mesin ITM*, pp. 92-97, 2016.
- [3] Fernando Porté-Agel, "Wind-Turbine and Wind-Farm Flows: A Review," Department of Engineering, Durham University, Durham UK, RESEARCH ARTICLE 2019.
- [4] Jhon Fiter Siregar, "PERANCANGAN ALAT UJI GESEKAN ALIRAN DI DALAM SALURAN," *Jurnal FEMA*, vol. 1, no. 1, Januari 2013.
- [5] Hengki Purwanto, "RANCANG BANGUN WIND TUNNEL MENGGUNAKAN SMOKE GENERATOR PADA AERODINAMIKA KENDARAAN," in *Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat dan Penelitian Pranata Laboratorium Pendidikan Politeknik Negeri Jember*, Jember, 2019.
- [6] Mahesa Agni, "ANALISIS KINERJA TEROWONGAN ANGIN SUBSONIK DENGAN MENGGUNAKAN CONTRACTION CONE POLINOMIAL ORDE 5," in *e-Proceeding of Engineering Telkom University Vol 2. No 3 ISSN : 2355-9365*, Bandung, 2015, p. 7368.