

Analisis distribusi kecepatan angin sebelum dan sesudah melalui flow straightener di dalam terowongan angin

Endang Achdi¹, Toto Supriyono¹, Egiandi Purwanto²

¹Dosen Program Studi Teknik, Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pasundan

²Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pasundan

¹e_achdi@yahoo.com, ²supriyono.toto@unpas.ac.id, ³rs.guaajah@gmail.com

Corresponding author : e_achdi@yahoo.com

ABSTRAK

Penggunaan utama terowongan angin yaitu untuk menunjang penelitian tentang karakteristik aerodinamika komponen mekanikal dan performansi turbin angin. Angin dalam terowongan angin dibangkitkan oleh energi mekanik putaran fan atau blower dengan kecepatan tertentu. Putaran fan ini menyebabkan angin yang mengalir dalam terowongan angin kondisinya acak. Kondisi aliran angin acak ini dapat diatasi dengan memasang perangkat flow straightener di penampang terowongan angin. Dalam penelitian ini ukuran penampang flow straightener sama dengan ukuran penampang terowongan angin yaitu 1 x 1 m. Flow straightener yang digunakan adalah jenis vane tube flow straightener. Setiap tube yang digunakan memiliki diameter seragam yaitu sekitar 10 mm dan panjang sekitar 100 mm. Flow straightener ditempatkan di bagian ujung dekat sisi keluar terowongan angin. Penempatan flow straightener ini mempertimbangkan penggunaan terowongan angin ke depan yaitu untuk pengujian performansi model turbin angin, Pengaruh flow straightener ini terhadap karakteristik distribusi kecepatan angin dalam terowongan angin didapat dengan pengujian. Pengujian distribusi kecepatan angin di dalam terowongan angin dilakukan pada putaran fan 1028, 1285, dan 1538 rpm. Pengukuran distribusi kecepatan angin dilakukan pada penampang sebelum dan setelah melewati flow straightener. Jumlah titik pengukuran kecepatan angin pada penampang terowongan angin sebanyak 121. Kecepatan angin rata-rata pada putaran fan 1028, 1285, dan 1538 rpm sebelum melewati flow straightener adalah masing-masing sebesar 6,01, 6,78, dan 7,81 m/s, dan setelah melewati flow straightener masing-masing sebesar 4,77, 4,83, dan 6,88 m/s. Distribusi kecepatan angin setelah melewati flow straightener lebih seragam dibandingkan sebelum melewati flow straightener. Kecepatan angin sebelum dan setelah melewati flow straightener memiliki korelasi sedang.

Kata kunci: Distribusi kecepatan angin, flow straightener, kecepatan angin rata-rata, keseragaman kecepatan angin, korelasi kecepatan angin

Diterima 30 September 2023; **Dipresentasikan** 5 Oktober 2023; **Publikasi** 27 Mei 2024

PENDAHULUAN

Terowongan angin digunakan dalam berbagai bidang seperti fisika, aerodinamika, teknik, kehutanan, dan pertanian. Melalui bidang-bidang tersebut, terowongan angin memegang peranan penting dalam kehidupan umat manusia. Untuk contoh yaitu penerapan pada desain bodi mobil dan pesawat terbang diuji di dalam terowongan angin untuk mengamati gaya aerodinamika yang diterima karena aliran angin (Cattafesta *et al.*, 2010). Selain itu, terowongan angin juga mempunyai peranan yang sangat penting dalam bidang energi. Turbin angin merupakan bagian penting dalam pembangkit listrik dengan sumber energi baru terbarukan (Hemami, 2012). Penggunaan turbin angin melewati serangkaian pengujian terlebih dahulu dengan menggunakan terowongan angin untuk

mengetahui performansinya (Chong *et al.*, 2017). Sedangkan dalam skala yang lebih kecil, terowongan angin digunakan untuk mengetahui gaya angkat dan gaya hambat pada komponen airfoil.

Angin yang mengalir dalam terowongan angin digerakkan oleh fan atau blower. Garis arus aliran angin yang digerakkan oleh fan ini membentuk aliran melingkar spiral dan pusaran (Buxton *et al.*, 1995). Kondisi aliran angin untuk pengujian dalam terowongan angin agar memenuhi suatu standar atau rekomendasi yang terpercaya. Rekomendasi yang telah banyak diterapkan dalam desain terowongan angin yaitu agar kondisi aliran angin seragam (Lyu). Kondisi aliran angin yang seragam pada saat pengujian ini agar sesuai dengan perhitungan secara teoritis. Upaya yang telah banyak dilakukan untuk mengatasi kondisi angin yang

acak dan tidak merata dalam terowongan angin ini adalah menggunakan *flow straightener*. *Flow straightener* yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *vane tube*. Angin yang acak dan tidak merata distribusinya dalam terowongan angin terbagi mengalir masuk ke dalam *tube – tube* sehingga keluar dari *tube – tube* menjadi teratur dan merata.

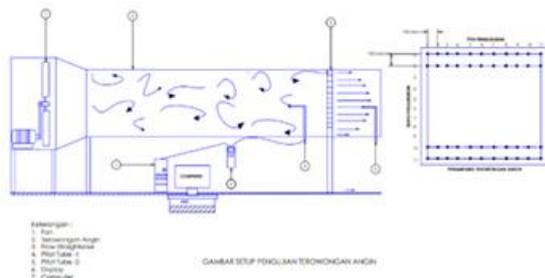
METODE

Ruang Lingkup

Lingkup kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini dibatasi pada hal - hal utama yang relevan dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun lingkup kegiatan penelitian meliputi set up pengujian, pengujian, pengolahan data, analisis, evaluasi, dan kesimpulan. Set up pengujian untuk memastikan bahwa semua peralatan yang digunakan dalam kondisi memenuhi persyaratan untuk dipergunakan dalam pengujian (pengambilan data). Pengujian yaitu pengukuran data berupa putaran fan, kecepatan angin sebelum melewati *flow straightener*, dan kecepatan angin sesudah melewati *flow straightener*. Data hasil pengujian diolah dan hasilnya ditampilkan ke dalam bentuk grafik. Selanjutnya grafik distribusi kecepatan angin ini dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya.

Pengujian

Instalasi dan peralatan yang dipergunakan dalam pengujian ini diperlihatkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Set up pengujian

Peralatan lainnya yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu terowongan angin yang diperlihatkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Foto terowongan angin

Penampang *flow straightener* diperlihatkan pada Gambar 3, di bawah ini.



Gambar 3. Penampang flow straightener

Fan yang dipergunakan untuk mengalirkan angin adalah fan aksial seperti diperlihatkan pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Fan pada terowongan angin

Pitot tube yang dipergunakan untuk mengukur kecepatan angin diperlihatkan pada Gambar 5 di bawah ini. Bagian *tube probe* ditempatkan sejajar dengan garis sumbu terowongan angin. *Pitot tube* ini telah dikalibrasi dan masih layak dipergunakan.



Gambar 5. Pitot tube yang dipergunakan

2.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian distribusi kecepatan angin sebelum dan setelah melewati terowongan angin adalah sebagai berikut:

- Mengatur putaran fan dengan cara mengubah frekuensi pada inverter.
- Mengukur distribusi kecepatan angin pada penampang terowongan angin sebelum melewati *flow straightener* menggunakan *pitot tube* statik. Pengukuran dilakukan pada 11 baris dan masing-masing baris terdiri dari 11 titik pengukuran dan jarak antar titik 10, dan datanya seperti diperlihatkan pada Tabel 1 di bawah ini. Dengan cara yang sama, mengukur distribusi kecepatan angin setelah melewati *flow straightener*, dan datanya diperlihatkan pada Tabel 2 di bawah ini. Pada setiap pengukuran, posisi bagian batang *Pitot Tube* dijaga agar sejajar garis sumbu terowongan angin.
- Langkah ke-2 di atas diulangi untuk putaran fan 1285 rpm dan datanya diperlihatkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah ini.
- Langkah 2 di atas diulangi untuk putaran fan 1538 rpm dan datanya diperlihatkan pada Tabel 5 dan Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 1. Distribusi kecepatan angin sebelum melewati flow straightener pada putaran fan 1028 rpm

Baris pengukuran	Kecepatan angin pada titik pengukuran (m/s)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2.80	4.03	3.26	3.19	5.25	4.32	3.89	3.88	3.79	3.70	2.89
2	4.18	4.36	4.84	5.65	5.31	5.49	5.05	5.28	5.02	4.78	1.88
3	4.40	3.91	4.85	4.85	5.66	5.53	6.32	5.76	5.08	5.27	2.82
4	4.84	4.34	4.69	5.33	4.69	5.42	5.66	5.86	5.42	5.83	2.66
5	5.16	6.95	3.24	5.71	5.97	6.51	6.19	6.15	4.98	5.66	3.24
6	5.80	8.51	8.05	7.48	7.40	6.84	6.83	6.45	5.72	6.48	4.42
7	6.59	8.78	8.19	7.55	7.10	6.57	6.71	5.77	5.89	6.87	5.11
8	6.32	8.72	8.34	7.47	6.68	6.21	6.38	6.45	6.36	7.48	5.87
9	7.54	8.63	8.38	7.41	6.63	6.52	7.04	6.88	7.61	7.98	5.48
10	7.00	8.02	8.58	8.40	8.52	8.46	8.22	8.39	8.32	8.33	5.94
11	4.79	5.48	6.12	6.57	7.48	7.10	7.32	7.51	7.81	6.94	4.55

Tabel 2. Distribusi kecepatan angin setelah melewati flow straightener pada putaran fan 1028 rpm

Baris pengukuran	Kecepatan angin pada titik pengukuran (m/s)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3.08	3.63	4.26	4.25	4.21	3.58	4.41	4.43	4.61	5.12	3.58
2	4.55	3.42	4.48	4.40	4.40	4.51	4.85	5.02	5.18	5.37	4.20
3	2.33	4.32	4.40	4.83	4.58	5.10	4.79	4.84	5.22	5.11	3.56
4	2.85	4.94	5.25	5.29	5.37	4.97	5.25	5.32	5.54	5.05	4.14
5	3.28	5.21	4.82	5.61	5.59	5.05	5.06	4.99	5.04	5.39	3.44
6	3.66	5.94	5.52	5.65	5.36	5.06	4.81	5.32	5.45	5.70	3.84
7	4.33	6.00	6.03	5.78	5.24	4.87	3.94	4.66	4.81	5.25	3.14
8	5.20	5.96	6.11	5.88	5.54	4.75	4.44	4.92	4.81	5.51	3.02
9	4.72	6.09	5.89	5.75	5.29	4.87	4.64	5.11	4.88	4.93	4.72
10	5.03	5.58	6.26	5.64	6.26	5.65	5.08	5.31	5.48	4.94	3.79
11	3.60	5.04	4.11	2.99	3.99	3.44	3.70	4.76	4.52	4.29	2.24

Tabel 3. Distribusi kecepatan angin sebelum melewati flow straightener pada putaran fan 1285 rpm

Baris pengukuran	Kecepatan angin pada titik pengukuran (m/s)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2.76	4.15	4.25	4.92	4.41	4.70	3.54	3.68	4.08	5.14	4.21
2	2.71	5.36	4.79	6.60	5.97	5.70	5.82	5.28	5.57	7.60	5.13
3	2.88	5.46	5.59	5.94	5.60	7.09	6.30	6.62	5.74	6.58	5.52
4	3.16	5.87	6.44	6.56	6.34	7.02	7.63	5.62	5.88	6.81	4.83
5	4.97	7.79	6.48	6.60	6.60	7.28	6.98	6.99	6.83	6.39	5.43
6	5.61	8.65	8.69	7.73	7.77	7.23	6.96	6.63	6.72	7.05	6.29
7	6.76	9.55	8.97	8.64	7.81	6.55	6.76	6.93	8.27	9.08	6.98
8	7.24	9.54	9.05	8.55	7.49	6.65	6.77	6.90	7.84	8.75	6.24
9	7.26	9.09	9.31	8.76	8.41	7.52	7.87	8.32	7.23	9.38	6.93
10	7.27	9.05	9.58	9.84	9.65	9.40	9.30	9.78	9.71	9.48	6.87
11	4.78	5.20	5.37	6.43	6.25	7.54	7.62	7.99	7.95	7.27	4.46

Tabel 4. Distribusi kecepatan angin setelah melewati flow straightener pada putaran fan 1285 rpm

Baris pengukuran	Kecepatan angin pada titik pengukuran (m/s)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	4.03	4.20	4.44	4.35	4.58	3.96	5.05	4.25	4.84	4.83	4.03
2	3.71	4.02	4.17	4.73	4.77	5.48	5.06	5.38	6.33	5.99	4.88
3	2.81	4.57	4.68	5.28	5.30	5.00	5.61	5.75	5.52	5.38	2.81
4	3.81	4.40	5.29	5.59	5.50	5.22	5.70	6.36	5.86	6.18	3.81
5	1.90	5.17	4.85	5.98	6.40	5.23	4.95	4.84	5.12	5.71	3.22
6	3.09	6.34	5.59	6.25	5.95	5.08	4.62	5.13	5.34	5.61	1.91
7	1.42	6.36	6.19	6.40	4.68	4.73	3.88	4.34	5.33	5.45	0.90
8	4.69	6.32	6.56	6.40	5.60	5.00	3.55	4.83	5.06	5.98	4.69
9	4.89	6.52	6.30	6.42	5.71	4.89	4.90	4.96	4.64	5.35	1.90
10	3.30	6.12	6.84	6.49	6.29	5.06	6.01	5.37	5.98	5.77	1.86
11	3.62	5.61	3.26	3.26	2.85	2.50	3.95	3.65	3.71	3.55	2.85

Tabel 5. Distribusi kecepatan angin sebelum melewati flow straightener pada putaran fan 1538 rpm

Baris pengukuran	Kecepatan angin pada titik pengukuran (m/s)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3.45	4.48	4.71	4.33	3.74	3.58	3.33	4.50	4.82	6.34	5.36
2	3.54	5.53	6.20	6.50	6.77	7.57	7.20	6.59	7.27	8.63	6.07
3	4.25	5.72	6.48	6.81	7.97	8.22	7.93	7.06	6.66	7.65	7.80
4	4.28	7.18	7.67	7.27	7.84	8.39	8.05	8.06	7.03	8.53	8.15
5	6.02	9.14	7.96	7.76	8.21	8.08	8.09	7.95	7.95	8.49	8.36
6	8.08	9.71	8.92	8.70	8.72	8.06	7.60	7.94	7.55	8.94	8.35
7	7.79	10.50	9.95	8.73	8.21	7.60	7.07	6.97	9.00	9.74	8.08
8	7.73	10.28	9.40	9.13	8.49	7.18	6.88	8.14	8.91	10.14	8.29
9	8.10	10.04	9.73	10.12	9.38	9.34	9.09	9.43	10.30	10.53	7.16
10	8.10	10.24	10.54	10.44	10.65	10.96	10.88	11.11	11.10	10.16	7.53
11	5.56	6.06	6.59	6.66	7.95	8.74	8.09	8.76	8.59	8.42	5.75

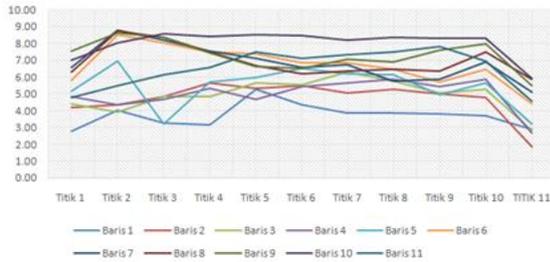
Tabel 6. Distribusi kecepatan angin setelah melewati flow straightener pada putaran fan 1538 rpm

Baris pengukuran	Kecepatan angin pada titik pengukuran (m/s)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3.91	5.22	5.99	6.50	6.19	5.56	6.51	6.85	6.32	7.43	5.30
2	5.35	5.75	6.49	6.50	6.79	7.10	7.39	6.94	7.35	7.03	5.99
3	4.63	6.41	6.45	7.21	7.12	6.88	7.53	7.67	7.77	7.32	5.60
4	4.55	6.18	6.77	7.12	7.29	7.19	7.39	7.68	7.79	7.32	5.80
5	4.88	7.48	6.32	7.94	8.12	7.65	7.48	7.61	7.53	7.95	5.40
6	5.13	8.13	7.71	7.95	7.78	7.39	7.06	7.50	7.88	7.59	5.18
7	5.99	7.82	8.31	8.21	7.40	6.99	6.59	7.24	6.75	8.26	4.67
8	6.52	8.27	8.53	7.75	8.36	7.07	6.32	7.23	6.92	7.59	4.95
9	5.84	8.33	8.24	7.98	8.12	7.18	7.26	7.33	6.80	7.32	3.56
10	7.12	9.20	9.00	8.31	8.10	6.97	8.12	8.14	8.12	7.74	4.84
11	5.37	7.54	5.98	5.49	6.00	5.70	5.89	6.00	6.49	6.49	4.28

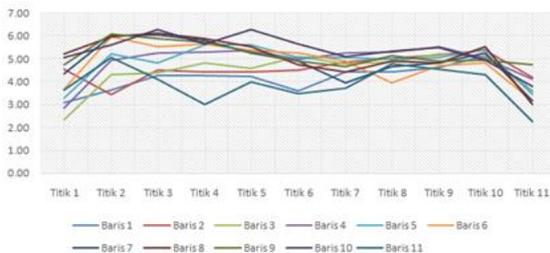
HASIL

Semua data pengujian yang diperlihatkan pada Tabel 1 s.d 6 di atas selanjutnya diolah. Hasil

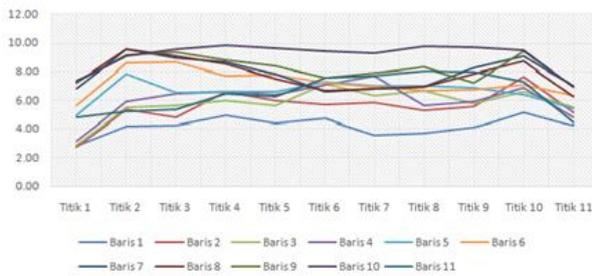
pengolahan data ditampilkan dalam bentuk grafik kecepatan angin pada setiap titik pengukuran untuk putaran fan 1028, 1285, dan 1538 rpm. Grafik distribusi kecepatan angin sebelum dan setelah melewati *flow straightener* pada putaran fan 1028, 1285, dan 1538 rpm masing-masing diperlihatkan pada Gambar 6, 7, 8, 9, 10, dan 11 di bawah ini.



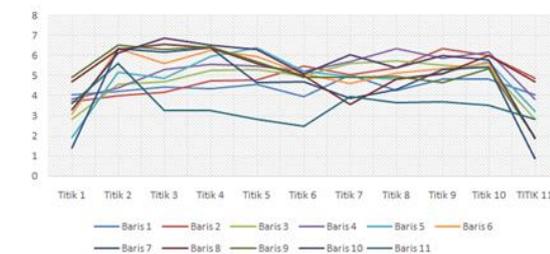
Gambar 6. Grafik distribusi kecepatan angin sebelum melewati *flow straightener* pada putaran fan 1028 rpm



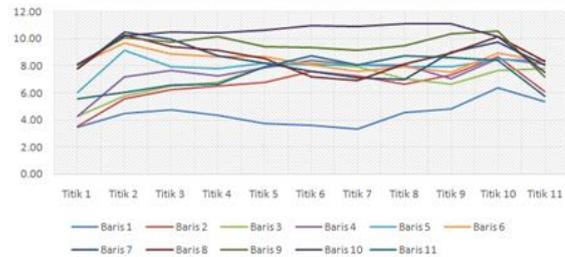
Gambar 7. Grafik distribusi kecepatan angin setelah melewati *flow straightener* pada putaran fan 1028 rpm



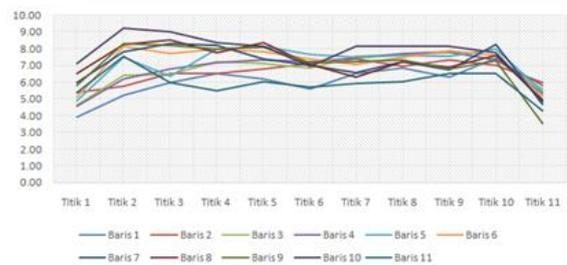
Gambar 8. Grafik distribusi kecepatan angin sebelum melewati *flow straightener* pada putaran fan 1285 rpm



Gambar 9. Grafik distribusi kecepatan angin setelah melewati *flow straightener* pada putaran fan 1285 rpm



Gambar 10. Grafik distribusi kecepatan angin sebelum melewati *flow straightener* pada putaran fan 1538 rpm



Gambar 11. Grafik distribusi kecepatan angin setelah melewati *flow straightener* pada putaran fan 1538 rpm

PEMBAHASAN

Sebagaimana dinyatakan pada bagian pendahuluan bahwa tujuan penelitian ini yaitu ingin mengetahui karakteristik distribusi kecepatan angin sebelum dan setelah melewati *flow straightener* dalam terowongan angin. Dalam penelitian ini karakteristik distribusi kecepatan angin dinyatakan dengan kecepatan rata-rata, standar deviasi, dan korelasi. Kecepatan angin rata sebelum dan setelah melewati *flow straightener* untuk putaran fan 1038 rpm adalah masing – masing sebesar 6,01 dan 4,77 m/s, untuk putaran fan 1285 rpm sebesar 6,78 dan 4,83 m/s, dan untuk putaran fan 1538 rpm sebesar 7,81 dan 6,88 m/s. Keceragaman distribusi kecepatan angin ini diketahui dengan menghitung standar deviasi. Standar deviasi distribusi kecepatan angin sebelum dan setelah melewati *flow straightener* untuk putaran fan 1038 rpm masing–masing adalah sebesar 1,58 dan 0,83, untuk putaran fan 1285 rpm sebesar 1,67 dan 1,22, dan untuk putaran fan 1538 rpm sebesar 1,80 dan 1,12. Sedangkan korelasi distribusi kecepatan angin sebelum dan setelah melewati *flow straightener*

untuk putaran fan 1038, 1285, dan 1438 rpm adalah masing-masing sebesar adalah 0,345, 0,473, dan 0,613.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil pengujian dan analisis terhadap karakteristik distribusi kecepatan angin sebelum dan setelah melewati *flow straightener* pada putaran fan 1028, 1238, dan 1328 dapat disimpulkan beberapa hal yaitu sebagai berikut :

1. Kecepatan angin rata-rata sebelum dan setelah melewati *flow straightener* meningkat dengan bertambahnya putaran fan.
1. Distribusi kecepatan angin setelah melewati *flow straightener* lebih seragam dibandingkan sebelum melewati *flow straightener*.
2. Kecepatan angin sebelum melewati *flow straightener* dengan kecepatan setelah melewati *flow straightener* memiliki korelasi sedang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan yang baik ini kami ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada ketua program studi Teknik Mesin Untag Cirebon dan Dekan Fakultas Teknik Untag Cirebon yang telah memberi ijin untuk menggunakan fasilitas terowongan angin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Benhadj, R., Quazzane, K., 2002, Flow Conditioner Design and Their Effect in Reducing Flow Metering Errors, Research Project.
- [2] Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., Bossanyi, E., Wind Energy Handbook, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, England, 2011.
- [3] Buxton, T., Fleet, T., Israil, D., Heilman, D., Humphrey, J., Mongiardo, J., 1995, The Wandering Wind Tunnel, Baberton High School, NASA.
- [4] Cattafesta, L., Bahr, C. J., Matthew, J., 2010, Fundamentals of Wind Tunnel Design, Encyclopedia Aerospace Engineering.
- [5] Chong, W. T., Muzammil, W. K., Gwani, M., Wong, K. H., Fazlizan, A., 2017,

Development and Testing of A Novel Cross Wind Turbine, AIDT Conference Proceeding, Vol. 1737, June 2017.

- [6] Davenport, Alan G., 2007, *Wind Tunnel Testing: General Outline*. Ontario. Canada. The University of Western Ontario.
- [7] Fajar, B., Kiono, 2020, Distribution of Wind Speed Before and After Through Vane Tube Type Flow Straightener, Universitas Diponegoro.
- [8] Kumar, S., 2002, *Low-Speed Wind Tunnel Testing – Third Edition*, A Wiley – MterScience Publication.
- [9] Miguel A., Gonzales, Hernandez, 2013, *Design Methodology for a Quick and Low-cost Wind tunnel*. London. United Kingdom. IntechOpen Limited.
- [10] Hemami, A., 2012, *Wind Turbine Thechnology*, Cengage Learning Series in Renewable Energies, NY, USA.
- [11] Hruz, M., Pecho, P., Bugaj, M., 2020, Design Procedure and Honeycomb Implementation To Air Transport Department's Subsonic Wind Tunnel, University of Zilina.
- [12] Kalmikov, A., 2014, *Introduction to Wind Power*, MIT Wind Energy Projects in Action (WEPA).
- [13] Kulak, M., Karczewski, M., Olasek, K., 2012, Reduction of Wind Turbulence Intensity by Installtion of Honeycomb Straightener – CFD Simulation vs Experiment, Conference XX Fluid Mechanics Conference KKMP, Poland.
- [14] Laribi, B., Wauters, P., Aichouni, M., Comparative Study of Aerodynamics Behaviour of Three Flow Conditioners, European Journal, Mech. & Env. Eng. M Vol 48 No 1.
- [15] Lyu, Z., Aerodynamic Wind Tunnel in Passenger Car Application, Volvo Car Corporation.
- [16] Maitre, T., Arnet, E., Fellone, C., 2012, *Renewable Energy*, Research Gate.
- [17] Pope, Alan., Rae, William H., Barlow Jewel, B., 1999, *Low-Speed Wind Tunnel Testing*. New York. USA. Jhon Willey & Sons, Inc.

- [18] Warrington, D. C., Lift, Drag and Wind Tunnel Testing, University of Tennessee in Chattanooga
- [19] White, Frank M., *Fluid Mechanics – Seventh Edition*. McGraw-Hill Inc.
- [20] Yang, N. K. C., 2012, Design of Wind Tunnel (Fluid Flow Analysis), Faculty of Manufacturing Engineering, Universiti Malaysia Pahang.
- [21] Yano, H., Ohyama, K., Obara, K., Ishikawa, O., 2002, Observation of The Spiral Flow and Vortex Induced by A Suction in Superfluid He, Osaka City University, Osaka, Japan
- [22] Zhao, Z., Song, W., Jin, Y., Lu, J., 2021, Effect of Rotational Speed on the Flow Characteristics in the Rotor-Stator System Cavity, Applied Science, MDPI.