



Rancang Bangun *Smoke Generator* pada Kecepatan Angin Rendah dengan *Wind Tunnel* Rangkaian Terbuka

Smoke Generator Design at low Wind Speed with Open Circuit Wind Tunnel

Arief Mukhlisin, Erwin Erwin* dan Slamet Wiyono

Lab. Rekayasa Energi Baru Terbarukan, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:
29/11/2021
Direvisi:
25/12/2021
Disetujui:
31/12/2021

Abstract

Flow Visualization is the process of making the physical flow of a fluid visible. The air fluid used is transparent, so the flow pattern must be shown by several special methods. There are three methods for visualizing flow: surface flow visualization, particle tracking method, and optical method. Turbulence is one of the most important subjects related to testing the test section in a wind tunnel, at different wind speeds turbulence levels and other flow quality parameters must be kept as close as possible to free flow conditions. The flow visualization test is carried out using a slow motion camera at speeds of 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s and 5 m/s which will form a fluid flow in the form of lines of smoke coming out of the nozzle holes inside. Test section. From the research results, conclude that the flow obtained forms a laminar flow and good suction power from various wind speed variables.

Keywords: *flow, wind speed, flow visualization, wind tunnel, test section.*

Abstrak

Visualisasi Aliran adalah proses membuat fisik aliran fluida terlihat. Fluida udara yang digunakan transparan, sehingga pola alirannya harus ditampakkan dengan beberapa metode khusus. Terdapat tiga metode untuk memvisualisasikan aliran: visualisasi aliran permukaan, metode pelacak partikel, dan metode optik. Turbulensi adalah salah satu subjek yang paling penting berkaitan dengan pengujian pada *test section dalam* sebuah *wind tunnel*, pada kecepatan angin yang berbeda-beda tingkat turbulensi dan parameter kualitas aliran lainnya harus dijaga kondisinya semirip mungkin dengan kondisi aliran bebas. Pengujian *visualisasi* aliran dilakukan menggunakan bantuan *slowmotion camera* di kecepatan 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s yang akan membentuk aliran fluida yang berupa garis-garis dari *smoke* yang keluar dari lubang-lubang *nozzle* di dalam *test section*. Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa aliran yang didapatkan membentuk aliran yang laminar dan daya hisap yang bagus dari berbagai variabel kecepatan angin.

Kata kunci: aliran, kecepatan angin, *visualisasi* aliran, *wind tunnel*, *test section*.

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 821 8253 5758
email : erwin@untirta.ac.id



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Visualisasi Aliran adalah proses membuat fisik aliran fluida terlihat. Kebanyakan fluida (udara, air, dll.) Bersifat transparan, sehingga pola alirannya tidak terlihat oleh kita tanpa beberapa metode khusus untuk membuatnya terlihat. Aliran dapat divisualisasikan dengan tiga metode: yaitu *visualisasi* aliran permukaan, metode pelacak partikel, dan metode optik (Fahmi dan Wailanduw, 2019).

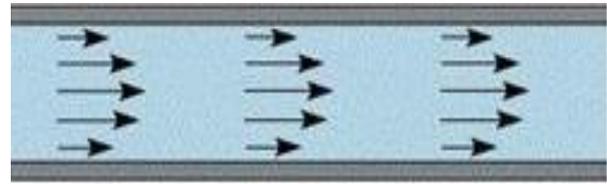
Mekanika fluida merupakan cabang dari mekanika terapan yang berkenaan dengan tingkah laku fluida dalam keadaan diam dan bergerak. Fluida merupakan zat-zat yang mampu mengalir dan menyesuaikan diri dengan bentuk wadahnya. Fluida dapat digolongkan ke dalam cairan dan gas. Perbedaan-perbedaan utama diantara keduanya, yaitu: cairan bersifat inkompresibel, dan gas bersifat kompresibel, cairan mengisi volume tertentu, sedangkan gas dengan massa tertentu mengembang sampai mengisi seluruh bagian wadahnya (Putranto, 2019).

Wind tunnel adalah alat penelitian yang dikembangkan untuk membantu mempelajari pengaruh udara yang bergerak diatas atau dibawah sekitar benda padat, karena udaranya transparan maka sulit untuk secara langsung mengamati pergerakan udara itu sendiri, dengan demikian partikel asap atau kabut halus buatan digunakan ke dalam *wind tunnel* tepat didepan benda yang akan diuji guna menunjukkan pergerakan aliran fluida yang berada di sekitar daerah benda uji (Rey, dkk., 2020).

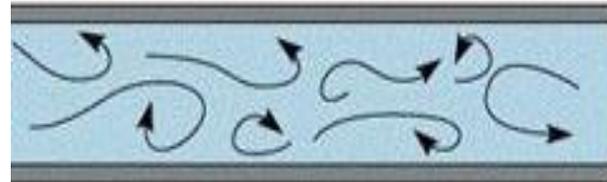
Aliran fluida dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Aliran laminar adalah aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, atau laminar-laminar dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Dalam aliran laminar ini *viskositas* berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan *relative* antara lapisan (lihat pada Gambar 1(a)).
- Aliran turbulen adalah aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian

fluida yang lain dalam skala besar (lihat pada Gambar 1(b)).



Gambar (a) *Laminar*



Gambar (b) *Turbulent*

Gambar 1. Bentuk-bentuk aliran

Reynold number (Re) atau bilangan Reynold adalah suatu bilangan tanpa dimensi yang menganalisa gaya inersia Fluida. Jenis aliran Fluida dan gaya gesekan yang terjadi dengan permukaannya akan menentukan Bilangan Reynold. Untuk membedakan antara aliran laminar, transisi, dan turbulen maka digunakan bilangan Reynolds, yang merupakan perbandingan antara gaya inersia dengan gaya viskos (Erlangga, 2017).

$$N_{re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \quad (1)$$

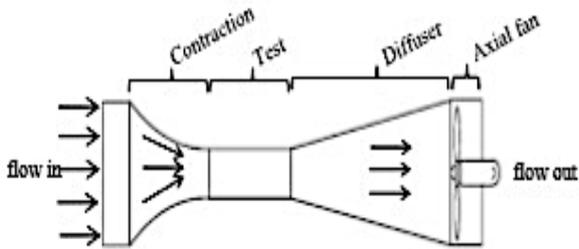
Dimana:

- V = kecepatan (rata-rata) fluida yang mengalir (m/s)
- D = diameter dalam pipa (m)
- ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)
- μ = viskositas dinamik fluida ($\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$) atau ($\text{N}\cdot\text{det}/\text{m}^2$)

Dilihat dari kecepatan aliran, menurut hukum *Reynolds* diasumsikan laminar bila aliran tersebut memiliki Re kurang dari 2300, untuk aliran transisi berda pada bilangan Re 2300 dan 4000 bisa juga sebagai bilangan reynolds kritis, sedangkan aliran turbulen mempunyai bilangan Re lebih dari 4000 (Jalaluddin, dkk., 2019).

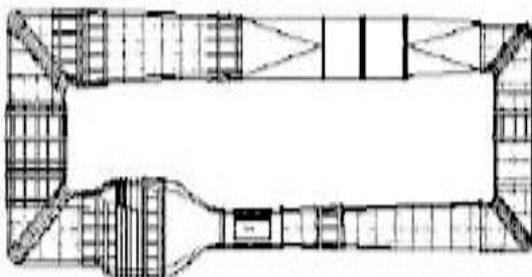
Ada 2 (dua) jenis bentuk dari *wind tunnel* yaitu *wind tunnel* rangkaian terbuka (*open circuit tunnel*) dan *wind tunnel* rangkaian tertutup (*closed circuit tunnel*) (Purwanto, dkk., 2019).

Wind tunnel (lihat Gambar 2) rangkaian terbuka merupakan rangkaian yang di desain ketika udara masuk ke dalam melalui *contraction* akan langsung di buang melalui *diffuser* (Handayani, 2014).



Gambar 2. *Wind tunnel* rangkaian terbuka

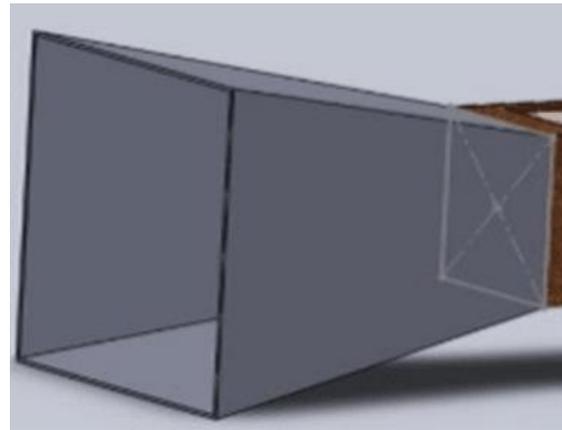
Wind tunnel rangkaian terbuka merupakan rangkaian yang didesain ketika udara keluar melalui *diffuser* akan masuk kembali ke *contraction* sehingga tidak ada gangguan udara dari luar *wind tunnel* (lihat Gambar 3).



Gambar 3. *Wind tunnel* rangkaian tertutup

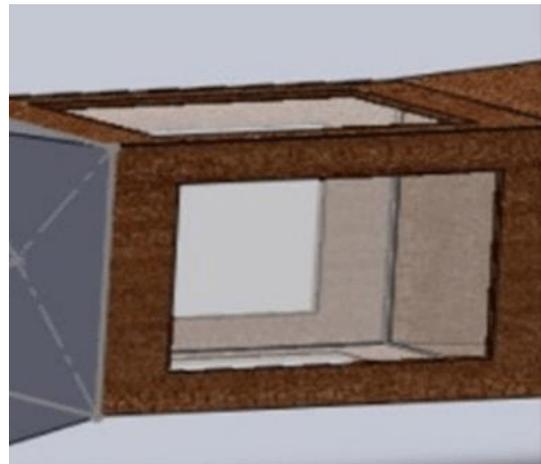
Terowongan angin sirkuit terbuka memiliki beberapa bagian yaitu: *Honeycombs*, *contraction*, *test section* dan *diffuser*. Dengan tipe seksi uji terbuka maka angin akan lebih leluasa untuk bergerak disekitar model uji. Pertimbangan kedua, biaya yang diperlukan untuk pengembangan terowongan angin tipe terbuka lebih murah dibandingkan dengan tipe tertutup (Handayani, 2014).

Diffuser merupakan ruang yang memiliki luas penampang yang paling lebar (lihat Gambar 4). *Diffuser* berfungsi sebagai komponen yang menyebabkan kenaikan tekanan pada udara. sesuai dengan Prinsip Bernoulli menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, Peningkatan kecepatan pada fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut, atau sebaliknya.



Gambar 4. *Diffuser*

Test section adalah bagian dari *wind tunnel* yang digunakan untuk meletakkan model yang akan diuji (lihat Gambar 5). Bagian *test section* harus cukup panjang dengan tujuan meredam gangguan aliran. *Test section* biasanya dibuat dari bahan bening seperti kaca atau akrilik dengan tujuan memperlihatkan benda uji atau model di dalam *test section*.



Gambar 5. *Test section*



Gambar 6. *Contraction*

Contraction adalah ruang yang memiliki luas perlahan-lahan mengecil (lihat Gambar 6). *Contraction* memiliki fungsi yang berlawanan dari *diffuser*. *Contraction* merupakan komponen yang dapat menyebabkan kenaikan kecepatan udara dan penurunan tekanan udara.

Angin adalah udara yang bergerak akibat rotasi bumi dan perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah. Faktor terjadinya angin adalah tekanan angin, kecepatan angin dan waktu terjadinya pergerakan angin (Aryabathi, dkk., 2021). Efek aliran yang dihasilkan dari pergerakan angin (*fluida*) adalah aliran Laminar dan Turbulen.

Adapun karakteristik dari angin, yaitu angin yang sering berubah-ubah, sering terjadinya turbulensi, kecepatan bertambah terhadap ketinggian (energi sebanding dengan pangkat tiga kelipatan), Potensi aktual ditentukan oleh distribusi kecepatan angin (*topografi*) lokasi. Sedangkan kecepatan angin di daerah Cilegon, yaitu: 2 m/s - 8 m/s (Sutanto, 2019).

Adapun manfaat dari visualisasi aliran fluida ini yakni untuk mengetahui bentuk aliran fluida sesungguhnya di kehidupan nyata seperti bentuk aliran udara saat menabrak sebuah gedung, sayap pesawat, bola yang dilempar, pengujian mobil dan lain sebagainya.

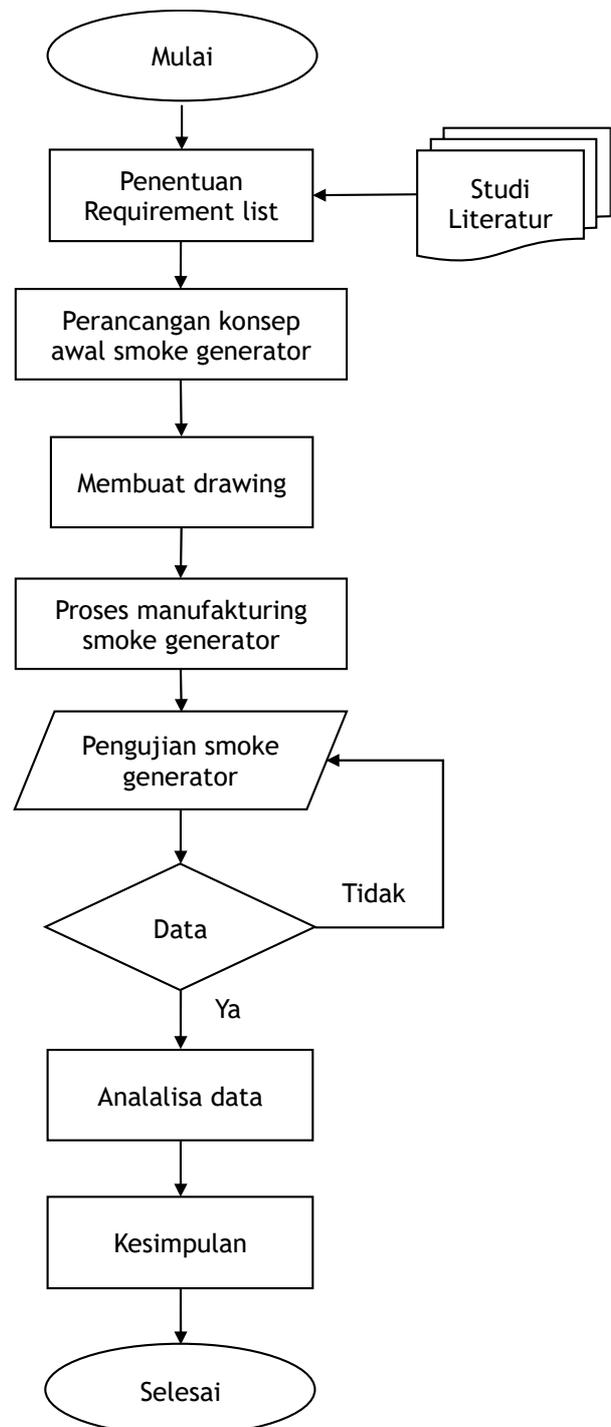
Rancang bangun *smoke generator* pada kecepatan angin rendah dengan *wind tunnel* rangkaian terbuka ini bertujuan agar dapat menghasilkan *smoke* yang tebal dan ramah lingkungan menggunakan *liquid glycerin* yang dicampur dengan *baby oil*, mengetahui jenis aliran yang terjadi di dalam *test section* 50 x 50 cm pada kecepatan yang berbeda-beda.

2. METODOLOGI

Adapun metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan berjenis pengujian produk. Pada pengujian produk ini dilakukan di dalam Lab. EBT (Energi Baru Terbarukan) Fakultas Teknik Universitas Sultan Agung Tirtayasa pada *wind tunnel*, pengujian produk ini dilakukan agar mendapatkan hasil yang sempurna guna dijadikan referensi penelitian berikutnya di lab EBT. Data yang di peroleh merupakan potret bentuk aliran

di dalam *wind tunnel* untuk di beberapa kecepatan tertentu. Pada proses manufaktur, dan pengujian produk ini, penelitian dilakukan pada tanggal 15 Juni 2021 s.d 12 November 2021.

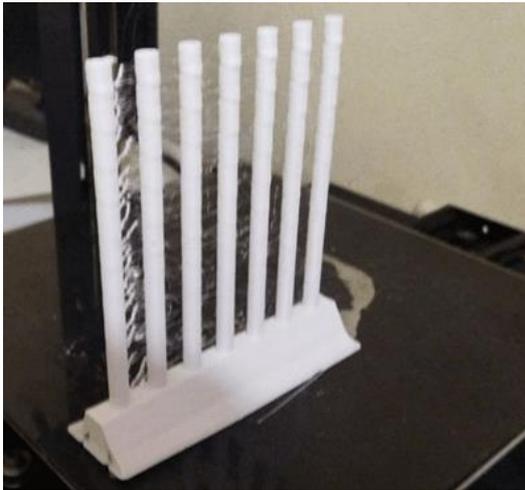
Adapun tahapan penelitian ini tergambar dalam diagram alir rancang bangun simulasi aliran fluida dengan *smoke*, seperti Gambar 7.



Gambar 7. Diagram alir simulasi aliran fluida

Sebelum dilakukan pembuatan alat, diperlukan rancangan alat. Dalam proses merancang *Smoke generator* guna menghasilkan desain yang optimal, maka dilakukan simulasi aliran fluida di dalam *wind tunnel* menggunakan *system nozzle*.

Nozzle smoke generator terbuat dari bahan PLA menggunakan *3D printing* yang berfungsi sebagai tempat keluarnya *smoke* di dalam *test section* untuk melihat bentuk aliran-aliran di dalamnya seperti yang terlihat pada [Gambar 8](#).



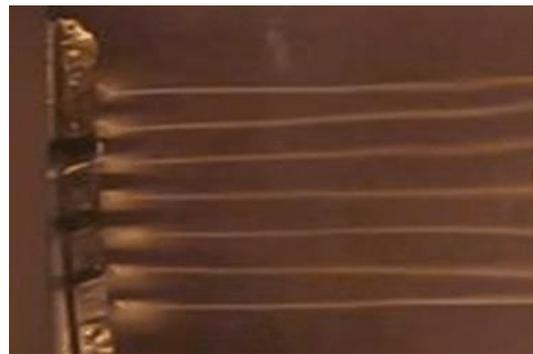
Gambar 8. Nozzel smoke generator

Metode percobaan alat yang dilakukan adalah dengan cara melihat kehalusan dari asap yang terbentuk secara linear. Dari asap yang tegak lurus dapat di ambil sesuai kesimpulan secara objektif. Asap yang tegak lurus di pengaruhi oleh kecepatan angin, dari kegiatan percobaan ini perlu adanya SOP (*Standard Operating Procedure*) sehingga terlaksana secara literatur, berikut SOP dari penelitian yang dilakukan:

- 1) Persiapkan alat dan bahan
- 2) Mengatur posisi benda uji sesuai yang di ingin kan
- 3) Mengatur kecepatan angin di inverter
- 4) Menyalakan motor listrik pada *wind tunnel*
- 5) Menghidupkan lampu penerangan didalam *test section*
- 6) Membersihkan lubang *nozzle*
- 7) Meneteskan *liquid* ke koil didalam tangki *smoke generator*
- 8) Menyalakan *smoke generator*
- 9) Mengambil rekaman video
- 10) Ulangi poin 6 hingga 9 setiap ingin melakukan pengambilan rekaman video

- 11) Matikan motor listrik dan lampu
- 12) Rapihkan kembali alat dan bahan

Sistem *foging* digunakan untuk media visualisasi dalam melihat aliran di dalam *wind tunnel* ([Hermawan, dkk., 2020](#)). asap yang disimpan didalam suatu wadah tahan panas dan tertutup yang dihubungkan dengan *wind tunnel* pada bagian *test section* menggunakan pipa yang diberikan *nozzle*, kemudian asap akan naik ke permukaan atas karena adanya tekanan udara dari dalam *wind tunnel* yang menarik asap keatas sehingga asap keluar dari lubang-lubang *nozzel* sehingga membenntuk garis-garis seperti aliran fluida udara didalam *wind tunnel* yang dapat dilihat oleh mata baik membentuk aliran turbulen maupun aliran yang laminar. Kemudian merekam bentuk aliran tersebut menggunakan kamera untuk dilihat dan di analisa seperti yang terlihat pada [Gambar 9](#).



Gambar 9. Data hasil rekaman

Dengan menggunakan campuran *liquid glycerin* dan *baby oil* yang di teteskan pada kumparan kawat yang dilapisi kawat sehingga terciptanya *smoke* yang tebal, tidak beracun dan tidak merusak lingkungan, sehingga penelitian ini menggunakan *glycerin* dan *baby oil* sebagai bahan *liquid* pembuatan *smoke* pada sistem *foging*.

Pengambilan data simulasi aliran fluida di lakukan menggunakan *wind tunnel* pada tanggal 15 Juni 2021 pada pukul (20:00 WIB di dalam Lab EBT (Energi Baru Terbarukan) Fakultas Teknik Universitas Sultan Agung Tirtayasa). Pada waktu yang sama untuk 5 kecepatan yang berbeda-beda (1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s). dengan menggunakan kamera yang memiliki kuatitas super *slowmotion* (lihat [Gambar 10](#)) agar bentuk aliran dari *smoke* dapat dilihat di dalam kecepatan tinggi sekalipun.



Gambar 10. Camera high speed

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan alat *wind tunnel* kecepatan rendah dengan sistem terbuka seperti yang terlihat pada Gambar 11, mekanisme dari *wind tunnel* adalah udara yang di tarik oleh fan masuk melalui *contraction* melewati *test section* dan keluar melalui *difusser* kemudian *smoke* yang di alirkan melalui pipa berdiameter $\frac{1}{2}$ inch menuju *nozzle* yang berada didalam *test section*, di bagian depan *wind tunnel* tersebut terdapat *honeycomb* yang didesain seperti sarang lebah yang berfungsi sebagai penyearah aliran agar aliran yang terbentuk menjadi laminar, dan juga di dalam *test section* terdapat lampu penerang yang di desain agar mampu melihat bentuk-bentuk aliran yg terbentuk dari *smoke* dapat terlihat jelas dialam kamera.



Gambar 11. Wind tunnel rangkaian terbuka

Adapun data kecepatan yang dimiliki *wind tunnel* adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kecepatan angin dan frekuensi inverter

No	Kecepatan Angin	Frekuensi Inverter
1.	0,5 m/s	5,60 Hz
2.	1 m/s	8,43 Hz
3.	1,5 m/s	11,54 Hz
4.	2 m/s	15,55 Hz
5.	2,5 m/s	19,10 Hz
6.	3 m/s	23,55 Hz
7.	3,5 m/s	27,20 Hz
8.	4 m/s	31,57 Hz
9.	4,5 m/s	35,65 Hz
10.	5 m/s	41,20 Hz
11.	5,5 m/s	45,03 Hz

Tabel 1 menampilkan spesifikasi kecepatan dari *wind tunnel* yang di uji menggunakan *Testo 405i smartprobes*, yang di ambil pada penelitian sebelumnya dan di jadikan sebagai acuan pada *wind tunnel*.

Data visualisasi aliran yang di peroleh adalah dalam bentuk gambar yang di ambil pada saat *smoke* keluar dari lubang- lubang *nozzle* yang di rekam menggunakan kamera.

Setelah melakukan pengujian visualisasi aliran menggunakan bantuan *slowmotion camera* di kecepatan 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s. Dari pengujian tersebut diperoleh data berupa, kecepatan angin *wind tunnel* dan hasil rekaman *camera*, bentuk aliran fluida yang di dapat membentuk garis-garis dari *smoke* yang keluar dari lubang-lubang *nozzle* di dalam *test section* yang dapat dilihat pada Tabel 2.

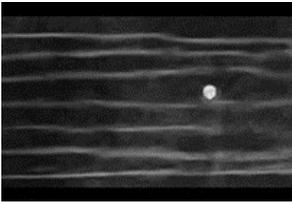
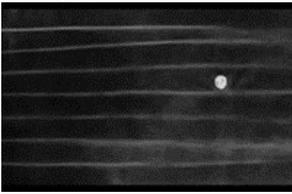
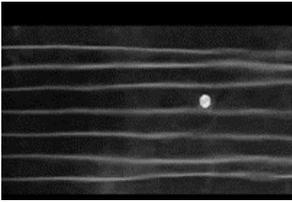
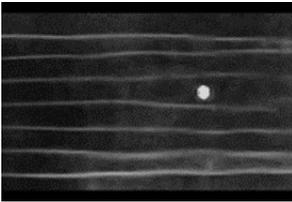
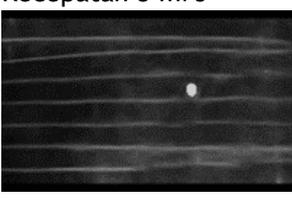
Dari hasil pengambilan data visualisasi aliran fluida seperti pada Tabel 2, dapat dianalisa, yakni:

- 1) Kecepatan angin 1 m/s aliran *smoke* yang keluar membentuk aliran yang laminar dan daya hisap yang bagus pada frekuensi 8,43Hz.
- 2) Kecepatan angin 2 m/s aliran *smoke* yang keluar membentuk aliran yang laminar dan daya hisap yang bagus pada frekuensi 15,55 Hz.
- 3) Kecepatan angin 3 m/s aliran *smoke* yang keluar membentuk aliran yang laminar dan

daya hisap yang bagus pada frekuensi 23,55 Hz.

- 4) Kecepatan angin 4 m/s aliran *smoke* yang keluar membentuk aliran yang laminar dan daya hisap yang bagus pada frekuensi 31,57 Hz.
- 5) Kecepatan angin 5 m/s aliran *smoke* yang keluar membentuk aliran yang laminar dan daya hisap yang bagus pada frekuensi 41,20 Hz.

Tabel 2. Hasil visualisasi aliran fluida

No	Hasil Rekaman	Keterangan
1.	Kecepatan 1 m/s 	
2.	Kecepatan 2 m/s 	
3.	Kecepatan 3 m/s 	Dari kecepatan 1m/s hingga 5m/s Smoke yang di hasilkan tebal, Dan bentuk aliran laminar
4.	Kecepatan 4 m/s 	
5.	Kecepatan 5 m/s 	

Posisi peletakan *wind tunnel* yang diletakan berada di dalam ruangan, sehingga udara yang masuk terhalang oleh dinding sehingga udara yang masuk menjadi tidak maksimal, bentuk aliran yg berubah ubah tetapi aliran yang dihasilkan laminar karena kecepatan udara yang tinggi berada pada 8,43Hz - 41,30 Hz.

4. SIMPULAN

Berdasarkan eksperimen dan analisa yang telah dilakukan, dapat peneliti simpulkan bahwa pada semua kecepatan aliran yang terbentuk sama pada kecepatan angin 1m/s 2m/s, 3m/s, 4m/s dan 5m/s, akan tetapi daya hisap pada 1 m/s dan 2m/s masih kurang bagus hal ini dikarenakan posisi peletakan *wind tunnel* yang berada di dalam ruangan tertutup sehingga sirkulasi udara yang dihisap kurang bagus.

Setelah di lakukan perbandingan data bentuk aliran yang terjadi diberbagai kecepatan yang berbeda, untuk kecepatan yang di rekomendasikan untuk penelitian selanjutnya berada di kecepatan 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s. juga dapat dilakukan di tempat yang tidak tertutup. *wind tunnel* yang dibuat merupakan rangkaian terbuka dengan kecepatan angin maximal 5,5 Hz.

DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, S.U., 2014. Pengembangan dan Analisa Keseragaman Aliran Terowongan Angin Tipe Terbuka Sebagai Sarana Pengujian Aerodinamika. *Prosiding PNES II 2014*, hal .A-309.
- Fahmi, W. dan Wailanduw, A.G., 2019. Visualisasi Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Leading Edge Terhadap Karakteristik Aerodinamika Kendaraan Bus. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 8(3). hal. 81-89.
- Jalaluddin, J., Akmal, S., Nasrul, Z.A. dan Ishak, I., 2019. Analisa Profil Aliran Fluida Cair Dan Pressure Drop Pada Pipa L Menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), pp.97-108.
- Putranto B.T., 2019. Pengaruh Variasi Sudut Pitch Terhadap Performansi Turbin Angin Sumbu Vertical Poros Ganda Hybrid Darrieus-Savonius. Skripsi. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. [Cetak].

- Aryabathi, W., Erwin, E. dan Wiyono, S., 2021. Potensi Energi Angin pada Sisi Siku Atap Gedung Tinggi. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, hal. 205-214.
- Purwanto, H., Andary, S.R. dan Hartono, H., 2019. Rancang Bangun Wind Tunnel Menggunakan Smoke Generator Pada Aerodinamika Kendaraan. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat dan Penelitian Pranata Laboratorium Pendidikan*. Politeknik Negeri Jember.
- Hermawan, R., Aziz, A. dan Rey, P.D., 2020. Investigasi Parameter Kinerja Alat Uji Open Circuit Wind Tunnel Tipe Subsonic. *Baut dan Manufaktur*, 2(02), hal. 15-22.
- Rey, P.D., Aziz, A., Hermawan, D. dan Nurkhozin, M.F., 2020. Desain Dan Rancang Bangun Alat Uji "Open Circuit Wind Tunnel Tipe Subsonic". *Kocenin Serial Konferensi (E)*, 1(1), hal. 2-6.
- Sutanto, H., 2019. Uji Performa Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Sultan Wind Turbine V. 4.5 *Doctoral Dissertation*, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Erlangga, G. P., 2017. Studi Eksperimental Karakteristik Aerodinamik Airfoil Naca 4412 Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara. *Doctoral Dissertation*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.