RANCANG BANGUN TEROWONGAN ANGIN SISTEM TERBUKA PADA KECEPATAN ANGIN 3 m/detik

Meitri Nelta[1], Awaludin Martin[2]
Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km.12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293
[1]meitrinelta@gmail.com, [2]awaludinmartin01@gmail.com

ABSTRACT

This research was conducted to design wind tunnels that will later be used to support research burning peat soil. Wind tunnel is a subsonic type open system wind tunnel. Wind tunnel made in this study consist of several parts namely, honey comb, settling chamber, contraction, test chamber and diffuser. Size cross section testing chamber is 19.8 cm x 19.8 cm with a length of 39.6 cm. The size of the wind tunnels is adjusted to the wind speed at Riau area which is equal to 3 m/s. In testing it is seen a phenomenon wind flow that occurs and also determines the wind speed of testing chamber. At wind speeds of 3 m/s the flow phenomenon that occurs is flow laminar and speed of wind flow rate at testing chamber at 1.7 m/s.

Keywords: wind velocity, open system wind tunnel

1. Pendahuluan

Nurkholis dkk [1] telah melakukan *study* kasus mengenai kebakaran hutan dan lahan terutama pada lahan gambut sering dialami Indonesia. Sepuluh tahun terakhir, Indonesia menempati urutan ketiga dunia dalam hal pencemaran udara akibat pembakaran hutan, dimana sebelumnya menempati urutan ke-25. Menurut United Nations Environment Programme (UNEP) posisi pertama dan kedua ditempati Brasil dan Kongo. Indonesia mengalami deforestasi dengan jumlah penyusutan hutan mencapai 1,1 juta ha (2% per tahun) dari luas total 130 juta ha akibat kebakaran hutan.

Menurut Kepala BNPB [2], kebakaran hutan dan lahan gambut di Indonesia penyebabnya 99% ulah manusia dan 1% nya adalah alam. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian bagi akademisi mengenai kebakaran hutan dan lahan gambut dan juga analisis mengenai faktor-faktor penyebab kebakaran hutan dan lahan gambut. Penyebab dari ulah manusia antara lain tidak sengaja buang puntung rokok atau membakar sampah, disengaja karena ingin membuka lahan baru dan disengaja karena dibayar.

Salah satu cara mengetahui faktor penyebab kebakaran hutan dan lahan gambut adalah dengan melakukan penelitian tentang pengaruh laju aliran udara pada pembakaran tanah gambut. Dalam melakukan penelitian ini dibutuhkan sebuah alat, yaitu terowongan angin atau *wind tunnel*.

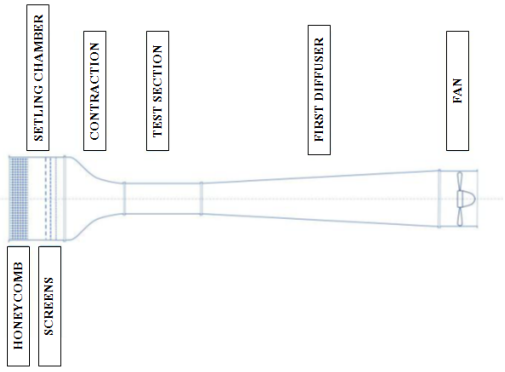
Menurut M. Agni dkk [3], terowongan angin adalah alat yang digunakan dalam penelitian aerodinamika untuk mempelajari karakteristik aliran udara. Terowongan angin digunakan untuk mensimulasikan keadaan sebenarnya pada suatu benda yang berada dalam pengaruh gaya-gaya aerodinamika dalam bidang aeronautika, untuk menganalisis kinerja mekanika terbang (flight mechanic) dari suatu benda terbang (aerial vehicle). Namun saat ini, ketidaktersediaan alat dan harga yang mahal menyebabkan penelitian tersebut terhambat. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk membuat rancang bangun terowongan angin sistem terbuka dengan biaya yang murah.

Tujuan dari perancangan ini yaitu untuk merancang terowongan angin yang sesuai dengan kecepatan angin di Riau yang nantinya dapat membantu dan mengetahui penyebab kebakaran tanah gambut di Riau.

2. Metode

Terowongan angin yang akan dibuat yaitu terowongan angin sistem terbuka tipe subsonik. Dalam paragraf ini dijelaskan kriteria dari perancangan terowongan angin sistem terbuka [4]. Terowongan angin sistem terbuka terdiri dari komponen utama (dapat dilihat pada Gambar 1) yaitu.

1. *Honey Comb*
2. *Settling Chamber*
3. *Contraction*
4. *Test Chamber*
5. *Diffuser*
6. *Fan*



Gambar 1 Terowongan Angin Sistem Terbuka [4]

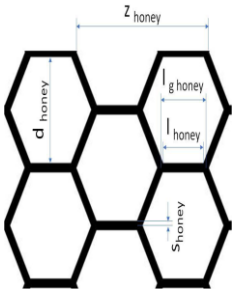
Dalam perancangan terowongan angin sistem terbuka, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan batas kecepatan angin maksimal. Untuk menentukan batas kecepatan angin, penulis melakukan pengambilan data kecepatan angin untuk daerah Riau. Menurut BMKG [6], kecepatan rata-rata angin yang sering terjadi dari tahun 2011-2015 yaitu berkisar 2,9 m/s - 5,9 m/s. Sehingga penulis mengambil kecepatan angin untuk perancangan terowongan angin sistem terbuka ini yaitu 3 m/s.

1. *Settling chamber*

Pada *settling chamber*, data angin yang telah didapat digunakan untuk menentukan dimensi *settling chamber*, kemudian dapat ditentukan rancangan untuk komponen lain.

2. *Honey Comb*

Honey comb berbentuk sarang lebah dan bersaluran lurus, selain berbentuk persegi enam *honey comb* juga dapat berbentuk lingkaran [Gambar 2a, 2b].



Gambar 2a Struktur *Honey Comb* Berbentuk Persegi Enam [4]

Gambar 2b Struktur *Honey Comb* Berbentuk Lingkaran

Untuk dimensi panjang *honey comb* harus dalam range 6-8 dari besar diameter *honey comb cell*. Menurut Bell dan Metha [7], ukuran panjang setidaknya 6 kali dari besar *honey comb cell*. Dapat dilihat pada persamaan 1.

$$6 \leq \frac{L_{Honey}}{D_{h\,Honey}} \leq 8 \qquad (1)$$

L_{Honey} = Panjang *Honey Comb*

$D_{h\,Honey}$ = Diameter *Honey Comb*

3. *Contraction*

Dimensi pada *contraction* memiliki ukuran rasio luas area penampang besar dan kecil adalah 6-10. Rasio yang disarankan untuk desain untuk skala kecil adalah 7 [4]. Berikut adalah skema contraction yang ditampilkan pada Gambar 3.

$$A_B = 7 \times A_K \qquad (2)$$

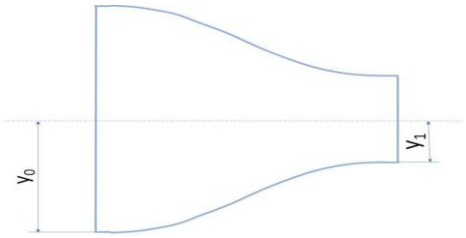
A_B = Luas Penampang Besar *Contraction*

A_K = Luas Penampang Kecil *Contraction*

Untuk panjang *contraction* ditentukan menggunakan rumus : [4]

$$\frac{L_{Contraction}}{2y_0} \cong 1 \qquad (3)$$

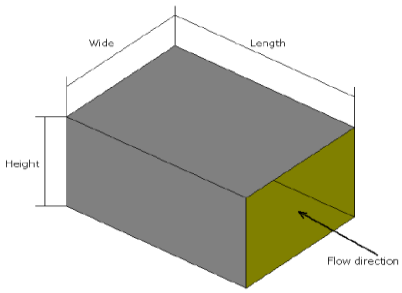
$L_{Contraction}$ = Panjang *Contraction*



Gambar 3 *Skema Contraction* [4]

4. *Test Chamber*

Test chamber adalah bagian dari terowongan angin untuk meletakkan model yang akan diuji yang ditampilkan dalam Gambar 4.



Gambar 4 *Testing Chamber* [5]

Untuk menentukan dimensi *test chamber* diawali dari penentuan ukuran dan bentuk penampangnya sendiri. Dalam menentukan dimensi *test chamber* dicari nilai diameter hidrolik penampang itu sendiri. Diameter hidrolik diumpamakan penampang yang tidak lingkaran menjadi seperti lingkaran [4].

$$D_H = \frac{4A}{P} \qquad (4)$$

A = Luas Penampang

P = Keliling Ruang

D_H = Diameter Hidrolik

$$L_{test\ chamber} = 2 \text{ x } D_H \qquad (5)$$

$L_{test\ chamber}$ = Panjang *Test Chamber*

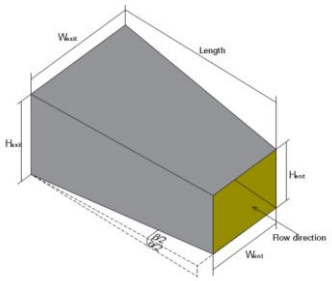
5. *Diffuser*

Dimensi *diffuser* memiliki rasio penampang kecil dan besar antara 2 hingga 3 [4].

$$2 \leq \left\{Rasio = \frac{A_B}{A_K}\right\} \leq 3 \qquad (6)$$

A_B = Luas Penampang Besar *Diffuser*
A_K = Luas Penampang Kecil *Diffuser*

Menentukan panjang diffuser dengan cara menentukan sudut yang terbentuk dari perbedaan luas penampang namun bedara pada posisi garis tengah yang sama. Besar sudut yang terbentuk yang disarankan sebesar 4 derajat agar panjang yang didapatkan ideal [4]. Diffuser dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 *Diffuser* [5]

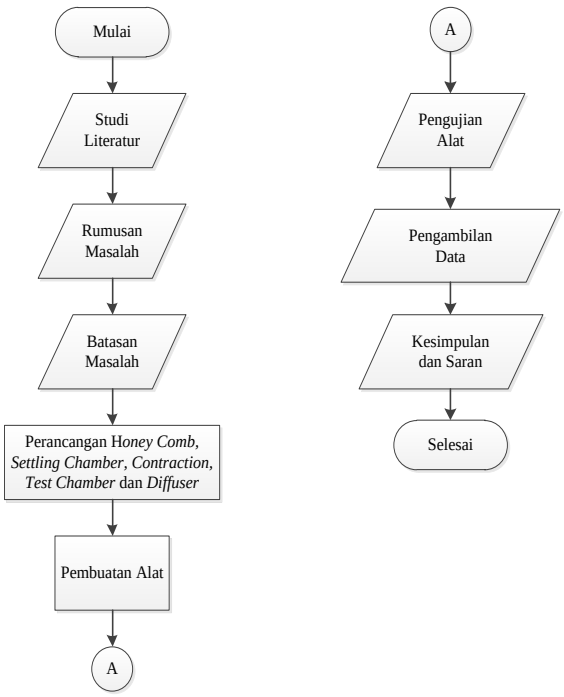
6. *Fan*

Fan adalah bagian utama penghasil udara. Untuk dapat menggerakan *fan* maka dibutuhkan suatu penggerak *fan. Fan* dihubungkan dengan poros motor penggerak supaya *fan* dapat berputar dan menghasilkan udara.

Setelah semua komponen dirancang, selanjutnya dilakukan pomodelan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Autodesk Inventor.

2.1 Perancangan Terowongan Angin

Adapun diagram alir perancangan terowongan angin sistem terbuka ini dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Diagram Alir Perancangan

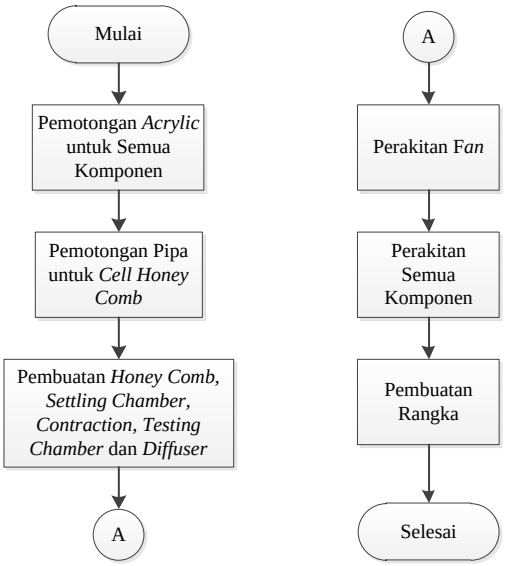
2.2 Pembuatan Terowongan Angin

Pembuatan terowongan angin dilakukan bertahap. Dimulai dengan pembuatan *honey comb, settling chamber, contraction, testi chamber, diffuser* dan pemasangan *fan*. Adapun bahan yang diperlukan dalam pembuatan terowongan angin sistem terbuka dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Bahan-bahan Pembuatan Terowongan Angin

No.	Bahan	Spesifikasi	Keterangan
1	*Acrylic*	244 cm x 122 cm x 3 mm	1 ¾ lembar
2	Lem *Acrylic*		2 botol
3	Pipa 1 inci		9 batang
4	Lem Pipa		3 botol
5	Besi Holow	30 mm x 30 mm x 1,4 mm	2 batang
		30 mm x 15 mm x 1,4 mm	2 batang
6	*Fan*	Dia. 30 cm	1 unit
7	Kabel		3 meter
8	Dimmer Lampu		1 buah
9	Kapasitor		1 buah
10	Lakban		3 buah

Proses pembuatan terowongan angin sistem terbuka dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin, Universitas Riau. Adapun diagram alir proses pembuatan terowongan angin sistem terbuka ini dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Diagram Alir Pembuatan

Pembuatan terowongan angin dimulai dengan memotong *acrylic* dengan pisau *acrylic* untuk

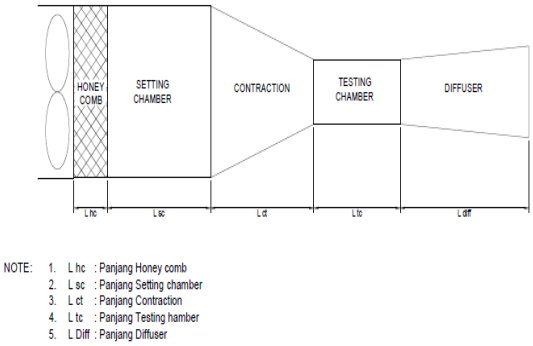
membuat *honey comb, settling chamber, contraction, testing chamber* dan *diffuser*. Kemudian dilanjutkan dengan pengeleman masing-masing komponen. Proses selanjunya yaitu pemotongan pipa untuk *cell honey comb*. Setelah itu merakit *fan*, kemudian menentukan variasi kecepatan angin dengan anemometer sehingga didapatkan laju kecepatan angin sesuai angin di daerah Riau. Setelah semua komponen selesai dikerjakan, seluruh komponen dirakit lalu dibuatkan rangkan dan siap untuk dilakukan pengujian dan pengambilan data.

2.3 Pengujian Terowongan Angin

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan terowongan angin sistem terbuka, hal terakhir yang dilakukan adalah pengujian. Pengujian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin, Universitas Riau. Pengujian ini dilakukan untuk melihat fenomena jenis aliran angin dan juga untuk mengetahui kecepatan angin pada *testing chamber*.

3. Hasil

Berikut ini adalah hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian terowongan angin sistem terbuka yang telah dilakukan. Skema terowongan angin sistem tebuka dapat dilihat pada gambar 8.



NOTE:
1. L hc : Panjang Honey comb
2. L sc : Panjang Setting chamber
3. L ct : Panjang Contraction
4. L tc : Panjang Testing hamber
5. L Diff : Panjang Diffuser

Gambar 8 Skema Terowongan Angin Sistem Terbuka

Kecepatan angin di daerah Riau yaitu berkisar antara 2,9-5,9 m/s. Asumsi kecepatan angin yang diambil yaitu 3 m/s. Hasil perhitungan dari parameter yang digunakan untuk mencari geometri dari komponen-komponen terowongan angin sistem terbuka dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Komponen Terowongan Angin

Komponen	Geometri dari komponen	Simbol	Hasil perhitungan
Perancangan *Settling Chamber*	Diameter hidrolik	D_h	53 *cm*
	Luas area *nozzle* pada *contraction*	a_K	19,8 cm
Perancangan *Contraction*	Panjang *contraction*	L_{CT}	47,25 cm
	Besar sudut kemiringan *contraction*	γ	19,08^o
	Panjang garis miring *contraction*	r	50,09 cm
Test Chamber	Diameter hidrolik pada *Test chamber*	D_h	19,8 cm
	Panjang *Test chamber*	L_{TC}	39,6 cm
Diffuser	Panjang sisi miring *diffuser*	r	59,4 cm
	Panjang *diffuser*	L_{diff}	58,8 cm
Honey Comb	Panjang *honey comb*	L_{HC}	15,24 *cm*

Setelah semua komponen selesai dibuat, komponen-komponen dirakit sehingga membentuk seperti pada gambar 9.

Gambar 9 Hasil Pembuatan Terowongan Angin Sistem Terbuka

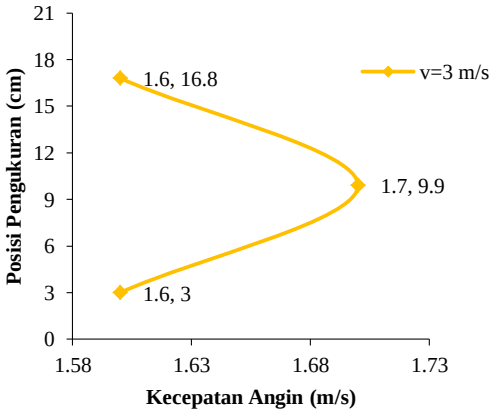
Selanjutnya dilakukan pengambilan data pada kecepatan angin 3 m/s. Hasil dari pengujian terowongan angin sistem terbuka dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Data Kecepatan Angin pada *Test Chamber*

Kecepatan Angin pada *Fan* (m/s)	Posisi Pengambilan Data (cm)	Kecepatan Angin di *Testing Chamber* (m/s)
3	3	1,6
	9,9	1,7
	16,8	1,6

4. Pembahasan

Untuk mengetahui performa terowongan angin sistem terbuka yang dirancang , maka dilakukan pengujian di laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin Universitas Riau. Setelah semua komponen dirakit maka laju kecepatan angin pada *fan* diukur menggunakan alat ukur anemometer. Gambar 10 berikut menampilkan grafik mengenai hasil pengujian dengan kecepatan angin 3 m/s.



Gambar 10 Grafik Pengujian pada Kecepatan Angin 3 m/s

Berdasarkan gambar 10 dengan kecepatan angin 3 m/s, laju kecepatan angin pada *testing chamber* sebesar 1,7 m/s. Jenis aliran yang dihasilkan adalah aliran laminar.

5. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, dijelaskan prosedur perancangan terowongan angin sistem terbuka tipe subsonik. Hasil perancangan terowongan angin yang sesuai dengan kecepatan angin di Riau menunjukkan bahwa angin yang dimasukkan ke alat sesuai dengan kecepatan angin yang ada di Riau, dengan hasil pengujian pada kecepatan angin 3 m/s fenomena aliran adalah aliran laminar dengan kecepatan angin pada *testing chamber* 1,7 m/s.

6. Daftar Pustaka

[1] Nurhkholis. A., Suci. A.W., Abdillah. A. 2016. *Analisis Temporal Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia Tahun 1997 dan 2015 Universitas Gadjah Mada :Yogyakarta.*

[2] Badan Naasional Penanggulangan Bencana (BNPB). *Penyebab Kebakaran Lahan dan Hutan.* Jakarta. 2019

[3] Agni. M., Ramdlan. M., Bethaningtyas. H. 2015. *Analisis Kinerja Terowongan Angin Subsonik Dengan Menggunakan Contraction Cone Polinomial Orde 5*. e-Proceeding of Engineering. Vol. 2, No. 3, hal. 7368.

[4] Mauro, S. Brusca S., Lanzafamae R., Famoso F., Galvagno A., Messiana M. 2017. *Small-Scale Open-Circuit Wind Tunnel: Design Criteria, Construction and Calibration*. India: International Journal of Applied Engineering Research Vol. 12.

[5] Hernandez, Miguel A., Ana I. Moreno Lopez., Arthur A. Jarzabek., Jose M. Perales., Yuliang Wu, Sun Xiaoxiao. 2013. *Design Methodology for a Quick and Low Cost Wind Tunnel.* Croatia: Intech Open.

[6] Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). *Data Kecepatan Angin dan Kelembaban tahun 2011-2015.* 2015.

[7] Bell J.H., Metha R.D. 1988. C*ontraction Design for Small Low-Speed Wind Tunnels.* NASA-CR-182747.