RANCANG BANGUN *SMOKE GENERATOR* DENGAN ALIRAN ASAP SECARA KONSTAN UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN DI LABORATORIUM AERODINAMIKA

Pahottua Matondang
D3 Teknik Mesin, Program Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Email : pahottua.17050423005@mhs.unesa.ac.id

A. Grummy Wailanduw
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: grummywailanduw@unesa.ac.id

Abstrak

Mahasiswa yang melaksanakan praktikum di Laboratorium Aerodinamika Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya memiliki alat *smoke generator* yang masih sederhana, dimana alat tersebut masih mempunyai kekurangan dalam hal menghasilkan asap yang tebal dan konstan. Perancangan alat ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan analisa yang dilakukan meliputi desain alat, pemanas yang digunakan serta bahannya. Uji coba beberapa alat pemanas dan bahan yang telah dilakukan seperti *water heater* menggunakan *liquid paraffin* dan *dry ice*. Percobaan kedua dengan *hair dryer* menggunakan *liquid paraffin, gliserin VG* dan *gliserin VG+PG*, percobaan ketiga menggunakan kawat nikelin pipih dengan *liquid paraffin, gliserin VG* dan *gliserin VG+PG* dan percobaan keempat menggunkan lilitan kawat nikelin dengan menggunakan *liquid paraffin, gliserin VG* dan *gliserin VG+PG.* Percobaan alat pemanas dan bahan dilakukan dengan cara di tetesi dan juga dengan cara direndam sebagian, kecuali untuk *water heater* dengan bahan *dry ice* dengan cara memasukkan air panas pada *dry ice.* Dari percobaan yang telah dilakukan alat pemanas yang maksimal dalam menghasilkan asap yaitu menggunakan lilitan kawat nikelin dengan bahan *liquid paraffin.* Hasil pengembangan dan rekayasa alat peneliti memutuskan menggunakan 3 buah lilitan kawat nikelin dengan panjang 120 mm, diameter 10 mm dengan tahanan per nikelin 3,5 Ohm. Untuk *adaptor power suplay* menggunakan AC input 220V DC output 24V 10A dan menggunakan *liquid paraffin* sebagai cairan yang akan diuapkan, karena tidak menyebabkan korosi pada alat maupun *wind tunnel*. Alat ini bekerja dengan cara menguapkan *liquid paraffin* yang terendam ¼ bagian dari lilitan kawat nikelin dengan posisi digantung secara horizontal. Dibutuhkan waktu 3-5 menit untuk mendapatkan produksi asap yang bagus. Dari hasil pengujian *smoke generator*, alat ini bisa digunakan selama 10 menit per rake di *wind tunnel* dalam proses pengambilan data.
Kata Kunci: *smoke generator, 3 buah lilitan nikelin, paraffin*

Abstract

Students who carry out practicum at the Aerodynamics Laboratory of Mechanical Engineering, State University of Surabaya have a smoke generator that is still simple, where the tool still has shortcomings in producing thick and constant smoke. The design of this tool uses the Research and Development (R&D) method with the analysis carried out covering the design of the tool, the heater used and the material. Trials of several heating devices and materials that have been carried out such as water heaters using liquid paraffin and dry ice. The second experiment was using a hairdryer using liquid paraffin, VG glycerin and VG+PG glycerin, the third experiment using flat nickelin wire with liquid paraffin, VG glycerin and VG+PG glycerin and the fourth experiment using coiled nickelin wire using liquid paraffin, VG glycerin and glycerin. VG+PG. Experiments on heating devices and materials were carried out by dripping and also partially soaking, except for heating water with dry ice by adding hot air to dry ice. From the experiments that have been carried out, the maximum heating device in producing as soon as possible is using a coil of nickelin wire with liquid paraffin. The results of the development and engineering of the research tool decided to use 3 coils of nickelin wire with a length of 120 mm, a diameter of 10 mm with a resistance per nickelin of 3.5 Ohm. For the power supply, the adapter uses an AC input of 220V DC output of 24V 10A and uses liquid paraffin as a liquid to be evaporated, because it does not cause corrosion of tools or wind tunnels. This tool works by evaporating liquid paraffin that is submerged in a coil of nickelin wire with a horizontal hanging position. It takes 3-5 minutes to get production fast which is good. From the smoke generator test results, this tool can be used for 10 minutes per rake in the wind tunnel in the data collection process.

Keywords: *smoke generator, 3 nickelin coils, paraffin*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu fenomena alam yang sering ditemukan dalam kehidupan kita adalah fenomena fluida. Fluida adalah suatu zat yang bila diberikan gaya kepadanya walaupun relatif kecil, zat tersebut akan berubah bentuk secara kontinu. Peranan fluida dalam kehidupam sehari-hari sangat penting karena hampir seluruh aktivitas berhubungan dengan fluida. Pemindahan atau pengaliran fluida dari satu tempat ke tempat lain merupakan salah satu bentuk pengaplikasiannya. Banyak jenis fluida dijumpai di alam, misalnya fluida gas yang bersifat ringan yang dapat dimampatkan dan fluida cair yang cenderung sifatnya berat dan relatif tidak dapat dimampatkan. Mempelajari sifat dan karakteristik fisik suatu fluida merupakan langkah awal dan mendasar untuk dapat memahami teori mekanika fluida. Beberapa sifat fluida diantaranya massa jenis *(density)*, viskositas *(viscosity)*, tegangan permukaan *(surface tension)* dan temperatur.

Menurut Harinaldi (2013) Mekanika Fluida merupakan disiplin ilmu, yaitu bagian dari bidang mekanika terapan yang mengkaji perilaku dari zat cair dan gas dalam keadaaan diam atau pun bergerak. Dari segi mekanik fluida dibagi menjadi dua macam yaitu fluida statis dan fluida dinamis. Fluida Statis merupakan fluida yang berada dalam fase tidak bergerak/diam atau fluida dalam keadaan bergerak tetapi tidak ada perbedaan kecepatan antar partikel. Sementara itu, fluida dinamika merupakan subdisplin dari mekanika fluida yang mempelajari fluida bergerak, baik fluida zat cair maupun fluida gas.

Dalam buku Orianto dan Pratiko (1986) Perkembangan ilmu mekanika fluida dimulai melalui pendekataan aliran fluida ideal, dilanjutkan dengan pendekatan aliran fluida nyata *(riil)*. Aliran fluida ideal atau disebut juga sebagai fluida *non-viscous* telah dipelajari secara mendalam sejak dulu dan telah dikembangkan sejak satu abad terakhir. Domain ilmu mekanika fluida sangat luas dan mencakup banyak bidang ilmu, mulai dari bidang ilmu teknik sipil, teknik mesin, teknik kimia, teknik fisika, bahkan sampai bidang ilmu kedokteran. Di dalam bidang ilmu teknik mesin, teori mekanika fluida banyak sekali ditemukan dan diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya pada saat kita mengayuh sepeda atau mengendarai sepeda motor, kita merasakan adanya gaya hambat dari udara. Gaya hambat ini dapat mengurangi kecepatan dan menghalangi pergerakan kita. Untuk mengurangi gaya hambat dari udara dapat dilakukan dengan mendesain bentuk aerodinamis pada kendaraan seperti mobil, sepeda motor dan pesawat terbang. Dengan bentuk kendaraan yang aerodinamis, kita dapat memacu kendaraan kita lebih kencang dan dapat menghemat penggunakan energi untuk menggerakkan kendaraan. Pengetahuan tentang teori dan prinsip dasar mekanika fluida sangat penting dalam menganalisa dan merancang bentuk aerodinamis suatu kendaraan.

Dalam rangka melakukan penelitian pada alat ini, penulis akan menggunakan metode *Research and Development* (R&D) atau perancangan pengembangan berbasis eksperimen. Dengan tujuan untuk dapat menentukan spesifikasi komponen yang akan digunakan pada rancang bangun alat ini. Analisa yang dilakukan meliputi desain rancang bangun *smoke generator*, penentuan jumlah pompa *smoke* dan *heater* yang akan digunakan, serta mengetahui hasil kinerja alat berdasarkan kepekatan asap yang dihasilkan pada saat proses pengujian.

Penelitian ini merupakan pengembangan alat *smoke generator* yang digunakan oleh Fahmi (2016) dalam penelitian "Visualisasi Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan *Leading edge"*, dan untuk problem alat sebelumnya yaitu di bagian sumber asap, karena asap yang dihasilkan kurang tebal dan durasi waktunya kurang lama di bagian *wind tunnel* yang menyebabkan ketika mengambil data membutukan waktu yang lebih lama. Dari sini peneliti tersebut memberikan saran untuk mengembangkan alat penghasil asap yang pekat dan konstan, dimana alat yang digunakan sebelumnya memiliki kekurangan dalam hal menghasilkan asap yang pekat serta membutuhkan waktu yang cukup lama untuk memanaskan *liquid*. *Smoke generator* ini digunakan untuk menggantikan udara karena pergerakan udara yang sangat sulit untuk dilihat dan diamati secara langsung oleh mata manusia. Proses pengamatan menggunakan alat ini, biasanya menggunakan teknik secara visual agar pengambilan data dapat diketahui dan memahami fenomena pada laju aliran secara nyata sesuai dengan kondisi *real* di lapangan.

Menurut Smits and lim, (2012) Visualisasi aliran adalah suatu seni membuat pola aliran terlihat, dimana kebanyakan fluida sifatnya transparan sehingga pola alirannya tidak terlihat dengan mata telanjang. Visualisasi aliran dalam dinamika fluida digunakan untuk membuat pola aliran terlihat agar mendapatkan informasi kualitatif maupun kuantitatif. Secara historis metode ini termasuk metode eksperimen, dimana metode eksperimen adalah metode yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian suatu *treatment* atau perlakuan terhadap subjek penelitian. Dalam visualisasi aliran ilmiah ada dua metode utama yang digunakan, pertama metode analitik yaitu menganalisa aliran yang diberikan dan menunjukkan garis aliran seperti *streamlines*, *streaklines*, *pathline* dan metode yang kedua *texture advection*

methods yaitu metode untuk visualisasi bidang aliran yang padat, dimana metode ini tidak memerlukan titik awal dan dapat menghasilkan gambar yang utuh.

Dalam penelitian tugas akhir ini, upaya yang mungkin dapat membantu peneliti sebelumnya dengan cara mengembangkan dan merekayasa alat tersebut menjadi lebih baik dalam hal menghasilkan asap yang pekat dan konstan dengan waktu yang relatif lebih cepat dalam memanaskan *liquid* nya. Sebelum mengembangkan alat ini, peneliti akan melihat dan memeriksa alat sebelumnya agar dalam merancang s*moke generator* dapat meminamalisir kesalahan ketika proses pembuatan alat.

Rumusan Masalah

Dari latar belakang penelitian ini, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- Bagaimana membuat *Smoke Generator* Dengan Aliran Asap Yang Konstan?
- Bagaimana cara kerja *Smoke Generator* Dengan Aliran Asap Yang Konstan?
- Bagaimana Hasil uji coba *Smoke Generator Generator* Dengan Aliran Asap Yang Konstan?

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- Lilitan nikelin yang digunakan untuk pemanas 3 buah dengan panjang 120 mm dan diameter 10 mm dengan tahanan setiap lilitan nikelin 3.5 Ohm.
- Adaptor power suppluy Unit AC Input 220V DC Output 24V 10A.

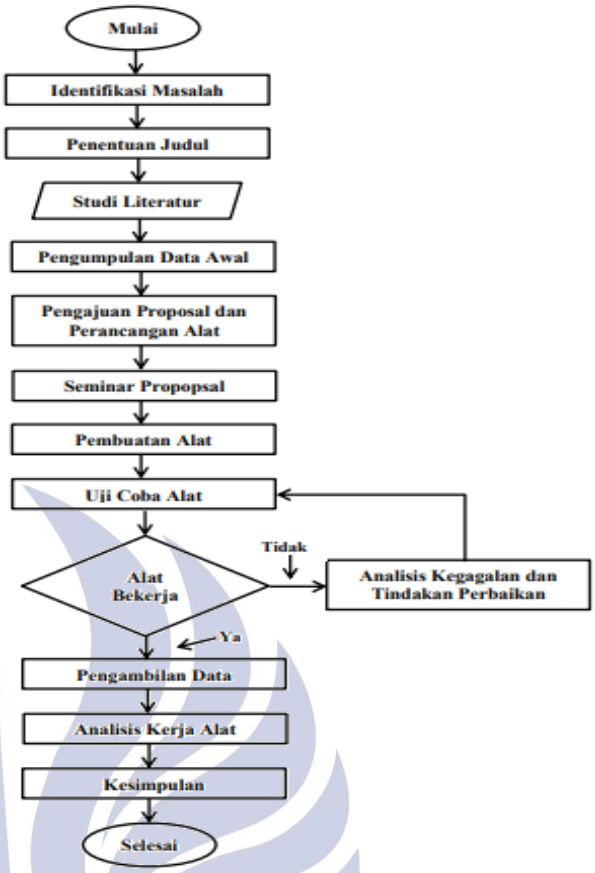
Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengetahui cara membuat *Smoke Generator* dengan Aliran Asap Yang Konstan
- Mengetahui cara kerja *Smoke Generator* untuk menghasilkan Aliran Asap Yang Konstan
- Mengetahui Hasil uji coba *Smoke Generator* menggunakan Kamera untuk melihat Aliran Asap Yang Konstan di bagian *Wind Tunnel* baik itu dalam bentuk Foto maupun Vidio

METODE

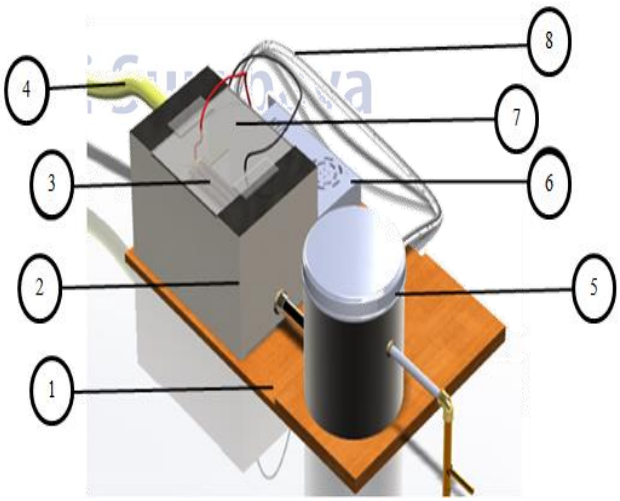
Perancangan *smoke generator* ini menggunakan metode perancangan berbasis ekperimen. Dengan tujuan untuk menentukan spesifikasi komponen yang akan digunakan pada rancang bangun *smoke generator*, analisa yang dilakukan yakni meliputi mendapatkan desain konsep mekanisme, spesifikasi komponen alat, dan membuat gambar detail sehingga menghasilkan asap yang konstan yang di inginkan.



Gambar 1. *Flowchart* pembuatan alat

Desain Konsep Alat

Konsep desain *Smoke Generator* ini menggunakan ukuran dengan dimensi panjang 515 mm, lebar 330 mm dan tinggi 160 mm. dengan menggunakan.Lilitan nikelin yang digunakan untuk pemanas 3 buah dengan panjang 120 mm dan diameter 10 mm dengan tahanan setiap lilitan nikelin 3.5 Ohm dan Adaptor power suppluy Unit AC Input 220V DC Output 24V 10A.



Gambar 2. Desain Alat *Smoke Generator*

Keterangan:

1. Meja dudukan alat
2. Tempat produksi asap
3. Lilitan nikelin
4. Pipa penghubung
5. Tabung penampung asap
6. Adaptor power suplay
7. Tutup tempat produksi asap
8. Kabel saklar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peneliti akan menguraikan data yang diperoleh saat membuat *smoke generator* dengan mencoba beberapa variasi untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam menghasilkan asap yang tebal dan konstan. Variasi yang peneliti lakukan mulai dari variasi alat dan bahan, untuk bahan menggunakan *water heater*, *hair dryer*, kawat nikelin pipih, dan kawat nikelin bulat. Untuk bahan menggunakan *dry ice*, *paraffin* cair dan *gliserin* PG dan gliserin VG. Masing-masing variasi di coba untuk menentukan yang cocok digunakan pada alat *smoke generator* ini

Tabel 1. Percobaan Alat dan Bahan

Variasi Pemanas	Variasi bahan	Keterangan	Gambar
Water Heater	*Paraffin*	- Asap yang dihasilkan tipis dengan cara di rendam ke dalam *paraffin.* - Asap yang dihasilkan tipis dengan cara ditetesi tanpa menggunakan *glass wool.* - Asap yang dihasilkan dengan tambahan *glass wool* tipis dan cepat habis.	
	Dry Ice	- asap yang dihasilkan bagus, tebal. - Memiliki uap air yang tinggi. - bisa meledak sewaktu-waktu di ruang kedap.	
Hair Driyer	*Paraffin*	- Asap yang dihasilkan cukup bagus dan cukup tebal. - Asap yang dihasilkan dari *hairdryer* dengan pemodelan cara di tetesi relative tipis - Mudah terbakar karena *glass wool* kering.	

UNESA Universitas Negeri Surabaya

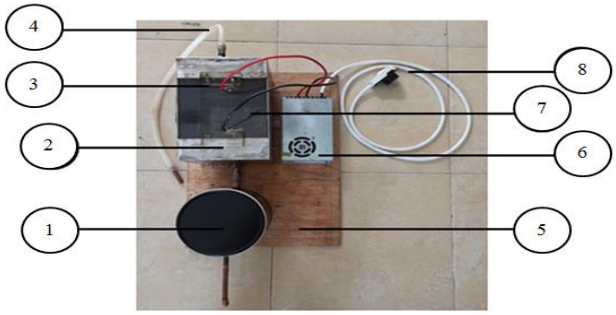
	Gliserin VG	- Asap yang dihasilkan kurang tebal. - Proses menguapkannya lebih lama sedikit dibandingkan menggunakan *paraffin.* - Mudah terbakar jika sudah kering.	
	Gliserin VG+PG	- asapnya lebih baik dari pada hanya menggunakan satu jenis *glyserin.* - Waktu dalam memproduksi asap lebih baik dari pada hanya menggunakan jenis VG.	
Nikelin pipih	*Paraffin*	- Asap yang dihasilkan tipis. - Tidak menempel pada nikelin jika ditetesi.	
	Gliserin VG	- Asap yang dihasilkan tipis. - *Liquid* menempel jika ditetesi.	
	Gliserin VG+PG	- Asap yang dihasilkan tipis. - *Liquid* menempel jika ditetesi.	
Nikelin Bulat	*Paraffin*	Asap yang dihasilkan sangat bagus, tebal. - Jika ditetesi waktu produksi lebih cepat tetapi resiko terbakar lebih tinggi karena *glass wool* nya kering. - Jika lilitan nikelin direndam ¼ waktu produksi asap lebih lama tetapi lebih aman dari kebakaran.	

	Gliserin VG	- Asap yang dihasilkan bagus. Jika ditetesi waktu produksi lebih cepat tetapi resiko terbakar lebih tinggi karena *glass wool* nya kering. - Menyebabkan korosi pada benda kerja. - Uap air lebih banyak dibandingkan dengan *paraffin.*	
	Gliserin VG+PG	- Asap yang dihasilkan lebih bagus dibandingkan hanya menggunakan VG. - Jika ditetesi waktu produksi lebih cepat tetapi resiko terbakar lebih tinggi karena *glass wool* nya kering. - Menyebabkan korosi pada benda kerja. - Uap air lebih banyak dibandingkan dengan *paraffin*	

Gambar 3. lilitan kawat nikelin yang digunakan Sebagai pemanas

Hasil pengembangan dan rekayasa alat, dilakukan mulai dari mencoba beberapa variasi alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat *smoke generator*. Dari percobaan yang telah dilakukan, peneliti memutuskan menggunakan 3 buah lilitan kawat nikelin dengan panjang 120 mm, diameter 10 mm dengan tahanan per nikelin 3,5 Ohm. Untuk *adaptor power suplay* menggunakan AC input 220V DC output 24V 10A dan menggunakan *liquid paraffin* sebagai cairan yang akan diuapkan, karena tidak menyebabkan korosi pada alat maupun *wind tunnel*. Alat ini bekerja dengan cara menguapkan *liquid paraffin* yang terendam ¼ bagian dari lilitan kawat nikelin dengan posisi digantung secara horizontal. Dibutuhkan waktu 3-5 menit untuk mendapatkan produksi asap yang bagus. Dari hasil pengujian *smoke generator*, alat ini bisa digunakan selama 10 menit per rake di *wind tunnel* dalam proses pengambilan data.

Hasil akhir pembuatan *Smoke Generator*



Gambar 4. Alat *Smoke Generator*

1. Tabung penampung asap
2. Tempat produksi asap
3. Lilitan nikelin
4. Pipa penghubung compressor
5. Meja dudukan alat
6. Adaptor power suplay
7. Tutup tempat produksi asap
8. Kabel saklar

Spefifikasi Alat

Tabel 2. Spesifikasi Alat *Smoke Generator*

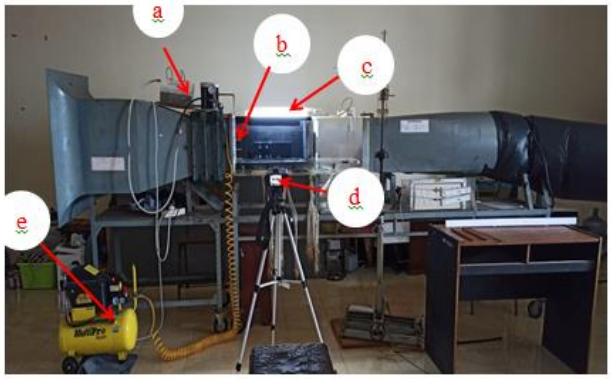
1.	Nama Alat	Smoke generator
2.	Bahan casing	stainless
3.	Buatan	Universitas Negeri Surabaya
4.	Dimensi Alat (P x L x T)	515 x 330 mm x 160 mm
5.	Daya listrik control	AC Input 220V DC Output 24V 10A

Langkah-langkah pengambilan data

a. Isi cairan *paraffin* ke dalam tempat produksi sebanyak 250 ml.
b. Tutup tempat produksi asap dengan solatip kertas sampai tempat produksi vakum.
c. Setting posisi lilitan nikelin yang telah di isi dengan *glass wool* dengan posisi terendam ¼ pada cairan *paraffin* di dalam tempat produksi asap.
d. Hubungkan switch/saklar pada stop kontak, selanjutnya tekan tombol "ON" untuk menyalakan adaptor *power supply*.
e. Tunggu lilitan nikelin sampai panas dan mulai memproduksi asap, kurang lebih 3-5 menit.
f. Berikan bantuan angin dari kompressor untuk mengeluarkan asap dari tempat produksi asap dengan tekanan kompressor di 0.20 kg/m2. Ketika asap sudah keluar di *wind tunnel*, alat sudah bisa dicoba untuk mengambil data.
g. Selanjutnya ambil data berupa foto/video dengan variasi rake secara berulang.
h. Hasil asap dari *smoke generator* bisa bertahan selama 10 menit
i. Jika data sudah didapatkan, maka alat *smoke generator* bisa di matikan dengan menekan tombol OFF pada *switch* /saklarnya.
j. Setelah selesai *smoke generator* digunakan dan dingin, bisa langsung dibersihkan untuk menjaga keawetan *smoke generator*.

Set-Up alat *smoke generator* di Wind tunnel

Setelah dilakukan uji coba alat, maka dapat dilakukan pengambilan data secara valid. Data-data yang diperoleh yaitu garis asap yang jelas peda pengambilan data menggunakan karena dengan bentuk gambar atau pun video.



Gambar 5. Set up keseluruhan pengambilan data visualisasi aliran

Keterangan:

a = *Smoke generator*
b = Rake
c = Lampu penerangan
d = Kamera
e = Kompressor

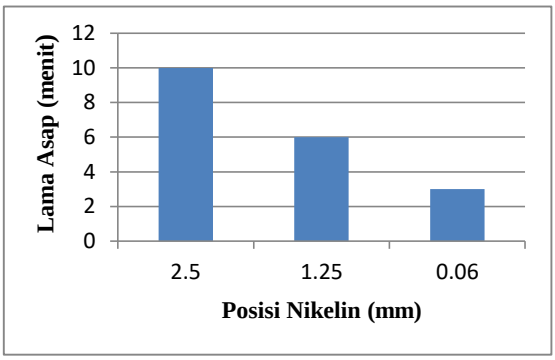
Hasil Uji Alat

Pengujian performa dilakukan dengan mengulang-ulangi proses pemanasan untuk mengetahui sistem kerja dalam memproduksi asap yang di rancang di alat *smoke generator*. Untuk mengetahui hasil dari kinerja *smoke generator* yang ini, peneliti langsung mencoba alat ini pada *wind tunnel* yang ada di lab Aerodinamika. Hasil dari percobaan atau pengujian tersebut akan dilakukan dengan menggunakan 3 buah variasi rake dengan kecepatan *blower* pada wind tunnel sama dengan kecepatan yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu di 500 rpm (3,3 m/s).

Pengujian alat ini juga bertujuan untuk mengetahui kualitas asap yang dihasilkan, apakah sesuai dengan tujuan dari peneliti. Untuk batas waktu optimal kerja alat ini dapat digunakan selama 10 menit. Itu disebabkan karena ada salah satu *part* dari alat ini yang memiliki kekurangan pada panas yang berlebih. *Part* itu adalah tutup tempat produksi yang terbuat dari akrilik yang jika melewati dari batas waktu tersebut bisa meleleh karena dari panas yang berlebih dari tempat produksi.

Tabel 3. Hasil tes lama produksi asap

Posisi nikelin Terendam Bagian (mm)	Volume Cairan (ml)	Lama asap yang di hasilkan (menit)
1/4 (2.5)	250	10 menit
1/8 (1.25)	250	6 menit
1/16 (0.06)	250	3 menit



Gambar 6. Diagram batang hasil tes lama produksi asap

Hasil Pengambilan Data

Gambar 7. Hasil pengambilan data di *Wind tunnel* menggunakan 9 *rake*

Dari hasil pengambilan data dapat dilihat mempunyai garis alir yang baik sehingga dapat melihat bentuk dari semua aliran pada benda uji. *Smoke generator* ini sudah cukup bagus digunakan untuk mengambil data pada *wind tunnel*.

PENUTUP

Simpulan

- Dalam proses pembuatan rancang bangun *smoke generator* ini telah melakukan beberapa uji coba dan variasi dalam proses manufaktur, yaitu pada identifikasi desain, pemilihan bahan, pemotongan bahan, dan pengelesan. Membuat *Smoke Generator* yang bisa menghasilkan asap yang konstan, membutuhkan beberapa kali percobaan variasi baik itu alat maupun bahan. Dari semua percobaaan variasi bahan dan alat peneliti memutuskan menggunakan 3 lilitan kawat nikelin yang digunakan sebagai pemanas, dengan menggunakan cairan *paraffin* sebagai cairannya dan tambahan *glass woll* untuk menyimpan cairan paraffin, karena tidak menyebabkan korosi pada alat maupun di *wind tunnel.* Setelah didapatkan pemanas yang cocok, maka alat bisa di desain ulang sesuai dengan kebutuhan.
- Cara kerja alat ini dengan cara menguapkan cairan *paraffin* yang berada didalam tempat produksi asap menggunakan 3 buah lilitan nikelin yang di gantung dengan posisi terendam ¼ dari bagian nikelin agar tidak kering yang bisa menyebabkan alat bisa terbakar. Ketika dinyalakan alat membutuhkan waktu kurang lebih 3-5 menit untuk mendapatkan produksi asap yang dibutuhkan.
- Dari hasil pengujian alat *smoke generator,* diketahui alat ini mampu digunakan untuk pengujian di *wind tunnel* selama 10 menit per *rake* dalam mengambil data dengan hasil produksi yang konstan dan tebal.

Saran

Dalam pengujian rancang bangun *smoke generator,* adanya kekurangan pada proses pengujian maka penulis menyrankan sebagai berikut.

- Pada saat melakukan uji coba dengan *smoke generator,* hendaknya pada tempat produksi dilakukan perekatan secara vakum menggunakan solatip kertas agar asap yang diproduksi tidak keluar dari sisi tempat produksi.
- Agar alat ini lebih lama digunakan pada saat pengujian, maka diperlukan bahan yang bisa menggantikan tutup tempat produksi, karena terbuat dari akrilik yang kurang dalam hal menahan panas yang terlalu lama.

DAFTAR PUSTAKA

Fahmi, wildan. 2016. *Visualisasi Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Leading Edge Terhadap Karakteristik Aerodinamika Kendaraan Bus*. Vol. 08(3): hal. 81-89.

Harinaldi. 2013. *Mekanika Fluida Jilid 2*. Jakarta: Erlangga

Merzkirch, W. 1987. Flow Visialization. Second Edition. New York: pers Academic

Orianto, M., Pratikto, W.A. 1989. *Mekanika Fluida I.* Yogyakarta: BPFE

Purwanto hengki, Siti rodiyah dan Hartono. 2018. "Rancang Bangun Wind Tunnel Menggunakan Smoke Generator Pada Aerodinamika Kendaraan". *Jounral of*

Aerospace Technology and Management. Vol.10(2): hal. 303-307.

Ridwan. 1999. *Seri Diklat Kuliah Mekanika Fluida Dasar.* Jawa Barat: Gunadarma.

Smits, AJ and Lim, TT 2012. Flow Visualization Techniques and Example. Second Edition. Imperial College Press.

UNESA
Universitas Negeri Surabaya