

Analisa Pengaruh Free Stream Terhadap Putaran Turbin Ventilator Dengan Variasi Jarak Lorong Angin

Moh Wardiman Djayadi¹⁾, Arip Kurniawan²⁾

*^{1),2),3)}Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Sigura-gura 2 Malang
Email : wardiman7128@gmail.com*

Abstrak. *Kenyamanan tempat tinggal sangat berhubungan dengan kondisi lingkungan di sekitarnya dan pengaturan ruangan tempat tinggal tersebut. Turbin_ventilator ialah jenis exhaust fan atau roof fan, yang berfungsi untuk mengeluarkan udara panas, asap, dan bisa juga di fungsikan untuk ventilasi udara di sebuah bangunan Turbin ventilator berfungsi untuk mensirkulasikan udara dalam ruangan, turbin ventilator juga dapat membuat ventilasi ruangan ternyata sangat berpengaruh terhadap kenyamanan ruangan.*

Katakunci: *Turbin Ventilator, Kenyamanan bangunan, Udara_panas, Sirkulasi_udara*

1. Pendahuluan

Kenyamanan tempat tinggal sangat berhubungan dengan kondisi lingkungan di sekitarnya dan pengaturan ruangan tempat tinggal tersebut. Kenyamanan termal sangat berpengaruh dengan lingkungan fisik, antara lain suhu udara, kekencangan angin, kelembaban udara, dan dapat dipengaruhi juga oleh lingkungan non fisik, diantaranya kelamin, usia, baju yang dikenakan dan kegiatan yang sedang di lakukan[1]. Masalah yang sering datang pada aspek kenyamanan tempat tinggal bergantung pada objek tempat tinggal yang di hadapi. Untuk mendapatkan tempat tinggal yang berkualitas di sarankan untuk mengikuti persyaratan tersebut dan di terapkan. Penerapan ini akan lebih bagus lagi jika berkaitan dengan masalah penghematan energi dalam sebuah tempat tinggal yang bersangkutan[2].

Turbin ventilator ialah jenis exhaust fan atau roof kipas, yang di gunakan untuk mengeluarkan udara panas, asap, dan bisa juga di fungsikan untuk ventilasi udara di sebuah hunian. Udara yang bergerak melalui sebuah ruangan bisa di sebut sebagai aliran masuk. Udara yang bergerak masuk selalu memiliki laju yang sama di setiap bagian, pada saat aliran udara mengalir melalui pipa yang memiliki efek viskos mengakibatkan melekat di bagian dinding pipa. Aliran fluida secara alamiah kita tahu secara berbagai macam yaitu: udara mengalir dalam kondisi bersuhu rendah ke suhu yang lebih tinggi atau udara bersuhu tinggi, fluida akan bergerak menuju jalur-jalur yang memberi tekanan relatif lebih rendah jika di dibandingkan dengan tempat lain yang punya tahanan lebih tinggi[3]. Turbin ventilator secara otomatis bergerak hanya dengan angin yang tidak kuat sekalipun tapi juga dapat menahan terpaan angin yang kuat. Berputarnya turbin ventilator dapat disebabkan juga oleh tekanan fluida yang berbeda di dalam dan yang berada di luar ruangan dimana dengan secara alami fluida yang bersuhu tinggi di dalam ruangan akan bergerak keluar melalui sirip turbin lalu turbin ventilator secara otomatis akan bergerak.

Turbin ventilator berfungsi dengan mensirkulasikan angin di dalam hunian, turbin ventilator juga bisa membuat fluida di dalam bangunan jauh lebih enak untuk di tempati, penggunaan turbin ventilator juga dapat menekan pemakaian energi listrik, karena udara telah ter sirkulasi makadengan seperti ini

ada atau tidak adanya udara turbin ventilator otomatis akan tetap berputar mengeluarkan udara panas yang ada di dalam ruangan.

Terkadang udara panas yang berada di dalam ruangan tidak menyebabkan adanya penyakit yang muncul namun tentunya kondisi seperti ini akan membuat rasa tidak nyaman terhadap orang yang berada di dalam ruangan tersebut terlebih lagi jika seseorang berada di dalam ruangan yang memiliki suhu panas dalam jangka waktu yang lama itu akan sangat mengganggu sekali tentunya[4].

Pengaplikasian turbin ventilator untuk ventilasi udara di harapkan dapat memberikan kenyamanan terhadap orang-orang yang beraktivitas di dalam ruangan. Unjuk kerja turbin ventilator dilakukan dari pengkajian secara langsung di lapangan. Setelah itu unjuk kerja turbin ventilator di lapangan memerlukan pengkajian dan pengamatan secara mendetail. Pengamatan mencakup jumlah dan posisi turbin ventilator dalam hal ini adalah cerobong turbin ventilator dan lorong angin sehingga tahap berikutnya dapat secara jelas memberi bayangan tentang cara kerja turbin ventilator kepada nyamannya sebuah ruangan. Tujuan pengujian yang telah di lakukan adalah untuk mendapat pengaruh rasio diameter panjang dan diameter terowongan angin terhadap kerja turbin ventilator, dalam hal ini perbedaan aliran udara yang di dihasilkan terowongan angin, putaran yang di dihasilkan oleh turbin ventilator terhadap kenyamanan thermal tempat tinggal/ruangan. Sehingga dapat di ketahui unjuk kerja turbin ventilator kepada rasio panjang dan diameter terowongan angin[5].

1.1. Metodologi penelitian

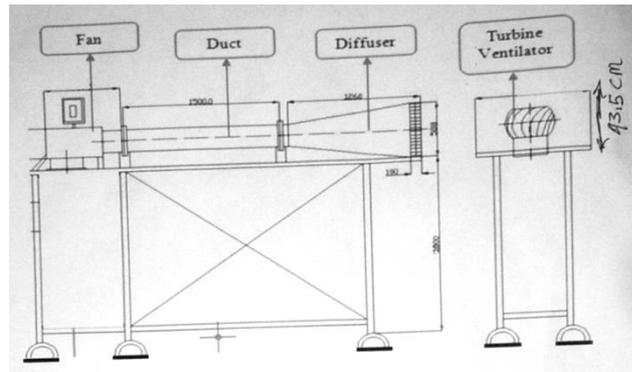
Analisis dimensi sangat diperlukan untuk dapat mengetahui suatu parameter yang berpengaruh kepada pengujian. Parameter yang mempengaruhi unjuk kerja turbin ventilator ialah daya yang di dihasilkan turbin ventilator (P), laju free stream udara (V_{∞}), massa jenis udara (ρ), massa jenis udara (μ), diameter pipa cerobong turbine ventilator (D), diameter panjang pipa cerobong turbine ventilator (L), laju angular turbine ventilator (ω), dan perbedaan tekanan antara inlet dan outlet pipa cerobong turbine ventilator (Δp), penelitian di tunjukkan dalam gambar 1.



Gambar 1 Posisi pengukuran tekanan statis pada model uji

Dalam eksperimen ini digunakan 2 model pengujian, yaitu dengan memodifikasi rasio panjang dan diameter (X/D) lorong angin turbine ventilator supaya dapat mengetahui perbedaan hasil yang di dihasilkan dengan perbedaan jarak cerobong. Variabel bebas pada penelitian ini adalah jarak terowongan angin terhadap kubah turbin dan jumlah lorong angin yang di gunakan. Sedangkan variabel terikat pada pengujian ini adalah suhu thermal ruangan, suhu di dekat kubah turbin, kecepatan putaran turbin, dan tekanan udara di dalam ruang plenum.

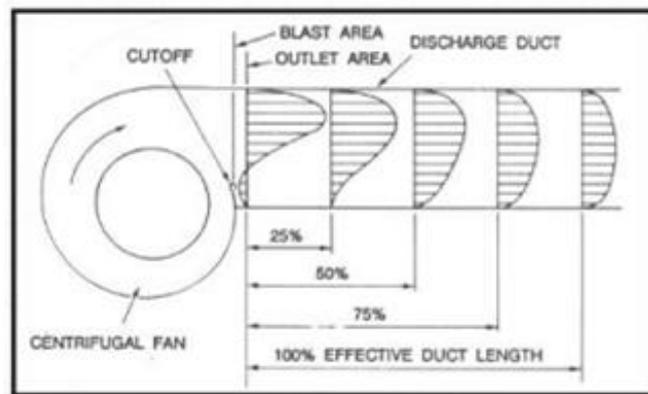
Untuk memulai penelitian ini pada awalnya peneliti membuat instalasi pengujian. Awalnya instalasi pengujian untuk membangkitkan kecepatan free stream pada penelitian ini ialah turbine ventilator diffuser yang di perlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Skema awal penelitian

2. Pembahasan

Untuk meningkatkan performa dari kipas yang dipakai, maka, kondisi aliran udara yang keluar dari kipas harus tetap, maka di butuhkan duct supaya kondisi aliran fluida yang bergerak melalui kipas tetap stabil. Menurut [6], terowongan pada saat operasi harus memiliki 100% terowongan efektif *length*, hal ini dapat di lihat pada gambar 3



Gambar 3. Jarak pada outlet duct

Tinggi dan panjang yang efektif dari lorong angin ialah 2 kali diameter cerobong turbin ventilator dengan lorong angin, untuk mengetahui perhitungan diameter cerobong maka dipakai persamaan berikut :

$$D_h = \frac{4A_c}{P} \dots\dots\dots(1)$$

Dari persamaan 1 dapat di temukan hasil sebagai berikut:

$$D_h = \frac{4 \times 72.000}{540} = 533,33$$

Sehingga panjang efektif dari lorong angin ialah 2 533,33 mm = 1066,67 mm. Oleh karena itu panjang duct yang digunakan harus 1066,67 mm. Adapun terowongan yang di pakai dalam penelitian ini dapat di lihat pada gambar 4.



Gambar 4. Duct

Dimensi ($p \times l \times t$) : 1500mm × 300mm × 240mm
 Referensi : Duct Design, ASHRAE fundamental standard (1997)

2.1. Hasil Perhitungan

$$U_{plenum} = \sqrt{\frac{2 \times \rho_{glycerin} \times g \times \Delta h \times \sin 15^\circ}{\rho_{udara}}} \dots\dots\dots(2)$$

Dari persamaan 2 di dapatkan perhitungan kecepatan udara di dalam plenum sebagai berikut:

$$V_\infty = \sqrt{\frac{2 \times 799,2 \times 9,8 \times 2 \times \sin 15^\circ}{1,225}} = 2,65 \text{ m/s}$$

Tabel 1 Hasil perhitungan kecepatan udara di dalam plenum

$\rho_{glycerin}$	g	Δh	ρ_1	U_{plenum}
799,2	9,8	2	1,225	2,65
799,2	9,8	0,8	1,225	1,68
799,2	9,8	0,4	1,225	1,19

$$p_i = SG_{glycerin} \times \rho_{air} \times g(h_2 - h_1) \times \sin \alpha \dots\dots\dots(3)$$

Dari persamaan 3 di dapatkan perhitungan tekanan statik pada inlet pipa cerobong sebagai berikut:

$$p_i = 1,263 \times 999 \times 9,8(185 - 177) \times \sin 15^\circ = -24,313 \text{ N/m}^2$$

Tabel 2 Hasil perhitungan tekanan statik pada inlet pipa cerobong

$SG_{glycerin}$	ρ_{air}	g	h_1	h_2	α	p_i
1,263	999	9,8	185	173	15 ⁰	-24,313
1,263	999	9,8	185	183	15 ⁰	-4,052
1,263	999	9,8	185	184	15 ⁰	-2,026

$$p_o = SG_{glycerin} \times \rho_{air} \times g(h_2 - h_1) \times \sin \alpha \dots\dots\dots(4)$$

Dari persamaan 4 di dapatkan perhitungan tekanan statik pada outlet pipa cerobong sebagai berikut:

$$p_o = 1.263 \times 999 \times 9.8(185 - 1877) \times \sin 15^\circ = -16.209 \text{ N/m}^2$$

Tabel 3 Hasil perhitungan tekanan statik pada outlet pipa cerobong

$SG_{glycerin}$	ρ_{air}	g	h_1	h_2	α	p_o
1,263	999	9,8	185	177	15 ⁰	-16,209
1,263	999	9,8	185	188	15 ⁰	-2,026
1,263	999	9,8	185	184,5	15 ⁰	-1,013

$$\Delta p = p_o - p_i \dots \dots \dots (5)$$

Dari persamaan 5 di dapatkan perhitungan tekanan statik antara inlet dan outlet pipa cerobong adalah sebagai berikut:

$$\Delta p = -16.209 - 24.313 = 8.104 \text{ N/m}^2$$

Tabel 4 Hasil perhitungan tekanan statik antara pipa inlet dan outlet

p_o	p_i	Δp
-16,209	-24,313	8.104
-2,026	-4,052	2.026
-1,013	-2,026	1.013

$$Q = U_{plenum} \times A_c \dots \dots \dots (6)$$

Dari persamaan 6 di dapatkan perhitungan debit aliran yang keluar cerobong sebagai berikut:

$$Q = 2,65 \times 0,07065 = 0,19$$

Tabel 5 Hasil perhitungan debit aliran udara yang keluar dari cerobong

U_{plenum}	A_c	Q
2,65	0,07065	0,19
1,68	0,07065	0,12
1,19	0,07065	0,08

$$\dot{m} = \rho_2 \times U_{plenum} \times A_c \dots \dots \dots (6)$$

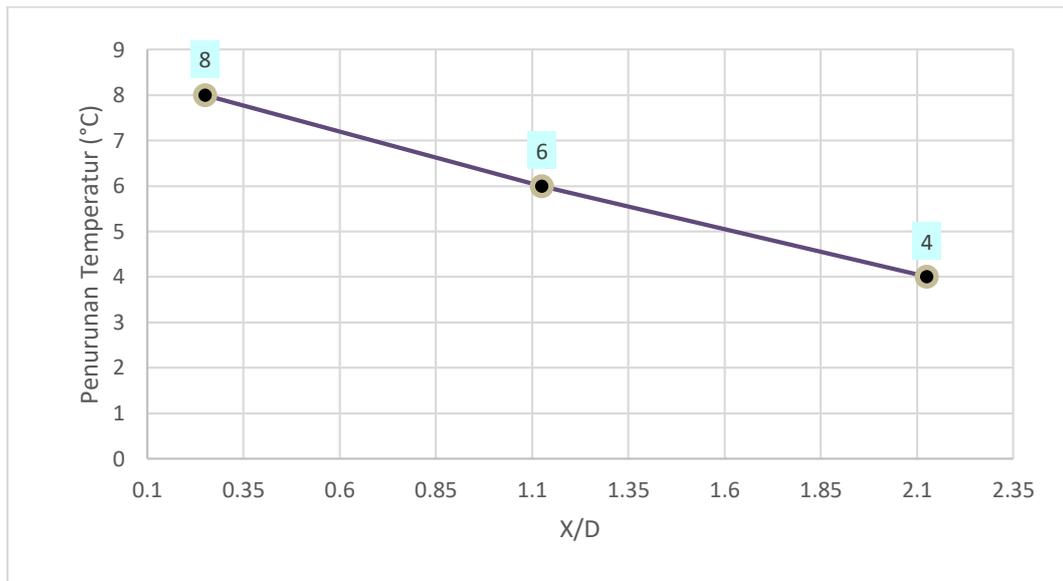
Dari persamaan 6 di dapatkan perhitungan aliran massa udara yang keluar cerobong sebagai berikut:

$$\dot{m} = 1.157 \times 2,65 \times 0.07065 = 0.22 \text{ kg/s}$$

Tabel 6 Hasil perhitungan aliran massa udara yang keluar cerobong

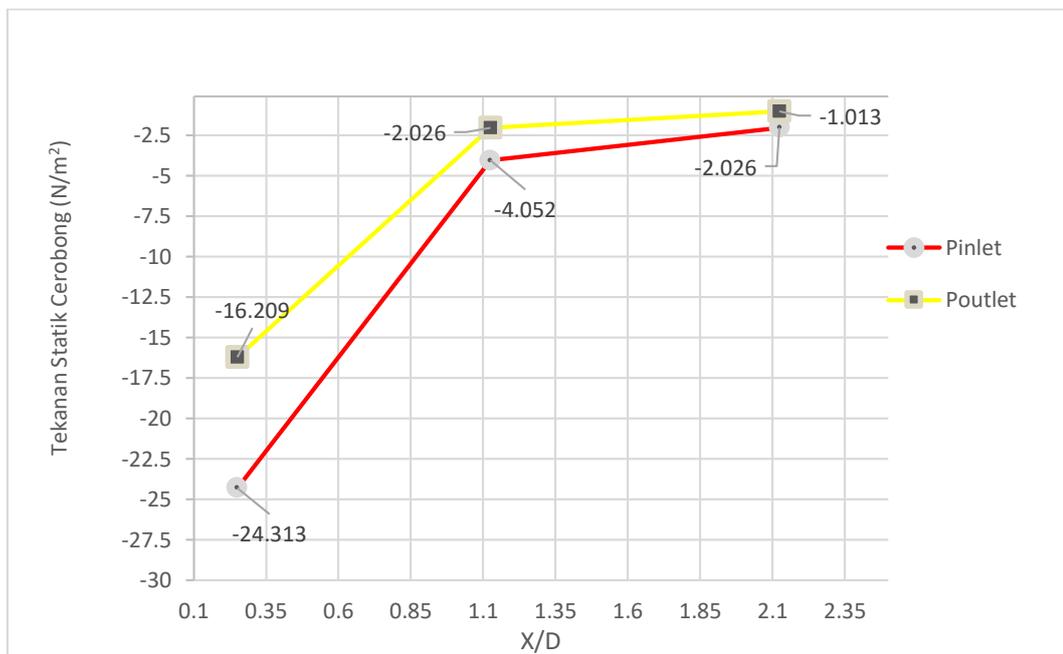
ρ_2	U_{plenum}	A_c	\dot{m}
1.157	2.65	0.07065	0.22
1.149	1.68	0.07065	0.14
1.142	1.19	0.07065	0.10

2.2. Dari Hasil Perhitungan di Atas Didapatkanlah Grafik Sebagai Berikut



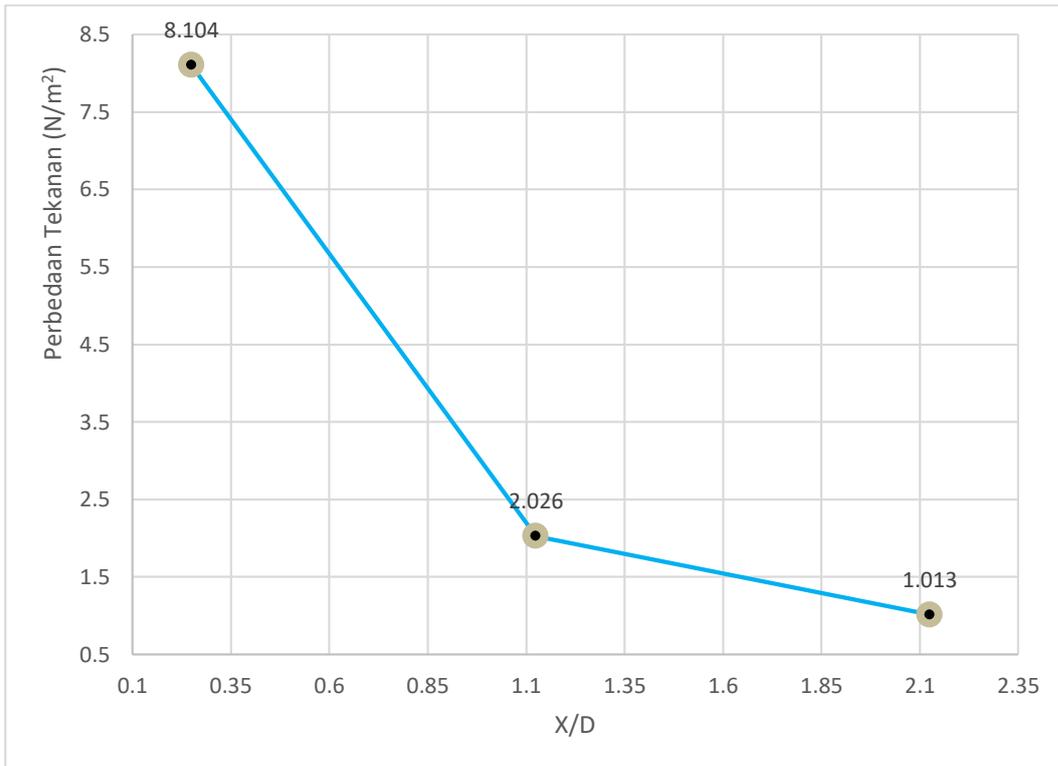
Gambar 5. Grafik kecepatan udara di dalam plenum

Gambar 5 menunjukkan penurunan kecepatan udara di dalam plenum seiring dengan turunnya tekanan ruang plenum Δh dimana turbin ventilator dengan $\Delta h = 2$ memiliki nilai kecepatan udara yang paling tinggi kemudian di ikuti dengan $\Delta h = 0,8$ dan $\Delta h = 0,4$



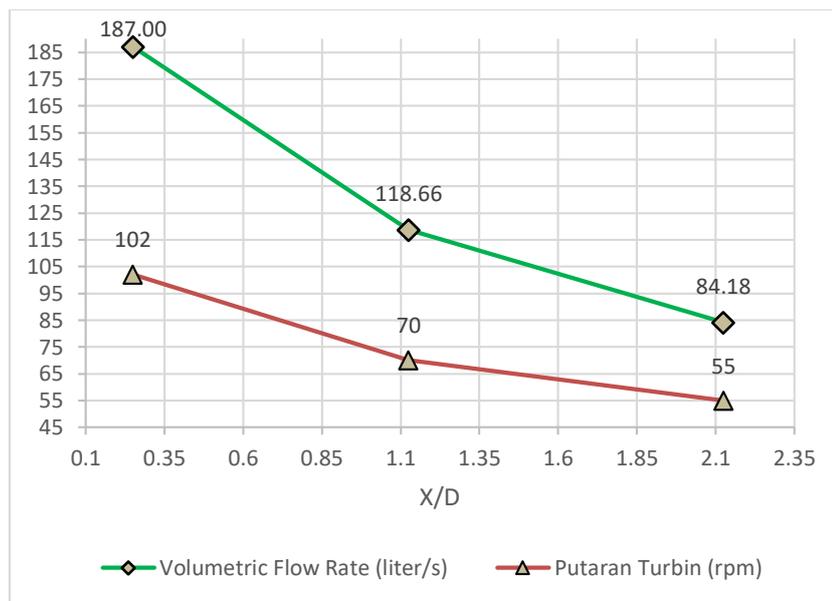
Gambar 6. Grafik tekanan statik inlet dan outlet

Gambar 6 menunjukkan penurunan tekanan statik inlet dan outlet yang di sebabkan oleh lebih tingginya tekanan udara luar daripada tekanan udara yang ada di dalam ruang plenum dan secara otomatis menyebabkan turbin ventilator akan berputar lebih lambat



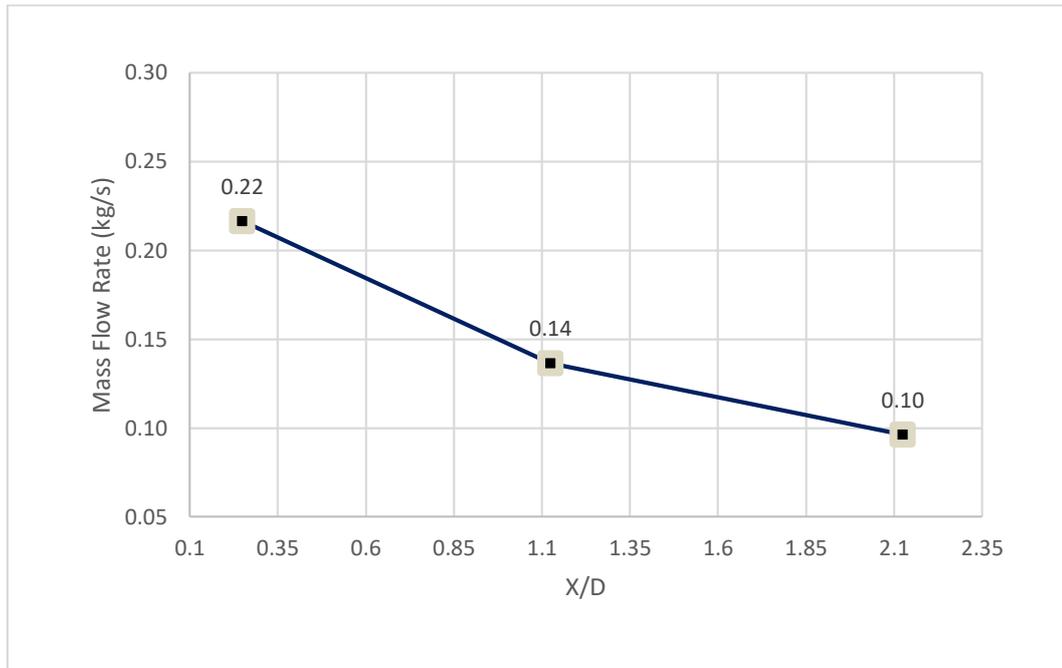
Gambar 7. Grafik perbedaan tekanan inlet dan outlet

Gambar menunjukkan penurunan tekanan antara pipa inlet dan outlet dikarenakan oleh penurunan temperatur di dalam ruang plenum.



Gambar 8. Grafik udara yang keluar cerobong

Gambar 8 menunjukkan penurunan volumetric flow rate dan juga penurunan putaran turbin seiring dengan menurunnya kecepatan udara di dalam plenum U_{plenum} dimana turbin ventilator dengan $U_{plenum} = 2,65$ memiliki volumetric flow rate dan putaran turbin paling tinggi kemudian di ikuti dengan $U_{plenum} = 1,68$ dan $U_{plenum} = 1,19$.



Gambar 8 Grafik massa udara yang keluar cerobong

Gambar 8 menunjukkan penurunan massa udara yang keluar cerobong dengan menurunnya kecepatan udara di dalam plenum (U_{plenum}) dan massa jenis udara (ρ_2) dimana turbin ventilator dengan ($U_{plenum} = 2,65$) dan ($\rho_2 = 1,157$) memiliki massa udara yang keluar cerobong paling tinggi kemudian di ikuti dengan ($U_{plenum} = 1,68$) ($\rho_2 = 1,149$) dan ($U_{plenum} = 1,19$) ($\rho_2 = 1,142$)

3. Simpulan

Beberapa kesimpulan yang bisa di dapatkan pada setelah pengujian dan penganalisaan data adalah sebagai berikut.

1. Dari hasil penelitian eksperimen dapat di buktikan bahwa turbin ventilator yang selama ini jarang di pakai dalam membuat ventilasi ruangan ternyata sangat berpengaruh terhadap kenyamanan ruangan.
2. Pada jarak terowongan angin (X/D) yaitu 10 cm perbedaan tekanan pada inlet dan outlet pipa cerobong turbin ventilator dengan rasio panjang panjang 40 cm mendapatkan hasil yang cukup baik dan terus menurun seiring dengan semakin menjauh nya jarak terowongan angin yaitu 45 cm dan 85 cm.
3. Pada jarak terowongan angin (X/D) yaitu 10 cm putaran yang di dihasilkan oleh turbin ventilator dengan rasio panjang 40 cm mendapatkan hasil yang cukup baik dan terus menurun seiring dengan semakin menjauh nya jarak terowongan angin yaitu 45 cm dan 85 cm.
4. Pada jarak terowongan angin (X/D) yaitu 10 cm massa jenis yang di dihasilkan oleh turbin ventilator dengan rasio panjang 40 cm mendapatkan hasil yang cukup baik dan terus menurun seiring dengan semakin menjauh nya jarak terowongan angin yaitu 45 cm dan 85 cm.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terimakasih yang se besar-besarnya kepada civitas Program Studi Teknik Mesin S-1 yang telah memberikan ilmu teknik mesin dan kepada bapak Arip Kurniawan selaku dosen pembimbing, kepada RT, RW dusun mbunder kecamatan singosari yang telah memberikan izin melaksanakan penelitian dan kepada pihak yang telah membantu dalam melaksanakan skripsi hingga pelaksanaannya bisa berjalan dengan sesuai yang di harapkan.

Daftar Pustaka

- [1]. Sukawi, S., Dwiyanto, A., & Hardiman, G. (2015). Model Ventilasi Atap pada Pengembangan Rumah Sederhana di Lingkungan berkepadatan tinggi. *Prosiding SNST Fakultas Teknik, 1*(1).
- [2]. Awbi, H. B. (2002). *Ventilation of buildings*. Routledge.
- [3]. Lai, C. M. (2003). Experiments on the ventilation efficiency of turbine ventilators used for building and factory ventilation. *Energy and Buildings, 35*(9), 927-932.
- [4]. Mukti, I. F., Huda, L. N., & Matondang, A. R. (2013). Desain Perbaikan Lingkungan Kerja Guna Mereduksi Paparan Panas Kerja Operator di PT. XY. *Jurnal Teknik Industri USU, 1*(1).
- [5]. Revel, A., & Huynh, P. (2004). Characterising roof ventilators. In *Australasian Fluid Mechanics Conference*. The University of Sydney.
- [6]. Data, W. (1997). Handbook Revisions Cover New Technologies.
- [7]. Karim, L., & Sartika, D. (2018). Pengaruh Jumlah Dan Sudut Sudu Vertikal Pada Cyclone Turbine Ventilator Terhadap Kenyamanan Thermal Ruangan. *V-MAC (Virtual of Mechanical Engineering Article), 3*(2), 20-23.