

## Analisa Panjang Cerobong Turbin Ventilator Terhadap Sirkulasi Udara

*Christian Agustino Ismanto<sup>1)</sup>, Arif Kurniawan<sup>2)</sup>*

*<sup>1),2)</sup>Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Sigura-gura 2 Malang  
Email : [christianismanto@yahoo.com](mailto:christianismanto@yahoo.com)*

### **Abstrak.**

*Penelitian ini dilakukan dengan variasi cerobong turbin ventilator dengan panjang 40 cm dan 80 cm, berdiameter 40cm, dan kipas turbin berjumlah 6 sudu, yang pertama kali yang dilakukan ialah memasang turbin ventilator dengan cerobong yang panjang 40 cm atau 80 cm, setelah itu pasang ke bagian atas dari plenum. Plenum ini fungsinya sebagai ruang panas yang, panas yang akan dihisap keluar oleh turbin ventilator. Plenum memiliki tinggi 2m yang terbuat dari siku besi dan ditutup dengan kaca dan akrilik. Pada penelitian juga dibantu dengan blower angin agar putaran turbin tetap stabil. Suhu dalam ruang plenum, untuk mengukur temperature ini menggunakan alat ukur termokopel. Alas pada alat plenum ini dibakar menggunakan burner agar temperature panas yang di dalam planum cepat naik dengan temperature yang diinginkan, setelah selesai burner dimatikan, blower dihidupkan dengan corong blower agar angin yang dihembuskan langsung ke turbin ventilator. Untuk mengecek seberapa cepat angin yang dihembus dari blower ini menggunakan alat anemometer. Untuk mengukur tekanan didalam planum menggunakan manometer melalui media kolom cair, dengan disambungkan ke pitot static tube yang berada diruang plenum. Penelitian ini menerapkan rancang bangun. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa jarak antara blower dengan turbin semakin jauh tekanan dalam plenum turun nya lambat, semakin dekat semakin cepat tekanan nya turun.*

**Katakunci:** *Cerobong Turbin Ventilator, Plenum , Blower.*

### **1. Pendahuluan**

Pemanfaat energi angin dengan menggunakan turbin angin sebagai alat konversi energi sudah dikenal sejak dahulu, setelah ditemukan minyak bumi yang mengakibatkan energi angin tersebut menurun. Keadaan ini terus berlangsung sampai krisis energi. Manusia menyadari perlu mengembangkan pemanfaatan sumber energi non minyak termasuk pengembangan pemanfaatan energi angin.

Dalam system konversi energi angin, energi kinetic angin kemudian dikonversikan oleh suatu turbin angin untuk dijadikan energi mekanik sebagai penggerak poros dengan menggunakan rotor atau sudu sebagai penangkap anginnya.

Turbin fan adalah perangkat yang mirip dengan exhaust fan atau roof fan, dan merupakan turbin sumbu vertikal yang memiliki dua fungsi: turbin angin dan kipas hisap. Kipas turbin menggunakan energi angin untuk menggerakkan turbin ventilasi.[1]

Turbin angin horizontal adalah model umum dengan bilah seperti baling-baling yang berputar di sekitar sumbu vertikal. Turbin angin horizontal harus memiliki rotor dan poros generator di bagian atas menara dan mengarah ke arah angin.

Turbin angin vertikal memiliki poros rotor vertikal. Tujuan utama dari susunan rotor ini adalah agar turbin angin tidak harus berorientasi pada arah angin. Ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat berbeda atau di mana ada pusaran air. Turbin angin vertikal jenis ini banyak digunakan dalam bentuk kipas turbin dan biasanya digunakan untuk mengeluarkan udara panas dari ruangan dan gedung. Putaran kipas angin disebabkan oleh angin yang bergerak yang menggerakkan sudu-sudu turbin. Gerakan angin ini terbagi menjadi dua aliran saat melewati kipas turbin. Satu aliran searah putaran, yang menimbulkan gaya putar, dan aliran lainnya berlawanan arah putaran, yang menekan putaran kipas turbin.

Penulisan ini akan lebih membahas tentang pengaplikasian sirkulasi udara dengan menggunakan turbin ventilator. Turbin ventilator merupakan sebuah alat yang menyerupai kubah bersudu putar agar dapat beroperasi dengan baik, cara kerja dari ventilator ini dengan memanfaatkan gaya dorong dari udara panas yang berada didalam ruangan hal ini dapat terjadi karena sifat dari udara panas ini akan mengarah keatas

dan jika udara panas ini tidak dikeluarkan suhu ruangan akan menjadi tinggi dan pengap, namun jika ruangan tersebut dipasang turbin ventilator maka udara panas yang terperangkap akan keluar melalui turbin ventilator ini.[2]

Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental. Eksperimen dilakukan melalui proses pembuatan alat planum dan cerobong pada turbin ventilator yang panjangnya berbeda beda. Pada penelitian ini terdapat 3 variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol.

**1.1. Variabel Bebas**

Variabel bebas atau variabel penyebab (independent variable) merupakan variabel yang dapat dibuat bebas dan bervariasi. Variabel bebas yaitu variabel yang ditentukan sebelum penelitian adalah suhu 35°C, 33°C, dan 31°C.

**1.2. Variabel Terikat**

Variabel terikat atau variabel tergantung (dependent variable) merupakan variabel yang muncul akibat adanya variabel-variabel terikat. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah diameter pada turbin 40cm.

**1.3. Variabel Terkontrol**

Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah Panjang cerobong sebesar 40 cm, 80 cm dan kecepatan angin sebesar 1.4 m/s, 2.5 m/s, dan 3 m/s.

**2. Pembahasan**

Menguraikan Hasil uji penelitian dari turbin ventilator disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Hasil massa jenis, kecepatan udara plenum, tekanan statik inlet, tekanan statis outlet, perbedaan tekanan statik inlet dan outlet, debit aliran udara yang keluar dari cerobong dan aliran massa udara yang keluar cerobong

**2.1. Massa Jenis**

$$\rho_2 = \frac{T_1 \rho_1}{T_2} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- T<sub>1</sub> = Temperatur udara pada keadaan 1(acuan)(Kelvin).
- T<sub>2</sub> = temperatur udara pada keadaan 2(penelitian)(Kelvin).
- ρ<sub>1</sub> = Massa jenis udara pada keadaan 1(acuan)(kg/m<sup>3</sup>)
- ρ<sub>2</sub> = Massa jenis udara pada keadaan 2(penelitian)(kg/m<sup>3</sup>)
- $\rho_2 = \frac{288.15 \times 1.225}{308.15}$
- ρ<sub>2</sub> = 1.145 kg/m<sup>3</sup>

Hasil pengujian dapat ditunjukkan didalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Massa Jenis

No	V <sub>w</sub> (m/s)	T <sub>1</sub> (K)	ρ <sub>1</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	T <sub>1</sub> (K)	ρ <sub>2</sub> (kg/m <sup>3</sup> )
1	1.4	288.15	1.225	308.15	1.145
2	2.5	288.15	1.225	306.15	1.153
3	3	288.15	1.225	304.15	1.161

**2.2. Kecepatan udara plenum**

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

Dimana :

- $U_{plenum}$  = Kecepatan Udara di dalam plenum (m/s)
- $\rho_{glycerin}$  = massa jenis glycerin ( $\text{kg/m}^3$ )
- $g$  = percepatan gravitasi bumi ( $\text{m/s}^2$ )
- $\Delta h$  = selisih pembacaan pada skala manometer (mm)
- $\rho_{udara}$  = massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$$U_{plenum} = \sqrt{\frac{2 \times 1261.737 \times 9.8 \times 0.525 \times \sin 15^\circ}{1.225}}$$

$$U_{plenum} = 1.71 \text{ m/s}$$

Hasil pengujian kecepatan udara plenum dapat ditunjukkan didalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian kecepatan udara plenum

No	$\rho_{glycerin}$ ( $\text{kg/m}^3$ )	$g$ ( $\text{m/s}^2$ )	$\Delta h$ (mm)	Sin 15°	$\rho_{udara}$ ( $\text{kg/m}^3$ )
1	1261.737	9.8	0.525	0.650288	1.225
2	1261.737	9.8	1.5	0.650288	1.225
3	1261.737	9.8	2.25	0.650288	1.225

### 2.3. Tekanan statik inlet

$$p_i = SG_{glycerin} \times \rho_{air} \times g(h_2 - h_1) \times 2 \sin \alpha \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

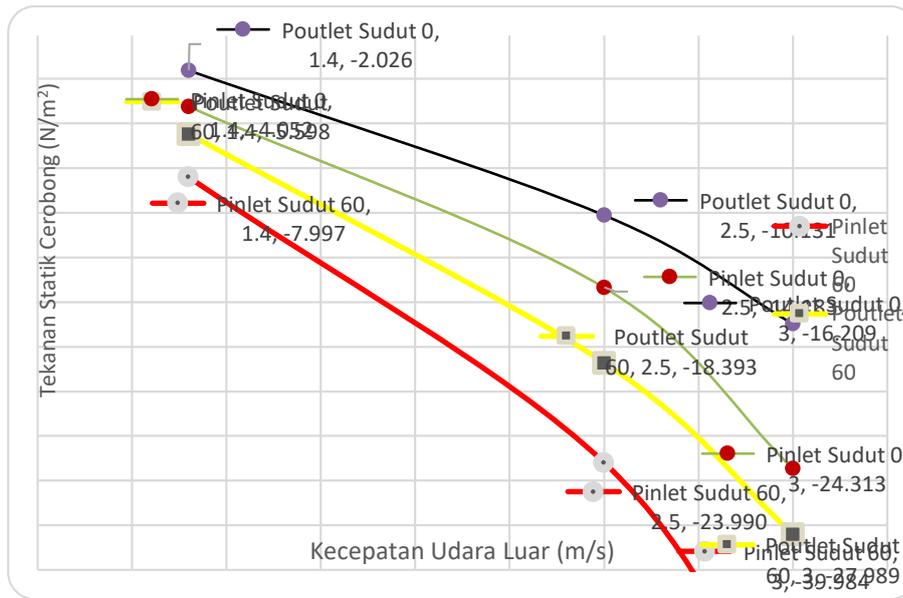
- $p_i$  = tekanan statis pada inlet pipa cerobong ( $\text{N/m}^2$ )
- $SG_{glycerin}$  = specific gravity glycerin = 1.263
- $\rho_{air}$  = massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )
- $g$  = percepatan gravitasi bumi ( $\text{m/s}^2$ )
- $h_1$  = bacaan awal manometer inlet (mm)
- $h_2$  = bacaan akhir manometer inlet (mm)
- $\alpha$  = sudut kemiringan manometer = 15°

Hasil pengujian dapat ditunjukkan didalam tabel 3.

Tabel 3. Hasil tekanan statik inlet

No	$SG_{glycerin}$	$\rho_{air}$ ( $\text{kg/m}^3$ )	$g$ ( $\text{m/s}^2$ )	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	Sin a
1	1.263	999	9.8	185	182.5	15°
2	1.263	999	9.8	185	177.5	15°
3	1.263	999	9.8	185	172.5	15°

Dari tabel 3 didapatkan grafik tekanan static inlet seperti pada gambar 1.



Gambar 1. grafik tekanan static inlet

Dari grafik diatas, pada cerobong pertama dengan kecepatan angin  $1.4 \frac{m}{s}$  didapatkan perbedaan tekanan static antara inlet dan outlet pipa cerobong sebesar  $2.399 \frac{N}{m^2}$ , pada kecepatan angin  $2.5 \frac{m}{s}$  didapatkan perbedaan tekanan pada cerobong sebesar  $5.598 \frac{N}{m^2}$ , pada kecepatan angin  $3 \frac{m}{s}$  didapatkan perbedaan tekanan static antara inlet dan outlet pipa cerobong sebesar  $11.995 \frac{N}{m^2}$ . Sedangkan menggunakan cerobong panjang 80 cm dengan kecepatan angin 1.4 m/s didapatkan perbedaan tekanan static antara inlet dan outlet pipa cerobong sebesar  $2.026 \frac{N}{m^2}$ , pada kecepatan angin  $2.5 \frac{m}{s}$  didapatkan perbedaan tekanan pada cerobong sebesar  $4.052 \frac{N}{m^2}$ , dan pada kecepatan angin  $3 \frac{m}{s}$  didapatkan perbedaan tekanan static antara inlet dan outlet pipa cerobong sebesar  $8.104 \frac{N}{m^2}$ .

#### 2.4. Tekanan Static Outlet

$$P_o = SG_{glycerin} \times \rho_{air} \times g(h_2 - h_1) \times 2 \sin \alpha \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

$p_o$  = tekanan statis pada outlet pipa cerobong ( $N/m^2$ )

$SG_{glycerin}$  = specific gravity glycerin = 1.263

$\rho_{air}$  = massa jenis air ( $kg/m^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi bumi ( $m/s^2$ )

$h_1$  = bacaan awal manometer outlet (mm)

$h_2$  = bacaan akhir manometer outlet (mm)

$\alpha$  = sudut kemiringan manometer =  $15^\circ$

$$P_o = 1.263 \times 999 \times 9.8(183.25 - 185) \times 2(15^\circ)$$

$$P_o = -5.598 N/m^2$$

Tabel 4. Hasil tekanan static outlet

No	$SG_{glycerin}$	$\rho_{air}$	g	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	Sin a
1	1.263	999	9.8	185	183.25	15°
2	1.263	999	9.8	185	179.25	15°
3	1.263	999	9.8	185	176.25	15°

2.5. Perbedaan tekanan static inlet dan outlet

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

Dimana :

$\Delta p$  = perbedaan tekanan statis antara inlet dan outlet pipa cerobong turbin (N/m<sup>2</sup>)

$p_o$  = tekanan statis pada outlet pipa cerobong (N/m<sup>2</sup>)

$p_i$  = tekanan statis pada inlet pipa cerobong (N/m<sup>2</sup>)

$$\Delta p = -5,598 - (-7,997)$$

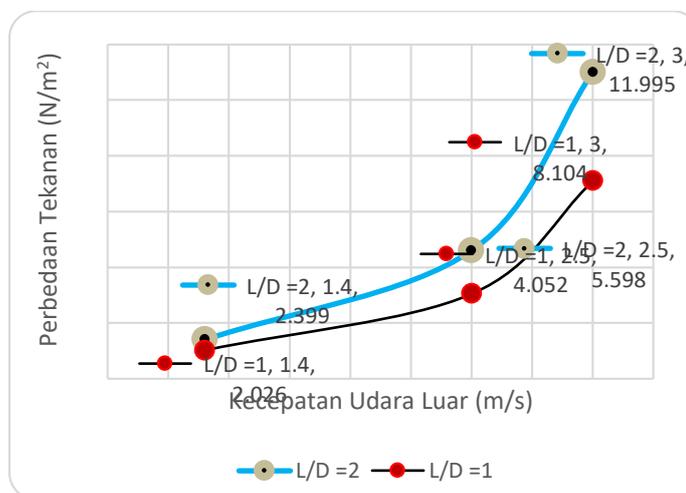
$$\Delta p = 2,399 \text{ N/m}^2$$

Hasil pengujian dapat ditunjukkan didalam tabel 5.

Tabel 5. Hasil perbedaan tekanan static inlet dan outlet

$\Delta p$	$p_o$	$p_i$
2,399	-5,598	-7,997
5,598	-18,393	-23,990
11,995	-27,989	-39,984

Dari tabel 5 didapatkan grafik tekanan statik inlet seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik perbedaan tekanan static inlet dan outlet

Dari grafik diatas,pada cerobong pertama dengan kecepatan angin  $1,4 \frac{m}{s}$  didapatkan perbedaan tekanan statik antara inlet dan outlet pipa cerobong sebesar  $2,399 \frac{N}{m^2}$ , pada kecepatan angin  $2,5 \frac{m}{s}$  didapatkan perbedaan tekanan sebesar  $5,598 \frac{N}{m^2}$ , dan pada kecepatan angin  $3 \frac{m}{s}$  didapatkan perbedaan tekanan statik antara inlet dan outlet pipa cerobong sebesar  $11,995 \frac{N}{m^2}$ . Sedangkan menggunakan cerobong dengan panjang 80 cm pada kecepatan angin 1,4 m/s didapatkan perbedaan tekanan statik antara inlet dan outlet pipa cerobong sebesar  $2,026 \frac{N}{m^2}$ , pada kecepatan angin  $2,5 \frac{m}{s}$  didapatkan perbedaan pipa sebesar  $4,052 \frac{N}{m^2}$ , dan pada kecepatan angin  $3 \frac{m}{s}$  didapatkan perbedaan tekanan statik antara inlet dan outlet pipa cerobong sebesar  $8,104 \frac{N}{m^2}$ .

## 2.6. Debit Aliran Udara Yang Keluar Cerobong

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

Dimana :

$Q$  = debit aliran udara yang keluar cerobong ( $m^3$ /satau liter/s)

$U_{plenum}$  = Kecepatan Udara di dalam plenum (m/s)

$A_c$  = Luas Penampang Cerobong ( $m^2$ )

$$Q = 1,71 \times 0,07065$$

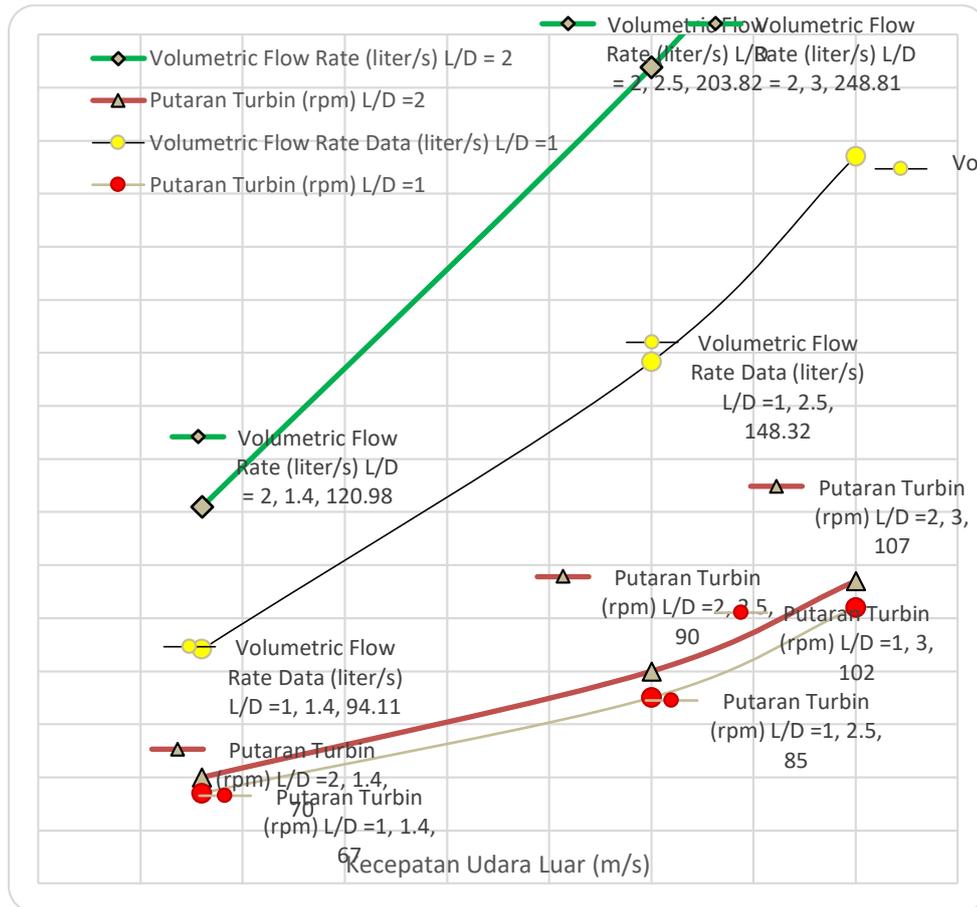
$$Q = 0,12 m^3/s$$

Hasil pengujian dapat ditunjukkan didalam tabel 6.

Tabel 6. Hasil debit aliran udara yang keluar dari cerobong

Q	$U_{Plenum}$	$A_c$
0,12	1,71	0,07065
0,20	2,88	0,07065
0,25	3,52	0,07065

Dari tabel 6 didapatkan grafik tekanan statik inlet seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik tekanan statik inlet

Dari grafik diatas pada data cerobong pertama pada kecepatan angin 1,4 m/s didapatkan perhitungan volume udara keluar cerobong sebesar  $0,12 \frac{m^3}{s}$ , dengan 94,11 liter/s, pada putaran turbin 70 rpm, pada kecepatan angin 2,5 m/s didapatkan perhitungan volume udara keluar cerobong sebesar  $0,20 \frac{m^3}{s}$ , dengan 148.32 liter/s, pada putaran turbin 85 rpm, pada kecepatan angin 3 m/s didapatkan perhitungan volume udara sebesar  $0,25 \frac{m^3}{s}$ , dengan 187,00 liter/s, pada putaran turbin 102rpm. Pada cerobong kedua dengan kecepatan angin 1,4  $\frac{m}{s}$  didapatkan perhitungan volume udara sebesar  $0,12 \frac{m^3}{s}$  atau sama dengan  $120,98 \frac{liter}{s}$  dengan putaran turbin 70 rpm, pada kecepatan angin 2,5  $\frac{m}{s}$  didapatkan perhitungan volume udara sebesar  $0,20 \frac{m^3}{s}$  atau sama dengan  $203,82 \frac{liter}{s}$  dengan putaran turbin 90 rpm, dan pada kecepatan angin 3  $\frac{m}{s}$  didapatkan perhitungan volume udara sebesar  $0,25 \frac{m^3}{s}$  atau sama dengan  $248,81 \frac{liter}{s}$  dengan putaran turbin 107 rpm.

## 2.7. Aliran Massa Udara Yang Keluar Cerobong

$$m = \rho_2 \times U_{plenum} \times A_c \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :

- $\dot{m}$  = Aliran massa udara yang keluar cerobong (kg/s)
- $\rho_2$  = tekanan absolute udara pada keadaan 2 (Penelitian) (kg/m<sup>3</sup>)
- $U_{plenum}$  = Kecepatan Udara di dalam plenum (m/s)

$A_c$  = Luas Penampang Cerobong ( $m^2$ )

$$m = 1,145 \times 1,71 \times 0,07065$$

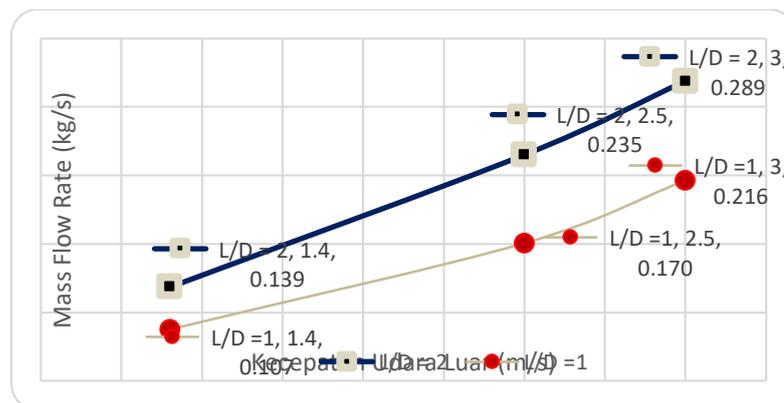
$$m = 0,139 \text{ kg/s}$$

Hasil pengujian dapat ditunjukkan didalam tabel 7.

Tabel 7. Hasil debit aliran udara yang keluar dari cerobong.

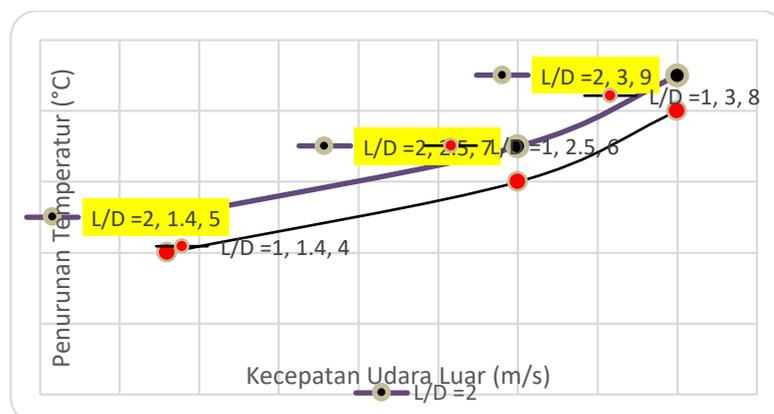
m	P2	$U_{\text{plenum}}$	$A_c$
0,139	1,145	1,71	0,07065
0,235	1,153	2,88	0,07065
0,289	1,161	3,52	0,07065

Dari tabel 7 didapatkan grafik aliran massa udara yang keluar cerobong seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik aliran massa udara yang keluar cerobong

Pada grafik diatas pada data cerobong pertama kecepatan angin 1.4 m/s didapatkan perhitungan volume udara keluar cerobong sebesar 0.139 m/s, pada kecepatan angin 2.5 m/s didapatkan perhitungan volume udara sebesar 0.170 kg/s, dan pada kecepatan angin 3 m/s didapatkan perhitungan volume udara sebesar 0.216 kg/s, Pada data cerobong kedua kecepatan angin 1.4 m/s didapatkan perhitungan volume sebesar 0.139 kg/s, pada kecepatan angin 2.5 m/s didapatkan perhitungan volume udara sebesar 0.170 kg/s, dan pada kecepatan angin 3 m/s didapatkan perhitungan volume udara sebesar 0.289 kg/s.



Gambar 5. Grafik penurunan temperatur

Dari grafik diatas pada cerobong pertama dengan kecepatan angin 1.4 m/s didapatkan penurunan temperature 4°C, pada kecepatan angin 2.5 m/s didapatkan penurunan temperature 6°C, pada kecepatan angin 3 m/s didapatkan penurunan temperature 8°C, pada cerobong kedua dengan kecepatan angin 1.4 m/s didapatkan penurunan temperature 5°C, pada kecepatan angin 2.5 m/s didapatkan penurunan temperature 7°C, pada kecepatan angin 3 m/s didapatkan penurunan temperature 9°C.

### **3. Simpulan**

Dari hasil pengujian melalui eksperimental menunjukkan bahwa turbin ventilator dengan didorong angin dari blower dengan jarak yang dekat tekanan yang ada di dalam ruang plenum akan menaik. Pada penelitian ini bila turbin ventilator ditambahkan cerobong lagi yang awalnya 40cm dan ditambahkan menjadi 80cm tekanan akan turun, sedangkan cerobong ditambahkan lagi menjadi 120cm tekanan yang berada didalam planum akan naik.

### **Ucapan Terima Kasih**

Pertama tama kami ucapkan terimakasih kepada civitas Program Studi Teknik Mesin S-1 yang telah memberikan ilmu teknik mesin sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

### **Daftar Pustaka**

- [1]. Kurniawan N, Priangkoso T, Darmanto, 2016. Analisa Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Kerugian Tekanan Pada Saluran Udara. Universitas Wahid Hasyim.
- [2]. Laurensius Nogur dkk, 2014. Studi Eksperimen Variasi Sudut Blade Terhadap Kinerja Rotor Blade Turbin Ventilator Tipe Propeler Poros Horizontal Model Contra Flow, Vol.1, No.2
- [3]. Prayoga, D. S., Suraatmadja, M. S., & Hidayat, I. (2016). Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Vertical-axis Wind Turbine. *eProceedings of Engineering*, 3