

ANALISA PENGARUH INNER FAN PADA RUANG PLENUM TERHADAP PERFORMA TURBIN VENTILATOR

S.Z.Fikri ¹⁾, A.Kurniawan ²⁾

^{1),2),3)} *Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Sigura-gura 2 Kota Malang, Jawa Timur Indonesia
Email : Zainalfikri51@gmail.com*

Abstrak. Turbin ventilator merupakan turbin angin dengan sumbu vertikal berfungsi sebagai salah satu alat ventilasi yang biasanya digunakan dipabrik atau bangunan lainya.turbin ini menggabungkan fungsi kincir angin dan kipas hisab. Pada penelitian kali ini ditambahkan jumlah sudu dan penggunaan ruang uji yang berbentuk limas segi enam setinggi 2 meter dan berdiameter 120cm, dan menambahkan innerfan yang berada di dalam ruang uji berdiameter 25cm dengan jarak ± 40 cm dari atap ruang uji. Penambahan innerfan bertujuan untuk mengetahui efektifitas kinerja dari turbin ventilator .

Pada penelitian yang dilakukan menggunakan innerfan sebagai variable bebasnya dan waktu sebagai variable terikat, menggunakan suhu 40°C sebagai temperaturnya,dan pada penelithan penurunan suhu di kecepatan angin 1,4m/s mendapat hasil 4°C tanpa menggunakan innerfan dan saat menggunakan innerfan mendapat hasil 1°C dan di suhu 2,5m/s tanpa innerfan mendapat hasil 6°C namun pada saat innerfan di aktifkan hanya turun 3°C ,untuk kecepatan yang ke 3 yaitu 3m/s mendapat hasil 8°C dan 5°C tanpa innerfan .pada penelitian mendapatkan hasil yang kurang efektif pada penurunan suhu dikarenakan kinerja dari kipas krang maksimal dan terdapat vortex pada bagian dasar ruang uji.

Katakunci: *Turbin Ventilator, Innerfan, Performa, Energi Angin*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara berkembang dan salah satunya meningkatkan perekonomian di sektor pembangunan. Pada zaman ini pembangunan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan perekonomian, pembangunan ini juga mengarah ke sektor industri seperti pabrik gudang dan sebagainya. bangunan ini dibangun untuk membantu perkembangan dan kehidupan masyarakat tetapi bangunan yang di gunakan untuk membantu masyarakat ini memiliki banyak problem, seiring perkembangan zaman masalah-masalah tersebut dapat diperbaiki seiring dengan perkembangan zaman.

Turbin angin merupakan kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Pada awal pembuatanya digunakan untuk memudahkan kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill. Saat ini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip kponversi energi dan menggunakan sumber daya alam Terbarukan yaitu angin. [1]

Meskipun sering dianggap sangat efektif bahkan dalam kondisi angin paling ringan, tetapi banyak penelitian ilmiah menemukan bahwa kinerja aktualnya di gedung sebenarnya tidak terlalu menjanjikan karena beberapa kendala iklim luar ruangan dan kelemahan konfigurasi perangkat itu sendiri.[2]

Dalam penelitian ini komponen yang di teliti adalah turbin ventilator dan bukan ventilasi. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengkaji kondisi termal akibat paparan panas dalam ruangan dan melakukan engineering control dengan merancang sistem ventilasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran langsung kondisi termal dan metode activity sampling untuk mengamati waktu kerja produktif.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dalam pengumpulan data . metode eksperimen merupakan salah satu metode dalam penelitian yang biasanya dilakukan dengan cara membuat suatu percobaan atau mengamati Prosesnya.

Variable dalam penelitian ini ada 3 yaitu:

1. Variable bebas

Yaitu Variable yang berdiri sendiri atau variable nilainya tidak terpengaruh oleh variable lain.

Variable bebas pada penelitian ini : Suhu Innerfan

2. Variable Terikat

Variable ini merupakan variable yang dipengaruhi oleh variable bebas. Variable terikat dalam penelitian ini adalah: Putaran rpm

3. Variable Terkontrol

Variable terkontrol variable yang nilainya dijaga konstan pada penelitian yaitu : waktu

2. Pembahasan

Menguraikan hasil analisis yang telah dilakukan pada tanggal 9-18 juni dengan variasi innerfan. Pengujian disajikan dalam bentuk gambar beserta tabel dan juga grafik. Data hasil pengujian berupa Temperatur udara temperatur ruang plenum selisih pembacaan manometer pada ruang plenum tekanan statik pada cerobong ,bacaan awal dan akhir manometer, tekanan udara luar dan kecepatan putaran turbin

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

| T_1 | T_{plenum} | T_2 | Δh | P_{inlet} | | P_{outlet} | | V_{∞} | n |
|--------|--------------|--------|------------|-------------|-------|--------------|--------|--------------|-----|
| | | | | h_1 | h_2 | h_1 | h_2 | | |
| 288.15 | 40 | 308,15 | 1,5 | 185 | 182,5 | 185 | 183,25 | 1,4 | 67 |
| 288.15 | 40 | 310.15 | 2,25 | 185 | 177,5 | 185 | 179,25 | 2,5 | 85 |
| 288.15 | 40 | 312.15 | 0,52 | 185 | 172,5 | 185 | 176,25 | 3 | 102 |

Keterangan :

- T_1 = Temperatur udara pada keadaan 1 (K)
- T_2 = Temperatur udara pada keadaan 2 (K)
- T_{plenum} = Temperatur dalam ruang pelnum
- Δh = Selisih pembacaan manometer di ruang plenum (mm)
- P_{inlet} = Tekanan static di cerobong bawah (mm)
- P_{outlet} = Tekanan static di cerobong atas (mm)
- h_1 = Bacaan awal manometer (mm)
- h_2 = Bacaan akhir manometer (mm)
- V_{∞} = Kecepatan udara luar (m/s)
- n = Kecepatan putaran turbin (rpm)

1. Perhitungan Data Hasil Pengujian

Dari data yang sudah didapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$\rho^2 = \frac{T^1 \rho^1}{T^2} \dots \dots \dots$$

Dimana:

- ρ_1 = massa jenis keadaan 1 (acuan) (kg/m^3)
- ρ_2 = massa jenis keadaan 2 (penelitian) (kg/m^3)
- T_1 = temperatur keadaan 1 (acuan) (kelvin)
- T_2 = temperatur keadaan 2 (penelitian) (kelvin)

Tabel 2. Tekanan absolute udara

| V_∞ (Variasi kecepatan) | T_1 | ρ_1 | T_2 | ρ_2 |
|-----------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| 1,4 | 288,15 | 1,225 | 312,15 | 1,131 |
| 2,5 | 288,15 | 1,225 | 310,15 | 1,138 |
| 3 | 288,15 | 1,225 | 308,15 | 1,145 |

$$\rho^2 = \frac{288,15 \times 1,225}{312,15} = 1,131 \text{ kg}/m^3$$

2. Kecepatan Udara Plenum

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

Dimana:

- U_{plenum} = Kecepatan udara di dalam plenum (m/s)
- $\rho_{glyserin}$ = Massa jenis glyserin(kg/m^3)
- g = Percepatan grafitasi (m/s)
- Δh = Selisih pembacaan pada skala manometer(mm)
- ρ_{udara} = Massa jenis udara (kg/m^3)

Tabel .3 Perhitungan kecepatan udara

| $\rho_{glyserin}$ | g | Δh | $\sin 15^\circ$ | ρ_{udara} | U_{plenum} |
|-------------------|-----|------------|-----------------|----------------|--------------|
| 1261,737 | 9,8 | 0,525 | 0,650288 | 1,225 | 1,72 |
| 1261,737 | 9,8 | 1,5 | 0,650288 | 1,225 | 2,90 |
| 1261,737 | 9,8 | 2,25 | 0,650288 | 1,225 | 3,54 |

$$U_{plenum} = \sqrt{\frac{2 \times 1261,737 \times 9,8 \times 0,525 \times 0,650288}{1,225}} = 1,72$$

3. Tekanan Static Inlet

$$\rho_i = SG_{glyserin} \times \rho_{air} \times g(h_2 - h_1) \times 2 \times \sin \alpha \dots \dots \dots$$

- Dimana:
SGglyserin = Specific gravity (glyserin) (1.263)
p inlet = Tekanan statis pada inlet pipa cerobong (N/m²)
ρair = Massa jenis air (kg/m³)
h₁ = Bacaan awal manometer (mm)
h₂ = Bacaan akhir manometer (mm)
α = Sudut kemiringan manometer (15°)
g = Percepatan gravitasi (m/s)

Tabel. 4 Tekanan Static Inlet

| <i>SGglyserin</i> | <i>ρair</i> | <i>g</i> | <i>h₁</i> | <i>h₂</i> | <i>sina</i> |
|-------------------|-------------|----------|----------------------|----------------------|-------------|
| 1,263 | 999 | 9,8 | 185 | 182,5 | 15° |
| 1,263 | 999 | 9,8 | 185 | 177,5 | 15° |
| 1,263 | 999 | 9,8 | 185 | 172,5 | 15° |

$$p_i = 1,263 \times 999 \times 9,8(182,5 - 185) \times 2 \times \sin 15^\circ = -7,997$$

4. Tekanan Static Outlet

$$p_o = SGglyserin \times \rho_{air} \times g(h_2 - h_1) \times 2 \times \sin \alpha \dots \dots$$

- Dimana:
SGglyserin = specific gravity
p outlet = massa jenis statik luar (mm)
ρair = masa jenis air (kg/m³)
h₁ = bacaan awal manometer (mm)
h₂ = bacaan akhir manometer (mm)
g = Percepatan gravitasi (m/s)
α = Sudut kemiringan manometer (15°)

Tabel.5 Tekanan Statik Outlet

| <i>SGglyserin</i> | <i>ρair</i> | <i>g</i> | <i>h₁</i> | <i>h₂</i> | <i>sina</i> |
|-------------------|-------------|----------|----------------------|----------------------|-------------|
| 1,263 | 999 | 9,8 | 185 | 183,25 | 15° |
| 1,263 | 999 | 9,8 | 185 | 179,25 | 15° |
| 1,263 | 999 | 9,8 | 185 | 176,25 | 15° |

$$p_o = 1,263 \times 999 \times 9,8(182,5 - 185) \times 2 \times \sin 15^\circ = (-5,598) \text{ N/m}^2$$

5 Perbedaan Tekanan inlet dan outlet

$$\Delta p = p_o - p_i \dots \dots$$

- Dimana:
Δp = perbedaan tekanan statis inlet dan outlet (N/m²)
ρo = tekanan statis outlet (N/m²)
ρi = tekanan staic inlet (N/m²)

Tabel. 6 Perbedaan Tekanan Inlet dan Outlet.

| <i>Δp</i> | <i>ρo</i> | <i>ρi</i> |
|-----------|-----------|-----------|
| 2,399 | -5,598 | -7,997 |

| | | |
|--------|---------|---------|
| 5,598 | -18,393 | -23,990 |
| 11,995 | -27,989 | -39,984 |

$$\Delta p = -5,598 - (-7,997) = 2,399$$

6 Debit Aliran Yang Keluar Dari Turbin

$$Q = U_{plenum} \times A_c \dots \dots \dots$$

Dimana:

Q = debit aliran udara yang keluar cerobong (m³/satu liter/s)

U_{plenum} = kecepatan udara dalam plenum (m²)

A_c = luas penampang cerobong (m²)

Tabel. 7 Debit Yang Keluar Dari Turbin

| Q | U_{plenum} | A_c |
|------|--------------|---------|
| 0,12 | 1,72 | 0,07065 |
| 0,21 | 2,90 | 0,07065 |
| 0,25 | 3,54 | 0,07065 |

$$Q = 1,72 \times 0,07065 = 0,12 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

7 Aliran Massa Udara Yang Keluar Dari Cerobong.

$$\dot{m} = \rho^2 \times U_{plenum} \times A_c \dots \dots \dots$$

Dimana:

\dot{m} = aliran massa udara yang keluar cerobong (kg/s)

ρ_2 = tekanan absolute udara (m/s)

U_{plenum} = tekanan udara dalam plenum (m/s)

A_c = Luas penampang (m²)

Tabel. 8 Aliran Massa Udara Yang Keluar Dari Cerobong.

| \dot{m} | ρ_2 | U_{plenum} | A_c |
|-----------|----------|--------------|---------|
| 0,138 | 1,131 | 1,72 | 0,07065 |
| 0,233 | 1,138 | 2,90 | 0,07065 |
| 0,287 | 1,145 | 3,54 | 0,07065 |

$$\dot{m} = 1,131 \times 1,72 \times 0,07065 = 0,138$$

2.2 Grafik Perhitungan Data:

Dari perhitungan diatas didapat grafik sebagai berikut:

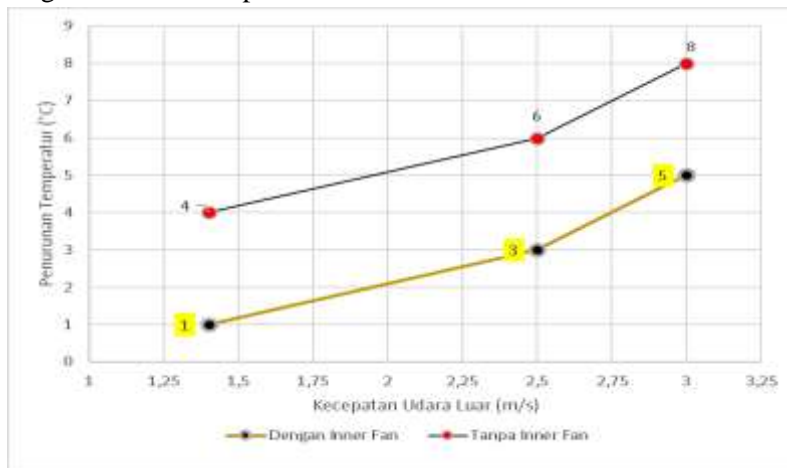
1. Grafik Perhitungan statik inlet



(Gambar 1. Grafik Perhitungan statik inlet)

Pada grafik diatas pada kecepatan angin 1,4 (m/s) didapatkan perbedaan tekanan pada tekanan inlet tanpa innerfan sebesar $-4,052 \text{ N/m}^2$ namun pada saat innerfan dinyalakan mendapatkan $-5,065 \text{ N/m}^2$, pada outlet tanpa innerfan mendapatkan hasil sebesar $-2,026 \text{ N/m}^2$ saat innerfan dinyalakan mendapat hasil $-3,546 \text{ N/m}^2$. Pada kecepatan angin 2,5 (m/s) p inlet tanpa innerfan mendapat hasil $-14,183 \text{ N/m}^2$ dan yang menggunakan innerfan $-15,196 \text{ N/m}^2$, pada p outlet tanpa innerfan sebesar $-10,131$ dan yang menggunakan innerfan sebesar $-11,650 \text{ N/m}^2$. Dan pada kecepatan tertinggi yaitu 3 (m/s) didapatkan hasil dari p inlet tanpa innerfan sebesar $-24,313$ dan p inlet dengan innerfan sebesar $-25,326$, sedangkan pada p outlet tanpa innerfan didapatkan hasil $-16,209$, sedangkan poutlet dengan innerfan didapat hasil $17,728$.

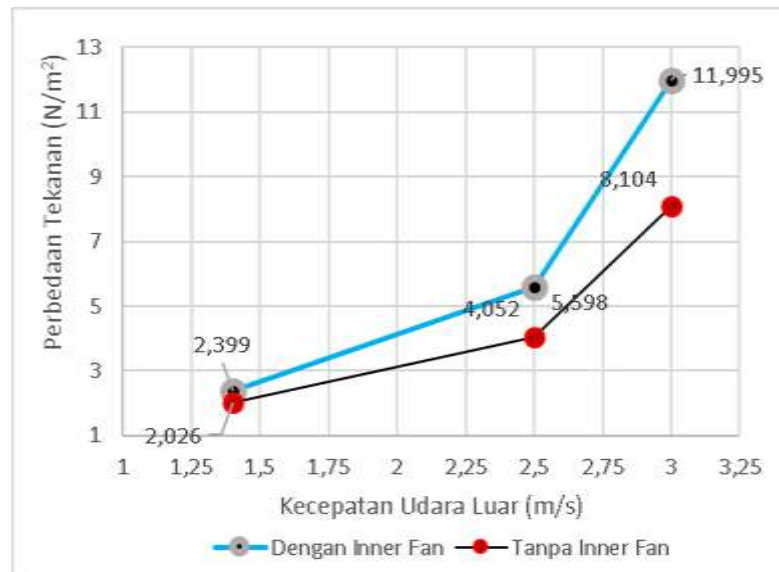
2. Grafik Perhitungan Variasi Kecepatan



(Gambar 2. Grafik Perhitungan Variasi Kecepatan)

Berdasarkan grafik pada gambar 2. Menunjukkan bahwa penggunaa innerfan tidak begitu berpengaruh pada penurunan suhu dapat dilihat pada grafik yaitu pada kecepatan 1,4 m/s tanpa innerfaan didapat hasil penurunan temperatur sebesar 4°C dan yang menggunakan innerfan malah mendapat hasil penurunan suhu sebesar 1°C , Pada kecepatan angin 2,5m/s tanpa innerfan didapatkan hasil penurunan suhu sebesar 6°C namun pada saat innerfan dihidupkan mendapat penurunan suhu sebesar 3°C , pada kecepatan angin ke 3 yaitu 3 m/s saat innerfan dimatikan mendapat hasil sebesar 8°C dan pada saat innerfan dihidupkan mendapat hasil 5°C .

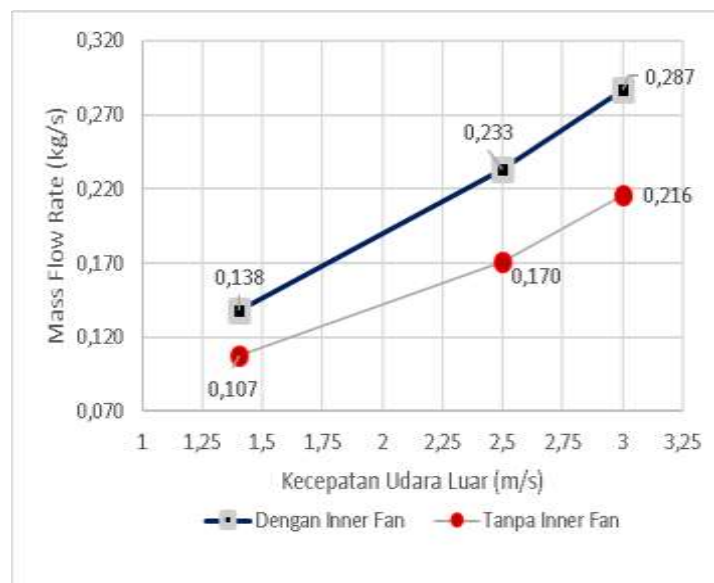
3. Grafik Perhitungan Tekanan Static antara Inlet dan Outlet Pipa Cerobong Turbin.



(Gambar 3. Grafik Perhitungan Tekanan Static antara Inlet dan Outlet Pipa Cerobong Turbin)

Pada grafik 3 yaitu perhitungan tekanan static antara inlet dan outlet pipa cerobong turbin didapat hasil. Pada kecepatan angin 1,4 (m/s) mendapat hasil perhitungan sebesar 2,026 N/m² Tanpa menggunakan innerfan sedangkan pada saat menggunakan innerfan didapat hasil 2,399 N/m², Pada kecepatan angin 2,5m/s mendapat hasil 5,598 N/m² tanpa menggunakan innerfan dan 4,052 N/m² saat menggunakan innerfan ,dan pada kecepatan terakhir yaitu pada kecepatan angin 3m/s mendapat hasil 8,104 N/m² tanpa menggunakan innerfan dan 11,995 N/m² Saat menggunakan innerfan .

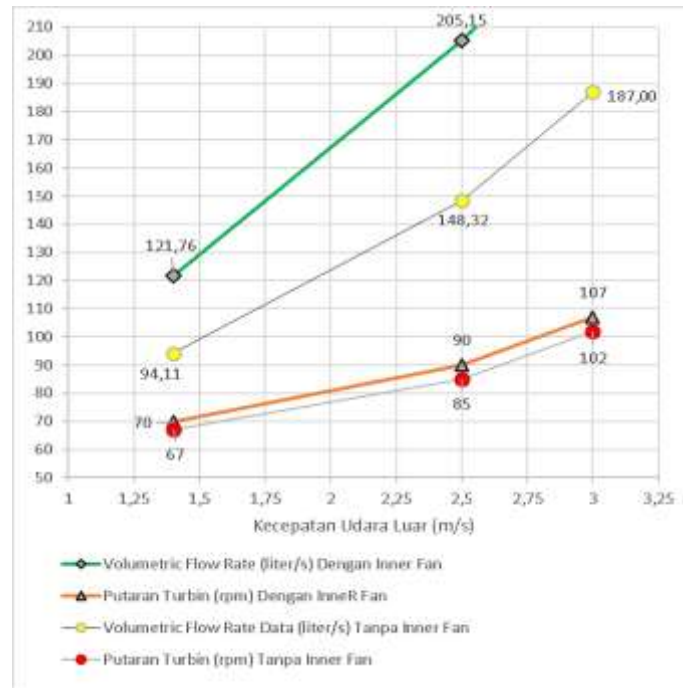
4. Perhitungan Aliran Massa Udara



(Gambar 4. Perhitungan Aliran Massa Udara)

Pada grafik 4.4 diatas menjelaskan tentang perhitungan aliran massa udara yang keluar pada kecepatan 1,4m/s didapat hasil 0,107 kg/s tanpa menggunakan innerfan sedangkan ketika innerfan di aktifkan didapat hasil 0,138 kg/s, pada kecepatan anginyang berbeda yaitu 2,5 didapatkan hasil perhitungan sebesar 0,170 kg/s tanpa innerfan sedangkan saat menggunakan innerfan didapat hasil 0,233 kg/s. Dan pada kecepatan 3 m/s didapat hasil 0,216 kg/s pada saat tidak menggunakan innerfan dan 0,287 kg/s pada saat innerfan di hidupkan.

5. Grafik Volumetric flow rate



(Gambar 5. Grafik Volumetric flow rate)

Pada grafik 5 Volumetric flow rate tanpa innerfan pada kecepatan angin 1,4 m/s didapatkan hasil 94,11 m^3/s dan putaran turbin sebesar 67 rpm ,saat menggunakan innerfan Volumetric flow rate didapat hasil 121,76 m^3/s , dan putaran turbin sebesar 70 .Pada kecepatan angin sebesar 2,5m/s tanpa menggunakan innerfan didapatkan hasil Volumetric flow rate didapatkan hasil148,32 dan putaran turbin sebesar 85 dan pada saat innerfan diaktifkan didapat hasil Volumetric flow rate 205,15 dan putaran turbin 90. Pada kecepatan angin sebesar 3 m^3/s 5 Volumetric flow rate tanpa innerfan didapatkan hasil sebesar 187dan putaran turbin sebesar 102 dan saat innerfan diaktifkan Volumetric flow rate 250,44 m^3/s dan putaran turbin 107.

3. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang berjudul “ Analisa pengaruh innerfan pada ruang plenum terhadap performa turbin ventilator” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada grafik 4.1 dapat disimpulkan grafik menurun dikarenakan perbedaan udara pada dalam dan luar plenum berpengaruh pada turunnya tekanan dan ada pengaruh juga dari innerfan itu sendiri.
2. Dapat dilihat dari pertumbuhan grafik penurunan temperatur di atas. Dari hasil penelitian didapatkan hasil kurang positif, yaitu pemakaian innerfan berpengaruh terhadap kinerja turbin ventilator sebagai mana ditunjukkan pada grafik 4.2 yaitu penurunan suhu yang seharusnya bisa lebih cepat turun apabila menggunakan innerfan namun pada saat penelitian malah berbanding terbalik.
3. Pada grafik 4.3 yaitu perhitungan tekanan static antara inlet dan outlet pipa cerobong turbin didapat hasil.pada kecepatan angin 1,4 dan 2,5, penambahan innerfan kurang berpengaruh terhadap perbedaan tekanan namun di kecepatan angin 3 m/s innerfan mendapat nilai yang lebih besar jadi kinerja innerfan juga bisa dikatakan bergantung kecepatan angin.
4. Pada grafik 4.4 diatas menjelaskan tentang perhitungan aliran massa udara yang keluar, pada penggunaan innerfan di grafik ini mendapat hasil kenaikan sekitar 0,30- 0,70kg/s. hal ini dipengaruhi oleh dorongan innerfan dari dalam yang membuat sirkulasi menjadi baik dan membuat udara pengap dalam ruangan cepat keluar.
5. Pada grafik 4.5 Volumetric flow rate dan putaran turbin. Disini dapat disimpulkan bahwa pada massa udara yang keluar dari turbin mendapat hasil yang positif yaitu mengalami kenaikan yang cukup pesat pada kecepatan angin 3m/s. Pada putaran turbin juga mengalami kenaikan pada saat menggunakan innerfan dengan selisih 3-5rpm
6. Jarak antara innerfan dengan turbin ventilator terlalu jauh sehingga membutuhkan waktu untuk udara panas mencapai atas cerobong walaupun ada dorongan oleh innerfan itu sendiri.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Allah swt yang telah memudahkan dalam pengerjaan jurnal ini.

Terimakasih kepada kedua orang tua yang telah mensupport untuk kelancaran dalam penulisan.

Dan Terimakasih kepada rekan rekan kelompok yang sudah berkontribusi terhadap pembuatan jurnal ini.

Daftar Pustaka

- [1] R. Nanang, Gunarto, and E. Sarwono, “Study Eksperimental Berbagai Macam Jenis Sudu Turbin Angin Sumbu Horisontal Skala Laboratorium,” *Repos. Univ. Muhammadiyah Pontianak*, vol. 3, no. 2, pp. 113–120, 2017.
- [2] M. Ismail and A. M. Abdul Rahman, “Rooftop Turbine Ventilator: A Review and Update,” *J. Sustain. Dev.*, vol. 5, no. 5, pp. 121–131, 2012, doi: 10.5539/jsd.v5n5p121.
- [3] L. Savitri, “Tugas Akhir,” *175.45.187.195*, p. 31124, 2010, [Online]. Available: [ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/BAHAN WISUDA PERIODE V 18 MEI 2013/FULLTEKS/PD/lovita meika savitri \(0710710019\).pdf](ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/BAHAN WISUDA PERIODE V 18 MEI 2013/FULLTEKS/PD/lovita meika savitri (0710710019).pdf)