

Analisa Pengaruh Inner Fan Pada Ruang Plenum Terhadap Performa Turbin Ventilator

S.Z.Fikri¹⁾, A.Kurniawan²⁾

*^{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 lainnya. turbin ini menggabungkan fungsi kincir angin dan kipas hisap. 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 penelitian penurunan suhu di kecepatan angin $1,4\text{m/s}$ mendapat hasil 4°C tanpa menggunakan innerfan dan saat menggunakan innerfan mendapat hasil 1°C dan di suhu $2,5\text{m/s}$ 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 konversi 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]

Lai telah menunjukkan pola aliran udara di sekitar turbine ventilator. Aliran udara dibagi menjadi dua stream ketika melalui ventilator. Satu aliran dalam arah rotasi dan menjadi gaya putar, sementara lainnya berada di arah yang berlawanan dan meredam rotasi ventilator. Sudu yang berotasi melempar partikel udara yang dihisap keluar dan mengkombinasi kedua aliran udara diatas, yang mana konvergen di daerah wake pada sisi yang berlawanan dari angin yang berhembus. Pada kajian yang sama, diuji tiga ukuran ventilator berdiameter 6, 14 dan 20 inchi dengan kecepatan angin antara 10 dan 30 m/s. Lai menemukan bahwa semakin besar diameter ventilator akan menyebabkan nilai ventilation rate semakin besar sebagaimana diharapkan.[3]

Lai telah menguji wind turbine dengan membandingkan performa turbine ventilator dengan melakukan modifikasi penambahan inner fan yang dikombinasikan dengan sel surya sebagai pembangkit listrik skala kecil. Inner fan dengan memanfaatkan sudu untuk menarik udara dari dalam cerobong dengan memperhitungkan besaran lift yang dihasilkan pada sudu inner fan.[4]

Sebuah turbine ventilator biasanya terdiri dari beberapa sudu vertikal yang tersusun pada frame silinder dan sebuah kubah digunakan sebagai penutup. Sebagai sistem transmisi digunakan poros dan bantalan yang dipasang pada saluran ventilasi utama. Ketika turbin tertiuip oleh angin, gaya angkat ke atas dan gaya hambat 10 Tugas Akhir mengakibatkan turbine ventilator berotasi, perputaran ini akan mengakibatkan tekanan di bawah turbine ventilator menjadi rendah sehingga udara yang terperangkap dalam gedung akan mengalir keluar.[5]

Dalam penelitian ini komponen yang di teliti adalah turbin ventilator . 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)

2.1. Perhitungan Data Hasil Pengujian

Dari data yang sudah didapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

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

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

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

2.2. 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)
- $\rho_{glyserin}$ = 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

$$U_{plenum} = \sqrt{\frac{2 \times 1261,737 \times 9,8 \times 0,525 \times 0,650288}{1,255}} = 1,72$$

2.3. Tekanan Static Inlet

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

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

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

2.4. Tekanan Static Outlet

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

- 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 grafitasi (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°

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

2.5. Perbedaan Tekanan inlet dan uotlet

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

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

ρ_i = tekanan staic inlet (N/m²)

Tabel. 6 Perbedaan Tekanan Inlet dan Outlet.

Δp	ρ_o	ρ_i
2,399	-5,598	-7,997
5,598	-18,393	-23,990
11,995	-27,989	-39,984

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

2.6. Debit Aliran Yang Keluar Dari Turbin

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

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

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

2.7. Aliran Massa Udara Yang Keluar Dari Cerobong.

$$\dot{m} = \rho^2 \times U_{plenum} \times A_c \dots \dots \dots (7)$$

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

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

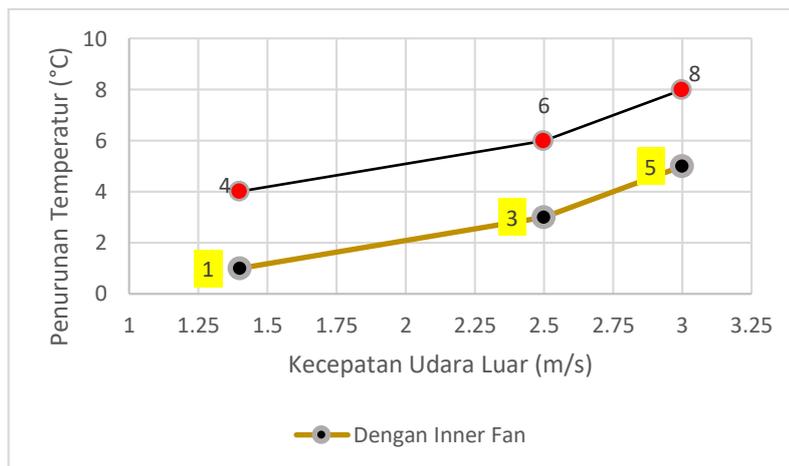
2.8. Grafik Perhitungan statik inlet



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 $17,728$.

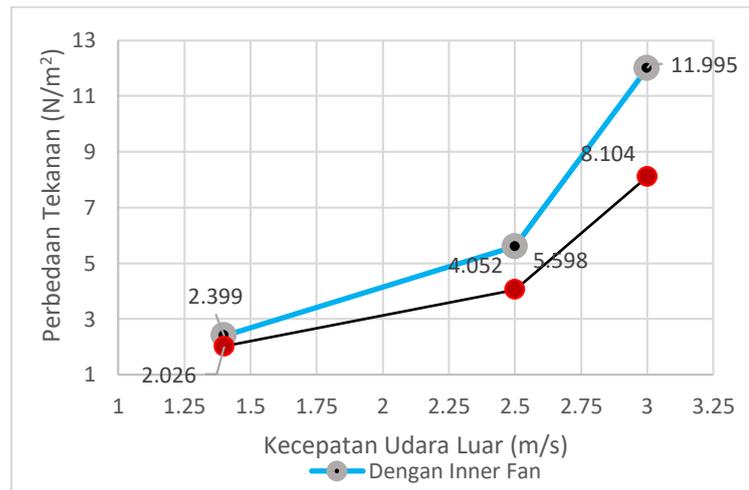
2.9. Grafik Perhitungan Variasi Kecepatan



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 .

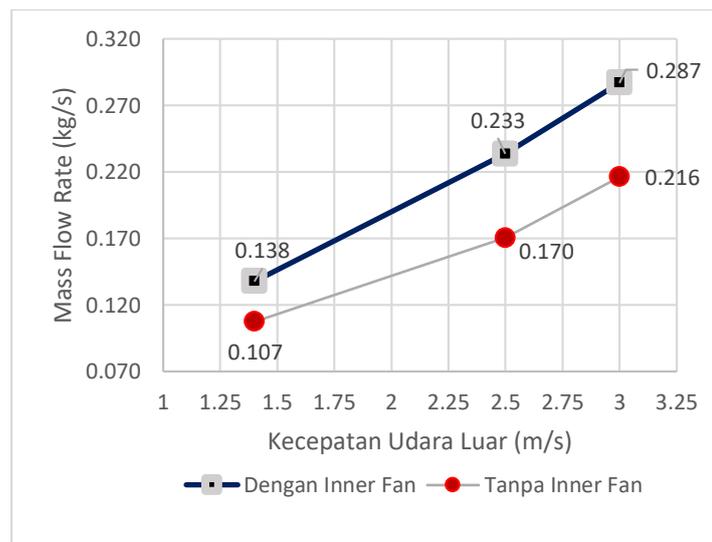
2.10. Grafik Perhitungan Tekanan Static antara Inlet dan Outlet Pipa Cerobong Turbin



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 .

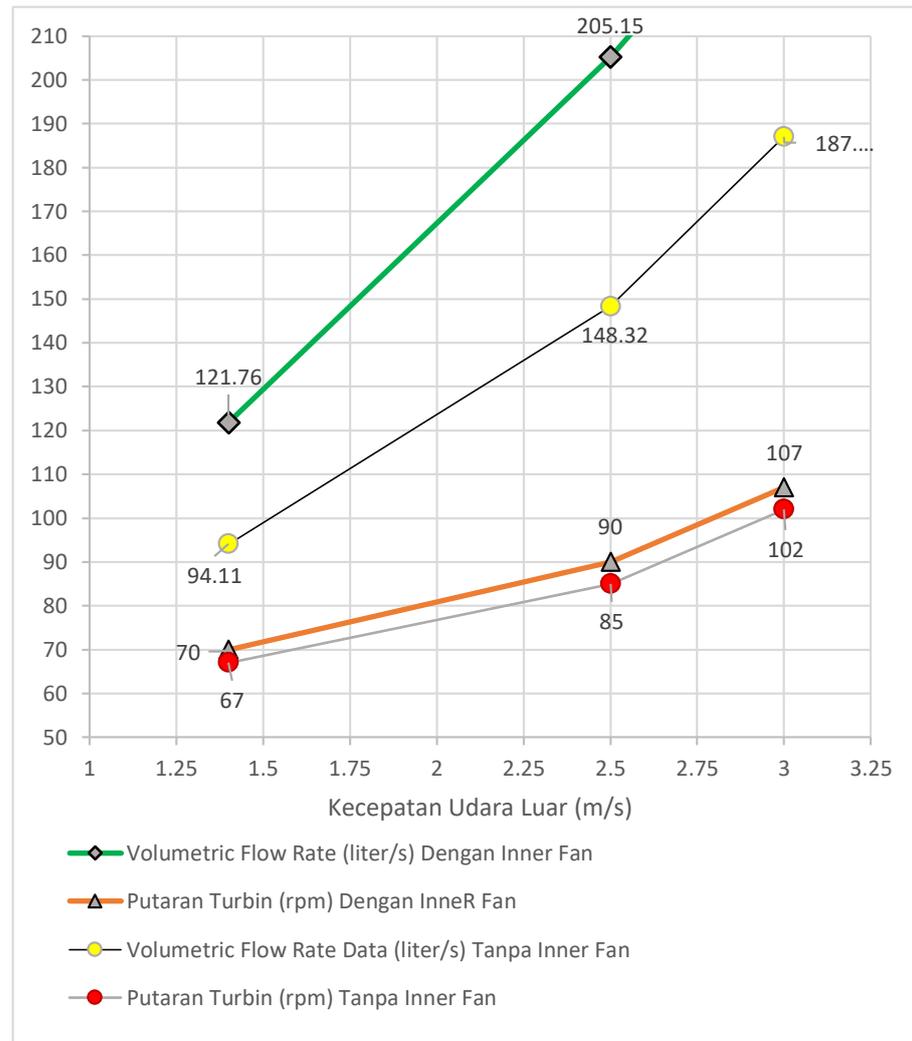
2.11. Grafik Perhitungan Aliran Massa Udara



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.

2.12. Grafik Perhitungan 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 1 didapat hasil (-) dikarenakan ruang plenum mengalami vakum.
2. Penambahan innerfan mendapat hasil positif dikarenakan udara dapat bersirkulasi dengan baik namun untuk penurunan suhu kurang efektif dikarenakan suhu pada luar plenum lebih panas di banding dalam plenum, karena di dalam plenum terjadi vortex.

Ucapan Terima Kasih

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] 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] C. M. Lai, "Experiments on the ventilation efficiency of turbine ventilators used for building and factory ventilation," *Energy Build.*, vol. 35, no. 9, pp. 927–932, 2003, doi: 10.1016/S0378-7788(03)00024-0.
- [4] C. M. Lai, "Prototype development of the rooftop turbine ventilator powered by hybrid wind and photovoltaic energy," *Energy Build.*, vol. 38, no. 3, pp. 174–180, 2006, doi: 10.1016/j.enbuild.2005.06.004.
- [5] 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_PERIODI_V_18_MEI_2013/FULLTEKS/PD/lovita_meika_savitri_(0710710019).pdf)