

Analisa Pengaruh Temperatur Ruang Plenum Terhadap Performa Turbin Ventilator

Wahyu Agung Dimas Saputro ¹⁾, Arif Kurniawan ²⁾

^{1),2),3)} Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Sigura-gura 2 Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia
Email : agungwahyu560@gmail.com

Abstrak. Turbine ventilator adalah suatu alat ventilasi yang telah diaplikasikan pada berbagai macam bangunan. Berfungsi sebagai penghidap udara panas dalam ruangan lalu dibuang keluar. Namun pengembangan turbine ventilator tidak mengalami banyak perubahan sejak pertamakali ditemukan. Pada penelitian kali ini turbin ventilator dilakukan modifikasi dengan menambahkan sudu pada turbin menjadi 6 buah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur 30°C, 40°C, dan 50°C terhadap performa putaran turbin ventilator. Penelitian ini dilakukan menggunakan model ruang uji berbentuk limas setinggi 2 meter yang terpotong pada bagian atasnya sebagai dudukan turbin ventilator dengan lebar 40cm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada suhu 30°C dan kecepatan angin 3 m/s putaran turbin sebesar 91 rpm, sedangkan pada suhu 50°C dengan kecepatan angin yang sama putaran turbin sebesar 110 rpm. Dari penelitian yang dilakukan pada temperatur 30°C - 50°C putaran turbin mengalami peningkatan. Jadi dapat disimpulkan bahwa temperatur ruang juga mempengaruhi efisiensi putaran turbin. Semakin tinggi tekanan dalam ruangan (ruang plenum) maka daya dorong dari dalam juga semakin besar yang membuat turbin ventilator berputar semakin cepat.

Katakunci: Turbin Ventilator, Temperatur, Energi Angin, Performa, Ruang Plenum

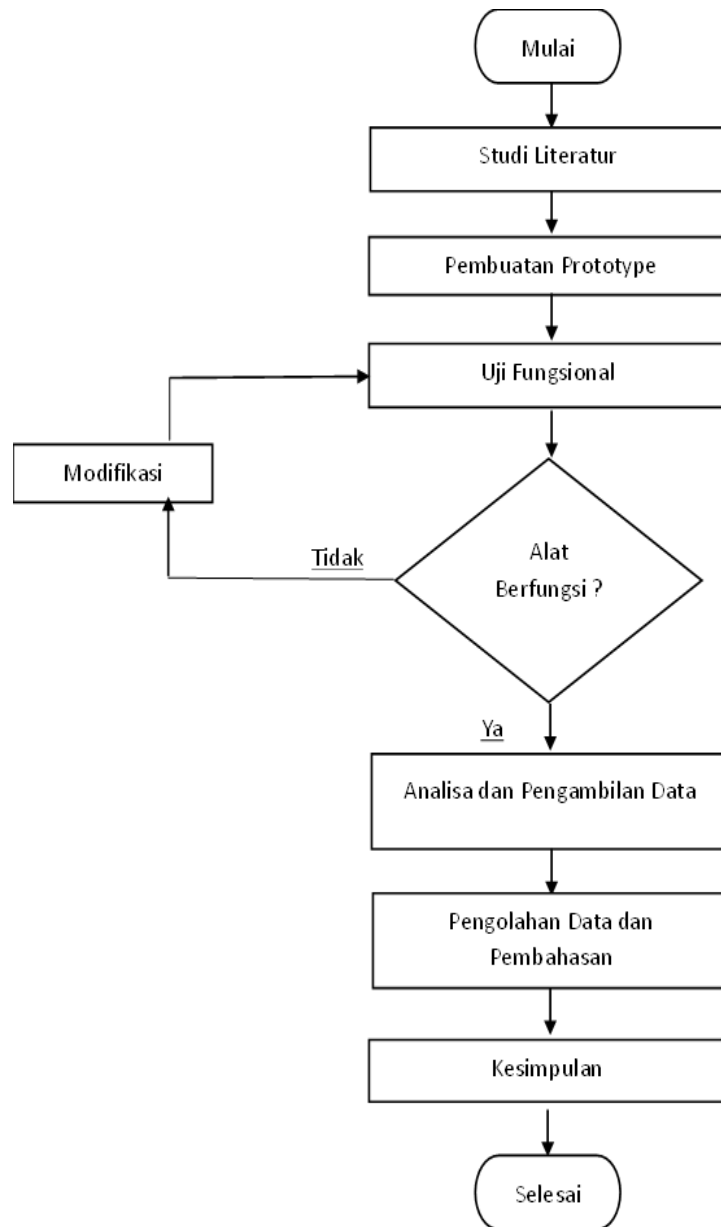
1. Pendahuluan

Keterbatasan energi listrik dan tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang sudah mulai menipis, membuat pemerintah harus mencari energi alternatif lain sebagai sumber energi terbarukan. Potensi sumber daya alam yang melimpah, misalnya energi angin dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya sebagai sumber energi terbarukan [1].

Oleh sebab itu untuk memanfaatkan energi angin sebagai sumber energi terbarukan perlu dilakukan terobosan pemanfaatan dan pembuatan turbin ventilasi angin. Penggunaan Turbin Ventilasi Angin atau sering juga disebut Turbin Ventilator berfungsi untuk mensirkulasikan angin di dalam ruangan rumah atau gedung. Turbin berputar karena gaya sentripetal yang terkait dengan rotasi angin ke luar melewati sudu-sudu. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan antara dalam dan luar ruangan [2]. Turbin ventilator dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga angin skala kecil. Namun dalam kondisi tertentu turbin tidak dapat berputar secara optimal, maka harus dilakukan modifikasi agar turbin bekerja secara optimal, dan menghasilkan energi listrik alternatif yang konsisten

Berdasarkan situasi dan kondisi saat ini, penulis dan timnya memiliki ide inovatif untuk merancang Turbin Ventilator yang dimodifikasi yang diharapkan dapat membantu kinerja putaran kubah turbin ventilator sehingga dapat mengeluarkan udara kotor dan panas dari ruangan dengan lebih cepat. Oleh karena itu penulis mengambil penelitian dengan metode eksperimen yang berjudul : **Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Ruang Plenum Terhadap Performa Turbin Ventilator.**

Metodologi Penelitian



Gambar 1. Diagram alir

2. Pembahasan

Menguraikan hasil analisis dari pengujian performa putaran turbin ventilator berdasarkan variasi temperatur 30°C, 40°C, dan 50°C. Pengujian yang dilakukan akan disajikan dalam bentuk gambar dan tabel beserta grafik dan perhitungannya. Berikut adalah data hasil pengujian berupa temperatur udara, temperatur awal ruang plenum, selisih pembacaan manometer di ruang plenum, tekanan statik di cerobong bawah dan atas, bacaan awal dan akhir manometer, tekanan udara luar, dan kecepatan putaran turbin ventilator.

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	30	298.15	1	185	180	185	182	2,5	91
288.15	40	305.15	2	185	173	185	177	2,5	102
288.15	50	313.15	3	185	160	185	168	2,5	110

Keterangan :

$T_1 T_1$ = Temperatur udara pada keadaan 1 (K)

$T_2 T_2$ = Temperatur udara pada keadaan 2 (K)

$T_{plenum} T_{plenum}$ = Temperatur dalam ruang plenum

$\Delta \Delta h$ = Selisih pembacaan manometer di ruang plenum (mm)

$P_{inlet} P_{inlet}$ = Tekanan static di cerobong bawah (mm)

$P_{outlet} P_{outlet}$ = Tekanan static di cerobong atas (mm)

$h_1 h_1$ = Bacaan awal manometer (mm)

$h_2 h_2$ = Bacaan akhir manometer (mm)

$V_\infty V_\infty$ = Kecepatan udara luar (m/s)

n = Kecepatan putaran turbin (rpm)

2.1 Perhitungan Data Hasil Pengujian

1. Massa Jenis Udara

Dari data yang sudah didapat maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

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

Keterangan :

$\rho_2 \rho_2$ = Massa jenis udara pada keadaan 2 (penelitian)

$T_1 T_1$ = Temperatur udara pada keadaan 1 (acuan)

$\rho_1 \rho_1$ = Massa jenis udara pada keadaan 1 (acuan)

$T_2 = T_2$ = Temperatur udara pada keadaan 2 (penelitian)

Tabel 2. Hasil perhitungan massa jenis

Suhu ($^{\circ}C$)	$T_1 T_1 (K)$	$\rho_1 \rho_1 (kg/m^3 kg/m^3)$	$T_2 T_2 (K)$	$\rho_2 \rho_2 (kg/m^3 kg/m^3)$
30	288.15	1.225	298.15	1.184
40	288.15	1.225	305.15	1.157
50	288.15	1.225	313.15	1.127

2. Perhitungan Kecepatan Udara

Dari data yang sudah didapat maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

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

Keterangan :

$V_{plenum} V_{plenum}$ = Kecepatan udara dalam plenum (m/s)

$\rho_{glycerin} \rho_{glycerin}$ = Massa jenis glycerin ($kg/m^3 m^3$)

$\Delta h \Delta h$ = Selisih pembacaan manometer (mm)

$\rho_{udara} \rho_{udara}$ = Massa pembacaan udara ($kg/m^3 kg/m^3$)

Tabel 3. Hasil perhitungan kecepatan udara

Suhu ($^{\circ}C$)	$\rho_{glycerin} (\frac{kg}{m^3})$	$\Delta h (mm)$	$\rho_{udara} (\frac{kg}{m^3})$	$V_{plenum} (\frac{m}{s})$
30	1261.737	1	1.225	2.32
40	1261.737	2	1.225	3.33
50	1261.737	3	1.225	4.13

3. Perhitungan perbedaan tekanan statis pada inlet dan outlet

Untuk menghitung perbedaan tekanan statis pada pipa cerobong turbin ventilator maka dihitung terlebih dahulu besarnya tekanan statis dan dinamis pada inlet dan outlet pipa cerobong. Berikut adalah hasil perhitungan koefisien tekanan statis cerobong pada inlet dan outlet :

$$\Delta p = p_{out} - p_{in} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

$\Delta p \Delta p$ = perbedaan tekanan statik antara inlet dan outlet pipa cerobong ($N/m^2 N/m^2$)

$p_{out} p_{out}$ = tekanan statis pada outlet pipa cerobong ($N/m^2 N/m^2$)

$p_{in} p_{in}$ = tekanan statis pada inlet pipa cerobong ($N/m^2 N/m^2$)

Tabel 4. Tabel perhitungan perbedaan tekanan

Suhu (°C)	P_{out} P_{out} ($N/m^2N/m^2$)	P_{in} P_{in} ($N/m^2N/m^2$)	Δp Δp ($N/m^2N/m^2$)
30	-9.596	-15.994	6.397
40	-25.590	-38.385	12.795
50	-54.378	-79.968	25.590

4. Perhitungan laju alir volumetrik

Dari data yang sudah didapat maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$Q = V_{plenum} \cdot A_c \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

Q = volumetric flow rate ($m^3/s = liter/sm^3/s = liter/s$)

V_{plenum} = kecepatan udara di dalam plenum ($m/sm/s$)

A_c = luas penampang cerobong (m^2m^2)

Tabel 5. Hasil perhitungan laju alir volumetrik

Suhu (°C)	A_c A_c (m^2m^2)	V_{plenum} V_{plenum} (m/s m/s)	Q Q ($m^3/s = liter/s$ $m^3/s = liter/s$)
30	0,07065	2.32	0.16 = 164,23
40	0,07065	3.33	0.23 = 234,97
50	0,07065	4.13	0.29 = 291,52

5. Perhitungan aliran massa udara

$$\dot{m} = \rho_2 \cdot U_{plenum} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

\dot{m} = mass flow rate (aliran massa udara yang keluar cerobong) ($kg/skg/s$)

ρ_2 = massa jenis udara pada keadaan 2 (penelitian) (kg/m^3)(kg/m^3)

V_{plenum} = kecepatan udara dalam plenum (m/s)(m/s)

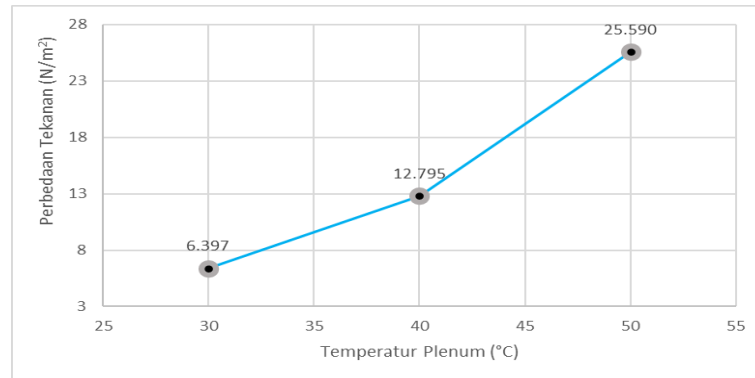
Tabel 6. Data hasil perhitungan aliran massa udara

Suhu (°C)	ρ_2 (kg/m ³)	V_{plenum} (m/s)	\dot{m} (kg/s)
30	1.184	2.32	0.19
40	1.157	3.33	0.27
50	1.127	4.13	0.33

2.2 Grafik Hasil Perhitungan Data

Dari data perhitungan diatas di dapatkan analisa dgrafik sebagai berikut :

1. Grafik perbedaan tekanan inlet dsn outlet

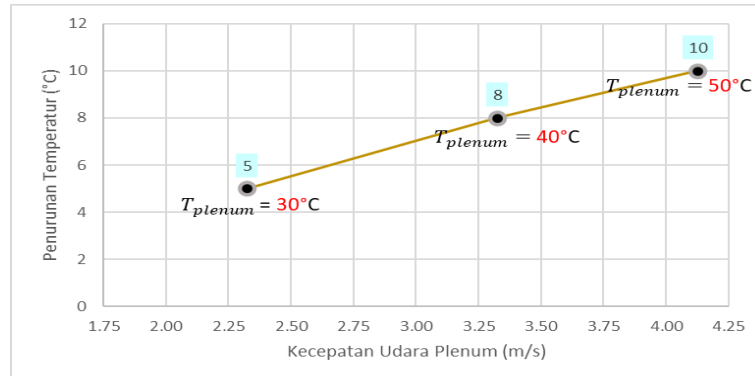


Gambar 2. Grafik perbedaan tekanan inlet dan outlet

Berdasarkan grafik perbedaan tekanan inlet dan outlet terhadap variasi temperatur 30°C, 40°C, dan 50°C diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

Pada temperatur 30°C didapatkan data P inlet sebesar $-15,994 \text{ N/m}^2$ dan P outlet $-9,596 \text{ N/m}^2$ sehingga perbedaan tekanan yang didapat sebesar $6,397 \text{ N/m}^2$. Pada temperatur 40°C didapatkan data P inlet sebesar $-38,385 \text{ N/m}^2$ dan P outlet $-25,590 \text{ N/m}^2$ sehingga perbedaan tekanan yang didapat sebesar $12,795 \text{ N/m}^2$. Sedangkan pada temperatur 50°C didapatkan data P inlet sebesar $-79,968 \text{ N/m}^2$ dan P outlet $-54,378 \text{ N/m}^2$ sehingga perbedaan tekanan yang didapat sebesar $25,590 \text{ N/m}^2$. Dari hasil yang didapat perbedaan tekanan inlet dan outlet mengalami kenaikan pada setiap variasi temperatur. Pada temperatur 30°C ke 40°C perbedaan tekanan mengalami kenaikan sebesar $6,398 \text{ N/m}^2$ dan pada temperatur 40°C ke 50°C mengalami kenaikan sebesar $12,795 \text{ N/m}^2$.

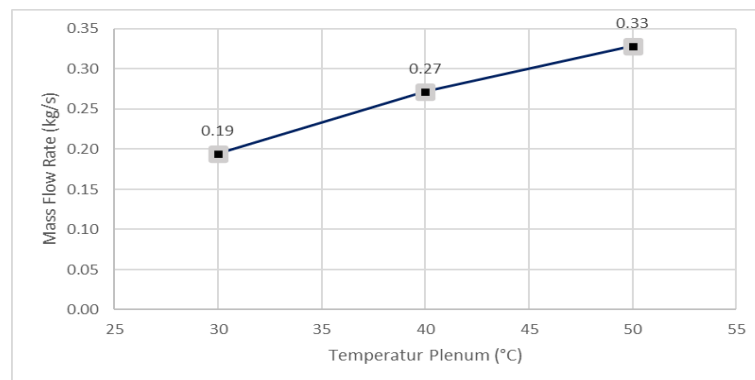
2. Grafik penurunan temperatur



Gambar 3. Grafik penurunan temperatur

Pada variasi temperatur 30°C penurunan temperatur sebesar 5°C dengan kecepatan udara luar (blower) sebesar 3 m/s dan kecepatan udara di dalam ruang plenum sebesar 2.32 m/s dengan hasil akhir di temperatur 25°C. Sedangkan pada variasi temperatur 40°C kecepatan udara luar (blower) sebesar 2.5 m/s dan kecepatan udara di dalam ruang plenum 3.33 m/s penurunan suhu mengalami kenaikan dari suhu sebelumnya yaitu sebesar 8°C dengan suhu akhir 42°C. Dan pada variasi suhu 50°C juga mengalami kenaikan penurunan suhu sebesar 10°C dengan hasil akhir berapa pada temperatur 40°C. Kecepatan udara luar (blower) sebesar 1.4 m/s dan kecepatan udara di dalam plenum sebesar 4.13 m/s . Pengetesan semua variabel diatas dilakukan selama 10 menit.

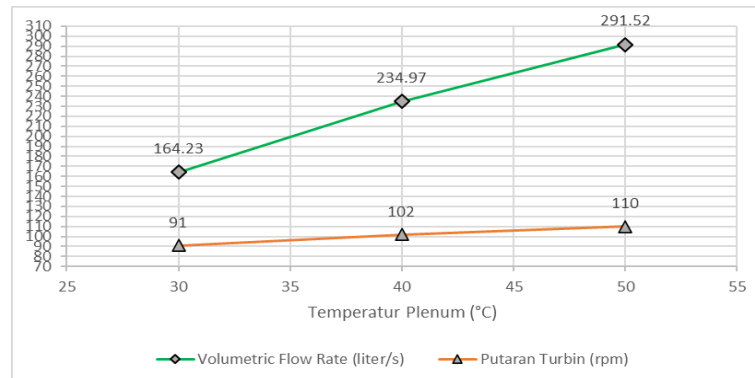
3. Grafik aliran massa udara



Gambar 4. Grafik aliran massa udara

Pada variasi temperatur 30°C dengan massa jenis udara sebesar 1.157 kg/m^3 dan kecepatan udara di dalam ruang plenum sebesar 2.32 m/s aliran massa jenis udara yang keluar dari cerobong adalah sebesar 0.19 kg/s. Pada variasi temperatur 40°C dengan massa jenis udara sebesar 1.184 kg/m^3 dan kecepatan udara di dalam ruang plenum sebesar 3.33 m/s aliran massa jenis udara yang keluar dari cerobong mengalami kenaikan yaitu sebesar 0.27 kg/s. Sedangkan pada temperatur 50°C juga mengalami kenaikan massa jenis udara yang keluar dari cerobong dengan hasil 0.33 kg/s. Massa jenis udara pada variabel ini sebesar 1.127 kg/m^3 dan kecepatan udara di dalam ruang plenum sebesar 4.13 m/s .

4. Grafik laju aliran volumetrik dan putaran turbin



Gambar 5. Grafik laju aliran volumetrik dan putaran turbin

Dari grafik laju alir volumetrik disimbolkan dengan garis hijau dan putaran turbin disimbolkan dengan garis orange diatas didapatkan analisa data sebagai berikut :

- Kecepatan putaran turbin pada temperatur 30°C sebesar 91 rpm dengan kecepatan angin luar (blower) 3 m/s
- Pada temperatur 40°C kecepatan putaran turbin mengalami kenaikan menjadi 102 rpm dengan kecepatan angin luar (blower) sebesar 2.5 m/s
- Pada temperatur 50°C kecepatan putaran turbin juga mengalami kenaikan menjadi 110 rpm, dengan kecepatan angin luar (blower) sebesar 1.4 m/s
- Pada temperatur 30°C debit aliran udara yang keluar dari cerobong dengan luas penampang 0.07065 m^2 dan massa jenis udara sebesar 1.184 kg/m^3 adalah $0.16 \text{ m}^3/\text{s}$ (164.23 liter/s)
- Pada temperatur 40°C debit aliran udara yang keluar dari cerobong dengan luas penampang 0.07065 m^2 dan massa jenis udara sebesar 1.157 kg/m^3 adalah $0.23 \text{ m}^3/\text{s}$ (234.97 liter/s)
- Pada temperatur 50°C debit aliran udara yang keluar dari cerobong dengan luas penampang 0.07065 m^2 dan massa jenis udara sebesar 1.127 kg/m^3 adalah $0.29 \text{ m}^3/\text{s}$ (291.52 liter/s)

3. Simpulan

- Pada temperatur 30°C didapatkan data P inlet sebesar $-15,994 \text{ N/m}^2$ dan P outlet $-9,596 \text{ N/m}^2$ sehingga perbedaan tekanan yang didapat sebesar $6,397 \text{ N/m}^2$. Pada temperatur 40°C didapatkan data P inlet sebesar $-38,385 \text{ N/m}^2$ dan P outlet $-25,590 \text{ N/m}^2$ sehingga perbedaan tekanan yang didapat sebesar $12,795 \text{ N/m}^2$. plenum 3.33 m/s penurunan suhu mengalami kenaikan dari suhu sebelumnya yaitu sebesar 8°C dengan suhu akhir 42°C.
- Pada variasi temperatur 30°C penurunan temperatur sebesar 5°C dengan kecepatan udara luar (blower) sebesar 3 m/s dan kecepatan udara di dalam ruang plenum sebesar 2.32 m/s dengan hasil akhir di temperatur 25°C. Sedangkan pada temperatur 50°C didapatkan data P inlet sebesar $-79,968 \text{ N/m}^2$ dan P outlet $-54,378 \text{ N/m}^2$ sehingga perbedaan tekanan yang didapat sebesar $25,590 \text{ N/m}^2$. Sedangkan pada variasi temperatur 40°C kecepatan udara luar (blower) sebesar 2.5 m/s dan kecepatan udara di dalam ruang. Dan pada variasi suhu 50°C juga mengalami kenaikan penurunan suhu sebesar 10°C dengan hasil akhir berapa pada temperatur 40°C. Kecepatan udara luar (blower) sebesar 1.4 m/s dan kecepatan udara di dalam plenum sebesar 4.13 m/s

- c. Pada variasi temperatur 30°C dengan massa jenis udara sebesar 1.157 kg/m^3 dan kecepatan udara di dalam ruang plenum sebesar 2.32 m/s aliran massa jenis udara yang keluar dari cerobong adalah sebesar 0.19 kg/s. Pada variasi temperatur 40°C dengan massa jenis udara sebesar 1.184 kg/m^3 dan kecepatan udara di dalam ruang plenum sebesar 3.33 m/s aliran massa jenis udara yang keluar dari cerobong mengalami kenaikan yaitu sebesar 0.27 kg/s. Sedangkan pada temperatur 50°C juga mengalami kenaikan massa jenis udara yang keluar dari cerobong dengan hasil 0.33 kg/s. Massa jenis udara pada variabel ini sebesar 1.127 kg/m^3 dan kecepatan udara di dalam ruang plenum sebesar 4.13 m/s .
- d. Kecepatan putaran turbin pada temperatur 30°C sebesar 91 rpm dengan kecepatan angin luar (blower) 3 m/s . Pada temperatur 40°C kecepatan putaran turbin mengalami kenaikan menjadi 102 rpm dengan kecepatan angin luar (blower) sebesar 2.5 m/s. Pada temperatur 50°C kecepatan putaran turbin juga mengalami kenaikan menjadi 110 rpm, dengan kecepatan angin luar (blower) sebesar 1.4 m/s

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada civitas Progam Study Teknik Mesin S-1 yang telah memberikan ilmu teknik mesin sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] P. Studi *et al.*, “9. Desain Sistem Pembangkit Listrik Turbin Vertikal,” vol. 8, no. 2, pp. 1–8, 2019.
- [2] M. N. Tumembow and H. Siwi, “Studi Pemanfaatan Turbin Ventilator untuk Energi Alternatif,” *J. Mas. Nipake*, vol. 1, no. 1, pp. 9–23, 2021.
- [3] Ra, S. (2017). Kaji Eksperimental Penggunaan Wind Cup Turbin Ventilator Untuk Kenyamanan Ruangan Experimental Study of Use Wind Cup Turbine Ventilator for Room Confort. 205–210.
- [4] Aribowo, A., & Fitroh, A. J. (2010). Analisis Tekanan Statik Aliran Di Permukaan Pitot Statik Terowongan Angin Transonik LAPAN. *Jurnal Teknologi Dirgantara*. http://103.16.223.27/index.php/jurnal_tekgan/article/view/882%0Ahttp://103.16.223.27/index.php/jurnal_tekgan/article/viewFile/882/781