

PERANCANGAN TURBIN VENTILATOR

TURBIN ANGIN - 7



Disusun Oleh:

Fadhlurrahman Zaki	1903035015
Mochamad Saefulloh	1903035020
Eki Hadi Setiawan	1903035017
Muhammad Ampel Eka Purnama	1803035074

**PRODI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA
2023**

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan kepada kita mulai dari nikmat iman, islam, dan nikmat sehat wal'afiat sehingga kami bisa menyelesaikan Proyek Turbin Ventilator ini tepat pada waktunya. Tidak lupa shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada suri tauladan dan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya yang senantiasa berusaha meneladani sifat baginda hingga akhir hayat nanti.

Laporan ini disusun sebagai syarat dalam rangka memenuhi nilai tugas pada mata kuliah Turbin Angin Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri dan Informatika Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka. Dalam penyusunan laporan ini kami menyadari masih banyak kekurangan dan kehilafan yang tidak disengaja, sehingga saran dan kritikan dari semua pihak sangat dibutuhkan.

Wabilahittaufiq Walhidayah

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, 30 Januari 2023

(Tim Penulis)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
kata Pengantar.....	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel.....	v
Daftar Gambar	vi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Perancangan.....	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Energi Angin.....	4
2.2 Potensi Pemanfaatan Energi Angin	4
2.3 Pengertian Turbin Angin	5
2.4 Klasifikasi Turbin Angin	6
2.5 Turbin Ventilator	7
2.6 <i>Airfoil</i>	8
2.7 Rotor	9
2.8 Tip Speed Ratio (TSR)	9
2.9 Inovasi yang dilakukan	10
Bab 3 Metodologi Perancangan.....	11
3.1 Diagram Alir Penelitian	11
3.2 Realisasi Kegiatan.....	12
3.3 Peralatan dan Bahan.....	12
3.4 Perhitungan Desain	13
3.5 Konsep Grafis (CAD/Drafting)	14
Bab 4 Rancangan Anggaran	15
4.1 Realisasi Pemasukan.....	15
4.2 Realisasi Pengeluaran	15
4.2.1 Biaya Material	15

4.2.2	Biaya Transportasi	17
4.2.3	Biaya Konsumsi.....	18
4.2.4	Rekapitulasi Dana.....	18
Bab 5 Hasil dan Pembahasan		19
5.1	Hasil Perhitungan Perancangan	19
5.2	Data Pengamatan	21
5.3	Hasil Akhir Perancangan	24
Bab 6 Penutup.....		26
6.1	Kesimpulan	26
Daftar Pustaka		27
LAMPIRAN		28
Lampiran A. Desain Perancangan Turbin Ventilator		28
Lampiran B. Struk Belanja Perancangan Turbin Ventilator.....		34

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi alat.....	12
Tabel 5. 1 Data <i>Fixed Blade</i>	22
Tabel 5. 2 Data <i>Swing Blade</i>	22
Tabel 5. 3 Perbandingan Daya Teoritis dan Daya Pengujian.....	23
Tabel 5. 4 Efisiensi Turbin Ventilator.....	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 HAWT dan VAWT.....	5
Gambar 2. 2 Turbin Angin Horizontal	6
Gambar 2. 3 Turbin Angin Vertikal	7
Gambar 2. 4 Turbin Ventilator	8
Gambar 2. 5 <i>Airfoil</i>	8
Gambar 2. 6 Hubungan TSR dan C_p pada beberapa jenis turbin angin.....	10
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	11
Gambar 3. 2. Rancangan Desain Turbin Ventilator	14
Gambar 5. 1 Tabel Mechanical Properties ST AISI 316.....	19
Gambar 5. 2 Hubungan antara C_{qr} dan TSR.....	21
Gambar 5. 3 Tegangan, Arus Listrik, dan Daya Output yang dihasilkan oleh <i>Fixed Blade</i>	22
Gambar 5. 4 Tegangan, Arus Listrik, dan Daya Output yang dihasilkan oleh <i>Swing Blade</i>	23
Gambar 5. 5 Perbandingan Daya Teoritis dan Daya Pengujian	24
Gambar 5. 6 Efisiensi Turbin Ventilator	24
Gambar 5. 7 Hasil Akhir Rancangan.....	25

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di masa depan pembangkit energi fosil mungkin akan berkurang (Chavan et al., 2021). Berdasarkan hal tersebut menggunakan energi baru terbarukan sebagai pengganti energi fosil dapat menjadi jalan alternatif pemanfaatan energi. Energi angin merupakan energi terbarukan yang dapat diadaptasi untuk banyak kegunaan seperti pemompaan air, udara rumah tangga, ventilasi, dan pembangkit listrik karena angin merupakan energi bersih tanpa polusi lingkungan (Torasa & Sermsri, 2015). Untuk memanfaatkan potensi energi angin dapat menggunakan alat yang dinamakan turbin angin. Turbin angin bekerja dengan cara menangkap energi kinetik angin dalam sebuah rotor yang terdiri dari dua atau lebih sudu yang digabungkan secara mekanis ke sebuah generator (Daut et al., 2011).

Energi angin selain menggunakan turbin angin dapat pula dimanfaatkan dengan modifikasi pembangkit listrik bertenaga turbin ventilator. Turbin ventilator diklasifikasikan sebagai strategi ventilasi aktif meskipun tidak menggunakan listrik untuk berputar (Ismail & Abdul Rahman, 2012). Di sisi lain, ventilator turbin juga dapat dianggap sebagai strategi ventilasi pasif, terutama saat tidak ada angin. Hal ini disebabkan adanya area ventilasi bebas bersih yaitu bukaan antara bilah vertikal yang dapat menyebabkan efek tumpukan dan mengeluarkan udara panas dan pengap keluar dari gedung jika terdapat perbedaan suhu dalam-luar ruangan yang cukup (Rudd & Lstiburek, 1998). Berdasarkan hal tersebut, turbin ventilator dapat diklasifikasikan sebagai ventilasi tumbukan dengan bantuan angin atau rancangan ventilasi dengan penggerak tumbukan angin seperti yang disebut oleh Allard (1998) karena dapat memaksimalkan efek angin dan tumbukan untuk mengekstraksi udara panas dari bangunan.

Pembangkit listrik bertenaga turbin ventilator dilengkapi dengan generator listrik arus searah kecil. Ada dua jenis penggerak motor turbin ventilator dan penggerak udara alami. Komponen utama sistem pembangkit listrik bertenaga turbin ventilator adalah generator DC, baterai, inverter, dan sebagainya. Listrik yang dihasilkan oleh generator ini digunakan untuk mengisi baterai. Dengan menggunakan ini kita dapat menjalankan peralatan listrik kecil. Disini listrik yang

dihasilkan akan berupa *Direct Current* (DC) namun kita juga bisa mendapatkan *Alternating Current* (AC) dengan bantuan inverter. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan energi listrik dari turbin ventilator yang berputar sekaligus memberikan udara segar di ruang atap dan ruang tamu sepanjang tahun 24 jam sehari secara gratis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana prinsip kerja turbin ventilator?
2. Bagaimana desain prototipe turbin ventilator tipe *swing blade*?
3. Bagaimana hasil daya yang dihasilkan antara tipe *swing blade* dengan *fixed blade*?

1.3 Tujuan Perancangan

Tujuan yang ingin dicapai dari perancangan ini adalah untuk mengetahui sistem kerja dan efisiensi daya yang dihasilkan oleh turbin ventilator tipe *swing blade* dan *fixed blade*.

1.4 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan makalah yang telah dilakukan.

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, penulis menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan perancangan, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua ini, penulis menjelaskan kajian pustaka dan dasar teori yang mana menjelaskan tentang rancang bangun turbin ventilator.

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

Pada bab ini penulis memberikan penjelasan lebih lanjut mengenai metode perancangan, peralatan dan bahan, perhitungan-perhitungan desain, dan konsep grafis (CAD).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini penulis membahas mengenai hasil perhitungan perancangan dan hasil akhir perancangan (prototipe) dari turbin ventilator.

BAB V PENUTUP

Dalam bab terakhir ini penulis membahas mengenai kesimpulan dan saran-saran yang diungkapkan penulis berdasarkan data.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan di permukaan bumi ini. Angin akan bergerak dari suatu daerah yang memiliki tekanan tinggi ke daerah yang memiliki tekanan yang lebih rendah. Angin yang bertiup di permukaan bumi ini terjadi akibat adanya perbedaan penerimaan radiasi surya, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara. Adanya perbedaan suhu tersebut menyebabkan perbedaan tekanan, akhirnya menimbulkan gerakan udara. Perubahan panas antara siang dan malam merupakan gaya gerak utama sistem angin harian, karena beda panas yang kuat antara udara di atas darat dan laut atau antara udara di atas tanah tinggi (pegunungan) dan tanah rendah (lembah) (Habibie et al., 2011).

2.2 Potensi Pemanfaatan Energi Angin

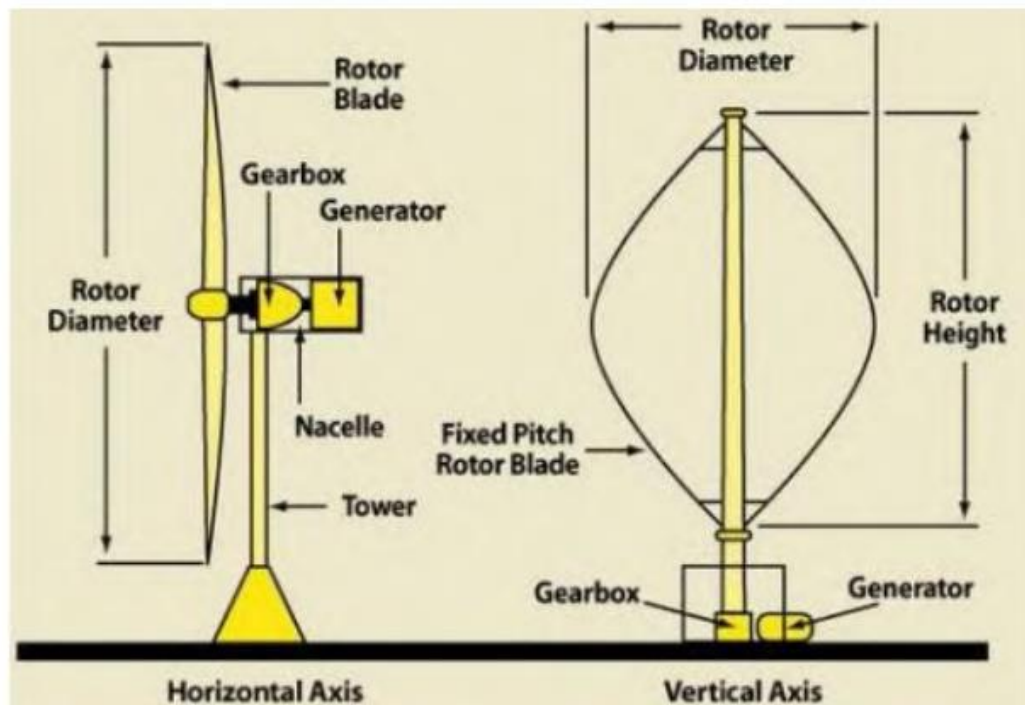
Proses pemanfaatan energi angin dilakukan melalui dua tahapan konversi energi, pertama aliran angin akan menggerakkan rotor (baling- baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin yang bertiup, kemudian putaran dari rotor dihubungkan dengan generator, dari generator inilah dihasilkan arus listrik. Jadi proses tahapan konversi energi bermula dari energi kinetik angin menjadi energi gerak rotor kemudian menjadi energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa 3 faktor di antaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Rotor (kincir), rotor turbin sangat bervariasi jenisnya, diameter rotor akan berbanding lurus dengan daya listrik. Semakin besar diameter semakin besar pula listrik yang dihasilkan, dilihat dari jumlah sudut rotor (baling-baling), sudut dengan jumlah sedikit berkisar antara 3 - 6 buah lebih banyak digunakan.
- 2) Kecepatan angin, kecepatan angin akan mempengaruhi kecepatan putaran rotor yang akan menggerakkan generator.
- 3) Jenis generator, generator terbagi dalam beberapa karakteristik yang berbeda, generator yang cocok untuk Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) adalah generator yang dapat menghasilkan arus listrik pada putaran rendah (Habibie et al., 2011).

2.3 Pengertian Turbin Angin

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan tenaga angin sebagai penggerakannya. Pembangkit ini dapat dibuat secara skala kecil atau besar menyesuaikan kapasitas dan kemampuan baling-baling yang dibuat. Adapun yang akan dibahas pada buku ini adalah untuk skala kecil. Pembangkit ini memanfaatkan aliran angin yang ada untuk menghasilkan listrik untuk kapasitas rumah tangga (M. Sholahuddin, S.Sn, 2020).

Turbin angin mengubah energi angin menjadi energi mekanik menggunakan bilah. Energi mekanik hasil putaran bilah akan memutar shaft dan dilanjutkan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik pada generator. Turbin angin dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis. Turbin angin yang memiliki putaran bilah paralel dengan arah angin disebut *Horizontal Axis Wind Turbine* atau disingkat HAWT, sedangkan turbin angin yang memiliki putaran bilah tegak lurus dengan arah angin disebut *Vertical Axis Wind Turbine* atau disingkat VAWT (Damara, 2016).



Gambar 2. 1 HAWT dan VAWT

Daya angin dapat dimodelkan dalam persamaan sebagai berikut:

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \rho_{air} \cdot A \cdot V_{wind}^3$$

Daya angin yang dapat diekstrak dari angin adalah:

$$P_{extracted} = \frac{1}{2} C_p \cdot \rho_{air} \cdot A \cdot V_{wind}^3$$

Dengan:

P_{wind} = daya angin

ρ_{air} = massa jenis udara (1,225 kg/m³)

A = luas sapuan bilah

V_{wind} = Kecepatan angin

2.4 Klasifikasi Turbin Angin

Turbin angin diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu:

A. Turbin Angin Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal adalah apa yang banyak orang bayangkan ketika memikirkan turbin angin. Paling umum, mereka memiliki tiga bilah dan beroperasi "melawan angin", dengan turbin berputar di bagian atas menara sehingga bilah menghadap ke angin.



Gambar 2. 2 Turbin Angin Horizontal

B. Turbin Angin Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal datang dalam beberapa varietas, termasuk model Darrieus bergaya pengocok telur, dinamai menurut penemunya dari Prancis.

Turbin ini bersifat *omnidirectional*, artinya tidak perlu disesuaikan untuk menunjuk ke arah angin untuk beroperasi.



Gambar 2. 3 Turbin Angin Vertikal

2.5 Turbin Ventilator

Prinsip kerja turbin ventilator memakai konsep ventilasi alami tanpa menggunakan energi listrik telah menghasilkan ventilator atap. Ketika aliran udara di bagian atas atap atau udara panas yang terangkat ke bawah atap, maka ventilator atap akan berputar. Ventilator menghisap udara panas di dalam bangunan dan membuangnya ke luar bangunan, sehingga suhu dan kelembaban di dalam bangunan tidak terlalu tinggi.

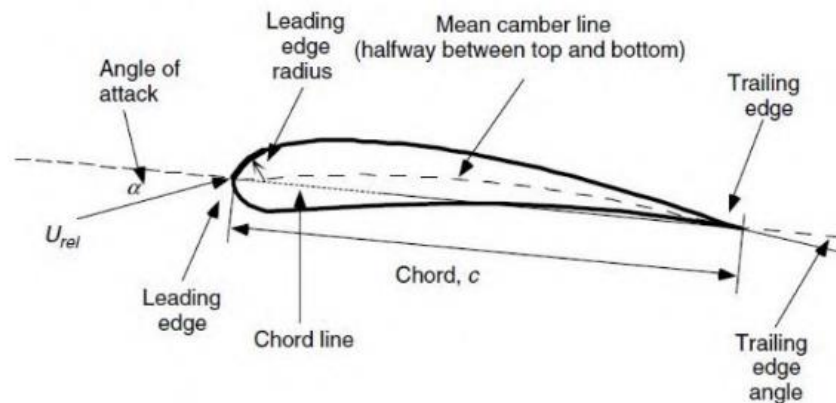
Teknologi ini populer dipasang pada atap di gudang, bengkel, bangunan industri, dan bahkan rumah tinggal. Ada dua prinsip berputar dari ventilator. Prinsip pertama adalah hidromekanik dimana arus udara dapat mengalir dari area bersuhu tinggi ke area bersuhu rendah untuk memotivasi baling-baling berputar. Pengaliran udara ini dapat membuang dan memberi ventilasi secara spontan, ketika suhu di dalam dan di luar ruangan berbeda. Udara dapat mengalir melalui celah bilah turbin dari sisi suhu tinggi ke sisi suhu rendah; oleh karena itu fenomena ventilasi spontan terbentuk. Selain itu, ketika roda turbin berputar, udara bersuhu

tinggi akan dikeluarkan dari ruangan, sehingga kepadatan udara di dalam ruangan dapat dikurangi, kemudian udara dingin di luar ruangan masuk ke dalam ruangan untuk mencapai tujuan konveksi (Hsieh et al., 2013).



Gambar 2. 4 Turbin Ventilator

2.6 Airfoil



Gambar 2. 5 Airfoil

Gambar 2.5 menunjukkan bentuk geometri airfoil dan bagian – bagian dari *airfoil*. *Airfoil* atau *aerofoil* adalah suatu bentuk geometri yang apabila ditempatkan di suatu aliran fluida akan memproduksi gaya angkat (lift) lebih besar dari gaya hambat (drag). *Airfoil* memiliki bagian – bagian seperti berikut:

1. *Leading edge* adalah bagian yang paling depan dari sebuah *airfoil*.
2. *Trailing edge* adalah bagian yang paling belakang dari sebuah *airfoil*.

3. *Chamber line* adalah garis yang membagi sama besar antara permukaan atas dan permukaan bawah dari *airfoil mean chamber line*.
4. *Chord line* adalah garis lurus yang menghubungkan *leading edge* dengan *trailing edge*.
5. *Chord* adalah jarak antara *leading edge* dengan *trailing edge*.
6. Maksimum *chamber* adalah jarak maksimum antara *mean chamber line* dan *chord line*. Posisi maksimum chamber diukur dari *leading edge* dalam bentuk persentase *chord*.
7. Maksimum *thickness* adalah jarak maksimum antara permukaan atas dan permukaan bawah *airfoil* yang juga diukur tegak lurus terhadap *chord line* (Damara, 2016).

2.7 Rotor

Rotor adalah komponen utama pada turbin angin. Rotor bekerja sebagai pengekstrak energi angin menjadi energi mekanik. Rotor dapat juga berperan sebagai aktuator dari sebuah sistem kontrol pada turbin angin untuk mengontrol daya keluaran dari sistem turbin angin dengan cara merubah sudut pitch.

2.8 Tip Speed Ratio (TSR)

Tip speed ratio (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, tip speed ratio akan berpengaruh pada kecepatan rotor. Turbin angin tipe lift akan memiliki tip speed ratio yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin drag. Tip speed ratio dihitung dengan persamaan:

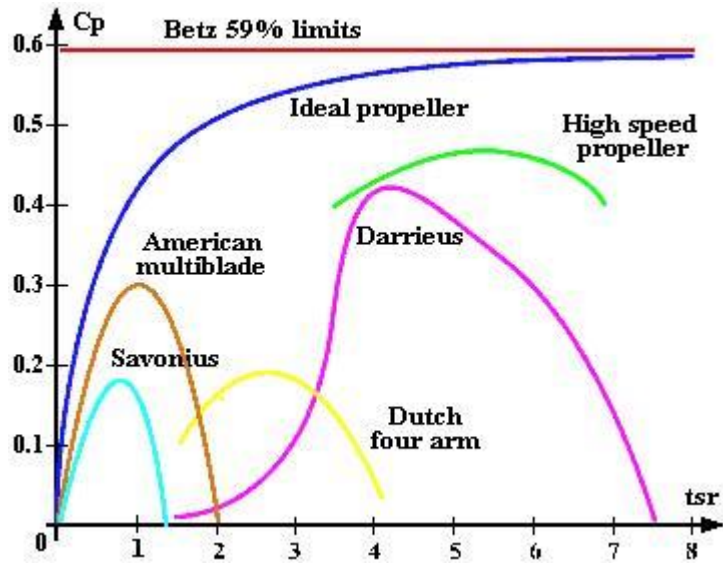
$$TSR (\lambda) = \frac{\omega \cdot R}{v}$$

Dimana:

ω = kecepatan angular rotor (rad/s)

R = jari-jari rotor (m)

v = kecepatan angin (m/s)



Gambar 2. 6 Hubungan TSR dan Cp pada beberapa jenis turbin angin

2.9 Inovasi yang dilakukan

Inovasi yang dilakukan pada perancangan ini adalah dengan menggabungkan prinsip desain turbin angin tipe savonius dengan turbin ventilator pada atap rumah. Hal ini memiliki tujuan yaitu untuk memperoleh daya dari hasil perputaran turbin angin sekaligus untuk melakukan sirkulasi udara pada ruangan dengan mengalirkan udara dari dalam ruangan menuju luar ruangan. Pada perancangan ini pula menggunakan baling-baling turbin tipe *swing blade*.

BAB 3 METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir Perancangan Tahapan pelaksanaan perancangan diperlihatkan pada Gambar 3.1. Diagram alir ini memuat tahapan pelaksanaan, metode yang digunakan dan hasil dari setiap tahapan perancangan.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Realisasi Kegiatan

Kegiatan ini berlangsung selama 4 bulan (Oktober 2022 – Februari 2023) bertempat di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka Jakarta.

3.3 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan baku yang digunakan dalam perancangan ini sebagai berikut:

Alat

Tabel 3. 1 Spesifikasi alat

Alat	Spesifikasi
1. Hand Riveter	- Size 3.2mm x 9.5mm - 4 mata paku rivet
2. Gerinda tangan	- Input: 670 W - Ukuran mata pisau: 100 mm (4in) - Kecepatan putaran: 12.000 rpm/menit - Tipe saklar: toggle switch samping
3. Bor tangan bosch Gbm 350	- Input daya: 350 w - kecepatan tanpa beban: 0 - 2800 rpm - diameter chuck : 10 mm. - Pengeboran pada aluminium: 15 mm
4. Joyko Glue Gun	GG-850 20W
5. Penggaris Besi	Panjang 1000mm
6. Penggores Baja	8.5" merk apex
7. Gunting plat	- PL-AS1778 - 12 Inch
8. Kikir Bulat Kasar	8inch
9. Gergaji Besi	12inch

Bahan

1. Alumunium lembaran 0,5 mm
2. Alumunium lembaran 0,8 mm
3. Paku rivet 4mm
4. Paku 7 cm
5. Mata bor piramid diameter 4-32mm
6. Mata gerinda amplas range: 2608600263
7. Mata gerinda potong 6inch T41 A36RBF
8. Mata bor 7mm dan 15mm
9. Mur Baut dan ring M8
10. Bearing tipe 6202zz
11. As baja diameter 15mm
12. Pipa Paralon Rucika 2,5inch

3.4 Perhitungan Desain

Metode perhitungan perancangan turbin ventilator adalah sebagai berikut:

- A. Perhitungan Daya Rencana

$$P_d = P \cdot f_c$$

- B. Perhitungan Momen Puntir Shaft:

$$T = 9,47 \cdot 10^5 \left(\frac{P_d}{n} \right)$$

- C. Tegangan geser yang diizinkan

$$\sigma_A = \frac{\sigma_B}{sf_1 \cdot sf_2}$$

- D. Menghitung Diameter Poros

$$d_s = \left(\frac{5,1}{\sigma_A} \cdot K_t C_b T \right)^{\frac{1}{3}}$$

- E. Tegangan Geser Shaft

$$\tau = \frac{T}{\left(\frac{\pi d_s^3}{16} \right)}$$

- F. Menentukan Tip Speed Ratio (TSR) :

$$\lambda_2 = \frac{\pi D n}{60 \cdot v}$$

- G. Menghitung Rotor Torque Coefficient (Cqr)

$$c_{q2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

H. Menghitung Rotor Power Coefficient (Cp):

$$c_p = c_{q2} \cdot \lambda_2$$

I. Perencanaan luas sudu turbin

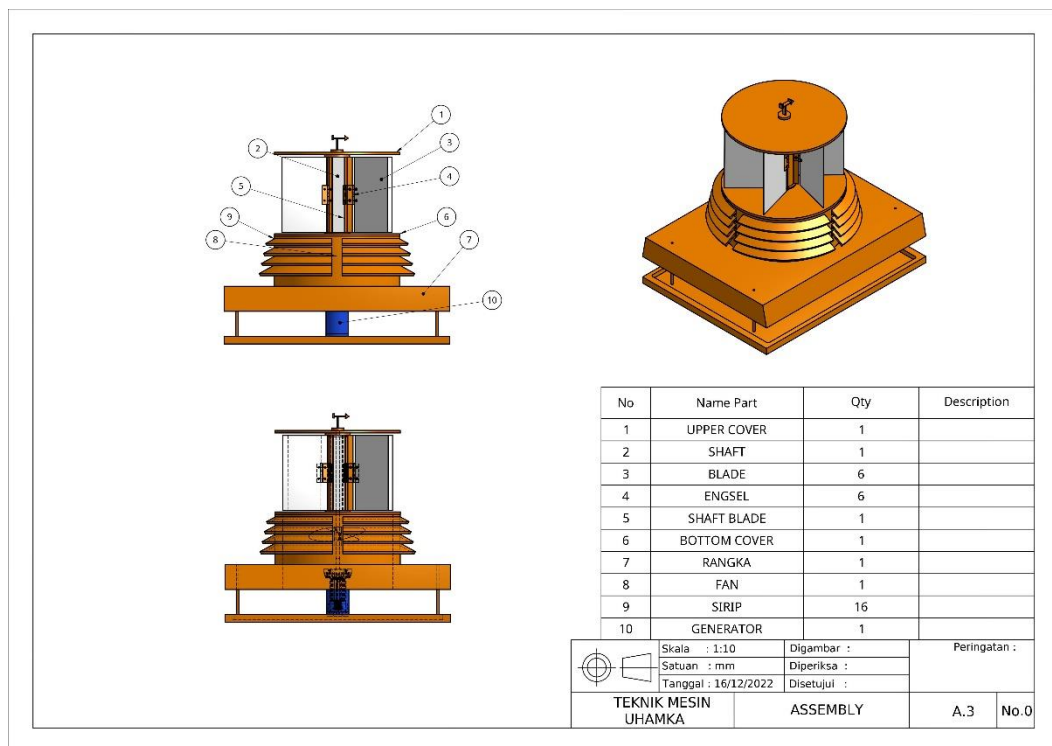
$$P = \frac{1}{2} c_p \rho A v^3$$

J. Perhitungan Diameter Sudu:

$$D = \frac{A}{H}$$

3.5 Konsep Grafis (CAD/Drafting)

Pada penelitian ini dilakukan Perancangan Turbin Ventilator. Desain tersebut dapat dilihat seperti Gambar 3.2.



Gambar 3. 2. Rancangan Desain Turbin Ventilator

BAB 4 RANCANGAN ANGGARAN

4.1 Realisasi Pemasukan

No	Tanggal	Sumber Dana	Jumlah
1.	22/12/2022	Pak Dan Mugisidi	Rp 1.603.000
2.	20/1/2023	Pak Dan Mugisidi	Rp 1.600.000
Total			Rp 3.203.000

4.2 Realisasi Pengeluaran

4.2.1 Biaya Material

No	Tanggal	Nama Barang	Kegunaan	Jumlah	Harga satuan	Total
1	23/12/2022	Bearing 602zz	Membantu mengurangi gesekan saat as berotasi	2	Rp 15.000	Rp 30.000
2	24/12/2022	As diameter 15 mm x 1100 mm	Sebagai penerus daya	1	Rp 30.000	Rp 30.000
4	28/12/2022	Alumunium Lembaran 0.5 mm 1 m x 2 m	Bahan dasar pembuatan turbin	1	Rp 180.000	Rp 180.000
3	28/12/2022	Alumunium Lembaran 0,8 mm 1 m x 2 m	Bahan dasar pembuatan turbin	1	Rp 280.000	Rp 280.000
4	30/12/2022	Mata Gerinda kasar	Untuk menghaluskan potongan lembaran alumunium	1	Rp 10.000	Rp 10.000
5	10/1/2023	Paralon 2,5"	Sebagai penopang pada cover blade	1	Rp 60.000	Rp 60.000
6	10/1/2023	Paku Rivet 4 mm	Untuk menyambungk	30	Rp 300	Rp 9.000

			an aluminium lembaran			
7	10/1/2023	Paku Rivet 4 mm	Untuk menyambungkan aluminium lembaran	50	Rp 300	Rp 15.000
8	11/1/2023	Engsel Jendela	Untuk mengukuhkan aluminium lembaran saat proses buka tutup	3	Rp 20.000	Rp 60.000
9	13/1/2023	Alumunium Lembaran 0,8 mm 1 m x 2 m	Bahan dasar pembuatan turbin	1	Rp 280.000	Rp 280.000
10	14/1/2023	Generator DC	Sebagai alat konversi energi dari mekanik menjadi listrik	1	Rp 101.600	Rp 101.600
11	12/1/2023	Blade kipas	Untuk membantu proses keluar udara dari dalam rumah	1	Rp 30.000	Rp 30.000
12	13/1/2023	Lampu bulb DC 3 W	Sebagai beban ujicoba	1	Rp 30.000	Rp 30.000
13	13/1/2023	Lampu bulb DC 5 W	Sebagai beban ujicoba	1	Rp 35.000	Rp 35.000
14	26/1/2023	Klip capitan	Untuk menjepit blade	6	Rp 2.000	Rp 12.000
15	26/1/2023	Kabel	Untuk menghubungkan antara satu bagian dengan bagian lainnya dalam suatu rangkaian kelistrikan	2 m	Rp 2.500	Rp 5.000
16	26/1/2023	Fiting lampu	Untuk menghubungkan lampu dengan sumber listrik	2	Rp 14.000	Rp 28.000
17	26/1/2023	Isi lem tembak	Sebagai bahan perekat	1	Rp 4.000	Rp 4.000

18	26/1/2023	Kabel	Untuk menghubungkan antara satu bagian dengan bagian lainnya dalam suatu rangkaian kelistrikan	2 m	Rp 2.500	Rp 5.000
19	26/1/2023	Capit buaya	Untuk menyalurkan energi listrik dari sumber daya adaptor ke pemakai.	5	Rp 2.000	Rp 10.000
20	26/1/2023	Solasi kabel	Sebagai bahan perekat dan isolator kabel	1	Rp 10.000	Rp 10.000
21	26/1/2023	Aki Ascendo	Sebagai penampung daya listrik	1	Rp 170.000	Rp 170.000
22	26/1/2023	Baut + Ring M8	Sebagai pengikat antar part	4	Rp 35.000	Rp 35.000
23	26/1/2023	Paku Rivet 4 mm	Untuk menyambungkan aluminium lembaran	50	Rp 300	Rp 15.000
24	2/2/2023	Bearing 6202 zz	Membantu mengurangi gesekan saat as berotasi	1	Rp 15000	Rp 15.000
25	2/2/2023	Isi Lem tembak	Sebagai bahan perekat	3	Rp 2.000	Rp 6.000
Total						Rp 1.465.600

4.2.2 Biaya Transportasi

No	Tanggal	Keterangan	Banyaknya	Harga Satuan	Jumlah
1.	24/12/2022	Transport	2,5 L	Rp 10.000	Rp 25.000
2	28/12/2022	Transport	20 L	Rp 10.000	Rp 200.000
Total					Rp 225.000

4.2.3 Biaya Konsumsi

No	Tanggal	Keterangan	Banyaknya	Harga Satuan	Jumlah
1.	14/1/2023	Biaya konsumsi @ 4 orang	5 hari	Rp 15.000	Rp 300.000
2	2/2/2023	Biaya konsumsi @ 4 orang	14 hari	Rp 15.000	Rp 840.000
Total					Rp 1.140.000

4.2.4 Rekapitulasi Dana

No.	Keterangan	Jumlah
1.	Biaya Material	Rp 1.465.600
2.	Biaya Transport	Rp 225.000
3.	Biaya Konsumsi	Rp 1.140.000
Total		Rp 2.830.600

Pemasukan	Pengeluaran	Saldo
Rp 3.203.000	Rp 2.830.600	Rp 372.400

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Perhitungan Perancangan

Direncanakan:

- Rancangan daya = 10 Watt
- Putaran poros (n) = 50 rpm
- Kecepatan angin (v) = 10 m/s

A . Perhitungan Daya Rencana:

$$P_d = P \cdot f_c = (10 W)(1,2) = 12 W$$

B. Perhitungan Momen Puntir Shaft:

$$T = 9,47 \cdot 10^5 \left(\frac{P_d}{n} \right)$$
$$T = 9,47 \cdot 10^5 \left(\frac{0,012 kW}{50} \right) = 227,28 kg \cdot mm$$

C. Bahan poros yang digunakan adalah stainless steel AISI 316, karena jenis material ini tidak menyebabkan karat dan bahaya bagi industri makanan.

Max Tensile Strength	580 MPascal
Yield Tensile Strength	290 MPascal
Elongation	40% (50 mm)
Elongation at break	50% (50 mm)
Rockwell Hardness	95
Brinell Hardness	219

Gambar 5. 1 Tabel Mechanical Properties ST AISI 316

Berdasarkan Tabel 2 diatas, maka didapatkan besar kekuatan tarik AISI 316 (σ_b) = 59 kg/mm² Faktor keamanan (sf_1) = 6 (karena SS AISI 316 termasuk baja paduan) Faktor kelenturan (sf_2) = 1.3. Diasumsikan penggunaan bahan material stainless steel AISI 316, Maka tegangan geser yang diizinkan:

$$\sigma_A = \frac{\sigma_B}{sf_1 \cdot sf_2} = \frac{59 \text{ kg/mm}^2}{(6)(1,3)} = 7,56 \text{ kg/mm}^2$$

D. Menghitung Diameter Poros

Beban dikenakan secara halus maka nilai (Kt) = 1 dan diperkirakan terjadi beban lentur (Cb) = 1.3 Maka untuk menghitung diameter poros:

$$d_s = \left(\frac{5,1}{\sigma_A} \cdot K_t C_b T \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = \left(\frac{5,1}{7,56 \text{ kg/mm}^2} \cdot (1)(1,3)(227,28 \text{ kg} \cdot \text{mm}) \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = 5,841 \text{ mm}$$

Maka diameter poros minimum adalah 6 mm, sedangkan diameter poros yang direncanakan adalah 15 mm (AMAN).

E. Tegangan Geser Shaft:

Setelah diameter poros diketahui, maka tegangan gesernya

$$\tau = \frac{T}{\left(\frac{\pi d_s^3}{16} \right)}$$

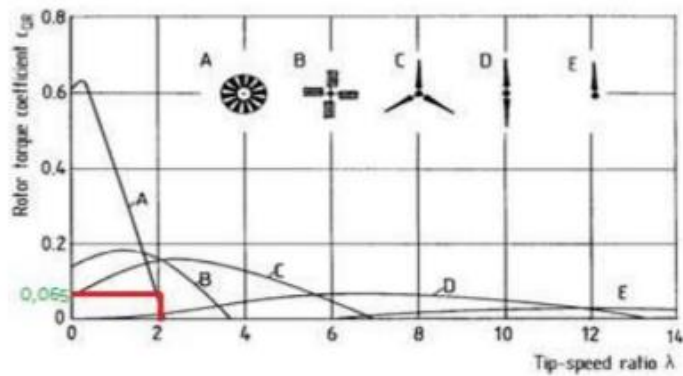
$$\tau = \frac{227,28 \text{ kg} \cdot \text{mm}}{\left(\frac{\pi (5,841 \text{ mm})^3}{16} \right)} = 5,80 \text{ kg/mm}^2$$

F. Menentukan Tip Speed Ratio (TSR):

$$\lambda_2 = \frac{\pi D n}{60 \cdot v}$$

$$\lambda_2 = \frac{\pi (0,3 \text{ m}) (50 \text{ rpm})}{60 \cdot \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)} = 0,078$$

G. Menghitung Rotor Torque Coefficient (Cqr):



Gambar 5. 2 Hubungan antara Cqr dan TSR

Hubungan koefisien rotor beberapa turbin angin, diketahui untuk rotor turbin jenis savonius pada daerah rotor savonius diambil pemisalan jika $\lambda_1 = 2$ dan $C_{q1} = 0,065$, maka c_{q2} sebesar :

$$c_{q2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \cdot c_{q1} = \frac{2}{0,078} \cdot 0,065 = 1,6$$

H. Menghitung *Rotor Power Coefficient* (C_p):

Hubungan antara

$$c_p = c_{q2} \cdot \lambda_2 = (1,6)(0,078) = 0,1248$$

I. Perencanaan luas sudu turbin

$$P = \frac{1}{2} c_p \rho A v^3$$

$$12 \text{ W} = \frac{1}{2} (0,1248) \left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) A \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3$$

$$A = 0,153 \text{ m}^2$$

J. Perhitungan Diameter Sudu:

Diasumsikan tinggi blade (H) = 300 mm = 0,3 m

$$D = \frac{A}{H} = \frac{0,153 \text{ m}^2}{0,3 \text{ m}} = 0,5 \text{ m} = 500 \text{ mm}$$

5.2 Data Pengamatan

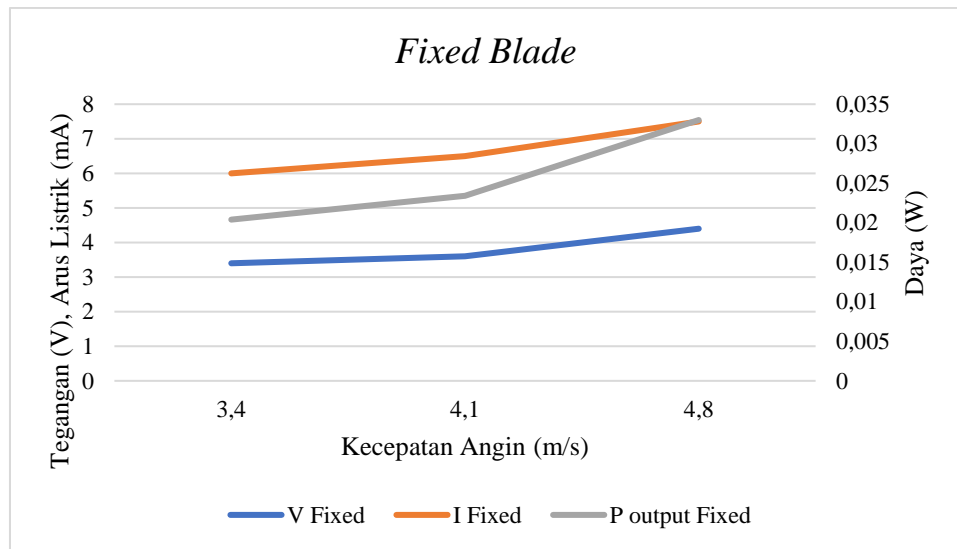
Dilakukan pengujian turbin angin dengan variabel kecepatan sebesar 3,4 m/s, 4,1 m/s, dan 4,8 m/s di dalam laboratorium teknik mesin Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka. Didapatkan hasil data pengamatan sebagai berikut:

a. Kondisi *Fixed Blade*

Didapatkan hasil data pengamatan untuk kondisi *fixed blade* sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Data *Fixed Blade*

v_{angin} (m/s)	Tegangan DC (V)	Arus Listrik DC (mA)	Arus Listrik DC (A)	Daya Output (W)
3,4	3,4	6	0,006	0,0204
4,1	3,6	6,5	0,0065	0,0234
4,8	4,4	7,5	0,0075	0,0330



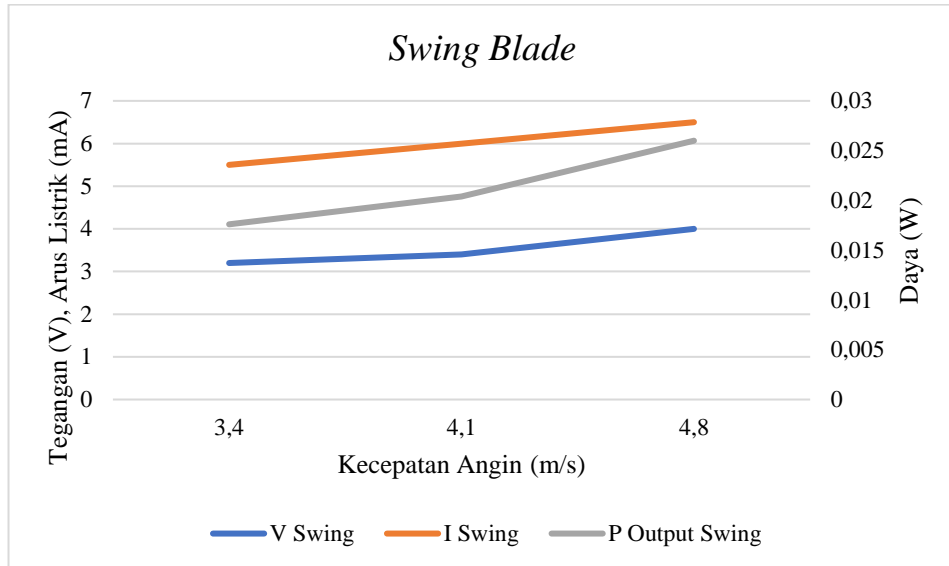
Gambar 5. 3 Tegangan, Arus Listrik, dan Daya Output yang dihasilkan oleh *Fixed Blade*

b. Kondisi *Swing Blade*

Didapatkan hasil data pengamatan untuk kondisi *swing blade* sebagai berikut:

Tabel 5. 2 Data *Swing Blade*

v_{angin} (m/s)	Tegangan DC (V)	Arus Listrik DC (mA)	Arus Listrik DC (A)	Daya Output (W)
3,4	3,2	5,5	0,0055	0,0176
4,1	3,4	6	0,006	0,0204
4,8	4	6,5	0,0065	0,0260



Gambar 5. 4 Tegangan, Arus Listrik, dan Daya Output yang dihasilkan oleh *Swing Blade*

c. Perbandingan Daya Teoritis dan Daya Pengujian

Perhitungan daya teoritis:

- Untuk $v_{angin} = 3,4 \text{ m/s}$

$$P = \frac{1}{2} c_p \rho A v^3$$

$$P = \frac{1}{2} (0,1248) \left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,153 \text{ m}^2) \left(3,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3 = 0,460 \text{ W}$$

- Untuk $v_{angin} = 4,1 \text{ m/s}$

$$P = \frac{1}{2} c_p \rho A v^3$$

$$P = \frac{1}{2} (0,1248) \left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,153 \text{ m}^2) \left(4,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3 = 0,806 \text{ W}$$

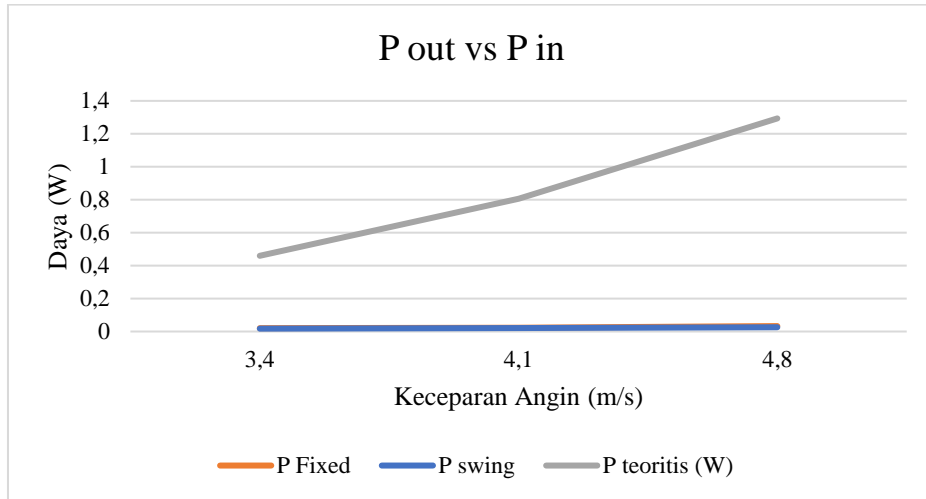
- Untuk $v_{angin} = 4,8 \text{ m/s}$

$$P = \frac{1}{2} c_p \rho A v^3$$

$$P = \frac{1}{2} (0,1248) \left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,153 \text{ m}^2) \left(4,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3 = 1,293 \text{ W}$$

Tabel 5. 3 Perbandingan Daya Teoritis dan Daya Pengujian

v_{angin} (m/s)	P teoritis (W)	P Fixed (W)	P Swing (W)
3,4	0,460	0,0204	0,0176
4,1	0,806	0,0234	0,0204
4,8	1,293	0,033	0,026

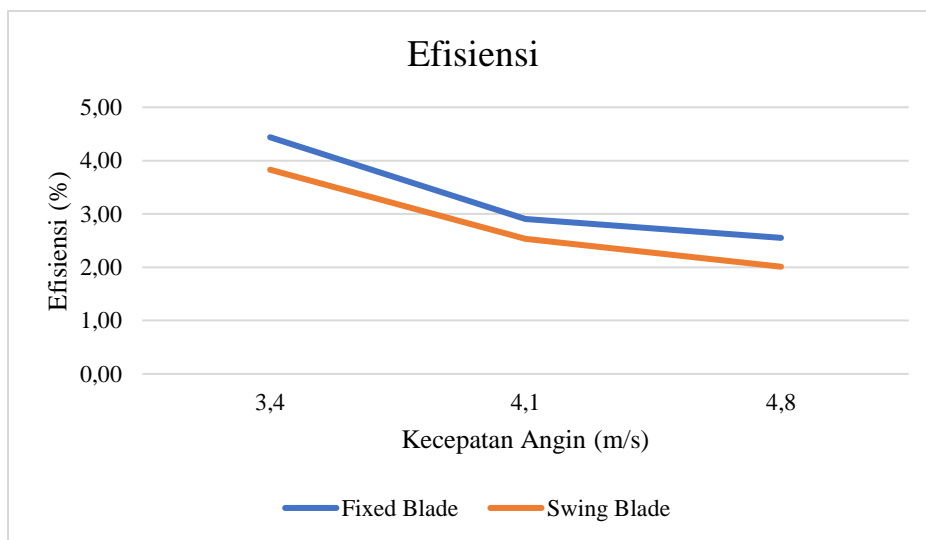


Gambar 5. 5 Perbandingan Daya Teoritis dan Daya Pengujian

d. Efisiensi Turbin Ventilator

Tabel 5. 4 Efisiensi Turbin Ventilator

v_{angin} (m/s)	Fixed Blade (%)	Swing Blade (%)
3,4	4,44	3,83
4,1	2,90	2,53
4,8	2,55	2,01



Gambar 5. 6 Efisiensi Turbin Ventilator

5.3 Hasil Akhir Perancangan



Gambar 5. 7 Hasil Akhir Rancangan

Proses perakitan dilakukan dengan menggunakan bahan alumunium lembaran yang diharapkan memiliki kriteria tahan akan korosi, tahan lama dalam pemakaian, bobotnya ringan, memiliki kekokohan struktur, murah dalam biaya, memiliki estetika yang baik, dan mudah dipasang. Pada prinsipnya, energi angin yang mengenai bilah turbin akan memutar poros dan langsung terhubung dengan kipas dan generator DC. Kipas berfungsi untuk menyalurkan udara dari dalam ruangan menuju luar ruangan dan memperbaiki sirkulasi udara di dalam ruangan. Sedangkan generator DC berfungsi untuk mengkonversi energi dari energi mekanis menjadi energi listrik yang kemudian akan disimpan didalam baterai lalu dihubungkan menuju beban.

BAB 6 PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Telah dirancang sebuah turbin ventilator yang dikombinasikan dengan turbin angin tipe savonius. Satu buah turbin dengan ukuran diameter sekitar 50 cm dapat menghasilkan tegangan listrik antara 3,4 sampai 4,4 volt untuk kondisi *fixed blade* dan 3,2 sampai 4 volt untuk kondisi *swing blade*. Arus listrik yang dihasilkan antara 6 sampai 7,5 mA untuk kondisi *fixed blade* dan 5,5 sampai 6,5 mA untuk kondisi *swing blade*. Daya yang dapat dihasilkan oleh satu turbin ventilator adalah antara 0,0204 sampai 0,033 watt untuk kondisi *fixed blade* dan 0,0176 sampai 0,026 watt untuk kondisi *swing blade*. Efisiensi yang dihasilkan oleh turbin ventilator secara berturut-turut sebesar 4,44%, 2,90%, dan 2,55% untuk kondisi *fixed blade* dan 3,83%, 2,53%, dan 2,01% untuk kondisi *swing blade*.

Daya output yang dihasilkan oleh turbin ventilator masih tergolong rendah, hal ini mengakibatkan arus listrik output yang dihasilkan juga menjadi rendah. Namun untuk suatu ruang yang memasang beberapa turbin ventilator dapat dilakukan penggabungan dan akumulasi tegangan dalam suatu baterai sehingga hasilnya dapat dipakai sumber listrik untuk lampu penerangan dan sekaligus sebagai pensirkulasi udara didalam ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

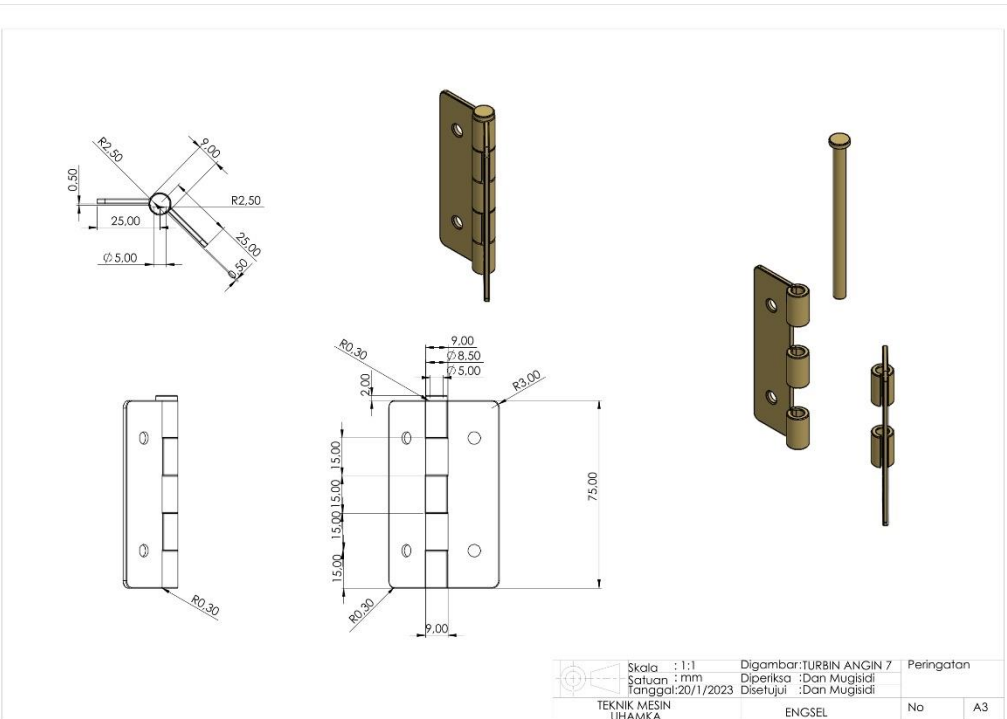
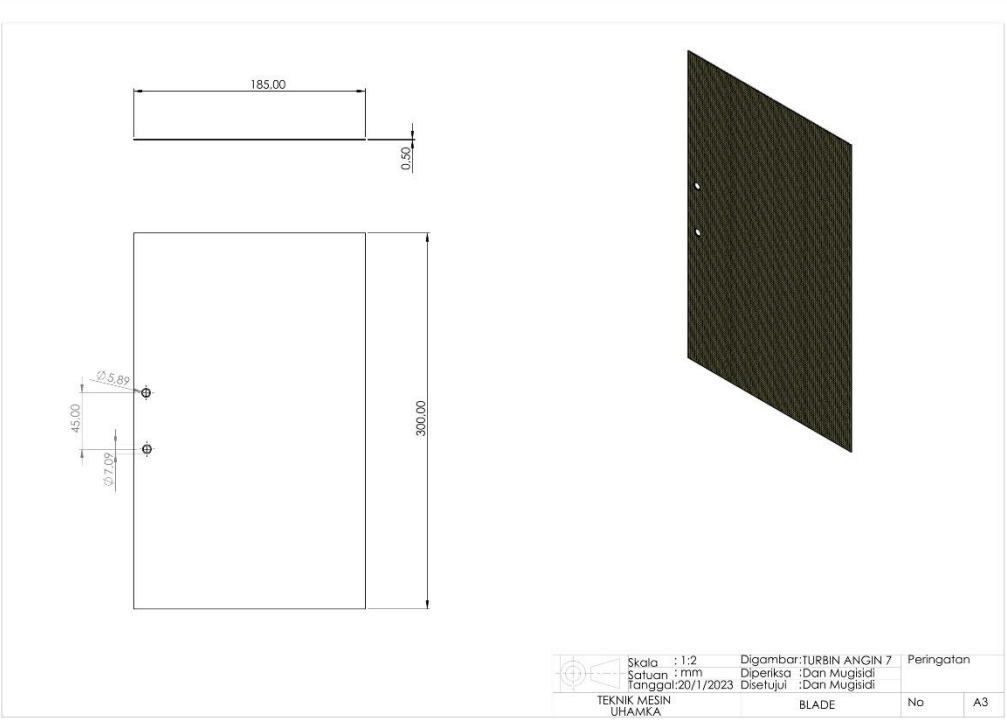
- Chavan, C. D., Patil, P. R., Kothari, S. N., & Chougule, S. M. (2021). *Power Generation Using Rooftop Ventilator*.
- Damara, D. (2016). *ANALISA ROTOR HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE (HAWT) DENGAN VARIASI GEOMETRI DAN JUMLAH BILAH KAPASITAS 10 kW TURBINE (HAWT) WITH VARIATION GEOMETRY AND NUMBER OF BLADE FOR CAPACITY 10 kW*.
- Daut, I., Shatri, C., Irwanto, M., Syafawati, A. N., & Shema, S. S. (2011). Power Generation Roof Ventilator. *2011 International Conference on Environment and Industrial Innovation IPCBEE*, 12(May 2015), 183–187.
- Habibie, M. N., Sasmito, A., & Kurniawan, R. (2011). Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 12(2), 181–187. <https://doi.org/10.31172/jmg.v12i2.99>
- Hsieh, M. C., Jair, D. K., & Chou, H. M. (2013). The Development of a New Type Rooftop Ventilator Turbine. *Engineering*, 05(10), 16–20. <https://doi.org/10.4236/eng.2013.510a003>
- Ismail, M., & Abdul Rahman, A. M. (2012). Rooftop Turbine Ventilator: A Review and Update. *Journal of Sustainable Development*, 5(5), 121–131. <https://doi.org/10.5539/jsd.v5n5p121>
- M. Sholahuddin, S.Sn, M. (2020). *Proses Perancangan*.
- Rudd, A. F., & Lstiburek, J. W. (1998). Vented and sealed attics in hot climates. *ASHRAE Transactions*, 104(2), 1199–1210.
- Torasa, C., & Sermsri, N. (2015). The Application of Roof Ventilator for Electricity Generation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197(February), 1690–1696. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.221>

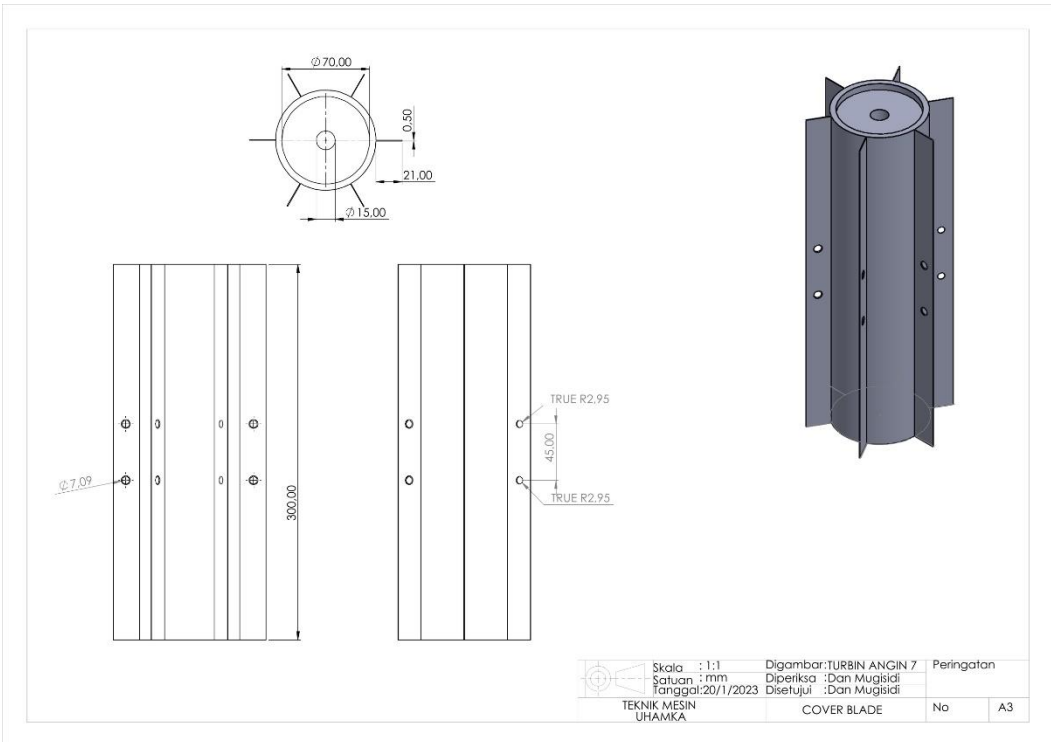
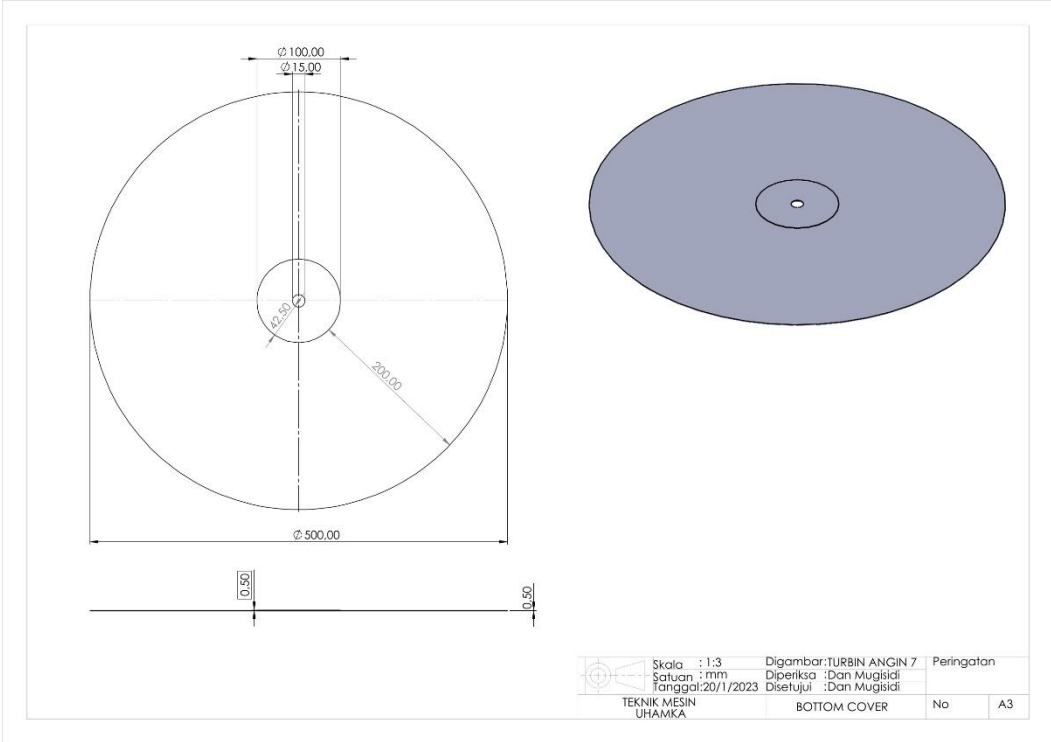
LAMPIRAN

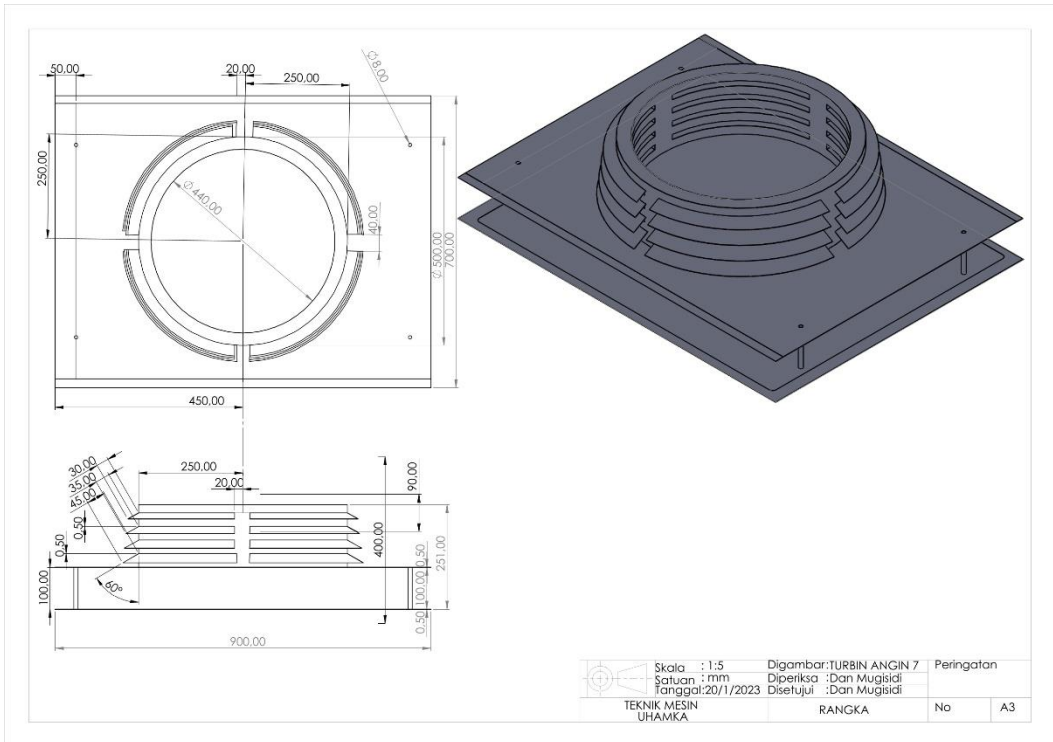
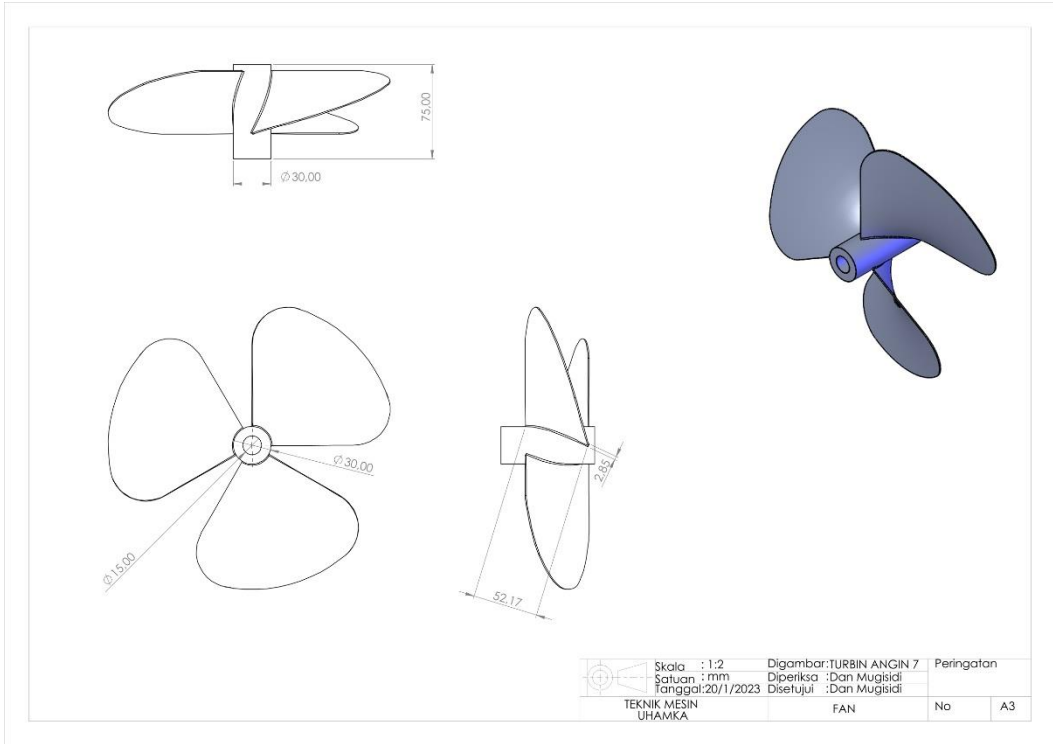
Lampiran A. Desain Perancangan Turbin Ventilator

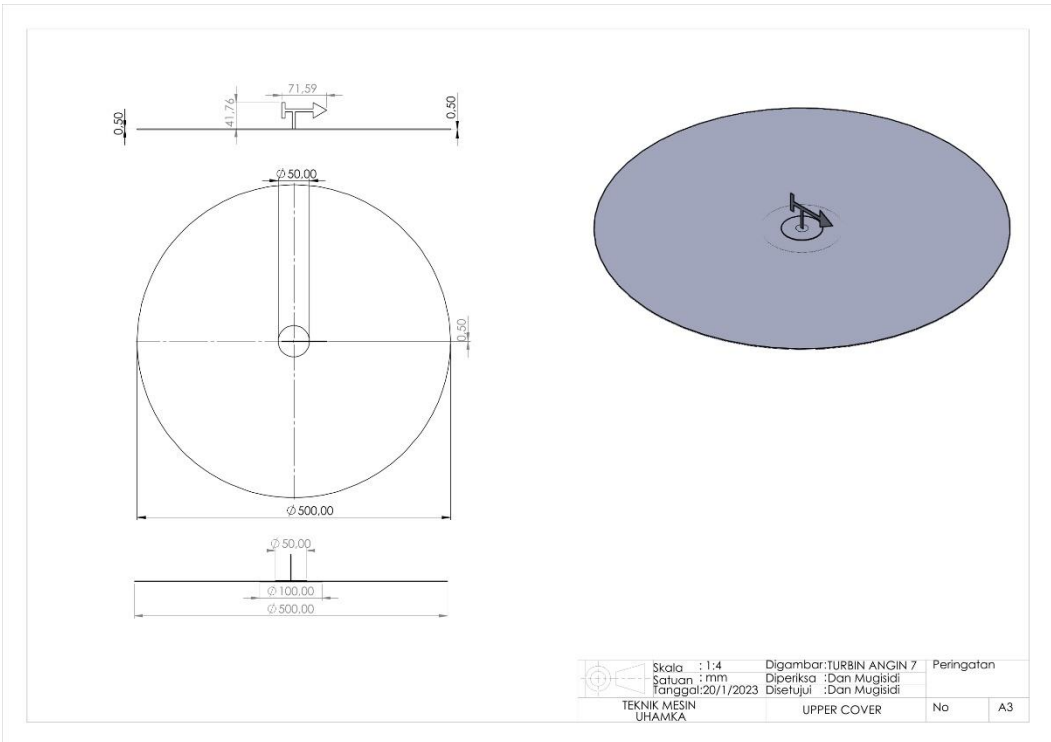
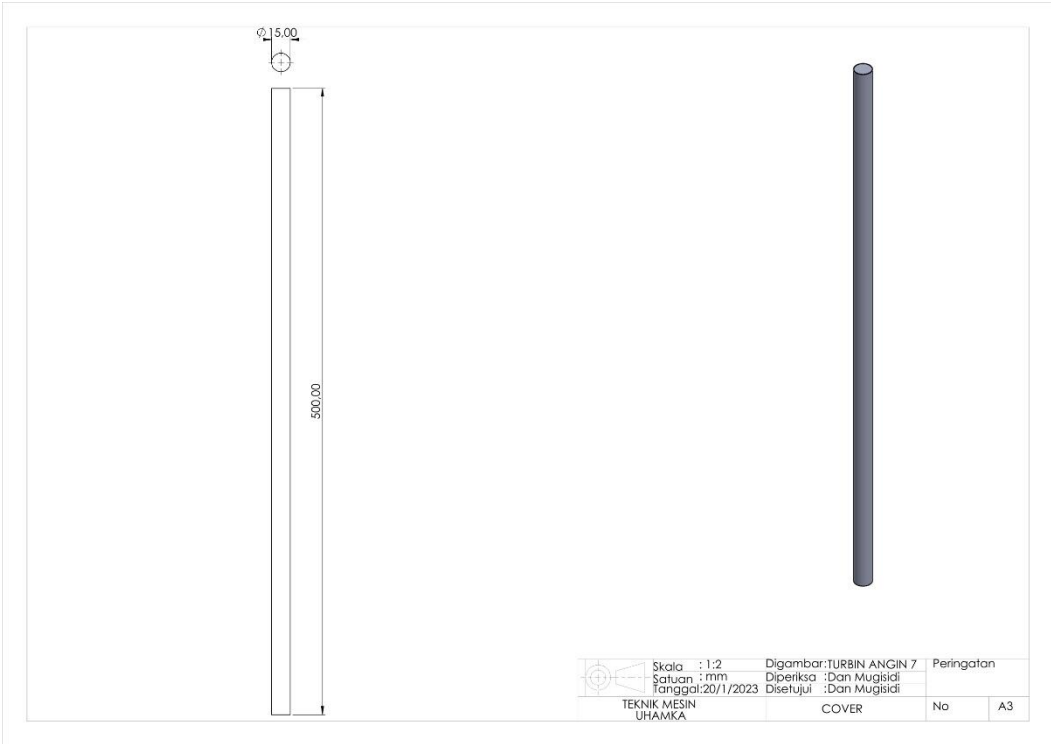
No	Name Part	Qty	Description
1	UPPER COVER	1	
2	SHAFT	1	
3	BLADE	6	
4	ENGSEL	6	
5	SHAFT BLADE	1	
6	BOTTOM COVER	1	
7	RANGKA	1	
8	FAN	1	
9	SIRIP	16	
10	GENERATOR	1	

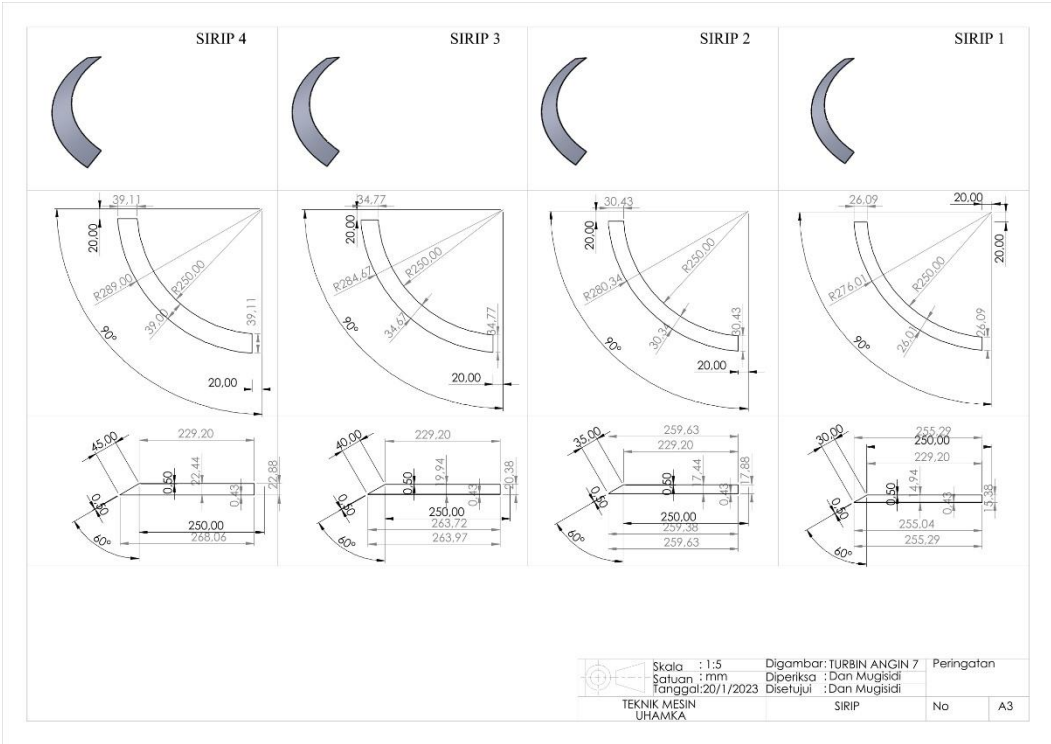
	Skala : 1:10	Digambar :	Peringatan :	
	Satuan : mm	Diperiksa :		
	Tanggal : 16/12/2022	Disetujui :		
TEKNIK MESIN UHAMKA	ASSEMBLY	A.3	No.0	













Lampiran B. Struk Belanja Perancangan Turbin Ventilator



25-10-2022
Kepada Yth.

BANYAKNYA	NAMA BARANG	HARGA	JUMLAH
2	uku Gear ZZ		50.000

Tanda Terima, Hormat Kami, Jumlah Rp. 50.000





tokopedia

INVOICE
INV/20230114/MPL/2975324008

DITERBITKAN ATAS NAMA

Penjual : JAKARTA ELEKTRONIK PART

UNTUK

Pembeli : Fadhilurrahman Zaki
 Tanggal Pembelian : 14 Januari 2023
 Alamat Pengiriman : Fadhilurrahman Zaki (6283870039158)
 Jl. Rawajati Timur I, Gg Madrasah No.
 40A Rt. 3/2 Rawajati, Pancoran, Jakarta
 Selatan Pancoran, Kota Administrasi
 Jakarta Selatan, 12750 DKI Jakarta

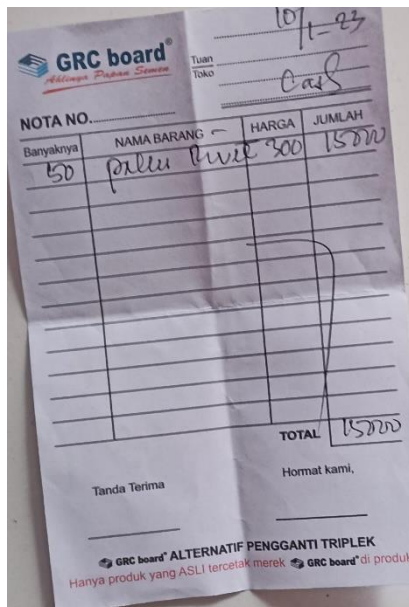
INFO PRODUK	JUMLAH	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
mini Generator listrik DC 24v 30watt generator kincir angin - generator 30w, generator Berat: 800 gr	1	Rp100.000	Rp100.000
TOTAL HARGA (1 BARANG)			Rp100.000
Total Ongkos Kirim (800 gr)			Rp11.500
Diskon Ongkos Kirim			-Rp11.500
Biaya Asuransi Pengiriman			Rp600
TOTAL BELANJA			Rp100.600
Biaya Jasa Aplikasi			Rp1.000
TOTAL TAGIHAN			Rp101.600
Promo Tokopedia			
Bebas Ongkir hingga Rp20.000			Rp11.500

Kurir:
SiCepat - Regular Package BIKAS SINGAPUR
 Asuransi Pengiriman Tokopedia

Metode Pembayaran:
BRIVA

Invoice ini sah dan diproses oleh komputer
 Silakan hubungi **Tokopedia Care** apabila kamu membutuhkan bantuan.

Terakhir diupdate: 15 Januari 2023 19:35 WIB




REZEKI MAKMUR FAKTUR PENJUALAN CASH

No Transaksi : 2680/JUPOT/1222
Tanggal : 24/12/2022 14:21:25
Kode Sales : Dina Sulistyana
Pelanggan : UMUM / CASH
Tgl JT : 24/12/2022
No. SO : 2682/FJ/RMPOT/1222

Nama Item	Jml	Sat	Harga Pot	Total
MS ST41 Round Bar 15 mm 1.100 MM			27,28 0,00	30.008,00

Keterangan : Rp. Jaki (0838 7003 9155)

Jml Item	1.100,00	Sub Total	30.008,00
Potongan	0,00 %0,00	By Lain	0,00
Total Akhir	30.008,00		
Terbilang	tiga puluh ribu delapan rupiah		
Cash	30.008,00	Debit	0,00
Transfer	0,00		



LUNAS, Terima Kasih
PAID, Thank You

24/12/2022 14:20 1/1 ADM.SALES.KASIR

 **PERTAMINA**

31.133,01
SPBN Otista
Jl. Otista Raya 01 - 71

Shift : 2
No. Trans : 4262098
Maktu : 2022-12-28 10:54:27

Pulau/Pompa : 2
Nama Pompa : PERTALITE
Harga/Liter : Rp. 10.000
Volume : (L) 10
Total Harga : Rp. 100.000
Operator : A. FAUZI

CASH Rp100.000

No. Kend. : B212176

SUBSIDSI BULAN DESEMBER 2022 : BENCAR Rp 8.500/
LITER DAN PERTALITE Rp 2.050/LITER
MARI GUNAKAN PERTAMAX SERIES DAN BENZ SERIES.
SUBSIDSI HANYA SAAT SANG BUNGA BERKUALITAS

* 0011961 007 *

TOKO BESI & BAHAN BANGUNAN
SUMBER ALAM
 Jl. Tanah Merdeka No. 83
 Ps. Rebo - Jakarta Timur
 Telp. (021) 8404113, 87790919

P/1-2023
 Kegada Yth.

NOTA KONTAN NO.

QTY	NAMA BARANG	Harga	Jumlah
1	Besi Paslon 2 1/2 ukuran		60.000
30	Paku 4m		9.000
			69.000

Tanda terima, _____ Jumlah Rp. _____
 Barang yang sudah dibeli tidak dapat dikembalikan !!!
 Hormat kami, _____


 Tanggal :
 Tuan :
 Toko :

ULTIMATE - PROTECT
Waterstop - Waterstop Cement - Waterstop Crystal Seal

Banyak	Nama Barang	Harga Satuan	Jumlah
3	Engsel jenda 20.000		60.000



Perhatian :
 Barang yang sudah di beli tidak bisa ditukar/dikembalikan.
 Hormat kami, _____

Jumlah **60.000**
 www.ultimate-protect.com

TJ TERANG JAYA
ALUMINIUM & STAINLESS STEEL, BESI SIKU LOBANG UNION - IMW

Jakarta, 13/1/2023
Kepada: cast

NO. AB 00289

NO.	BANYAKNYA	NAMA BARANG	HARGA	JUMLAH
	1	(cast) lb Al sheet 0,8 1x2 m		28000
2				

Tanda Terima, Rp 28000
Hormat Kami,

Note : Barang yang sudah dibeli tidak dapat ditukar atau dikembalikan.

TJ TERANG JAYA
ALUMINIUM & STAINLESS STEEL, BESI SIKU LOBANG UNION - IMW

Jakarta, 28/1/2023
Kepada: cast

NO. AB 00167

NO.	BANYAKNYA	NAMA BARANG	HARGA	JUMLAH
	1	(cast) lb Al sheet 0,8 1x2 m		18000
	1	(cast) lb Al sheet 0,8 1x2 m		28000
				46000
3				

Tanda Terima, Rp 46000
Hormat Kami,

Note : Barang yang sudah dibeli tidak dapat ditukar atau dikembalikan.