

KARAKTERISTIK ALIRAN PADA KINCIR ANGIN SAVONIUS

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana*

Oleh :

AZIZAN HAKIM LUBIS
07.813.0041



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2009**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 18/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

KARAKTERISTIK ALIRAN PADA KINCIR ANGIN SAVONIUS

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana*



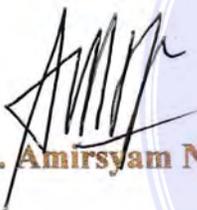
Oleh :

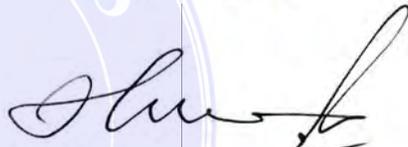
AZIZAN HAKIM LUBIS
07.813.0041

Disetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

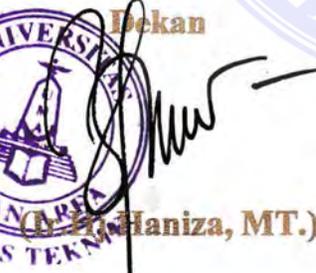

(Ir. Amirsyam Nst, MT.)


(Ir. Husin Ibrahim, MT.)

Mengetahui

Dekan

Ka. Program Studi


(Dr. H. Haniza, MT.)


(Ir. Amru Siregar, MT.)

Tanggal Lulus :

ABSTRAK

Penelitian kincir angin savonius dilakukan pada Terowongan Angin atau Wind Tunnel di Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG)

Penelitian kincir angin savonius bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran pada rotor savonius dengan perubahan overlap tertentu. Penelitian yang dilakukan berupa visualisasi oil flow pattern (campuran dari minyak nabati, serbuk titanium, tinner tipe A, dan silicon oil), dan metode asap (dengan memanaskan minyak residu melalui kawat nicrom yang dialiri listrik) pada masing-masing overlap tertentu. Dimensi model uji rotor savonius yang digunakan adalah (d)=80 mm dan tinggi (t)=200 mm.

Berdasarkan literatur dan penelitian yang dilakukan rotor savonius hanya mampu mengubah sebagian dari energi angin menjadi Daya (Torsi) atau sekitar 15% dari kecepatan angin maksimum.

Kata kunci: *savonius, terowongan angin, minyak pola aliran visuasi, visualisasi asap,*



ABSTRACT

Research conducted at savonius windmills or wind tunnel wind tunnel at meteorological and geophysics Agency (BMG).

Savonius windmills research aim to know the characteristics of the flow in the rotor savonius certain overlap with the changes. Research conducted in the form of oil flow visualization pattern (mixture of vegetable oil, titanium powder, tinner type A, and silicon oil), and methods of smoke (by heating the residual oil through an electrified wire micron) in each particulate overlap. Dimensional rotor test was use savonius (d) = 80 mm and height (t) = 200 mm.

Based on literature and research done savonius rotor only able to convert part of the wind energy into power (torque) or approximately 15 % of the maximum wind speed.

Keywords: *savonius, terowongan air, minyak pola aliran visualisasi.*



KATA PENGANTAR

Assalam'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Salawat dan salam tidak lupa penulis haturkan kepada Rasulullah SAW.

Tugas Akhir ini merupakan persyaratan Akademis untuk mendapatkan gelar Sarjana di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Medan Area (UMA). Judul Tugas Akhir ini adalah "*Karakteristik Aliran Pada Kincir Angin Savonius (Visualisasi Karakteristik Aliran)*".

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Amirsyam, MT. sebagai dosen pembimbing 1 dan bapak Ir, Husin Ibrahim, MT sebagai pembimbing 2 yang telah memberikan arahan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir, Amru Siregar, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area (UMA).
3. Ayahanda dan Ibunda yang telah mencurahkan kasih sayangnya kepada penulis.
4. keluarga tercinta yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. My best friends, Darwin Nasution, ST, Marajali Siregar, ST, Zulkifli, ST, dan teman-teman stambuk 2005 UMA yang lain yang tidak disebut namanya "Friend's Ship Never Die".

6. Staf pengajar beserta seluruh karyawan Universitas Medan Area (UMA)
7. Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tak ada gading yang tak retak, demikian pula tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu saran dan kritik sangat penulis harapkan.

Medan, Maret 2010

Penulis



AZIZAN HAKIM LUBIS

07 813 0041

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II LANDASAN TEORI	9
2.1 Energi Angin	9
2.2 Daya Energi Angin.....	10
2.3 Kincir Angin	10
2.3.1. Analisa Kincir Angin	13
2.4 Jenis Kincir Angin	17
2.5. Metode Pengujian.....	23
25.1. Konstruksi	24
2.6. Analisa Pada Wind Tunnel	28

2.7. Konfigurasi Dasar Pengujian	30
2.7.1 Konfigurasi Sudu	36
2.8. Performa Tampilan Savonius – Darrieus	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1. Desain dan Metode Penelitian	44
3.1.1 Pendahuluan.....	44
3.1.2 Metode Eksperimental	44
3.1.3 Peralatan Ukur Pengujian.....	45
3.2. Bagian – Bagian Utama Dari Terowongan Angin	47
3.2.1 Nosel (Contraction Cone).....	47
3.2.2 Test Section	48
3.2.3 Difuser.....	51
3.2.4 Saluran Discharge	52
3.2.5 Pereduksian Turbulen : Scross dan Honeycombs.....	52
3.5.6 Motor Penggerak.....	54
3.3. Peralatan ukur	55
3.3.1 Thermometer	55
3.3.2 Inclined Manometer	55
3.3.3 Pengukur Kecepatan Angin	56
3.3.4 Pengukur Tekanan	56
3.3.5 Water Pass	57
3.3.6 Traveller Mechanisme.....	57
3.4. Benda Uji	57
3.5. Visualisasi	57
3.5.1 Langkah-Langkah Penelitian.....	58

3.5.2 Visualisasi Aliran Dengan Menggunakan Asap.....	58
3.5.3 Visualisasi aliran dengan Oil Flow Pattern	59
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	60
4.1. Data-data penelitian	60
4.2. kecepatan udara bebas (freestream)	61
4.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Visualisasi Pada Sisi Dalam	64
4.4 Analisa dan Pembahasan Hasil Visualisasi Pada Sisi Luar	67
4.5 Visualisasi Dengan Menggunakan Oil Flow Pattern.....	69
4.6 Visualisasi Dengan Menggunakan Asap.....	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran	81
5.2.1 Visualisasi dengan oil flow pattern.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1** Konfigurasi kincir angin
- Gambar 2.2.** Radius kincir angin dan sudut ϕ pada kincir angin.
- Gambar 2.3.** Arah gaya pada sebuah sudu (blade)
- Gambar 2.4.** Kurva perbandingan TSR dan Blade angle.
- Gambar 2.5.** Berbagai jenis turbin angin sumbu Horizontal
- Gambar 2.6.** Berbagai jenis turbin angin sumbu Vertikal.
- Gambar 2.7.** Model Pengujian pada Wind Tunnel
- Gambar 2.8.** Defenisi dari jarak dan nilai X, Y positif
- Gambar 2.9.** Susunan tetap atau standard $x/c = -0.07$, $u/c = 0.0$
- Gambar 2.10.** Defenisi dari ukuran shield / perisai dan letaknya
- Gambar.2.11.** Variation of velocity correction factor with SIC. (A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)
- Gambar 2.12.** Standard or basic configuration, $x/c = -0.07$, $v/c = 0.0$.
- Gambar 2.13.** Definition of height, h , and end extension length, I .
- Gambar 2.14.** Variation of efficiency with tip speed parameter and end extension length, $A R = 2.4$. (A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)
- Gambar 2.15.** Variation of efficiency with tip speed parameter and end extension length, $AR = 1.2$. (A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)
- Gambar 2.16.** Variation of maximum efficiency with relative blade position, $A R = 2.4$. (A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)
- Gambar 2.17.** Effect of circular end plates and flat shield on efficiency, $AR = 2.4$. (A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)

Gambar 2.18. Effect of circular end plates and flat shield on efficiency, $AR =$

2.4. Optimum blade configuration. (A.J.Alexander and
B.P.Holownia, 1978)

Gambar 2.19. kecepatan angin untuk bulan april 2003(R.Gupta, R.Das &
K.K.Sharma,2003)

Gambar 2.20. C_p Vs TSR untuk rotor S tanpa overlap (R.Gupta, R.Das &
K.K.Sharma,2003)

Gambar 2.21. C_p dan TSR dan untuk rotor S adalah 16,2 % dan 20 % (R.Gupta,
R.Das & K.K.Sharma,2003)

Gambar 2.22. C_p Vs TSR rotor Savonius dengan 20 % overlap (R.Gupta, R.Das
& K.K.Sharma,2003)

Gambar 2.23. variasi C_p dan TSR untuk turbin Savonius – Darrieus tanpa
overlap (R.Gupta, R.Das & K.K.Sharma,2003)

Gambar 2.24. mesin angin Savonius –Darrieus dengan 16.2 % overlap (R.Gupta,
R.Das & K.K.Sharma,2003)

Gambar 2.25. Variasi dari koefisien dan perbandingan untuk rotor savonius –
darrieus dengan 20 % verlap.(R.Gupta,R.Das&K.K.Sharma,2003)

Gambar 2.26. savonius rotor

Gambar 3.1. Model Uji

Gambar 3.2. Terowongan Angin Subsonik Tipe Terbuka

Gambar 3.3. Nozel

Gambar 3.4. Test Section

Gambar 3.5 Diffuser

Gambar 3.6. Saluran Discharge.

Gambar 3.7. Screens.

Gambar 3.8. Macam – Macam Honeycombs.

Gambar 3.9. Motor Penggerak

Gambar 3.10. Manometer

Gambar 3.11. Profil Benda Uji Pada Wind Tunnel

Gambar 3.12. Metode visualisasi dengan asap

Gambar 3.13. (a). Minyak Nabati, (b). Serbuk Titanium, (c). Tinner

Type A, (d). Silicon oil, (e). Contoh Hasil pengujian

Gambar 3.14. Rancangan benda kerja

Gambar 3.15. Rotor

Gambar 3.16. Poros bawah

Gambar 3.17. Poros

Gambar 3.18. Bantalan (Bearing)

Gambar 3.19. Hub

Gambar 3.20. Baut

Gambar 4.1 Visualisasi oil flow pattern pada overlap 0 mm

Gambar 4.2 Visualisasi oil flow pattern pada overlap 10 mm

Gambar 4.3 Visualisasi oil flow pattern pada overlap 20 mm

Gambar 4.4 Visualisasi oil flow pattern pada overlap 30 mm

Gambar 4.5 Visualisasi asap pada overlap 0 mm

Gambar 4.6 Visualisasi asap pada overlap 10 mm

Gambar 4.7 Visualisasi asap pada overlap 20 mm

Gambar 4.8 Visualisasi asap pada overlap 30 mm

Gambar 4.9 Dimensi Savonius

BAB I

PENDAHULUAN

Kincir angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi dan keperluan irigasi. Kincir angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill.

Kini kincir angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan kincir angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (contohnya : PLTD, dan PLTU), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbarui (Contohnya : batubara dan minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

Kincir angin sumbu vertikal/tegak memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. Kincir angin jenis ini mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah.

Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan

tenaga putaran yang berdenyut. Drag (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar.

Karena sulit dipasang di atas menara, kincir angin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih kecil pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara di dekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan.

1.1 Latar Belakang

Mengingat cadangan energi fosil bahan bakar yang semakin berkurang maka diperlukan upaya-upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar yang berasal dari fosil. Melihat kondisi bumi yang kian lama kian mengemaskan karena tercemarnya lingkungan dari efek rumah kaca (Greenhouse effect) yang menyebabkan global warming, hujan asam, rusaknya lapisan ozon hingga hilangnya hutan tropis. Semua jenis polusi itu rata-rata akibat dari penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, uranium, plutonium, batu bara dan lainnya yang tiada hentinya. Padahal diketahui bahwa bahan bakar dari fosil tidak dapat diperbaharui, tidak seperti bahan bakar non fosil.

Dengan kondisi yang sudah sedemikian memprihatinkan, gerakan hemat energi sudah merupakan keharusan di seluruh dunia. Salah satunya dengan hemat bahan bakar dan menggunakan bahan bakar dari non-fosil yang dapat diperbaharui seperti tenaga angin, tenaga air, energi panas bumi, tenaga matahari,

dan lainnya. Duniapun sudah mulai merubah pola produksi dan penggunaan bahan bakarnya, dari bahan bakar fosil beralih ke bahan bakar non-fosil, salah satunya energi angin yang tidak terbatas jumlahnya.

1.2 Perumusan Masalah

Diketahui bahwa listrik yang dipergunakan tidak datang begitu saja namun melalui suatu rangkaian proses yang panjang. Banyak pusat pembangkit listrik yang memakai bahan bakar fosil sebagai sumber tenaganya (PLTD, dan PLTU) yang ketersediaannya kian waktu semakin berkurang. Di sebagian negara saat ini mengalami keterbatasan dalam menghasilkan energi listrik, masih banyak warga negara indonesia yang belum dapat menikmati listrik dalam kehidupan sehari-harinya. Untuk itulah perlu dilakukan upaya-upaya untuk melakukan penghematan energi listrik. Penggunaan generator listrik yang digerakkan oleh kincir angin serta pompa air yang digerakkan oleh kincir angin adalah sedikit dari berbagai upaya dalam mengurangi penggunaan energi yang tidak terbarukan selain itu juga untuk penghematan energi yang telah tersedia.

Kincir angin dapat diaplikasikan untuk berbagai macam penggerak seperti generator listrik dan pompa air. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar poros dan putaran akan diteruskan dengan mekanisme pemindahan daya sehingga dapat memutar poros generator listrik, poros pompa ataupun untuk menggerakkan yang lainnya.

Kincir angin adalah sebuah mekanisme yang dapat menghasilkan suatu putaran yang sebagai penggeraknya adalah hembusan angin, dimana energi kinetik

angin dikonversi menjadi energi mekanis yang dapat digunakan sebagai penggerak, dengan mempertimbangkan :

- ❖ Gaya drag
- ❖ Bahan sudu (tahan terhadap korosi, panas, hujan, dan juga ringan)
- ❖ Menambah inferter, agar putaran yang dihasilkan menjadi konstan
- ❖ Jumlah sudu yang akan digunakan
- ❖ Diameter sudu

Dalam pembahasan ini kincir angin yang akan digunakan adalah kincir angin dengan poros vertikal jenis savionus.

Telah banyak para ilmuwan yang melakukan penelitian tentang kincir angin Savonius, sebab kincir jenis ini cocok dengan kondisi angin dengan kecepatan yang rendah. Namun teknologi tentang hal tersebut masih kurang populer disebagian negara padahal potensi yang tersedia sangat baik, dilihat dari sumber daya alam maupun sumber daya manusia amatlah mendukung untuk penerapan teknologi tersebut.

Berdasarkan data LAPAN (Daryanto, et al, 2005), angin di Indonesia memiliki kecepatan yang bervariasi, umumnya terkategori sebagai angin berkecepatan rendah. Untuk itu diperlukan kincir angin yang memiliki efektivitas yang tinggi yang dapat dioperasikan pada kecepatan angin yang rendah.

Untuk menghasilkan design yang diinginkan, maka dilakukan pengujian di laboratorium dengan menggunakan alat uji yaitu terowongan angin. Didalam pengujian ini yang dianalisa adalah letak yang efisien dari sudu serta melakukan

perbandingan antara letak sudu Savonius dengan adanya overlap atau tanpa adanya overlap. Sehingga dengan adanya penelitian ini diharapkan hasil dari design kincir savonius kinerjanya dapat menghasilkan efisiensi yang baik sehingga dapat bekerja dengan putaran angin yang rendah namun dapat menghasilkan putaran yang diharapkan sebagai penggerak mula.

1.3 Batasan Masalah

Untuk dapat lebih terfokus kepada pokok permasalahan dan menghindari pembahasan yang tidak terarah dalam pembahasan ini perlu ada batasan masalah, dalam hal ini penelitian yang akan dibahas tentang :

- Alat yang digunakan adalah terowongan angin (*wind tunnel*) jenis Subsonic OCWT, dimana fluida kerjanya kompressibel dan untuk analisa perpindahan panas diabaikan.
- Serta Uji eksperimentalnya, yaitu dengan menggunakan metoda visualisasi dan distribusi tekanan pada kincir angin savonius, dimana untuk visualisasi dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu visualisasi asap dan visualisasi dengan menggunakan Oil Flow Pattern.
- Benda kerja yang digunakan adalah sebuah silinder yang dibelah menjadi dua bagian dengan dimensi benda kerja sebagai berikut :

Tinggi (t) : 200 mm

Diameter (d) : 80 mm

Bahan : Fiber Glass

1.4 Tujuan Penelitian

Secara umum pengujian ini bertujuan untuk dapat mengetahui bentuk sudu yang ideal, mengetahui karakteristik aliran fluida yang terjadi pada sudu kincir angin savonius, serta mendapatkan informasi yang berasal dari hasil uji hasil eksperimental yang akan dilakukan di laboratorium.

Pada penelitian ini, tujuan yang akan dicapai adalah :

1. Mendapatkan karakteristik aliran yang terjadi pada kincir angin savonius dengan menggunakan visualisasi oil flow pattern pada overlap tertentu.
2. Mendapatkan karakteristik aliran yang terjadi pada kincir angin savonius dengan menggunakan visualisasi asap pada overlap tertentu.
3. Dengan melakukan visualisasi dapat menentukan perbedaan aliran yang terjadi pada sudu kincir angin savonius dengan adanya perbedaan overlap.
4. Dapat menentukan koefisien tekanan dari hasil pengujian distribusi tekanan.

Dari eksperimentasi ini, berdasarkan tujuan-tujuan yang telah ditetapkan diatas, diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai berikut :

- ✓ Dalam merancang kincir angin atau segala sesuatu yang berhubungan dengan fluida yang melewati kincir angin, akan mampu mengoptimalkan energi fluida.
- ✓ Dapat melengkapi kesimpulan atau menambah dari apa yang dilakukan oleh para peneliti sebelumnya mengenai keterkaitan antara perencanaan sudu-sudu pada kincir angin, pada penelitian ini objek penelitian yang digunakan adalah kincir angin savonius.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dilakukan penulis tentang kincir angin sebagai penggerak mula adalah

- ❖ untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi secara praktis dan tepat guna agar lebih dapat dikenal lagi oleh khalayak ramai. Khususnya pemanfaatan energi yang selama ini kurang optimal dimanfaatkan seperti energi surya, biogas, biofuel dan sumber energi lainya yang dapat diperbaharui. Dengan adanya kincir angin sebagai penggerak mula akan memperkecil pemakaian energi fosil/bahan bakar. Secara garis besar penggunaan kincir angin sebagai penggerak mula dapat mengurangi ketergantungan pemakaian energi yang dihasilkan dari bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui.
- ❖ Membantu pemerintah dalam mengatasi krisis energi, mengingat energi bumi yang semakin lama berkurang. Untuk itu dengan adanya kincir angin savonius ini dapat membantu dalam pemakaian energi.
- ❖ Memberikan informasi pada masyarakat dengan adanya energi terbarukan yang dapat menghasilkan energi untuk dipergunakan.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada pembahasan ini akan dibagi dalam V Bab yang terdiri dari :

1. BAB I : PENDAHULUAN

Pada Bab ini dibahas mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan perencanaan, manfaat perencanaan, sistematika penulisan.

2. BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini berisi tentang pengetahuan umum energi angin, teori dasar jenis-jenis kincir angin dan karakteristik aliran fluida

3. BAB III : METODE PENELITIAN

Pada Bab ini membahas mengenai langkah – langkah yang dilakukan dalam perencanaan sampai didapat hasil yang dapat dipertanggung jawabkan.

4. BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Merupakan bab yang menjelaskan tentang analisa dan pembahasan hasil visualisasi *oil flow pattern* dan metode asap yang telah dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar mesin dengan menggunakan Wind Tunnel.

5. BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab yang menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil pembahasan dan perhitungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Angin

Energi angin adalah merupakan bentuk tidak langsung dari energi matahari, karena angin dipengaruhi oleh pemanasan yang tidak merata pada kerak bumi oleh matahari.

Angin secara garis besar dapat diklasifikasikan sebagai angin planetary dan lokal. Angin planetary disebabkan oleh pemanasan yang lebih besar pada permukaan bumi dekat ekuator dari pada kutub Utara dan Selatan. Hal ini menyebabkan udara hangat didaerah tropis naik dan mengalir melalui atmosfer ke kutub dan udara dingin dari kutub mengalir kembali ke ekuator di dekat permukaan bumi.

Arah angin dipengaruhi oleh rotasi bumi. Udara hangat menuju kutub atas atmosfer diasumsikan ke arah timur.

Angin lokal disebabkan dua mekanisme, yang pertama adalah perbedaan panas antara daratan dan air, dan yang kedua karena hill and mountain sides. Dari sejumlah energi matahari yang terserap oleh bumi, 20 % atau $2 \cdot 10^6$ Watt diserap oleh atmosfer. Penyerapan energi panas ini dapat memanaskan atmosfer bumi yang merupakan suatu penyimpanan energi termal, sebagai gerak konveksi dari atmosfer yang merupakan suatu konversi energi kinetik meskipun jumlahnya tidak begitu besar.

2.2 Daya Energi Angin

Energi yang dimiliki oleh angin dapat didapat dari persamaan :

$$W = \frac{1}{2} \rho A \bar{v} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

W = Energi angin (Watt)

ρ = Kerapatan udara (Kg/m3)

A = Area penangkapan angin (m2)

v̄ = Kecepatan angin (m/s)

Persamaan diatas merupakan sebuah persamaan untuk kecepatan angin pada turbine yang ideal, dimana dianggap energi angin dapat diekstrak seluruhnya menjadi energi listrik. Namun kenyataannya tidak seperti itu. Jadi terdapat faktor efisiensi dari mekanik turbine angin dan efisiensi dari generator sendiri. Sehingga daya yang dapat diekstrak menjadi energi angin dapat diketahui dari persamaan berikut:

$$W_{wt} = \eta_{wt} \frac{1}{2} \rho A \bar{v}^3 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

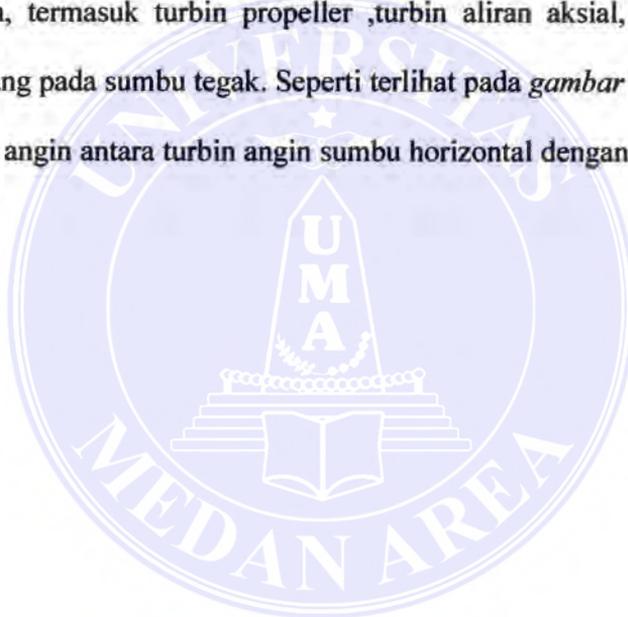
W_{wt} = Efisiensi kincir angin (%)

2.3 Kincir Angin

Manusia telah lama memimpikan untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi mekanis, bahkan akhir – akhir ini menjadi energi listrik dahulu

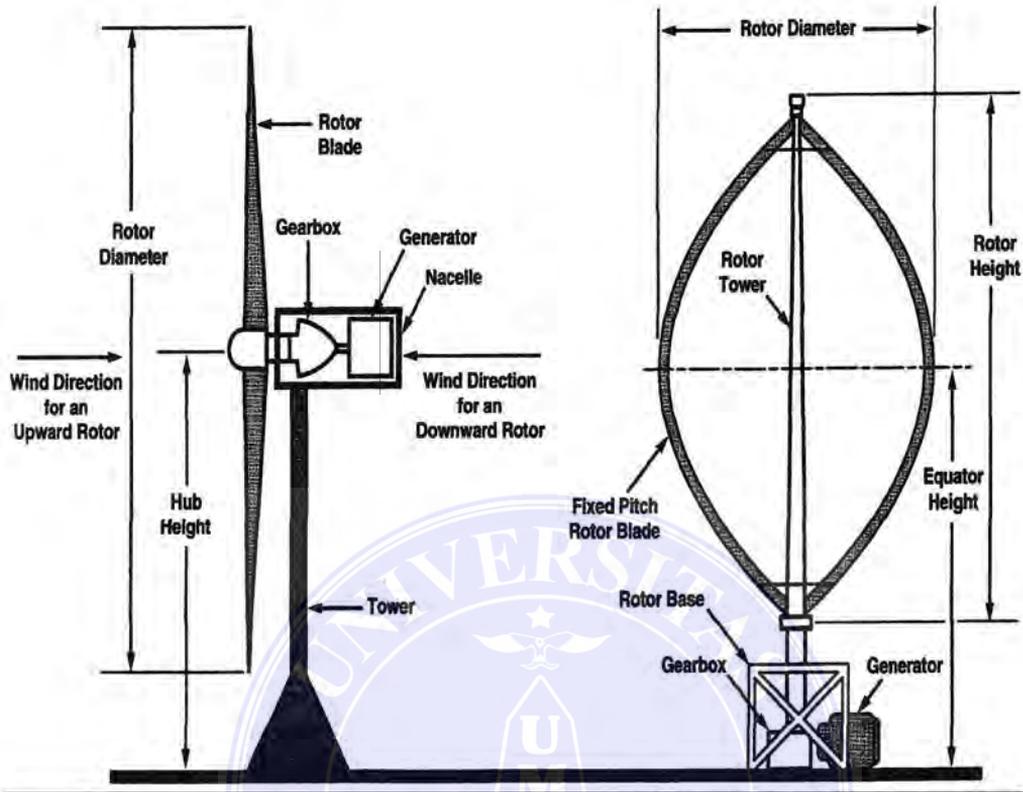
energi kinetik angin digunakan untuk menggerakkan kapal, yaitu dengan layar. Kincir angin (Windmill), yang lebih baru telah digunakan beberapa ribu tahun lalu. Referensi terbaru tentang kincir angin terdapat dalam tulisan Arab dari Abad IX sesudah Masehi yang menjelaskan kincir angin yang dioperasikan diperbatasan Persia dan Afganistan sudah digunakan sejak beberapa abad sebelumnya.

Kincir angin atau turbin angin merubah energi kinetik angin kekerja mekanis untuk memproduksi listrik bolak-balik (AC), sistem ini harus didesign untuk selalu beroperasi pada kecepatan sudut yang tetap pada kecepatan angin yang berubah-ubah agar didapat frekwensi yang konstan. Ada bermacam-macam jenis kincir angin, termasuk turbin propeller ,turbin aliran aksial, juga sistem radial yang dipasang pada sumbu tegak. Seperti terlihat pada *gambar (2.1)* dengan konfigurasi kincir angin antara turbin angin sumbu horizontal dengan turbin angin sumbu vertikal.



Horizontal-Axis Wind Turbine (HAWT)

Vertical-Axis Wind Turbine (VAWT)



Gambar 2.1 Konfigurasi kincir angin

Sistem yang digerakkan oleh angin telah banyak digunakan secara luas sejak Abad ke sepuluh untuk memompa air, menumbuk padi, dan pemakaian lain yang memerlukan daya kecil. Ada beberapa usaha untuk membangun sistem tenaga angin skala besar guna membangkitkan listrik. Pada tahun 1931, Rusia membangun kincir yang sangat besar dengan diameter sudu 100 ft, tetapi karena mempunyai efisiensi konversi yang sangat rendah, akhirnya ditinggalkan. Pada tahun 1945, Vermont Utility membangun sistem yang digerakkan oleh angin untuk membangkitkan tenaga listrik. Sistem ini menelan biaya 1.250.000 dolar

dan menghasilkan listrik 1250 kW. Unit ini beroperasi selama 23 hari sebelum salah satu sudunya patah karena kelelahan dan akhirnya ditinggalkan.

NASA, bersama- sama dengan ERDA, sedang mencoba beberapa generator yang digerakkan oleh angin, salah satunya di Sandusky, Ohio. Unit ini menelan biaya 985.000 dollar, mempunyai diameter sudu 125 ft dan menghasilkan 100kW elektrik.

Dalam analisa kincir angin harus dijaga untuk menjaga agar perbandingan daya dan berat sekecil mungkin, ini mengurangi tegangan yang diakibatkan oleh daya sentrifugal sudu. Secara teoritis jumlah daya yang bisa diserap oleh kincir dari angin adalah 59 % untuk turbin dengan cerobong dan untuk turbin terbuka kira – kira 50-75 % dari harga ini karena adanya kebocoran dan efek-efek lain. Daya yang dihasilkan oleh kincir angin secara langsung tergantung dari luas daerah yang disapu oleh sudu dan daya angin persatuan luas yang tegak lurus pada kecepatan angin sebanding dengan kecepatan angin pangkat tiga.

Rotor Flettner adalah sistem yang digerakkan oleh angin ide baru yang terdiri dari silinder yang diputar oleh sumber daya dari luar. Ketika silinder berputar akan terjadi tekanan tinggi pada bagian silinder yang berbalik melawan angin yang disebabkan adanya stagnasi aliran dilapisan batas ini. Ini mengakibatkan kenaikan gaya yang bekerja pada silinder, dan efek ini disebut efek magnus atau gaya magnus. Kapal layar yang digerakkan oleh angin yang berlayar mengarungi samudra atlantik pada permulaan tahun 1930-an memakai mode dorongan ini. Sistem pembangkit tenaga listrik yang menggunakan angin lebih baru teklah diperkenalkan oleh J.D.Madaras. Sistem ini mempunyai jalan kereta (rel) berbentuk lingkaran dengan sekumpulan gerobak datar kontinu.

Masing-masing gerobak mempunyai silinder 90 ft yang dipasang diatas gerobak dan masing-masing silinder diputar dengan kecepatan 120 rpm. Ketika angin mendorong gerobak sepanjang lintasannya, kecepatan sudut silinder dibalik. Energi listrik diproduksi oleh generator yang digerakkan oleh roda kereta.

Operasi generator yang digerakkan oleh angin dalam skala besar menghadapi tantangan berat jika sistem direncanakan untuk memproduksi listrik bolak balik, dibutuhkan gaya dan kecepatan sudut yang konstan. Sayang sekali, kecepatan angin tidaklah konstan, baik dalam arah maupun besarnya dan juga bervariasi pada bagian bawah dan atas sayap yang berukuran besar. Ini menyebabkan masalah kelelahan atau (fatigue). Juga sering terjadi kecepatan angin sangat rendah sehingga kurang mampu memproduksi daya yang memadai, dan ini menyebabkan suatu sistem penyimpan daya jangka pendek perlu digunakan untuk sistem ini. Meskipun masalah ini dan masalah-masalah lain sangat sulit diatasi, penelitian dan pengembangan angin terus dilakukan karena bisa diproduksi energi dengan lingkungan sekeliling yang bersih.

2.3.1 Analisa Kincir Angin

Untuk mendesain sebuah kincir angin, ada banyak hal yang harus diperhatikan. Hal pertama yang harus dipertimbangkan yaitu berapa besar daya yang kita butuhkan, kemudian kecepatan angin, setelah itu yang tidak kalah penting yaitu berapa jumlah blade yang harus digunakan, dan masih banyak hal teknis lainnya. Hal pertama yang diperhatikan dalam desain kincir angin yaitu TSR (*Tip Speed Ratio*) atau perbandingan kecepatan di *tip* kincir angin (ujung) dan kecepatan angin yang didapat oleh kincir.

Menghitung TSR (λ) dapat menggunakan persamaan :

$$\lambda = \frac{\omega R_{\text{Rotor}}}{\bar{v}} \quad (2.3)$$

ω = Rotasi putaran kincir angin (Rad/s)

R_{Rotor} = Radius rotor kincir angin (m)

Torsi dari sebuah kincir angin dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Toeque} = \frac{V^2 R^3}{\lambda^2} \quad (2.4)$$

TSR mempengaruhi kecepatan putaran kincir (rpm). Hubungan TSR dengan kecepatan yaitu :

$$\text{Shaft speed} = 60\lambda v / (\pi D) \text{ rpm} \quad (2.5)$$

Dimana :

D = Diameter rotor (m)

Diameter suatu rotor kincir angin dapat pula diperoleh melalui sebuah perhitungan. Persamaan untuk menghitung Diameter suatu rotor kincir angin yaitu :

$$D = (\text{Power} \times (47\lambda \times \text{RPM})^3)^{0.2} \quad (2.6)$$

Dimana :

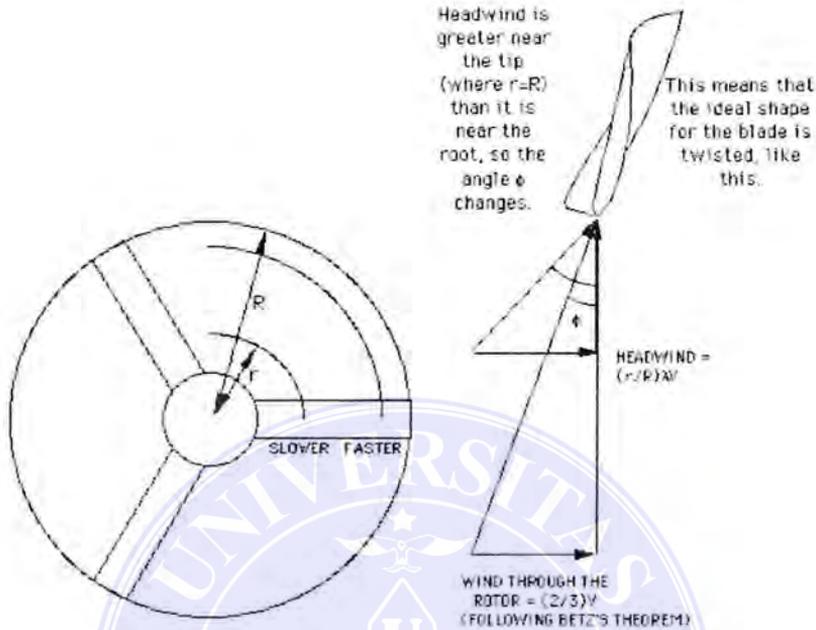
Power = Daya output generator (watt)

RPM = Kecepatan putar generator (rpm)

Untuk menentukan jumlah blade yang digunakan, dapat digunakan persamaan :

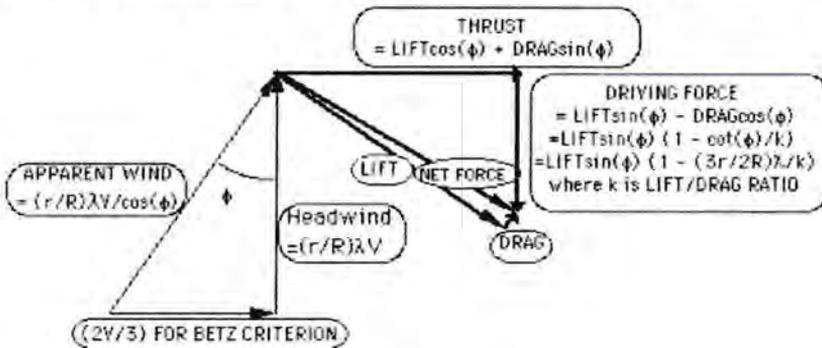
$$B = \frac{80}{\lambda^2} \quad (2.7)$$

Setelah menentukan diameter dan jumlah blade untuk kincir angin menentukan sudut blade (β). Perhatikan *gambar (2.2)* yang menunjukkan adanya Radius kincir angin dan sudut ϕ pada kincir angin

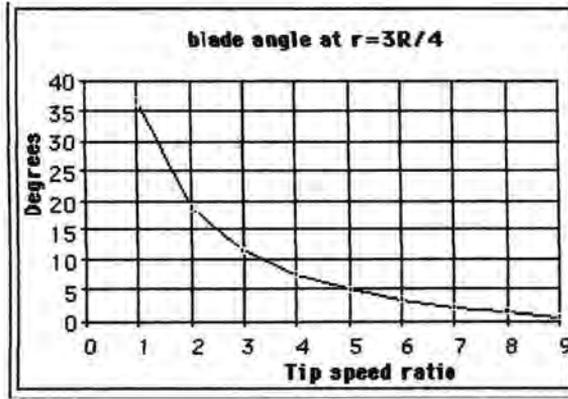


Gambar 2.2 : Radius kincir angin dan sudut ϕ pada kincir angin.

Pada sebuah blade ada gaya angkat (Lift) dan daya dorong (Drag). Untuk tipe kincir angin yang horizontal harus dibuat agar gaya Lift lebih besar dari gaya Drag. Gaya inilah yang menyebabkan proses perputaran kincir, dari penjelasan diatas dapat dilihat pada *gambar (2.3)* dan *gambar (2.4)* sebagai berikut :



Gambar 2.3 : Arah gaya pada sebuah sudu (blade)



Gambar 2.4 : Kurva perbandingan TSR dan Blade angle.

Setelah menentukan β selanjutnya menentukan lebar blade kincir angin (Chord Width). Persamaan untuk mencari chord width (C) pada kincir angin horizontal yaitu :

$$C = \frac{16 \pi R (R/r)}{9 \lambda^2 B} \tag{2.8}$$

Perencanaan untuk kincir angin memang membutuhkan sebuah perhitungan yang rumit, mulai dari perkiraan TSR sampai dengan lebar blade yang digunakan harus sesuai dengan perhitungan agar daya output sesuai dengan perencanaan semula.

2.4 Jenis Kincir Angin

Dilihat dari letak poros dari kincir angin dapat digolongkan menjadi dua jenis kincir angin, kincir angin sumbu vertikal dan kincir angin sumbu horizontal.

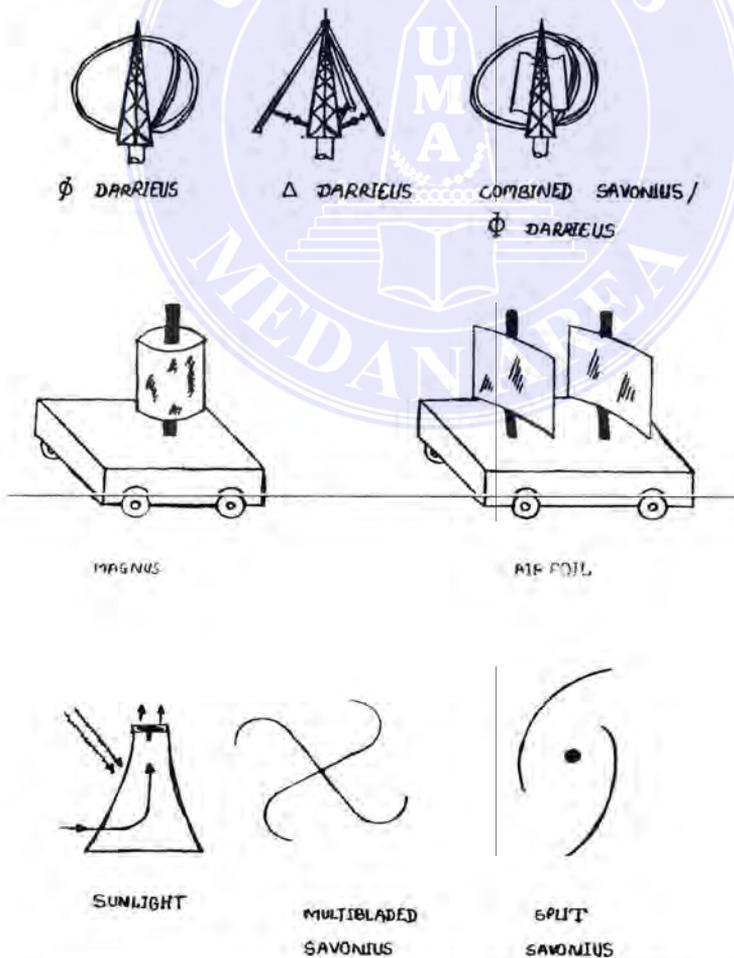
1. Kincir angin sumbu vertikal

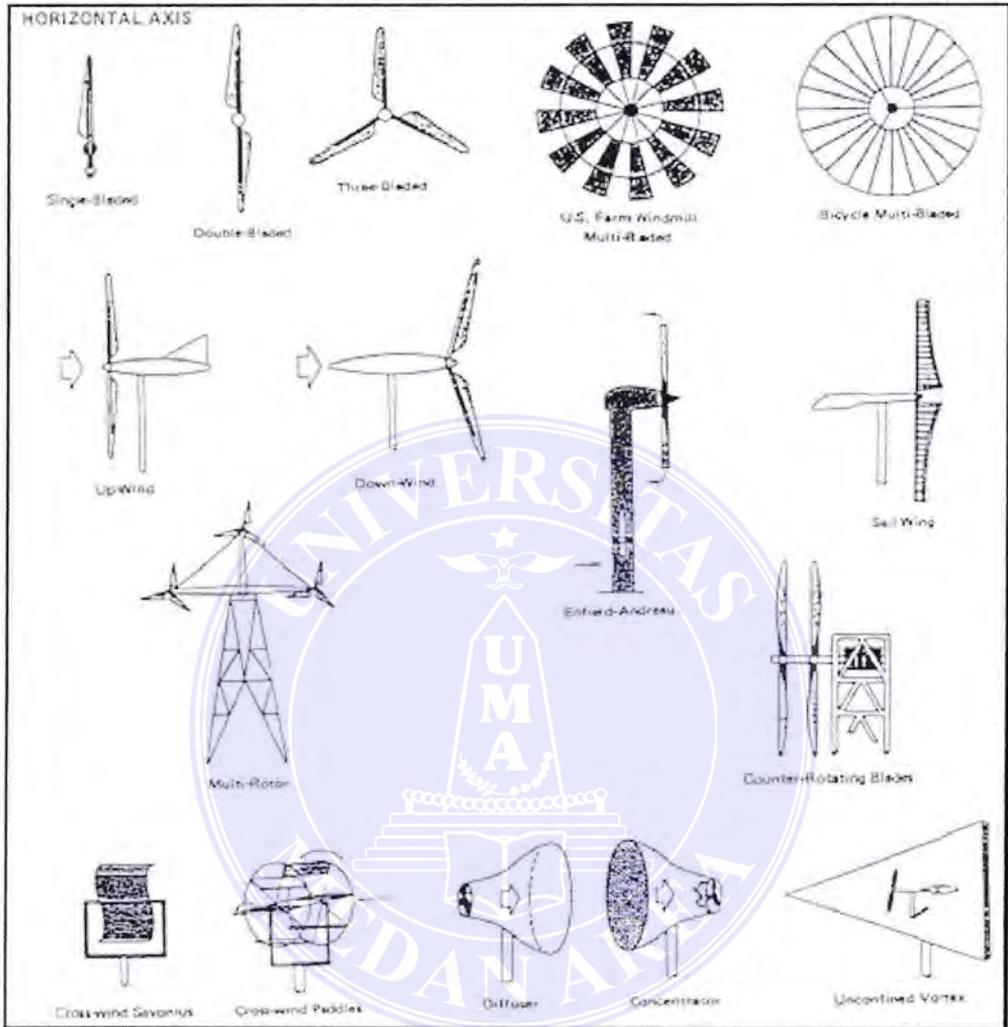
Jenis ini lebih awal, kadang disebut Persian Windmill, merupakan evolusi dari kapal layar. Tekanan angin mengenai layar yang menyebabkan roda berputar. Jenis yang sama digunakan di China

untuk memompakan air laut untuk memproduksi garam di Abad XIII. Yang terakhir di Crimea, Eropa, dan Amerika Serikat, yang masih ada sampai saat ini. Yang paling berhasil diawal – awal itu disebut Savonius Windmill (Savonius dari Firlandia), seperti terlihat pada gambar (2.5) dengan berbagai jenis turbin angin sumbu Horizontal.

2. Kincir angin sumbu horizontal

Setelah ide kincir angin sampai ke Eropa, sumbunya diubah kearah horizontal. Jenis ini terdapat di Perancis dan Inggris pada akhir Abad XII dan disebut Post mill. Modifikasi kincir ini terjadi di Eropa dan Amerika, digunakan untuk menggiling gandum, drainase, penggergajian kayu, dan lain – lain, seperti terlihat pada gambar (2.6) dengan berbagai jenis turbin angin sumbu Vertikal.



Gambar 2.5 : Berbagai jenis turbin angin sumbu Horizontal**Gambar 2.6 : Berbagai jenis turbin angin sumbu Vertikal.**

Walaupun kincir angin bermacam – macam terutama mesin yang bersumbu poros vertical yang sering dipelajari untuk mengatasi krisis energi, bagian dari semua energi alternatif harus dipelajari unuk membuat mesin tipe vertikal dan dilakukan uji coba dengan menggunakan terowongan angin (Wind

Tunnel), dan analisa rotor savonius dan darreius juga harus menggunakan terowongan angin (Wind Tunnel). Analisa ini adalah tentang savonius rotor, dimana informasi yang tersedia sangat sedikit untuk itu dilakukan pengujian dengan menggunakan terowongan angin (wind tunnel).

Savonius rotor ini memiliki konstruksi dan konsep yang sangat sederhana, dan penggunaannya sangat sukses hanya dengan menggunakan drum – drum oli yang dibelah menjadi dua bagian dan dengan perawatan yang sangat sederhana, walaupun efisiensi kincir ini sangatlah rendah dan biaya utama yang dipilih harus serendah mungkin yang tidak termasuk pembiayaan tenaga.

Walaupun efisiensi kincir angin ini relative rendah dari nomor variable – variable yang mana efek dari efisiensi dan jangan muncul dalam sistematika yang telah dipelajari. Sebagai contoh, perbandingan aspek dari sudu-sudu rotor sangat penting dan perbandingan kecepatan, dengan meningkatkan efisiensi mengingat keluaran mesin yang harus muncul untuk menghasilkan perbandingan yang tinggi dan untuk meningkatkan efisiensi dari aerodinamika kincir atau menggunakan plat – plat. Efek dari posisi yang relative dari setiap sudu- sudu yang lain dan setiap dari sudu – sudu harus diuji.

Laporan ini dilakukan penelitian eksperimen untuk mempelajari tampilan dari rotor savonius seperti mesin Savonius – Darrieus. Untuk tujuan ini 2 jenis model yaitu :

1. Rotor Savonius dan satunya lagi Savonius – Darrieus dirancang dan dibuat. Rotor savonius memiliki sistem
2. Sudu yang berdiameter 8 Cm dan tinggi 20 Cm dengan ketentuan untuk bermacam variasi.

Untuk mesin savonius – Darrieus pada bagian atas ada dua rotor sudu savonius yang memiliki diameter 8 Cm dan tinggi 10 Cm dan bagian dalam yang terendah, mesin Darrieus ini memiliki 3 garis sudu dimensi dengan tinggi 10 Cm dan untuk radiusnya 4 Cm. Variasi yang bermacam ini dibuat dibagian atas, dimana pengujian ini dilakukan pada terowongan angin Subsonik dan diteliti bahwa ada Perbaikan dalam coefesien daya untuk mesin Savonius – Darrieus dibandingkan dengan rotor savonius terletak tepat dibawahnya.

Permasalahan pada sebagian negara – negara yang sedang berkembang, termasuk negara India sekarang ini, ada sumber energi alternatif yang sedang ditingkatkan dalam berbagai cara akhir –akhir ini.

Potensial energi angin sebagai sumber energi alternatif tidak dapat diremehkan begitu saja. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk kincir angin, yang memutar generator untuk menghasilkan listrik.

Angin juga dapat juga digunakan untuk memompa air, kemudian diharapkan tenaga angin tersebut adalah sumber energi yang tidak berpolusi dan tidak beracun, dan akan bertambah lama dalam mengatasi kebutuhan energi kita yang semakin berkurang.

Namun di India ketertarikan dalam kincir angin dilihat akhir Abad 15 dan awal Abad 16, beberapa model dikembangkan dan hasilnya belum seperti yang diharapkan. Alasan pentingnya bahwa kecepatan angin di India berbeda dengan daerah pesisir, relatif rendah dan berbeda musim.

kecepatan angin yang rendah dan musiman mengindikasikan bahwa membutuhkan biaya yang tinggi untuk pembuatan energi angin. Lalu dengan

tantangan ini dibuatlah rancangan dari kincir angin yang dapat digunakan dalam skala kecil pada daerah pedusunan dimana energi listrik itu jarang.

Dikatakan bahwa sumbu vertikal dari mesin kincir angin menunjukkan alternatif yang cocok untuk pembangkit energi angin di beberapa negara yang sedang berkembang. Alasan utamanya karena kelebihan dari jenis sumbu horizontal seperti :

1. Konstruksi yang sangat sederhana
2. Penerimaan aliran angin dari beberapa arah tanpa adanya orientasi

Disamping keuntungan – keuntungan dari turbin sumbu vertikal tidak sepopuler sumbu horizontal karena efisiensi rendah dari rotor jenis savonius dan torsi semula yang rendah dari jenis mesin Darrieus. Dari penjelasan tersebut, para peneliti sebagian besar setuju dengan Savonius atau Darrieus secara individu. Ada beberapa pekerjaan yang menganalisa konfigurasi Savonius – Darrieus.

Sumbu vertikal Savonius pada awalnya dikembangkan oleh S.J. Savonius di akhir Abad 20. konsep rotor savonius berdasarkan prinsip yang dikembangkan oleh Flettner. Savonius menggunakan rotor yang dibentuk dengan memotong sebuah silinder menjadi dua bagian yaitu pada bagian tengah kemudian meletakkan dua setengah lingkaran dengan potongan sisi yang sama, dan dibuat menyerupai huruf “S”. Geometri optimum yang diuji secara sistematis lebih dari 30 jenis model pada terowongan angin dan pada savonius terdorong untuk mencapai hasilnya.

Pengujian savonius dibuat lebih lanjut pada tenaga angin alami dan meneliti bahwa rotor bisa beroperasi dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan terowongan angin dengan kecepatan angin yang sama. Menurut

savonius rotor terbukti memiliki nilai efisiensi maksimum 31% sedangkan efisiensi maksimum prototypenya 37% savonius Newma, Sivasegeram dan Khan (*peneliti kincir angin savonius dari India*) dan yang lainnya melakukan beberapa eksperimen untuk meneliti dari pengaruh parameter geometris seperti halnya untuk ukuran jarak.

Rotor jenis Darrieus adalah alat – alat yang memiliki daya angkat, yang dikarakteristikan oleh sudu – sudu yang berbentuk kerva dengan air-foil, rotor – rotor itu relatif rendah dengan torsi awala dan besar daya yang dihasilkan per berat rotor yang diberikan. Jenis Darrieus ditemukan dan dihapatenkan pada tahun 1925 oleh G.G. Darrieus, ia adalah seorang Insinyur dari Prancis. Mesin Darrieus memiliki dua atau tiga sudu kurva yang tipis dengan air-foil dan panjang yang konstan. Ujung kedua dari sudu –sudu digunakan poros vertikal, ketika berputar sudu –sudu air-foil ini memberikan torsi kira – kira ditengah poros dengan terespon oleh aliran angin yang mengenai sudu –sudu.

Berdasarkan penjelasan diatas disimpulkan untuk dirancang dan membuat savonius, seperti kincir Savonius – Darrieus dan meneliti tampilannya secara eksperimen. Tujuan dari penjelasan ini adalah meneliti tampilan kincir Savonius – Darrieus dan membandingkan tampilannya dengan savonius rotor yang berada dibawah dan kondisi pengujian yang dilakukan sama.

2.5. Metode Pengujian

Pengujian ini dilakukan diterowongan angin (Wind tunnel) dengan kecepatan angin yang rendah (*seperti pada terlihat pada gambar 2.7*). Benda kerja yang di uji adalah ukuran 1.20 m dengan kecepatan angin yang bervariasi di dalam terowongan Angin (Wind Tunnel) dengan kekosongan hingga $\pm 2\%$.

Pengujian ini dilakukan dengan kecepatan angin antara 6 m/s dan 9 m/s, kecepatan angin ini sebenarnya sangat kecil. Kecepatan terendah yang dilakukan adalah 6 m/s, dengan kecepatan angin ini tenaga yang dihasilkan terlalu rendah untuk mendapatkan hasil yang akurat dengan dengan pengujian kincir angin yang kecil (*pengujian dilakukan oleh A.J. Alexander and B.P Holownia*)

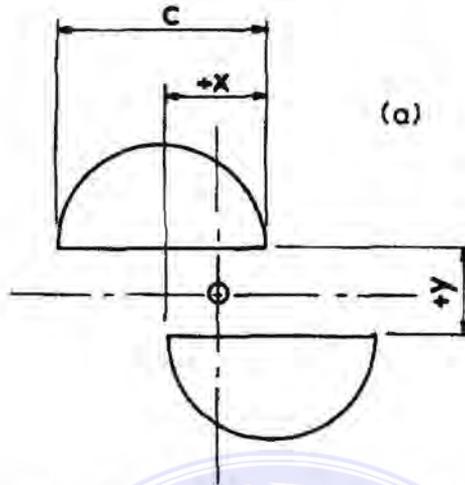


Gambar 2.7. Model Pengujian pada Wind Tunnel

2.5.1 Konstruksi

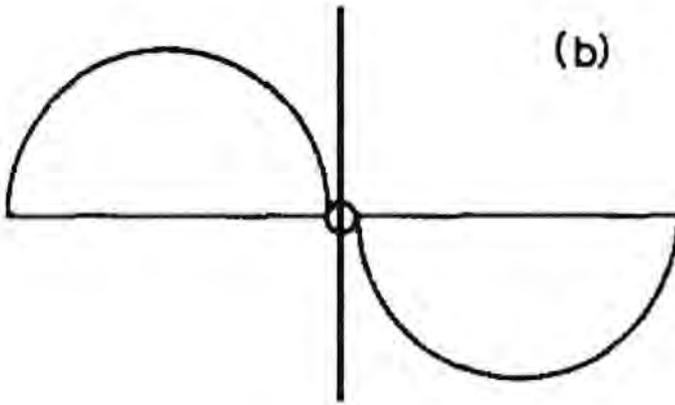
Konstruksi rotor – rotor dari alumunium ukuran 16 dan ukuran batang besi yang berdiameter 12.5 mm. Potongan melintang dari rotor – rotor yang setengah lingkaran dengan urutan 0.19 m dan 0.38 m dan panjangnya mulai dari 0.46-0.91 m memberikan aspek perbandingan – perbandingan, Untuk rotor yang jarak sudu-sudunya mulai dari 1.2 – 4.8.

melengkapi dan mengisi celah, rotor-rotor, (seperti pada gambar 2.7) dan dari letak sudu yang optimum dapat dilihat pada gambar (2.8).



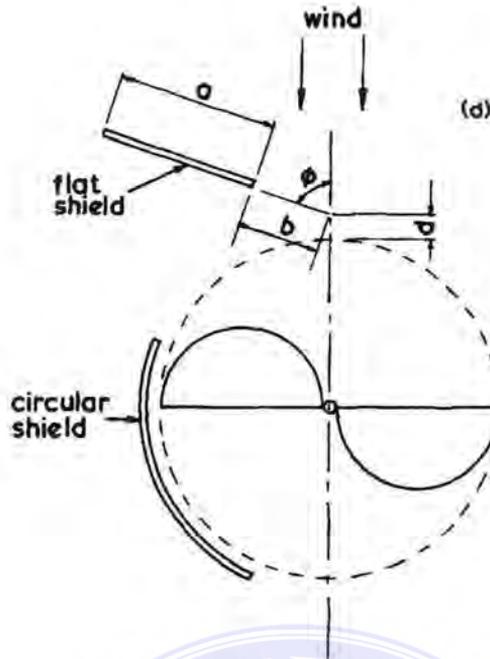
Gambar 2.8. Defenisi dari jarak dan nilai X, Y positif

Nomor pengujian telah dibuat atau yang telah tersusun (seperti terlihat pada gambar 2.9) tanpa ada bagian celah antara sudu – sudu $y = 0$, tetapi kecil kemungkinan untuk melengkapi $x = -12.5 \text{ mm}$, dan ini kebanyakan untuk poros vertikal, poros ini juga bisa tanpa penelitian tetapi dengan nilai y yang kecil yaitu $0,07$ dan mungkin untuk nilai dari x adalah positif. Efek dari ujung plat – plat dan ujung plat kecil yang horizontal juga adanya perpanjangan ujung – ujung dari sudu – sudu yang dibahas.



Gambar 2.9. Susunan tetap atau standard $x/c = - 0.07$, $u/c = 0.0$

Dalam pengujian yang lain, efek dari perisai (shield) seperti pada gambar (2.10) yang memperlihatkan defenisi dari ukuran shield dan letaknya, yaitu peningkatan sudu rotor dengan menunjukkan peningkatan yang signifikan. Salah satu nomor dari plat perisai dan letak – letak pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai yang optimum dari, lebar, letak sudu dari perisain dan diameter yang bervariasi.



Gambar 2.10. Definisi dari ukuran shield / perisai dan letaknya

Panjang dari kedua perisai yang setengah lingkaran, (gambar 2.10). Sama dalam panjang mulai dari $1\frac{1}{4}$ dan $1\frac{1}{2}$ dari lingkaran dengan jarak yang diperklirakan adalah 12 mm dari sudu- sudu yang di uji. Pengujian ini dilakukan dengan letak dari jarak sudut yang berbeda atau tidak sama tetapi perbaikan ini sangat kecil dan memperoleh usaha tahanan yang sangat kecil dan tekanan ini dipusatkan pada plat perisai pada sudu – sudu. Hal ini memberikan pertimbangan setiap inch dengan daya yang dihasilkan terutama dalam letak nilai optimum, didapat :

$$\begin{aligned} e &= 90^0 \\ a &= 1.25c \\ b &= 0.5c \\ d &= 0.2c \end{aligned}$$

dimana; a, b, d , adalah width and position of shield (lihat gambar 2.10).Semua pengujian – pengujian yang dilakukan pada perisai di perhatikan dengan susunan diatas.

Torsi yang dihasilkan dari poros vertikal bebannya bisa mencapai hingga 2 N m dan ukuran dan torsi yang dihasilkan, kecepatan putaran ini bisa mencapai hingga 800 rpm, dari kedua torsi ini perputaran counter harus disesuaikan. Nilai efisiensi dapat ditentukan oleh tenaga yang dihasilkan berdasarkan nilai teoritis maksimum tersedia energi dengan 59.3% dari $\frac{1}{2} \rho V_c^3$ X nilai maksimum.

2.6. Analisa Pada Wind Tunnel

Pemeriksaan ini sangat penting khususnya pada pemeriksaan dengan menggunakan terowongan angin (Wind Tunnel) yang besar, ketidaksamaan kecepatan angin pada kecepatan 1 % menjadi 3 %

Dikarenakan sifat dari terowongan angin dalam pengambilan daya dari aliran udara semua kincir angin yang mempunyai baling – baling atau sudu yang besar maka semua analisa kecepatan harus dibuat dalam bentuk dasar

Sejauh ini tidak ada analisa lain yang tidak bisa diselesaikan dengan menggunakan terowongan angin (Wind Tunnel), pada pengujian kincir angin dengan menggunakan terowongan angin bekerja saling melengkapi pada dinding datar normal yang berbentuk persegi dengan udara yang melewati hambatan , menurut Maskell, Gould dan Cowdrew

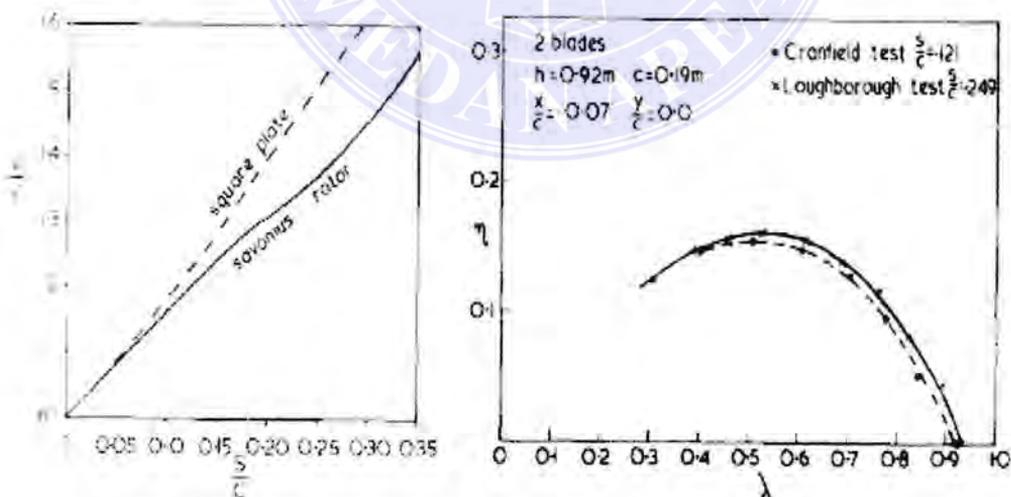
Koreksi hambatan ditunjukkan dengan rumus :

$$\frac{C_D}{C_{Dc}} = \frac{V^2}{V_c^2} = \frac{1}{1 - \frac{mS}{C}} \quad (2.9)$$

Dimana “m” adalah salah satu penentu dari sama dengan arah angin atau Tunnel C.S.A dimana $\frac{S}{c}$ adalah nilai yang kecil, untuk lebih jelasnya nilai $\frac{S}{c}$ lebih besar, $m = 1$ dan arah anginnya harus dirubah oleh dinding – dinding terowongan. Untuk membuat nilai ‘m’ ukuran dibuat dari benda datar persegi dan rotor – rotor savonius.

Maskell berpendapat bahwa perbaikan tarikan diperoleh dari piringan datar yang tidak mempunyai daya angkat menjadi memiliki daya angkat, dan sama dengan komponen yang memiliki daya angkat Savonius rotor itu tidak sama dengan perbaikan meskipun keduanya dibuat dari benda yang sama.

Selanjutnya untuk lebih rinci dapat ditunjukkan dalam gambar (2.11), dari pekerjaan ini dapat dipublikasikan secara singkat dari benda datar dan rotor Savonius.



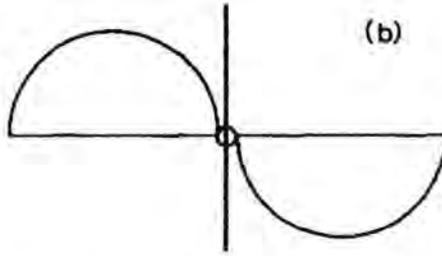
Gambar.2.11. Variation of velocity correction factor with SIC.
(A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)

Kecepatan dari perbaikan tersebut lebih dari 50 % untuk nilai $\frac{s}{c}$ dan lebih besar dari 0.32 dan wajib dipertanyakan apakah perbaikan sebesar itu valid. Guna mengoreksi aplikasi dari analisa – analisa ini, serangkaian atau sejumlah pengujian ditampilkan dalam beberapa konfigurasi rotor yang berbeda dari Cranfield yang berukuran 4 x 8 kaki yang merupakan dua kali simpangan dari terowongan loughborough.

Nilai terowongan loughborough adalah 0.249 dengan nilainya dari $\frac{s}{c} = 0.121$ terowongan Cranfield. Pertimbangan dari ukuran yang diperbaiki (untuk khusus rintangan yang lebih besar dayanya 2.57 sedangkan kecepatannya 1.37) pernyataan ini baik dan memiliki nilai. Perbandingan lain yang nilainya maksimal $\frac{s}{c}$ menunjukkan pernyataan yang sama.

2.7. Konfigurasi Dasar Pengujian

Untuk semua laporan hasil pengujian ini sudutnya berbentuk silang adalah setengah lingkaran. Nilai – nilai dari hasil pengukuran dasar ini adalah 0.14 m dan 0.38 m, dengan panjang yang berbeda dengan aspek perbandingan mulai dari 1,2 . 2,4 . 3,6 dan 4,8. Nomor pengujian – pengujian yang dilakukan dengan konfigurasi dasar dari sudu – sudu. Panjang 0.46 m dan tinggi 0.19 m, seperti pada gambar (2.12).

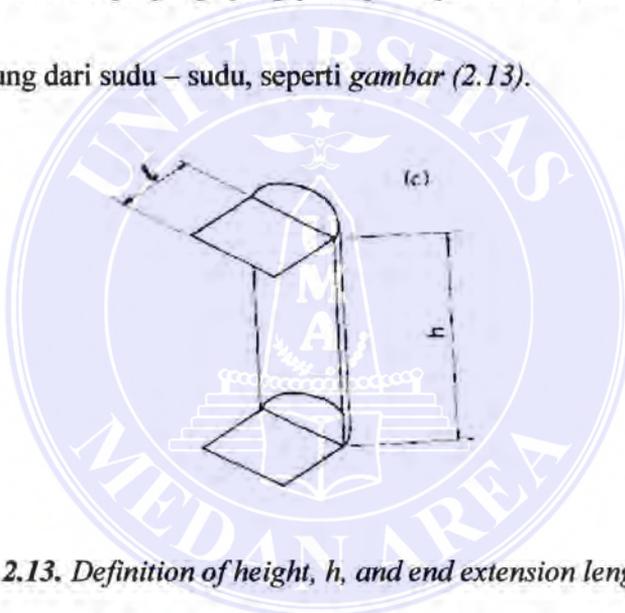


Gambar 2.12. Standard or basic configuration, $x/c = -0.07$, $v/c = 0.0$.

Dengan sudu yang dimiliki tanpa jarak dan kekosongan $\frac{x}{c} = -0.07$ dan

$\frac{y}{c} = 0.0$. Tetapi memiliki panjang ujung pada potongan dari variasi perpanjangan

untuk ujung – ujung dari sudu – sudu, seperti gambar (2.13).

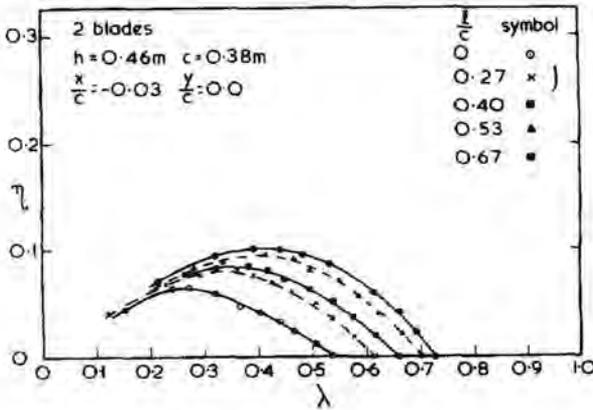


Gambar 2.13. Definition of height, h , and end extension length, l .

Semua ini memiliki efek yang sama pada ujung yang panjang sudu – sudu dan meningkatkan aspek perbandingan yang efektif dan nilai efisiensi. Gambar (2.14) menunjukkan efek dari efisiensi dan akibat dari perpanjangan. Peningkatan

efisiensi maksimum dari 0.092 sampai $\lambda = 0.40$ dengan tanpa lanjutan, $\frac{l}{c} = 0$,

sehingga nilai dari 0.137 untuk $\frac{l}{c} = 0.67$ pada nilai $\lambda = 0.52$.

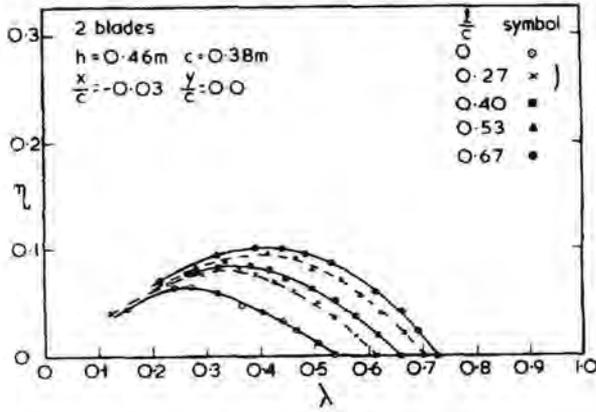


Gambar 2.14. Variation of efficiency with tip speed parameter and end extension length, $A R = 2.4$. (A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)

Nilai – nilai tertinggi dari $\frac{l}{c}$ tidak ada muncul keuntungan. Pengujian kedua lebih lanjut dengan potongan – potongan yang cenderung berkelanjutan pada bagian luar untuk memberikan penyaluran efek tetapi ini hanya menunjukkan sangat kecil untuk pembuktian dalam efisiensi, namun karena kekuatan kincir angin yang lebih besar meningkat sekitar 5 %.

Gambar (2.15) menunjukkan bahwa perpanjangan akhir pada konfigurasi yang sama tetapi dengan dua kali lebih panjang sama dengan 0.40 m. Dalam hal ini efisiensi maksimum muncul mulai dari 0.065, $\lambda = 0.25$ dan $l/c = 0$, sampai 0.102,

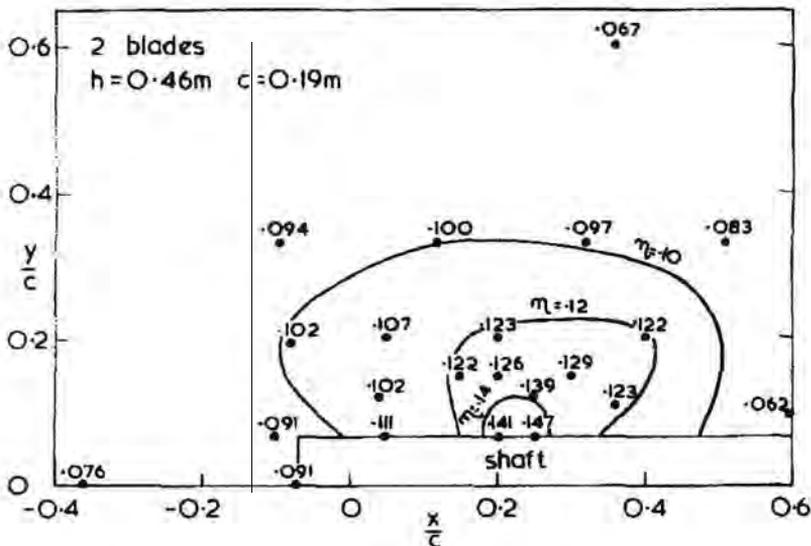
$\lambda = 0.42$ dan l/c 0.67.



Gambar 2.15. Variation of efficiency with tip speed parameter and end extension length, $AR = 1.2$. (A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)

Referensi dari teori bahwasanya efisiensi maksimum menurut Betz 20 % dari rotor savonius dan mengindikasikan bahwa overlap dari sudu- sudu tersebut dapat diterima.

Gambar (2.16) menunjukkan hasil dari jumlah pengujian sudu – sudu yang berlebihan dapat tertutupi dengan nilai jarak $\frac{x}{c}$ dan $\frac{y}{c}$. Pengujian sudu – sudu ini dibuat dengan lebar 0.46 m dan tinggi 0.19. dan menunjukkan efisiensi maksimum dari $0.147 \frac{x}{c} = 0.22$ dan $\frac{y}{c} = 0.07$. perbandingan dengan konfigurasi standard dari $\frac{x}{c} = -0.07$, $\frac{y}{c} = 0$ mengindikasikan peningkatan efisiensi hampir 60 % dan peningkatan daya yang dihasilkan mencapai 50 %.

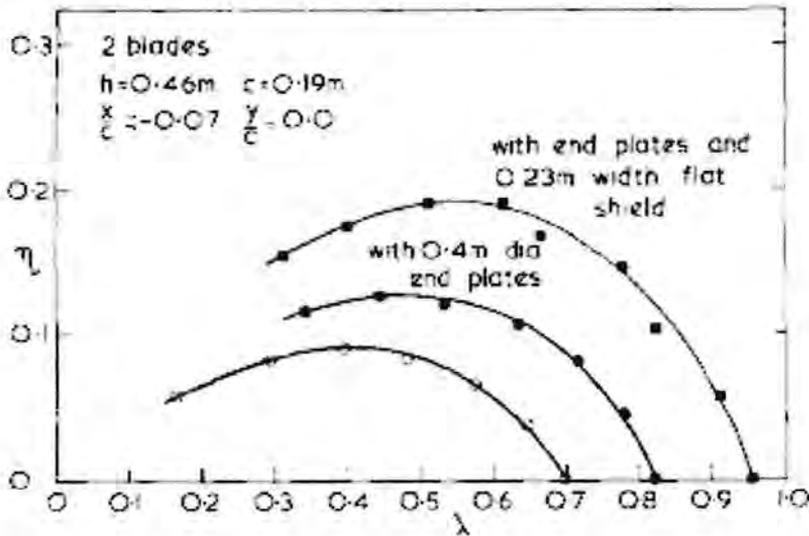


Gambar 2.16. Variation of maximum efficiency with relative blade position, $A R$

2.4. (A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)

Gambar (2.17) menunjukkan bagaimana tampilan konfigurasi standard sudu –sudu ($\frac{x}{c} = 0,07, \frac{y}{c} = 0,0$) ditambah oleh sisi ujung benda yang berbentuk lingkaran, berdiameter 0.40 m dan perisai diatas lebarnya $a = 0.23$ m dan salah satu sisi dari kincir angin terletak diposisi optimal.

Akibatnya penambahan diakhirnya sangat mirip sehingga perpanjangannya menjadi sangat luas seperti yang diharapkan, akibat dari perpanjangan ini perisainya meningkat terus pada efisiensi maksimum = 0.193 mengindikasikan penambahan pada daya yang dihasilkan dengan faktor 2.1 sebagai konfigurasi dasar.



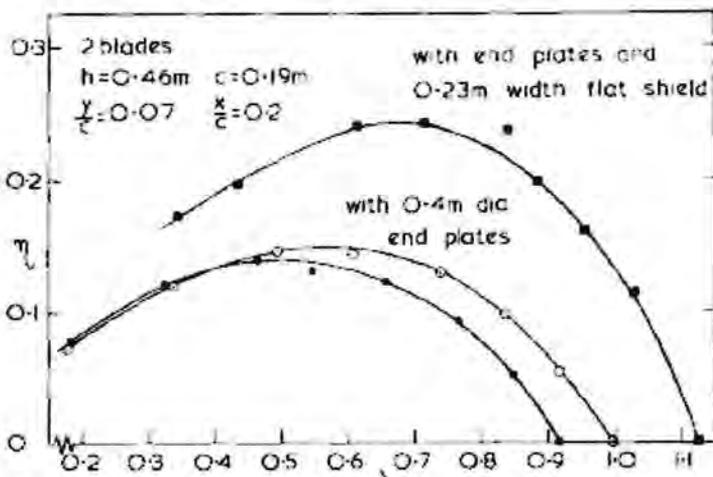
Gambar 2.17. Effect of circular end plates and flat shield on efficiency, AR

$= 2.4$. (A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)

Koefisien terbesar, nilai efisiensi maksimum = 0.142 dan untuk $\frac{s}{c} = 0.2$

dan untuk $\frac{y}{c} = 0.07$, (gambar 2.18). Juga diuji dengan piringan lingkaran dan perisai guna melihat apakah berbagai kemajuan akrobat dari penambahan bahan, (gambar 2.15).

Pertambahan persentase dalam efisiensi tidak begitu besar seperti halnya dikonfigurasi dasar namun dapat menghasilkan nilai efisiensi maksimum yang lebih tinggi, dengan perisai sebesar 0.243



Gambar 2.18. Effect of circular end plates and flat shield on efficiency, AR

= 2.4. Optimum blade configuration. (A.J.Alexander and B.P.Holownia, 1978)

Hasil pengujian jauh berbeda dengan sudu – sudu perbandingan dari aspek terkecil yaitu 1,2 dan 2,4. pengujian yang sama pada perbandingan konfigurasi dasar ($\frac{x}{c} = -0.07, \frac{y}{c} = 0.0$) menyatakan bahwa nilai yang lebih tinggi dari efisiensi maksimum dan dapat dilihat pada gambar (2.18). Nilai efisiensi tetap meningkat dengan aspek perbandingan sudu hingga nilai maksimum. Sehingga pengaruh dari aspek perbandingan dan perisai kelihatan jelas, dan perbedaan pada hasil daya antara rotor dengan perisai yang tinggi dan tinggi pada area yang sama bisa melebihi tinggi perisai.

2.7.1 Konfigurasi Sudu

Pengujian singkat yang dibuat dari konfigurasi sudu 3 dan 4, tetapi itu terbukti kurang efisien dibandingkan dengan 2 sudu, baik itu dengan adanya plat dan perisai atau tanpa adanya plat dan perisai. Kasus 3 sudu kira – kira 30 % kurang efisien dibandingkan dengan 2 sudu sementara sudu 4 sepertinya 50 %

lebih rendah dengan adanya saling ketergantungan antara sudu – sudunya. Tanpa adanya usaha yang dibuat untuk menemukan konfigurasi letak sudu yang optimum. Pengujian – pengujian yang dilakukan dengan 3 sudu, bagian manapun tetap menyatakan bahwa karakteristiknya lebih baik dari 2 sudu.

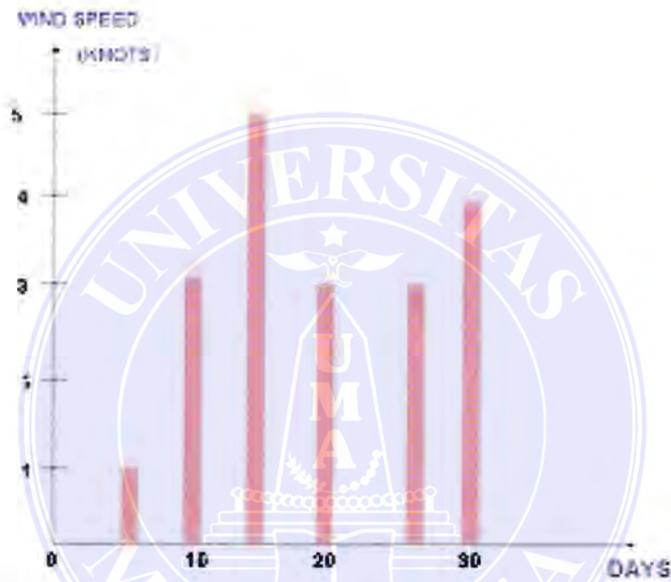
Pengujian tersusun oleh serangkaian rotor – rotor savonius yang dilapisi oleh sejumlah konfigurasi yang berbeda. Variable – variable termasuk jarak da diantara sudu – sudu rotor, Peningkatan sudu dan tinggi (dan perbandingan aspek) jumlah dari sudu – sudu (2, 3, dan 4) dan penambahan dari perpanjangan potongan, piringan akhir dan perisai baik yang tunggal ataupun yang gabungan.

Nilai untuk efisiensi secara umum sedikit lebih rendah untuk perbandingan aspek, rotor yang tidak berperisai tanpa piringan akhir ($\eta_{\max} = 0.065$ untuk $AR = 1.2$). Namun pada perbandingan pengujian tertinggi, $AR = 4,8$ dan sudu – sudu yang optimum dan konfigurasi perisai dari efisiensi nilai maksimum, $\eta = 0.243$ seperti yang tertera diatas mendekati sebesar 31 %. Perbandingan dari kecepatan angin, λ sedikit lebih rendah dari pengujian terbaru.

Secara umum, dapat disimpulkan bahwa nilai optimum dari hasil perbandingan rotor savonius digambarkan dalam laporan ini serta dapat meningkatkan nilai dari efisiensi maksimum pada nilai – nilai yang sudah tercapai, pada sumber tenaga angin yang lebih canggih tanpa mengurangi kesederhanaan yang ada dan ketidak dataran secara umum.

Perlu diperhatikan bahwa koreksi dan validitas dari terowongan angin untuk perbandingan penghalang yang lebih tinggi dinyatakan dalam bentuk pengujian pada 2 jenis terowongan angin yang berbeda ukuran

Untuk mengetahui kondisi angin data angin yang dikumpulkan oleh ITNS (Institute Tegnology National Silchar) yang berlokasi dibagian selatan Assam, dari tempat terbelakang dari wilayah Asia utara di India. Data – data angin tersebut dikumpulkan dengan bantuan sebuah alat ukur yang disebut Anemometer. Data direkam selama 3 tahun terakhir dari data itu diteliti bahwa kecepatan angin cukup rendah dan contoh data ditunjukkan pada *gambar (2.19)*



Gambar 2.19. *kecepatan angin untuk bulan april 2003(R.Gupta, R.Das & K.K.Sharma,2003)*

2.8. Perorma Tampilan Savonius -Darrieus

Tujuan dari laporan ini adalah untuk pemeriksaan performa tampilan mesin angin Savonius – Darrieus dan membandingkan tampilannya dengan Savonius sederhana.

Tampilan mesin dapat dituliskan dalam bentuk Cp (Coefisien Power) Vs

(λ). Perbandingan Tip-speed untuk analisisnya dapat dilihat sebagai berikut :

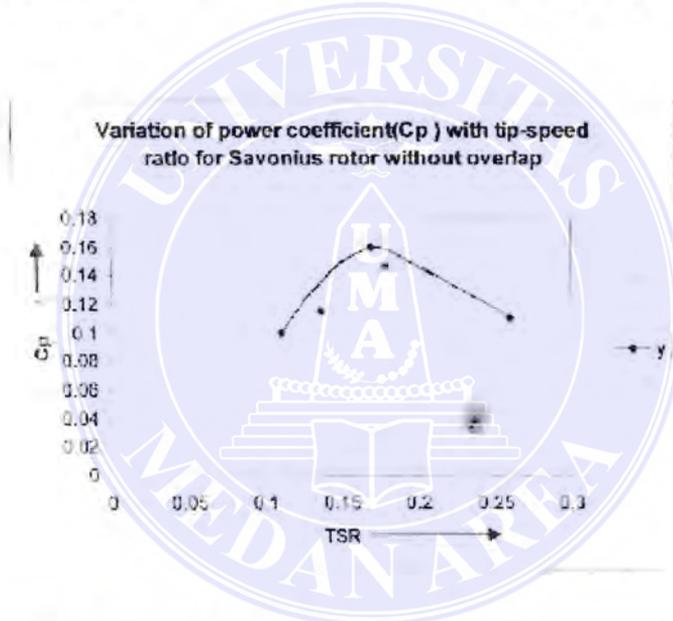
1. Coefisien of Performance

$$Cp = \frac{P_{rotor}}{0.5\rho V^2} \tag{2.10}$$

2. Tip-Speed ratio λ

$$\lambda = \frac{\text{Velocity of Blade Tip}}{\text{FreeStreamVelocity}} \tag{2.11}$$

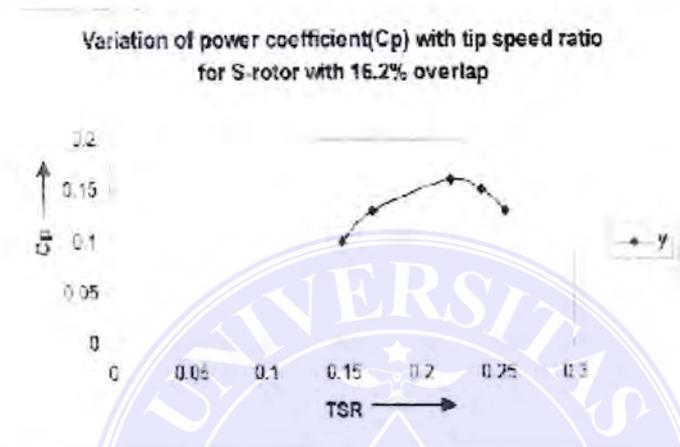
Grafik (2.20) antara Cp Vs TSR untuk rotor S tanpa overlap dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2.20. Cp Vs TSR untuk rotor S tanpa overlap (R.Gupta, R.Das & K.K.Sharma,2003)

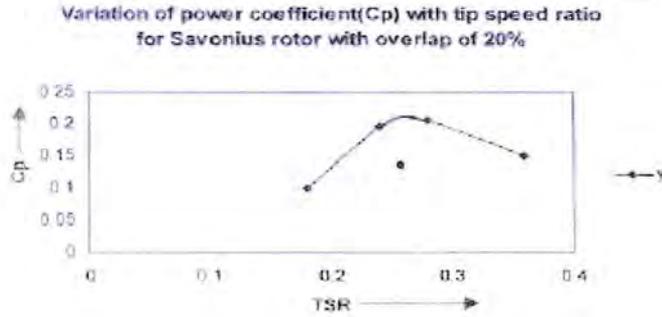
Dari gambar grafik (2.20) diteliti bahwa nilai untuk Cp meningkat dengan meningkatnya nilai TSR namun sampai pada batas tertentu. Setelah nilai Cp menurun bahkan dengan meningkatnya nilai dari TSR maksimum Cp 16 % sekitar 0.18 TSR.

Pada *grafik (2.21)* menunjukkan bidang antara C_p dan TSR dan untuk rotor S adalah 16,2 % dan 20 %. Pada gambar grafik dibawah diteliti dengan 16,2 % overlap, bahwasanya ada kemajuan dari nilai C_p sedikit meskipun variasi dari C_p dan TSR sama pada rotor Savonius tanpa overlap. Nilai maksimum C_p yang diteliti adalah 18 % dan nilai yang diteliti untuk TSR adalah 0.22 TSR.



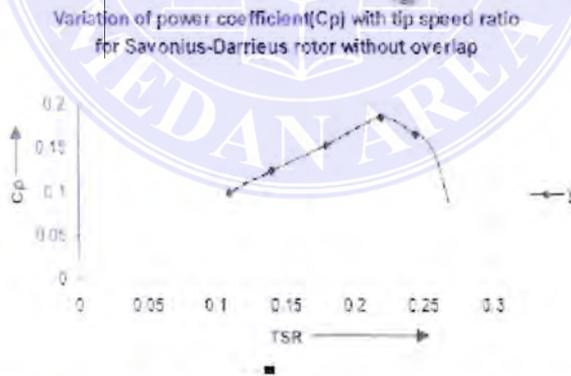
Gambar 2.21. C_p dan TSR dan untuk rotor S adalah 16,2 % dan 20 %
(R.Gupta, R.Das & K.K.Sharma,2003)

Pada *grafik (2.22)* bahwa rotor Savonius dengan 20 % overlap, ditemukan adanya perbaikan C_p yang lebih meskipun variasi C_p Vs TSR sama. Nilai maksimum untuk C_p adalah 21 % sekitar 0,24 TSR. Kemudian diteliti bahwa ada peningkatan koefisien daya dengan kondisi yang overlap.



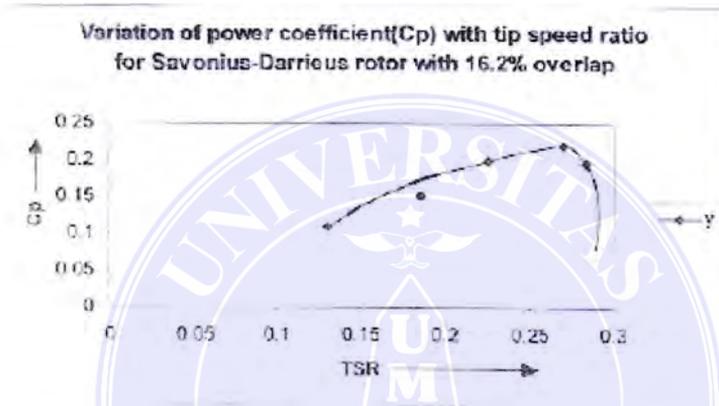
Gambar 2.22. *Cp Vs TSR rotor Savonius dengan 20 % overlap (R.Gupta, R.Das & K.K.Sharma,2003)*

Pada grafik (2.23) menunjukkan variasi Cp dan TSR untuk turbin Savonius – Darrieus tanpa overlap. Diteliti bahwa peningkatan nilai Cp juga meningkatkan nilai dari TSR dengan nilai maksimum Cp adalah 19 % yang diperoleh sekitan 0.22 TSR. Sedangkan perbandingan untuk rotor Savonius dengan tanpa overlap ditemukan bahwa ada perbaikan tertentu dari nilai Cp dengan turbin Savonius – Darrieus.

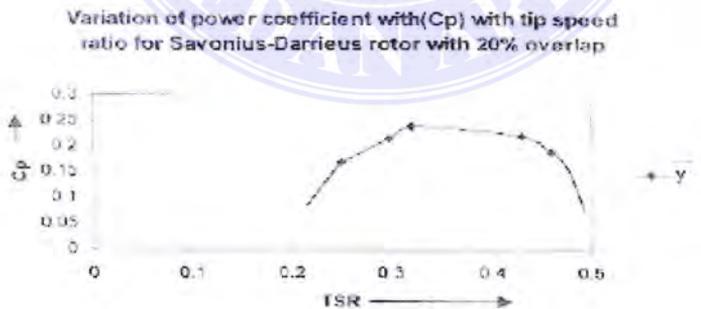


Gambar 2.23. *variasi Cp dan TSR untuk turbin Savonius – Darrieus tanpa overlap (R.Gupta, R.Das & K.K.Sharma,2003)*

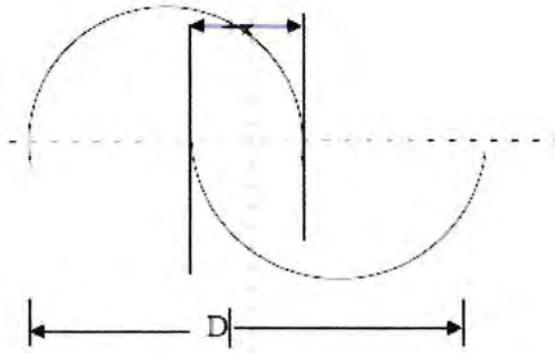
Pada grafik (2.24) diteliti bahwa 16.2 % overlap untuk mesin angin Savonius –Darrieus ada peningkatan untuk nilai C_p dan nilai maksimumnya adalah $C_p = 22 \%$ dan 0.26 untuk TSR. Perbaikan C_p untuk selanjutnya dengan mesin angin Savonius – Darrieus dengan nilai 20 % overlap dan maksimum $C_p = 25 \%$ yang diteliti sekitar 0.28 TSR (grafik 2.25). Sedangkan perbandingan observasi dengan rotor Savonius ditemukan bahwa ada perbaikan tertentu untuk nilai C_p dengan mesin angin Savonius – Darrieus baik dengan kondisi overlap maupun tanpa overlap.



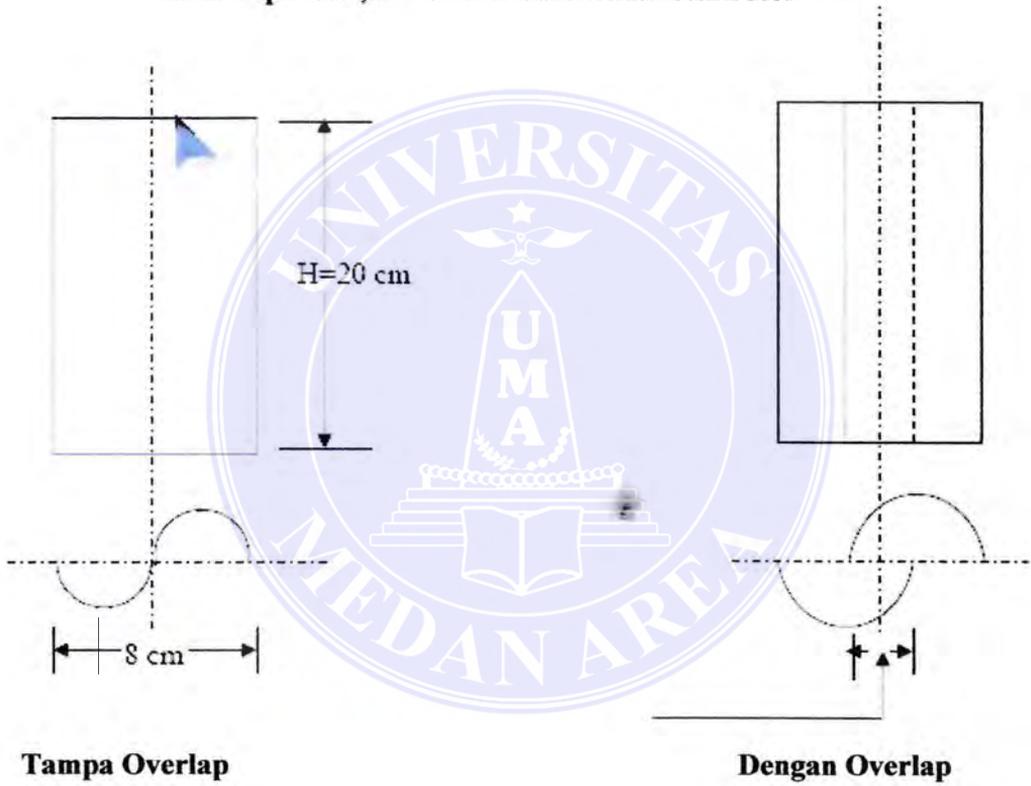
Gambar 2.24. mesin angin Savonius –Darrieus dengan 16.2 % overlap (R.Gupta, R.Das & K.K.Sharma,2003)



Gambar 2.25. Variasi dari koefisien dan perbandingan untuk rotor savonius – darrieus dengan 20 % overlap. (R.Gupta, R.Das & K.K.Sharma,2003)



(konsep overlap, +X)
Overlap = x/D , dimana D adalah diameter rotor



Gambar 2.26. savonius rotor (R.Gupta, R.Das & K.K.Sharma,2003)

METODE PENELITIAN

3.1. Desain dan Metode Penelitian

3.1.1. Pendahuluan

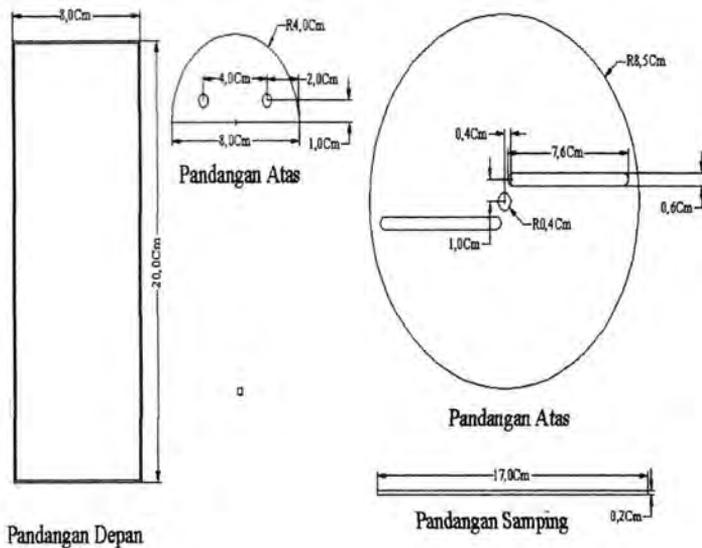
Berdasarkan dari studi pustaka yang telah dibahas pada Bab 1-2, maka dalam penelitian ini, bila kincir savonius diletakkan pada Wind Tunnel disection test dengan sudut tertentu akan memunculkan hipotesa yang mendasari dari pengujian kincir savonius.

Untuk mengetahui karakteristik suatu *prototype* kincir angin khususnya savonius maka dilakukan dilakukan visualisasi pada mesin uji terowongan angin (*wind tunnel*). Di sini hasil pengujian akan dibahas mengenai kontur-kontur (jejak angin) yang terjadi pada saat angin melewati *prototype*, dilihat dari sudut serang fluida (*angle of attack*).

Pengukuran distribusi tekanan disepanjang sudu-sudu, dimana dengan mengetahui distribusi tekanan sepanjang sudu ini akan dapat diprediksi karakteristik aliran yang melintasi sudu-sudu kincir savonius.

3.1.2 Metode Eksperimental

Seperti yang telah dijelaskan terlebih dahulu, penelitian ini diarahkan pada studi eksperimental tentang karakteristik aliran pada kincir savonius yang dibuat dengan ukuran tertentu , model pengujian dapat dilihat pada (gambar 3.1)



Gambar 3.1. Model Uji

Model uji yang digunakan adalah silinder yang dibelah menjadi dua dengan dimensi sebagai berikut :

- Tinggi (t) : 200 mm
 Diameter (d) : 80 mm
 Bahan : Fiber Glass

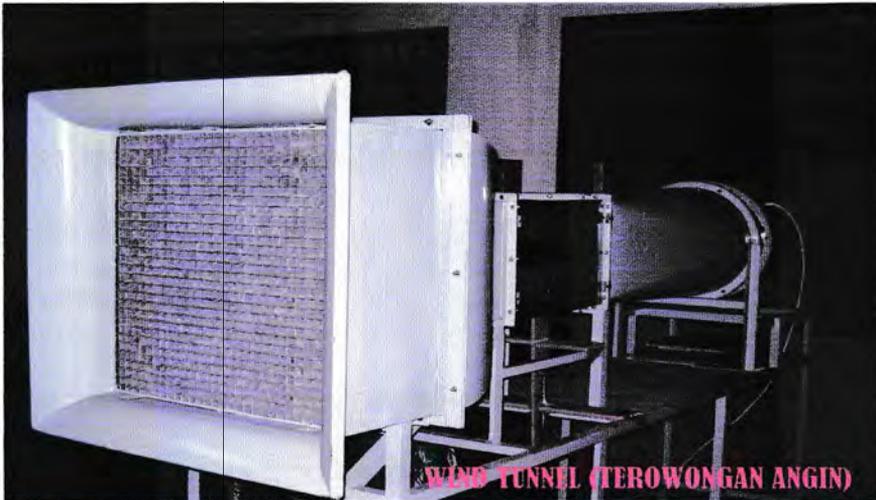
Untuk kebutuhan pengukuran distribusi tekanan pada dinding pada sudu-sudu, maka pada setiap sudu-sudu diberi pressure tap yang dipasang setiap sudut posisi 10^0 pada dinding sudu-sudu.

3.1.3. Peralatan Ukur Pengujian

Terowongan Angin

Penelitian dilakukan di BMG dengan menggunakan terowongan angin, ini dimaksudkan agar dapat diuji dalam skala model. Terowongan angin adalah peralatan utama yang digunakan. Seluruh percobaan akan dilakukan pada daerah uji (*test section*) terowongan angin. Kondisi aliran dalam saluran uji ini dibuat

sedemikian rupa sehingga menyerupai kondisi yang sebenarnya.



Gambar 3.2. Terowongan Angin Subsonik Tipe Terbuka

Terowongan angin yang digunakan adalah jenis *subsonic open circuit wind tunnel* seperti pada (Gambar 3.2). Udara dalam saluran uji digerakkan oleh *fan* yang terletak pada keluaran *diffuser*. Udara yang diisap oleh *fan* dari ruangan terbuka sehingga alirannya masuk ke dalam *nozzle* melewati *honeycomb* yang kemudian diteruskan ke dalam saluran uji, selanjutnya menuju *diffuser* dan *fan* untuk kemudian dibuang ke ruangan terbuka kembali.

Adapun data teknis yang dimiliki terowongan angin ini adalah:

Jenis	: Subsonic Open Chanel
Dimensi utama	: 2960 x 800 x 800 mm
Test section	: 450 x 300 x 300 mm
Kecepatan aliran udara maksimum	: 8,53 m/s
Motor penggerak	: AC3-phase 220Volt; 2Hp; 2800 rpm
Diameter <i>blade fan</i>	: 406,4 mm (16 in)

3.2. Bagian – Bagian Utama Dari Terowongan Angin

Secara sederhana penampilan dari terowongan angin tipe open circuit adalah seperti gambar 3.3. Terowongan angin ini terdiri contraction cone, test section, diffuser, saluran discharge, dan setting chamber.

3.2.1. Nosel (Contraction Cone)

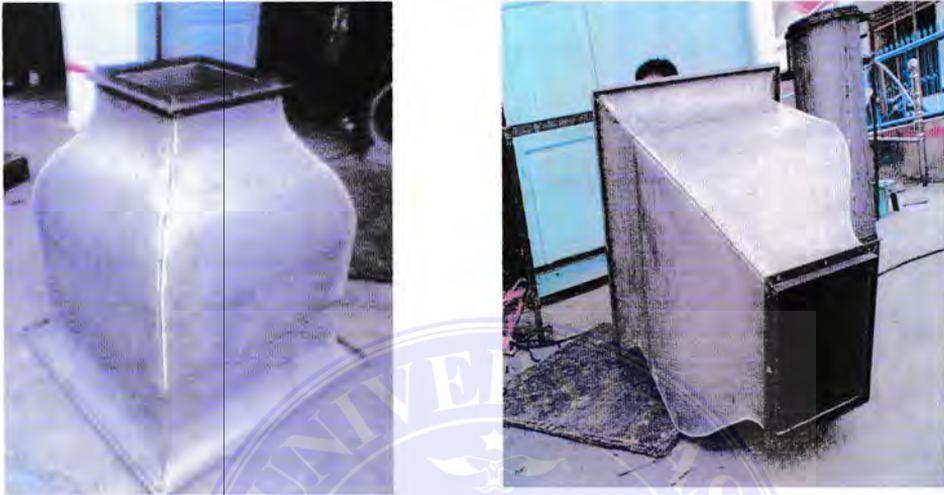
Nosel (contraction Cone) adalah komponen yang digunakan untuk mempercepat aliran sampai pada kecepatan yang diinginkan di test section. Oleh karena itu desain dari contraction cone harus mempunyai kriteria sebagai berikut :

1. Aliran yang *uniform* dan *steady flow* pada *outlet*
2. Lapisan batas pada outlet harus setipis dan sekecil mungkin
3. Nosel seharusnya memiliki panjang yang minimal.

Dari batasan – batasan yang disebut diatas, ada permasalahan dalam mendesain contraction cone, yaitu membuat kualitas aliran di test section sesuai spesifikasi. Konstruksi dapat didesain dengan menggunakan salah satu cara berikut, yaitu percobaan atau dengan metode pendekatan. Namun dalam penulisan tugas akhir ini profil nosel menggunakan metode pendekatan yang dirumuskan oleh Vitoshinskii.

Yang harus dipertimbangkan dalam mendesain kontraksi adalah membuat

panjang kontraksi sependek mungkin, panjang kontraksi penjumlahan total dari panjang setting chamber ditambah kontraksi itu sendiri ditambah penambahan exit kontraksi (*setting length* dari bagian *exit kontraksi*) panjang *setting chamber* dibutuhkan untuk menempatkan *honeycombs* dan *screens* untuk mengurangi turbulensi.



Gambar 3.3. Nozel

3.2.2. Test Section

Test section adalah salah satu komponen dari terowongan angin yang berfungsi sebagai tempat model atau prototype diuji untuk mendapatkan karakteristik aerodinamika yang diinginkan. Sehingga ketelitian dan kevalitan data yang dihasilkan bergantung pada kualitas aliran di test section. Baik buruknya suatu terowongan angin dapat dilihat dari kualitas aliran di test section.

Sebagai catatan, daya yang dibutuhkan untuk menjalankan terowongan angin adalah didasarkan pada luasan dan kecepatan di test section. Sehingga pembuatan terowongan angin secara kasar dapat dihitung dari besarnya *cross-section* area dari *test section*.

Sudah bermacam – macam bentuk test section digunakan, seperti *elliptical*,

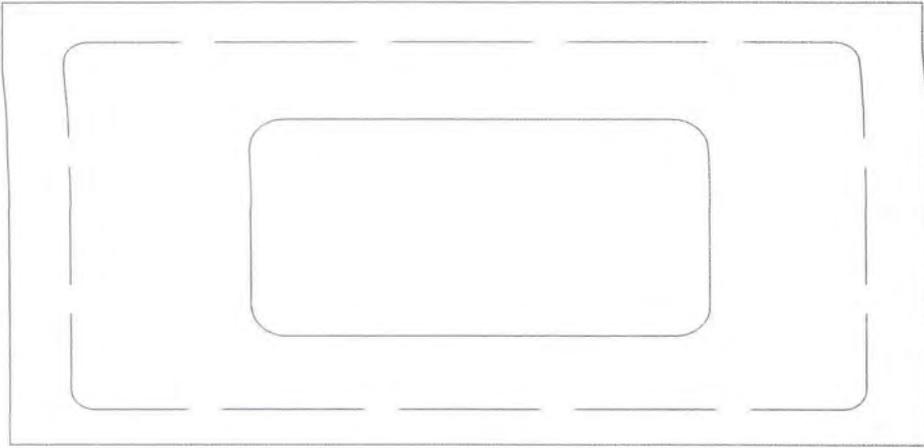
bujur sangkar, persegi empat, heksagonal, octagonal, persegi empat dengan fillet di bagian comor, dan lain – lain. Biaya dan daya yang dibutuhkan secara langsung dihitung berdasarkan cross-section area sehingga perbedaan *losses* di test section karena bentuk dapat diabaikan. Oleh karena itu, bentuk dari test section hanya mempertimbangkan pada kegunaan dan pertimbangan aerodinamika.

Untuk pemudahan pemasangan model, pengatian model, pemasangan ground planes, pengkalibrasian *external balance* atau untuk pemodifikasi pengujian yang tidak standar, tidak ada yang lebih tepat kecuali dinding datar.

Disamping itu test section terowongan angin ada yang berupa *open jet* atau *closed section*. *Closed test section* mempunyai banyak keuntungan dan lebih disukai. Daya yang dibutuhkan untuk terowongan open jet umumnya 50 % lebih besar jika dibandingkan dengan jenis *closed test section*.

Udara yang melalui test section pasti mempunyai ketebalan boundary layer. Keadaan ini akan mengurangi luas efektif dari test section dan menyebabkan kenaikan kecepatan. Kenaikan kecepatan akan menghasilkan penurunan tekanan statis pada bagian *downstream test section*.

Jika cross-section dari test section dapat ditingkatkan secara bertahap yang bertujuan untuk mencukupi ketebalan boundary layer sehingga tekanan statis dapat dijaga konstan sepanjang test section.



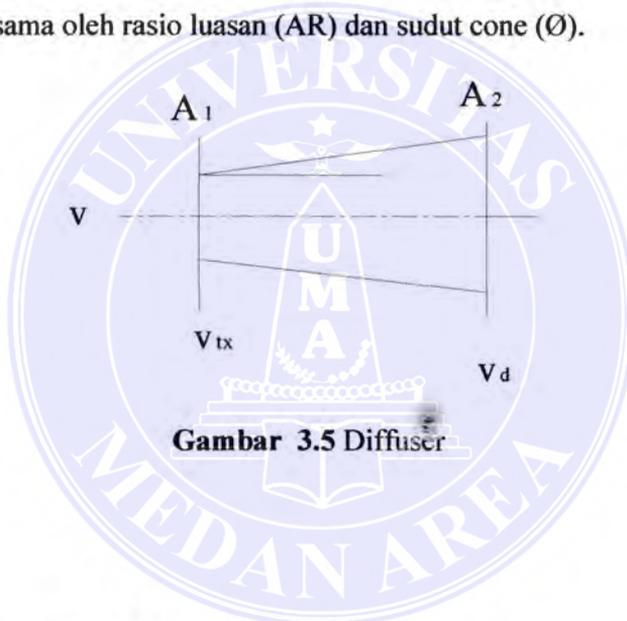
Gambar 3.4. Test Section

Ukuran dari Test Section adalah sebagai berikut :

Panjang	= 45 cm
Dimensi inlet	= (30 x 30) cm
Dimensi Exist	= (31 x 31) cm
Sudut Taper	= 0,114 ⁰

3.2.3. *Difuser*

Karena kerugian daya pada terowongan angin bervariasi terhadap pangkat tiga dari kecepatan, maka tujuan dari diffuser adalah mengurangi kecepatan dengan memperluas aliran dan merubahnya menjadi tekanan stastik. Karena itu hal yang perlu dipertimbangkan dalam pengurangan kecepatan adalah membuat diffuser sependek mungkin untuk mengurangi losses. Oleh karena itu keberadaan diffuser adalah sangat kritis dalam keberhasilan pembuatan terowongan angin. Diffuser sangat sensitive terhadap kesalahan desain yang mungkin dapat menyebabkan separasi. Separasi dapat menaikkan losses dibandingkan harga awalnya. Diffuser digambarkan bersama oleh rasio luasan (AR) dan sudut cone (θ).



Gambar 3.5 Diffuser

Ukuran dari Diffuser adalah sebagai berikut :

Panjang	= 90,3 cm
Dimensi Inlet	= (31 x 31) cm
Dimensi Exist	= \varnothing 40,64 cm (16")
Sudut difergensi	= 4°

3.2.4. Saluran Discharge

Tujuan sebenarnya dari saluran discharge adalah mengurangi kerugian akibat energi yang terbuang ke lingkungan. Sehingga dapat diharapkan ikut mereduksi kebutuhan energi terowongan secara total.



Gambar 3.6. Saluran Discharge.

Ukuran dari Saluran Discharge adalah sebagai berikut :

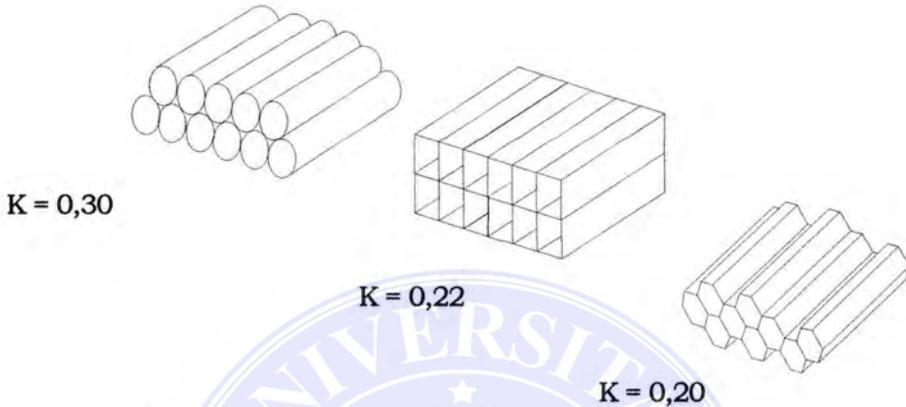
Panjang	= 90,3 cm
Dimensi Exist	= \varnothing 40,64 cm (16")
Dimensi Inlet	= (31 x 31) cm

3.2.5. Pereduksian Turbulen : Scress dan Honeycombs

Turbulen pada test section direduksi oleh pemasangan honeycombs dan screens pada bagian entrance kontraksi. Screens akan mereduksi turbulensi kearah aksial dari pada kearah lateral. Screens mempunyai penurunan tekanan yang relative besar pada aliran, sehingga mampu menurunkan kecepatan aliran yang akan masuk keterowongan angin, dan akibatnya memberikan lebih banyak kecepatan yang uniform pada arah aksial. Sedangkan honiycrombs akan mereduksi kecepatan lateral. Keduanya secara bersama-sama mereduksi turbulensi kearah lateral dan aksial.

Masalah dengan adanya screens adalah kemampuan untuk mengumpulkan debu/ kotoran. Akibatnya porositas dan penurunan tekanan akan berubah, yang

berakibat pada perubahan distribusi kecepatan di test section. Masalah ini timbul jika terowongan angin digunakan untuk visualisasi aliran dengan menggunakan kapur china, oli, asap dan lain-lain. Jika screens digunakan, maka harus ditempatkan pada tempat yang dapat dibersihkan, sehingga kualitas aliran dari test section dapat dimonitor.

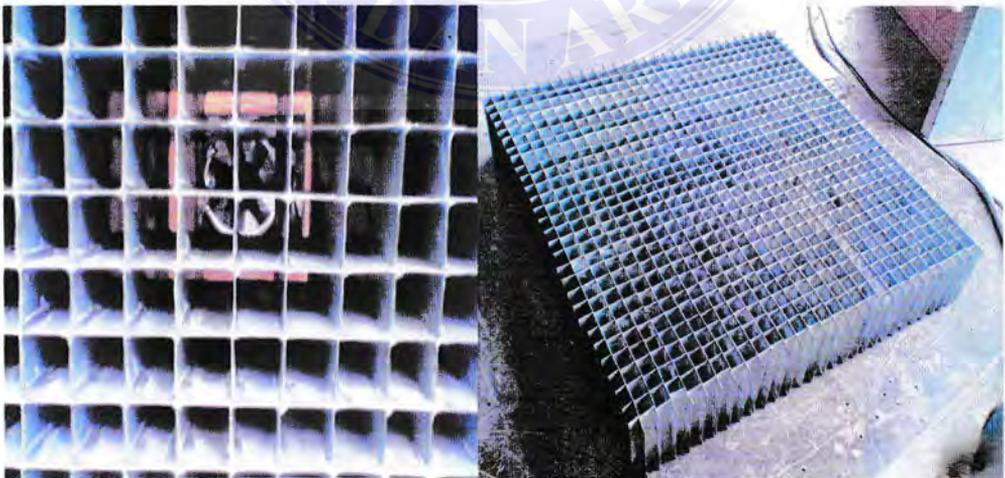


Gambar 3.7. Screens.

Ukuran utama dari Screens adalah sebagai berikut :

Jarak dari sel = 2,0 mm Diamater wire = 0,4 mm

$\beta = 0,59$



Gambar 3.8. Macam – Macam Honeycombs.

Ukuran utama dari Honeycombs adalah sebagai berikut :

Dimensi Sel = (2 x 2) cm

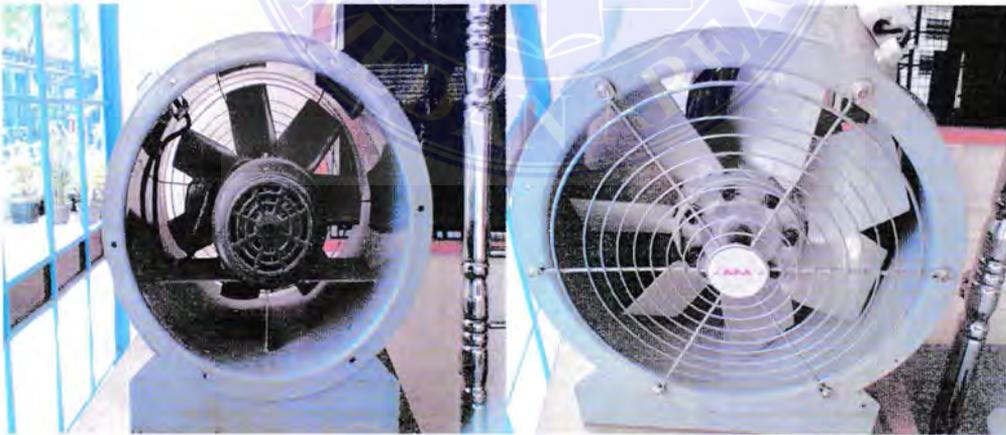
Panjang Sel = 10 cm

Maka pada terowongan angin yang dirancang, menggunakan jenis Honeycombs empat persegi panjang dengan $K = 0,22$.

3.2.6. Motor Penggerak

Disini motor penggerak (dinamo) sangat dibutuhkan sekali, gunanya untuk menghisap atau menghembuskan udara yang berasal dari luar dialirkan kedalam terowongan angin. Setelah melewati terowongan angin maka udara atau fluida tersebut dibuang kealam terbuka lagi.

Kapasitas motor penggerak yang dipakai pada terowongan angin yang kami rancang adalah : AC – 3- fase 220 V, Hp = 2800 rpm dan Blade yang dipakai berdiameter sebesar 16” atau 406,4 mm.



Gambar 3.9. Motor Penggerak

3.3. Peralatan ukur

Peralatan ukur yang digunakan dalam percobaan ini adalah :

3.3.1 Thermometer

Thermometer adalah alat untuk mengukur temperatur. Thermometer yang digunakan disini adalah thermometer untuk mengukur temperatur udara ruangan.

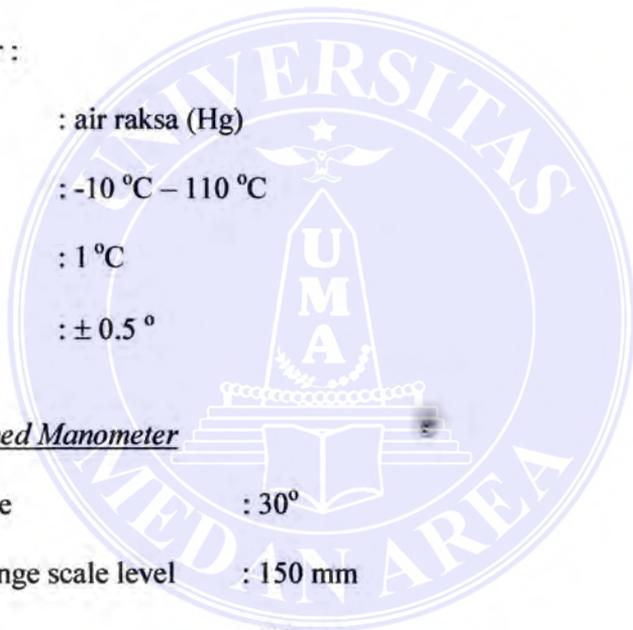
Pengukuran temperatur ruang dilakukanakan untuk mengukur property udara guna menghitung bilangan Reynold aliran, dengan menganggap kondisi aliran bebas didalam open circuit Wind Tunnel sama dengan kondisi aliran bebas ruangan yang ditempatinya.

Thermometer :

- Type : air raksa (Hg)
- Range : -10 °C – 110 °C
- Skala : 1 °C
- Toleransi : ± 0.5 °

3.3.2. Inclined Manometer

- Inclined angle : 30°
- Maximum range scale level : 150 mm
- Unit scale : 0.5 mm
- Fluida pengisi : Kerosene (SG = 0.8614)





Gambar 3.10. Manometer

3.3.3. Pengukur Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran diukur dengan menggunakan Pitot Static Tube yang dihubungkan dengan manometer pipa U. Manometer pipa U diisi dengan cairan minyak yang mempunyai specific gravity (SG) sebesar = 0,8614.

3.3.4. Pengukur Tekanan

Pitot tube digunakan untuk mengukur distribusi tekanan pada wind tunnel sedangkan untuk memperoleh distribusi koefisien tekanan (C_p) sepanjang dinding seluruh silinder, maka perlu dilakukan pengukuran tekanan pada dinding silinder. Untuk itu digunakan manometer pipa V, dimana pressure tap yang telah terpasang pada dinding setiap silinder dihubungkan melalui selang plastik dengan manometer pipa V sebanyak jumlah lubang *pressure tap* (36 lubang). Manometer pipa V tersebut diisi dengan cairan minyak (SG = 0,8614). Manometer pipa v dipasang pada kemiringan 30° untuk mendapatkan ketelitian pengukuran tekanan yang lebih

3.3.5. Waterpass

Alat ini digunakan untuk memposisikan benda uji dan arah aliran agar benar-benar sejajar dengan arah horizontal

3.3.6. Traveller Mechanism

Mekanisme penggerak *pitot static tube* agar pada posisi yang diinginkan.

3.4. Benda Uji

Benda uji adalah sebuah silinder yang dibelah menjadi dua dengan dimensi tertentu, pada benda uji ini juga telah dipasang pressure tap dengan sudut 10^0 pada sudu-sudu yang akan dihubungkan pada manometer sebanyak 17 buah pressure tap pada setiap sudu, jadi keseluruhan pressure tap adalah 34 buah. .



Gambar 3.11. Profil Benda Uji Pada Wind Tunnel

3.5. Visualisasi

Untuk mengetahui karakteristik suatu *prototype* kincir angin khususnya savonius maka dilakukan visualisasi pada mesin uji terowongan angin (*wind tunnel*). Di sini hasil pengujian akan dibahas mengenai kontur-kontur (jejak angin) yang

terjadi pada saat angin melewati *prototype*, dilihat dari sudut serang fluida (*angle of attack*).

3.5.1. Langkah-Langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Visualisasi aliran dengan menggunakan asap
2. Visualisasi aliran dengan Oil Flow Pattern
3. Pengambilan kesimpulan.

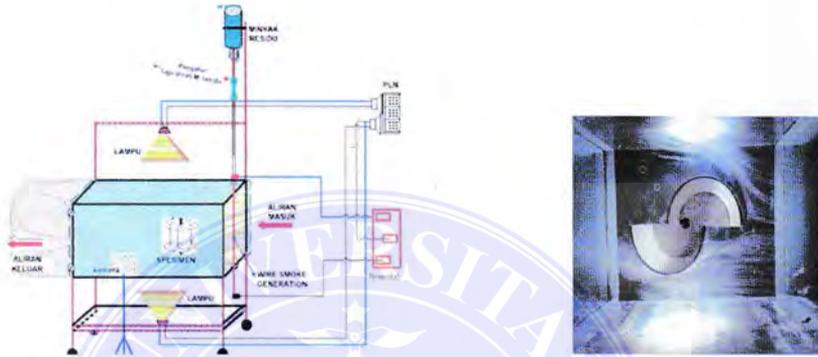
3.5.2. Visualisasi aliran dengan menggunakan asap

Visualisasi asap (*smoke method generation*) yaitu membuat asap yang pekat dengan cara melumasi *wire smoke generation* dengan minyak berat (*residu*). Percobaan dilakukan pada kecepatan rendah ± 3 m/s pada *wind Tunnel*. Sebuah kawat *Nicrome* dengan diameter 0.3 mm dan panjang 500 mm dipasang pada *test section*. Kawat kemudian diolesi dengan minyak *residu* melalui sebuah infuse yang bertujuan untuk memudahkan dalam mengatur laju aliran. Kemudian kawat dipanaskan dengan tegangan elektrik (20 - 50V). Penerangan visualisasi asap saat pengambilan gambar menggunakan dua buah lampu 15 watt yang diletakkan di atas dan bawah ruang uji . Pengambilan data (foto) dan rekaman digunakan kamera digital.

Metode visualisasi pada eksperimen ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan peralatan dan penentuan dimensi model yang akan digunakan untuk eksperimen
2. Memasang model pada *section test*

3. Visualisasi dengan menggunakan *asap*
4. Percobaan terus diulangi dengan beberapa perubahan sudut serang (*angle of attack*)
5. Mengulangi langkah 3
6. Menganalisa data yang diperoleh, mendiskusikan hasil, dan menarik kesimpulan



Gambar 3.12. Metode visualisasi dengan asap

3.5.3. Visualisasi aliran dengan Oil Flow Pattern

Visualisasi aliran menggunakan oil flow pattern dengan cara melapisi permukaan sudu rotor dengan kertas asturo black kemudian permukaan tersebut diolesi campuran : Minyak nabati : Serbuk Titanium : Silicone Oil : Tinner type A dengan komposisi berat campuran : 6:2:2:2.. Setelah permukaan sudu rotor diolesi kemudian sudu rotor diletakan dalam wind tunnel dan hasil visualisasi tersebut dapat dilihat dengan cara membuka lapisan kertas pada silinder lalu dibentangkan dan dikeringkan hingga kering baru discanner atau di foto.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa hasil penelitian pada Wind Tunnel di BMG Medan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat saddle point pada model uji penelitian.
2. Dengan perubahan jarak Overlap maka:
 - saddle point akan bergerak menuju pressure side silinder seiring dengan bergesernya stagnation point.
 - Goresan skin friction line (separation line) pada pressure side dan suction side berubah.
 - Jarak saddle point terhadap endwall (forward cylinder body) akan semakin jauh.
3. Semakin jauh dari end wall (plat datar) maka tekanan statis silinder sisi depan akan semakin besar.
4. Pengikisan oil mixture pada daerah sekitar interaksi silinder dengan wall cukup besar, semakin besar jarak overlap maka pengikisan oil mixture akan semakin besar.
5. Semakin menjauhi wall maka static pressure silinder suction side (sisi tengah) akan semakin turun.
6. Terdapat nodal point dan re-attachment line terhadap endwall (backward cylinder body) akan semakin jauh seiring dengan pembesaran angle of attack

7. Bila angle of attack diperbesar maka posisi nodal point dan re-attachment line akan bergeser menuju suction side silinder.
8. Pada
9. sisi belakang silinder aliran akan bergerak naik dan kemudian turun membentuk vortex.

Dalam tugas sarjana ini banyak kendala yang dihadapi, diantara kendala – kendala tersebut adalah :

1. Kurangnya referensi mengenai topik yang diangkat yaitu distribusi tekanan pada kincir angin Savonius.
2. Keterbatasan alat seperti alat pengukur kecepatan angin membuat pengujian lapangan menjadi hanya sebatas eksperimental.
3. Pembuatan rancangan benda kerja membutuhkan biaya yang tidak sedikit, sehingga tidak semua pengembangan dapat dilakukan.

5.2 Saran

Untuk kegiatan penelitian berikutnya, apabila penelitian dilakukan secara eksperimental dengan langkah dan metode yang sama dengan penulis maka untuk mendapatkan hasil yang bagus, hal-hal yang perlu diperhatikan pelaksanaan eksperimental.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alexander A.J. and B.P. Holownia, (1978) *Wind Tunnel Tests On A Savonius Rotor*, 3 (343-351),
2. Anhar. M.F. (2009) *Study Eksperimental Karakteristik Aliran Kincir Savonius*, Tugas Akhir. INSTITUT TEKNOLOGI MEDAN
3. Daryanto.Y. (2007) *Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. BALAI PPTAGG – UPT-LAGG. Yogyakarta,
4. Fujisawa Nobuyuki and Gotoh Futoshi. (1992) *Pressure measurements and flow visualization study of a Savonius rotor*,
5. Fleming P. D, S. D. Probert and D. (1985) *Tanton, Designs and Performances of Flexible and Taut Sail Savonius-Type Wind-Turbines*, *Applied Energy* 19 (97-110),
6. Gavald. JNA. Massons.J. and DiAz. F. (1989) *Experimental study on a self-adapting Darrieus-savonius wind machine*, *Solar & Wind Thecnology* Vol. 7. No. 4, pp. 457-461.
7. Menet. J.-L. (2004) *Adouble-step Savonius rotor for local production of electricity: a design study*, *Renewable Energy* 29 (2004) 1843–1862
8. Saiful Anwar. Moh, (2008) *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pada Stasiun Pengisian Accu Mobil Listrik*.