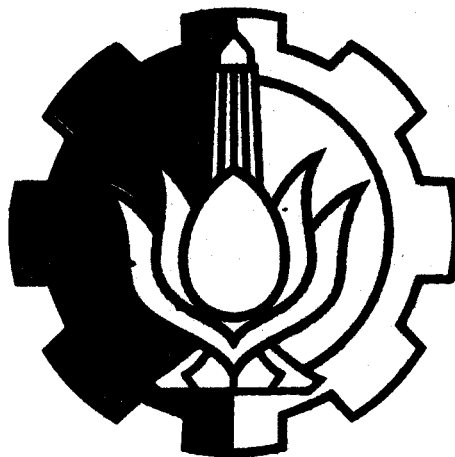


3100097008668

Anotasi

TUGAS AKHIR
KONVERSI ENERGI

**PERENCANAAN SUDU KINCIR ANGIN
PROFIL PELAT LINGKUNG UNTUK PENUAAN AIR
GARAM PADA INDUSTRI GARAM RAKYAT
DI SUMENEP**



RSM
624.453
Har
p-1
1996

Disusun oleh :

RADEN YUDI HARTONO

NRP : 2193.030.061

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996**

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	24 FEB 1997
Terima Dari	H
No. Agenda Fpp.	69/8

**PERENCANAAN SUDU KINCIR ANGIN
PROFIL PELAT LENGKUNG UNTUK PENUAAN AIR
GARAM PADA INDUSTRI GARAM RAKYAT
DI SUMENEP**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik Mesin**

Pada

Bidang Studi Konversi Energi

Program Studi Diploma III

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Heru Mirmanto

NIP. 132. 135. 223

SURABAYA

Oktober, 1996

ABSTRAKSI

Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) merupakan salah satu jawaban dari permasalahan krisis energi dewasa ini. Sebab energi angin merupakan sumber energi yang tidak akan pernah habis. Selain itu sumber energi ini terdapat dimana-mana dan tidak menimbulkan dampak negatif dan polusi terhadap lingkungan. Pada daerah-daerah terpencil dan pedesaan yang memiliki potensi angin cukup besar dapat dikembangkan suatu SKEA skala kecil sampai besar, dapat pula mengaplikasikan SKEA ke dalam teknologi tepat guna. Sebagai contoh SKEA dapat diaplikasikan untuk menggerakkan pompa air atau generator listrik. Dengan menggunakan kincir angin sebagai alat dimana sudu kincir angin memegang peranan penting yaitu bagian yang bertugas mengkonversikan energi kinetik angin menjadi energi mekanik pada poros. Oleh sebab itu sudu kincir angin perlu dirancang sebaik-baiknya agar didapatkan sudu kincir angin yang dapat digunakan untuk memompa air laut ke lahan pemukiman yang selanjutnya air laut dituakan untuk proses produksi garam pada industri garam rakyat yang direncanakan ditempatkan di desa Marengan kecamatan Kalianget kabupaten Sumenep.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul " Perencanaan Kincir Angin Profil Pelat Lengkung Untuk Penuaan Air Garam Pada Industri Garam Rakyat Di Sumenep ".

Laporan Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan akademik di Program Studi DIII Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini telah kami dapatkan segala bantuan dan informasi yang bermanfaat. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini kami sampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bpk. Dr. Ir. Soeharto, DEA selaku Kaprodi DIII Teknik Mesin FTI-ITS.
2. Bpk. Ir. Heru Mirmanto selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penyusun selama mengerjakan laporan ini.
3. Bpk. Ir. Edy Widiyono, Msc selaku koordinator Tugas Akhir.

4. Bpk. Ir. Sudarto selaku Kabag Pegaraman I/IV yang telah membantu dalam pengambilan data di PT. GARAM (Persero) Kalianget Madura.
5. Seluruh staf dan karyawan PT. GARAM (Persero) yang turut membantu penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu sampai terselesaikannya laporan ini.

Akhirnya demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini penyusun dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat dan memberikan tambahan wawasan pengetahuan bagi para pembaca.

Surabaya, Oktober 1996

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAKSI	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. POKOK PERMASALAHAN	4
1.3. BATASAN PERMASALAHAN	4
1.4. METODOLOGI PENULISAN	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. DASAR TEORI KINCIR ANGIN	7
2.1.1. CARA KERJA KINCIR ANGIN	7
2.1.2. TEORI MOMENTUM AKSIAL	8
2.1.3. DAYA, TORSI, DAN KECEPATAN	13
2.1.4. AIRFOIL	15
2.1.5. TEORI ELEMEN SUDU	20
2.2. DASAR PERHITUNGAN DAYA	29

2.3. TEORI PERHITUNGAN DATA ANGIN	33
2.3.1. DISTRIBUSI KECEPATAN DAN ARAH ANGIN	34
2.3.2. FREKUENSI KECEPATAN ANGIN	34
2.3.3. DISTRIBUSI PELUANG ARAH DAN KECEPATAN ANGIN	35
 BAB III. PEMILIHAN PARAMETER PERENCANAAN KINCIR ANGIN	
3.1. KECEPATAN ANGIN RATA-RATA	37
3.2. TIP SPEED RATIO (λ)	38
3.3. GEOMETRI SUDU	39
3.3.1. DISTRIBUSI CHORD (C)	39
3.3.2. DISTRIBUSI KETEBALAN SUDU	40
3.4. JUMLAH SUDU (B)	40
3.5. SOLIDITY (σ)	42
3.6. HUBUNGAN ANTARA TIP SPEED RATIO DENGAN JUMLAH SUDU	43
3.7. AIRFOIL	43
3.8. JARI-JARI KINCIR ANGIN	44
 BAB IV. PERHITUNGAN SUDU KINCIR ANGIN	
4.1. PERHITUNGAN JARI-JARI KINCIR ANGIN	45

4.2. RANCANGAN BENTUK SUDU KINCIR ANGIN	47
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. KESIMPULAN	55
5.2. SARAN	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN - LAMPIRAN	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Pemanfaatan energi angin dengan menggunakan kincir angin sebagai alat konversi energi sudah dikenal sejak ratusan tahun yang lalu. Di Eropa khususnya Belanda, mulai abad XII kincir angin telah digunakan sebagai penggerak pompa untuk sistem bendungan pada daerah-daerah pantai.

Namun sejak ditemukannya minyak bumi kecenderungan pemanfaatan energi angin untuk tata kehidupan manusia mulai menurun. Keadaan ini berlangsung hingga terjadinya krisis energi. Manusia mulai menyadari perlunya pengembangan pemanfaatan sumber energi non minyak termasuk pengembangan pemanfaatan energi angin.

Pemanfaatan sumber energi non minyak ini antara lain meliputi permasalahan sebagai berikut :

1. Pemanfaatan sumber energi non konvensional dan sumber energi yang dapat diperbaharui.
2. Penggunaan sistem konversi energi dengan efisiensi yang cukup tinggi.
3. Penggunaan sistem konversi energi yang sederhana.

Energi angin sebagai suatu sumber energi yang dapat diperbaharui sudah sepatutnya untuk dimanfaatkan sebaik-baiknya. Hal ini disebabkan adanya beberapa faktor yang mendorong pengembangan pemanfaatan energi angin, seperti :

1. Energi angin merupakan energi lokal yang tidak memerlukan berbagai bentuk pengadaan dan transportasi, sehingga sangat bermanfaat untuk daerah pedesaan.
2. Pengaruh teknologi pemanfaatan energi pada lingkungan, sejauh yang diketahui dewasa ini tidak mengganggu kelestarian lingkungan.

Apabila ditinjau pemanfaatan energi angin ini secara garis besar berorientasi pada kebutuhan energi lokal atau pedesaan. Hal ini menimbulkan pandangan bahwa teknologi energi angin ini tepat untuk dikembangkan di Indonesia, mengingat wilayah Indonesia terdiri dari banyak daerah pedesaan, yang potensi anginnya memadai.

Telah diketahui bersama angin merupakan sumber alam yang bisa diperbaharui yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Demikian juga kebutuhan garam untuk penggunaan sehari-hari sebagai penyedap masakan dan untuk keperluan industri juga sangat diperlukan. Dalam rangka pengembangan pemanfaatan energi angin penulis merasa perlu untuk merencanakan suatu kincir angin dengan geometri pelat lengkung karena konstruksinya yang relatif sederhana, yang memungkinkan pembuatan, pemeliharaan dan perbaikan dengan perawatan bengkel yang relatif sederhana pula sehingga kincir angin ini akan sangat bermanfaat apabila ditempatkan di daerah pedesaan, pulau kecil atau daerah terpencil

lainnya khususnya untuk pembuatan garam pada industri garam rakyat di Madura.

Oleh sebab itu penulis memberikan judul pada tugas akhir ini yaitu :

**" PERENCANAAN SUDU KINCIR ANGIN PROFIL PELAT LINGKUNG UNTUK
PENUAAN AIR GARAM PADA INDUSTRI GARAM RAKYAT DI SUMENEP "**

Seperti telah kita ketahui bersama angin adalah suatu gerakan udara yang disebabkan oleh gaya-gaya akibat putaran bumi, gravitasi dan pemanasan matahari pada permukaan bumi. Angin dalam pergerakannya menimbulkan energi kinetik karena mempunyai massa dan kecepatan tertentu. Dalam Sistem Konversi Energi Angin, energi kinetik angin kemudian dikonversikan oleh suatu sistem kincir angin untuk dijadikan energi mekanik sebagai penggerak poros, dengan menggunakan rotor atau sudu sebagai penangkap anginnya.

Apabila ditinjau struktur dari sistem ini, maka permasalahannya secara umum meliputi :

1. Bagian rotor atau sudu yang fungsinya sebagai penangkap angin dan meneruskannya ke poros.
2. Sistem transmisi daya poros untuk menghasilkan kerja berguna atau untuk konversi energi dalam bentuk lain, misalnya energi listrik.

Keduanya bertujuan mengkonversikan energi angin menjadi energi mekanis, yang nantinya mungkin dimanfaatkan langsung sebagai penggerak pompa, penggerak aerator atau generator listrik.

1.2. POKOK PERMASALAHAN

Untuk menjamin kesinambungan pemanfaatan energi angin, berbagai rancangan pembuatan rotor atau sudu sebagai penangkap angin terus dikembangkan dalam penelitian.

Dalam kesempatan ini penulis mencoba untuk merencanakan kincir angin sudu pelat lengkung. Dipilihnya geometri pelat lengkung sebagai sudu kincir angin karena konstruksinya sederhana yang memungkinkan pembuatan, pemeliharaan dan perbaikan dengan peralatan bengkel yang relatif sederhana. Hal ini akan sangat bermanfaat bila kincir angin ini diterapkan di daerah pedesaan seperti misalnya daerah pegaraman kaliangget madura. Yaitu kincir angin akan coba diterapkan untuk memompa air di lahan pemirihan untuk proses produksi pembuatan garam rakyat.

1.3. BATASAN PERMASALAHAN

Pada perencanaan sudu kincir angin ini perhitungan diarahkan untuk mendapatkan dimensi sudu kincir angin. Sedangkan perhitungan khusus untuk menghitung kekuatan konstruksi kincir angin tidak dilakukan.

Pada perencanaan sudu kincir angin, dimensinya didasarkan pada besarnya kecepatan angin dilokasi perencanaan yaitu desa Marengan kecamatan Kaliangget kabupaten Sumenep dan kebutuhan daya yang digunakan untuk memompa air laut ke lahan pemirihan.

1.4. METODELOGI PENULISAN

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini yaitu :

- Studi literatur.
- Surver data angin pada stasiun cuaca Pegaraman I/IV di PT.GARAM (Persero) Sumenep.
- Pengolahan data angin.
- Perhitungan.
- Kesimpulan dan Saran.

Adapun sistimatika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

□ BAB I PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, pokok permasalahan, batasan masalah, alasan pemilihan judul serta sistimatika penulisan.

□ BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang prinsip kerja kincir angin dan dasar teori yang digunakan untuk perhitungan sudu suatu kincir angin.

□ BAB III PEMILIHAN PARAMETER PERENCANAAN KINCIR ANGIN

Membahas tentang parameter-parameter perencanaan sudu kincir angin dan alasan- alasan pemilihannya.

□ BAB IV PERHITUNGAN SUDU KINCIR ANGIN

Membahas tentang perhitungan jari-jari kincir angin dan perhitungan untuk mendapatkan dimensi sudu kincir angin .

□ BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

□ DAFTAR PUSTAKA

□ LAMPIRAN-LAMPIRAN

BAB II

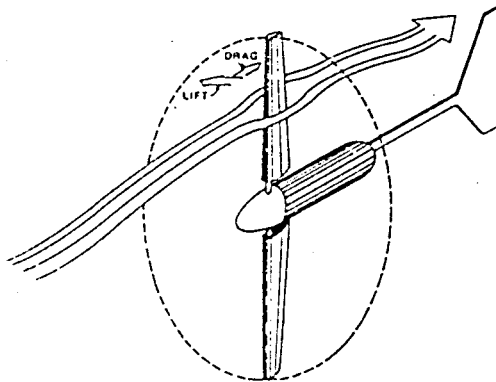
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. DASAR TEORI KINCIR ANGIN.

2.1.1. CARA KERJA KINCIR ANGIN.

Dalam kerjanya kincir angin mengkonversikan energi kinetik angin menjadi energi mekanis pada poros. Energi mekanis ini selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk memutar pompa air, generator, aerator dan lain-lain.

Bagian terpenting di dalam perubahan energi kinetik angin menjadi energi mekanik adalah rotor yang terdiri atas sudu-sudu. Sudu-sudu inilah yang menghasilkan gaya lift sehingga dapat menggerakkan rotor untuk berputar.



Gambar 2.1. Gaya lift pada sudu kincir angin

2.1.2. TEORI MOMENTUM AKSIAL.

Dengan teori ini dilakukan analisis untuk mengetahui unjuk kerja dari Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) ideal. Asumsi-asumsi dan ketentuan yang disyaratkan untuk kondisi kerja dari kincir angin ideal adalah sebagai berikut :

1. Aliran Incompressible.
2. Aliran Uniform.
3. Tidak terjadi putaran wake yang terjadi dibelakang rotor.
4. Jumlah sudu tak terhingga.
5. Tidak ada gaya drag yang terjadi ($C_d/C_l = 0$)
6. Tekanan udara jauh sebelum dan jauh sesudah meninggalkan sistem dianggap sama dengan tekanan sekeliling.
7. Kerapatan udara tetap.

Ada beberapa persamaan dasar yang akan digunakan dalam teori ini yaitu :

1. Kekekalan Massa.

Terjadi kekekalan massa selama angin melintasi sistem kincir angin

$$\rho_1 V_1 A_1 = \rho V_A X A = \rho_2 V_2 A_2 \dots \dots \dots (2.1)$$

2. Perubahan Momentum.

Terjadi gaya thrust (T_{thr}) pada rotor yang disebabkan perubahan momentum angin masuk dan meninggalkan sistem kincir angin.

$$T_{thr} = \rho A_1 V_1^2 - \rho A_2 V_2^2 \dots \dots \dots (2.2)$$

3. Perbedaan Tekanan.

Terjadi perbedaan tekanan antara kedua sisi rotor kincir angin, sisi depan (P_b) dan sisi belakang (P_c). Gaya thrust yang terjadi dapat juga dinyatakan dengan perbedaan tekanan antara P_b dan P_c dikalikan dengan luas rotor.

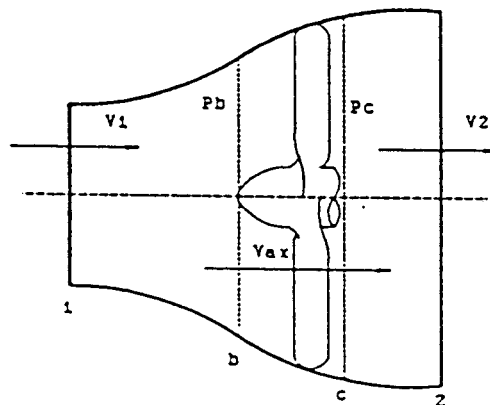
$$T_{thr} = (P_b - P_c)A \dots \dots \dots (2.3)$$

4. Mengabaikan Elevasi.

Menggunakan persamaan Bernoulli dengan mengabaikan faktor elevasi.

$$P + \rho gz + \frac{1}{2} \rho V^2 = \text{konstan}$$

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 = \text{konstan} \dots \dots \dots (2.4)$$



Gambar 2.2. Notasi pada teori momentum aksial

Dari gambar 2.2 di atas dengan menggunakan persamaan Bernoulli antara titik 1 dengan titik b di dapat :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = P_b + \frac{1}{2}\rho V_{AX}^2 \dots \dots \dots (2.5)$$

Untuk titik c dan 2 di dapat :

$$P_c + \frac{1}{2}\rho V_{AX}^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 \dots \dots \dots (2.6)$$

Dari kedua persamaan Bernoulli ini dapat dicari beda tekanan antara titik b dan c, dengan mengeliminasi faktor-faktor yang sama.

$$P_b - P_c = \frac{1}{2}\rho (V_1^2 - V_2^2) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dan gaya Thrust pada persamaan 2.3 dapat diubah menjadi :

$$T_{thr} = \frac{1}{2}\rho A (V_1^2 - V_2^2) \dots \dots \dots (2.8)$$

Persamaan momentum dapat diubah menjadi persamaan berikut dengan prinsip kekekalan massa .

$$T_{thr} = \rho A V_{AX} (V_1 - V_2) \dots \dots \dots (2.9)$$

Dari persamaan (2.8) dan (2.9) akan didapat hubungan antara V_1 dan V_2 dengan V_{AX} , yaitu :

$$V_{AX} = \frac{1}{2}(V_1 + V_2) \dots \dots \dots (2.10)$$

Besarnya V_{AX} lebih kecil dari dari V_1 , hal ini disebabkan adanya "Induced Velocity" yaitu sebagian vektor kecepatan angin yang melewati rotor kincir dan tidak dimanfaatkan untuk memutar sudu. Besarnya faktor ini dilambangkan dengan a . Maka secara matematis besarnya V_{AX} dapat dinyatakan sebagai :

$$V_{AX} = (1 - a)V_1 \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.11 dan 2.10 maka di dapat :

$$V_2 = V_1(1 - 2a) \dots \dots \dots (2.12)$$

Daya yang dihasilkan kincir angin adalah perubahan energi kinetik dan massa aliran udara yang melalui luasan rotor. Dapat dituliskan :

$$N = \frac{1}{2}\rho A V_{AX} (V_1^2 - V_2^2) \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan memasukkan persamaan 2.11 dan 2.12 maka persamaan daya menjadi :

$$N = 4a(1 - a)^2 \frac{1}{2}\rho A V_1^3 \dots \dots \dots (2.14)$$

Pada persamaan 2.14 tampak bahwa daya yang dihasilkan rotor merupakan fungsi kuadrat dari faktor induksi aksial. Maka untuk mendapatkan harga daya maksimal yang dihasilkan oleh rotor. Secara teoritis harga $\frac{dN}{da}$ harus sama dengan nol.

$$\frac{dN}{da} = \frac{d}{da} \left[4a(1-a)^2 \frac{1}{2} \rho A V_1^3 \right] = 0 \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

Dari persamaan 2.15 akan di dapat harga a untuk daya maksimum, yaitu pada $a=1/3$.

Jika nilai a ini disubstitusikan ke persamaan 2.14 didapatkan :

$$N_{maks} = \frac{161}{272} \rho A V_1^3 \quad \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

N_{maks} = Daya maksimum ideal teoritis kincir angin (Watt)

ρ = Density udara (kg/m^3)

A = Luas bidang putar sudu kincir angin (m^2)

V_1 = Kecepatan udara bebas (m/dt)

Bila dibandingkan dengan daya yang dapat diberikan oleh angin (N) yang besarnya :

$$N = \frac{1}{2} \rho A V_1^3 \quad \dots\dots\dots(2.17)$$

Maka daya yang dihasilkan oleh suatu SKEA secara ideal hanya sebesar 0,593 dari jumlah energi yang dimiliki oleh angin dapat dimanfaatkan menjadi energi mekanik. Jadi efisiensi maksimum suatu kincir angin adalah sebesar 59,3 %¹.

2.1.3. DAYA, TORSI, DAN KECEPATAN.

Suatu sudu kincir angin dapat berputar disebabkan adanya komponen gaya angkat pada permukaan airfoil sudu saat angin melaluinya. Komponen gaya angkat ini merupakan gaya tangensial sudu yang mempunyai jarak (lengan) tertentu terhadap sumbu putar.

Hasil kali antara gaya tangensial dengan lengan sering disebut torsi (T). Seandainya sudu ini berputar dengan kecepatan tertentu (Ω), maka daya (N) yang timbul sebesar :

$$N = T.\Omega \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana : T = Torsi (Nm)

N = Daya (Watt)

Ω = Kecepatan sudut (rad/dt)

Telah dibahas sebelumnya bahwa energi kinetik yang dimiliki angin tidak seluruhnya dapat dikonversikan menjadi gaya mekanik. Dengan demikian telah terjadi

¹ Daniel V Hunt, WIND POWER, HAL 107

kerugian daya sehingga daya mekanis yang sesungguhnya dihasilkan oleh rotor kincir angin menjadi lebih kecil dari daya angin.

Perbandingan antara daya mekanis yang dihasilkan dengan daya yang dimiliki angin disebut dengan koefisien daya (C_p)², dapat ditulis :

$$C_p = \frac{N_{mek}}{\frac{1}{2}\rho A V^3} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana : N_{mek} = Daya mekanis ideal kincir angin (Watt)

ρ = Density udara (Kg/m^3)

A = Luas bidang putar sudu kincir angin (m^2)

V = Kecepatan udara bebas (m/dt)

C_p = Koefisien daya sudu kincir angin

Hal tersebut terjadi pula pada torsi yang dihasilkan, sehingga koefisien torsinya adalah

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2}\rho A V^2 R} \dots\dots\dots(2.20)$$

Jika didefinisikan bahwa Tip Speed Ratio (λ) adalah perbandingan antara kecepatan linear rotor dengan kecepatan angin sebelum mengenai sudu, maka Tip Speed Ratio secara matematis dapat ditulis menjadi :

² Ibid, hal. 104

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{V} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

V = Kecepatan angin sebelum mengenai sudu (m/dt)

R = Jari-jari Sudu (m)

ω = Kecepatan putaran sudu (rad/dt)

Maka dengan mensubstitusikan persamaan-persamaan 2.20 dan 2.21 ke persamaan 2.19 didapat :

$$C_p = C_T \cdot \lambda \dots\dots\dots(2.22)$$

2.1.4. AIRFOIL

Sudu suatu kincir angin sering kali berpenampang airfoil, tetapi adakalanya sudu ini memiliki profil pelat lengkung yang merupakan penyederhanaan dari bentuk airfoil.

Pada gambar 2.3 dapat dilihat bahwa ketika udara mengalir melalui suatu bentuk airfoil terbentur oleh hidung (nose) dari air foil sehingga terpecah di titik a. Angin tersebut melintasi lintasan yang berbeda dan sampai di titik b dalam waktu yang sama. Lintasan punggung dari airfoil lebih panjang sehingga di daerah ini kecepatan angin lebih cepat dibandingkan dengan daerah bawah (perut) airfoil. terjadinya perbedaan kecepatan ini akan menimbulkan perbedaan tekanan. Tekanan pada perut airfoil lebih besar dari tekanan pada punggung airfoil sehingga terjadilah gaya angkat

(Lift) yang arahnya tegak lurus terhadap aliran udara. Disamping itu juga terjadi gaya tahan (Drag) yang searah dengan aliran.

Gaya angkat yang terjadi secara umum dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Kecepatan relatif airfoil dan udara (V)

Semakin tinggi kecepatan aliran fluida melintasi airfoil maka semakin besar perbedaan tekanan yang terjadi di bagian atas dan bagian bawah airfoil. Akibatnya gaya angkat yang ditimbulkan juga semakin besar.

2. Luas airfoil (A)

Semakin luas airfoil yang dipakai, akan semakin besar gaya angkat yang terjadi.

3. Density udara (ρ)

Semakin besar density udara (rapat massa) udara yang mengalir maka semakin besar gaya yang terjadi.

4. Sudut antara penampang Airfoil dengan aliran udara (α)

Biasa dikenal dengan istilah Angle of Attack (A_oA). Sudut serang yang lebih besar akan memberikan gaya angkat yang semakin besar pula.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa besar masing-masing gaya angkat dan gaya hambat dapat dirumuskan secara matematis³ :

$$L = Cl \frac{1}{2} \rho V^2 A \dots\dots\dots(2.23)$$

³ FOX, Introduction To Fluid Mechanic, Hal. 425

$$D = C_d \frac{1}{2} \rho V^2 A \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

L = Gaya angkat (Lift)

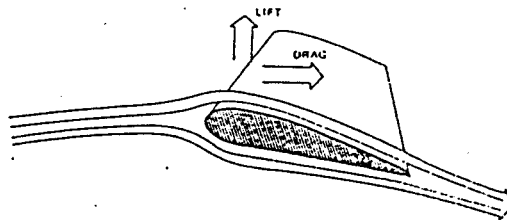
D = Gaya tahan (Drag)

ρ = Density fluida

V = Kecepatan relatif fluida

A = Luas permukaan airfoil

C_l, C_d = Koefisien gaya angkat dan gaya hambat yang dipengaruhi oleh sudut serang



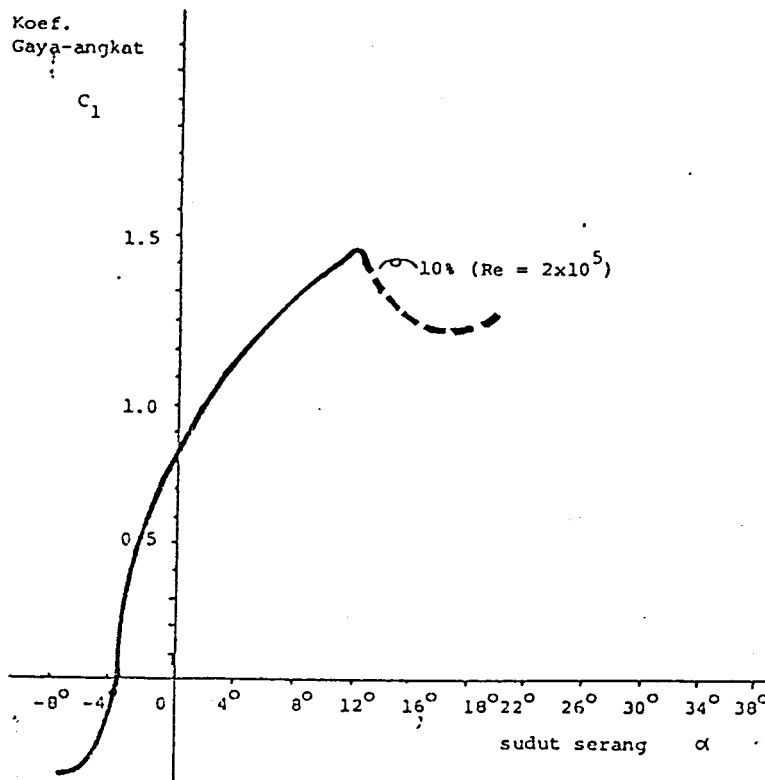
2.3. Gaya angkat dan gaya tahan pada airfoil

Dari uraian di muka telah diketahui bahwa koefisien gaya angkat mempengaruhi besarnya gaya angkat, padahal diketahui pula bahwa harga koefisien dipengaruhi garis serangnya.

Setiap bentuk airfoil selalu memiliki karakteristik aerodinamik yang khas. Oleh sebab itu beberapa badan yang berwenang dalam bidang ini telah meneliti hal tersebut. Hasil penelitian mereka cetuskan ke dalam bentuk grafik koefisien gaya angkat terhadap sudut serang .

Sebagai contoh marilah kita tinjau profil airfoil pelat lengkung 10 %. Perhatikan grafik C_l - α pada gambar 2.4 di bawah⁴.

Dari grafik tersebut kita melihat bahwa pada daerah tertentu koefisien gaya angkat mempunyai perbandingan yang tetap dengan sudut serangnya. Semakin besar sudut serang semakin tinggilah koefisien gaya angkatnya.



Gambar 2.4. Kurva C_l - α untuk pelat lengkung 10% pada $Re = 2 \times 10^5$

Perubahan koefisien gaya angkat terhadap sudut serang pada grafik diatas dinyatakan dengan kemiringan kurva. Semakin miring kurva semakin besarlah perubahan gaya angkat terhadap perubahan sudut serangnya.

⁴ Majalah LAPAN No. 22, 1981 Hal 54

Sampai sudut serang tertentu koefisien gaya angkat maksimal akan dicapai. Sedikit lebih besar dari $Cl - \alpha_{\max}$ ini, airfoil akan kehilangan gaya angkatnya.

Disamping kurva $Cl - \alpha$, kurva $Cd - Cl$ merupakan kurva karakteristik lain dari suatu airfoil. Koefisien gaya tahan (Cd) sebenarnya terdiri dari dua komponen, yaitu⁵ :

$$Cd = Cd_o + Cd_{Terinduksi}$$

Dimana :

Cd_o = Koefisien gaya tahan yang disebabkan adanya gesekan udara pada kulit permukaan airfoil yang dipengaruhi bentuk airfoil.

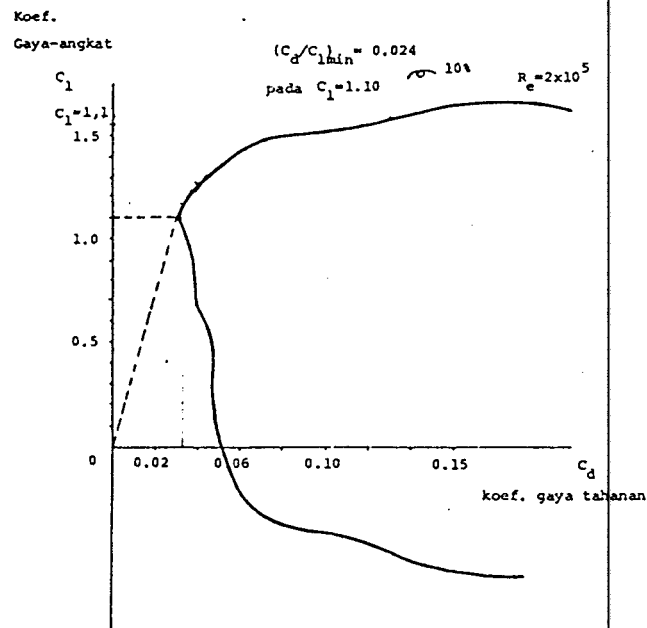
$Cd_{Terinduksi}$ = Koefisien gaya tahan yang timbul setelah air foil menghasilkan gaya angkat dan besarnya dipengaruhi oleh aspek ratio airfoil dan gaya angkat.

Hubungan koefisien gaya tahan terhadap koefisien gaya angkat pada profil pelat lengkung 10 % dan dilihat pada gambar 2.5⁶.

Untuk mendapatkan hasil perencanaan sudu terbaik dipilih sudut serang yang menghasilkan gaya angkat maksimum dengan cara memplotkan besarnya gaya angkat dari kurva $Cd - Cl$ untuk nilai minimum. Selanjutnya dengan pertolongan kurva $Cl - \alpha$ akan diperoleh harga sudut serang yang diinginkan.

⁵ Budi Atmoko, Merancang, Membuat dan Menerbangkan pesawat model, 1991 Hal 24

⁶ Majalah LAPAN No. 22, 1981 Hal. 53



Gambar 2.5. Polar diagram C_l - C_d dari pelat lengkung 10% pada $Re = 2 \times 10^5$

2.1.5. TEORI ELEMEN SUDU

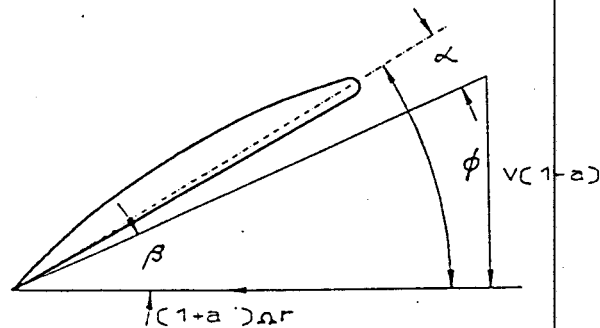
Pada teori momentum aksial yang telah dibahas dimuka, telah didapatkan hubungan antara luasan sudu kincir angin dengan daya yang dihasilkan. Tetapi beberapa parameter perencanaan seperti jumlah sudu, lebar sudu, sudut serang dan sudut puntir belum disinggung sama sekali. Untuk mengetahui pengaruh parameter-parameter tersebut dikembangkanlah suatu teori yang biasa disebut Teori Elemen Sudu (Blade Elemen Teori)⁷.

1. Efek sudut puntir (Twist) pada kemampuan suatu sudu.

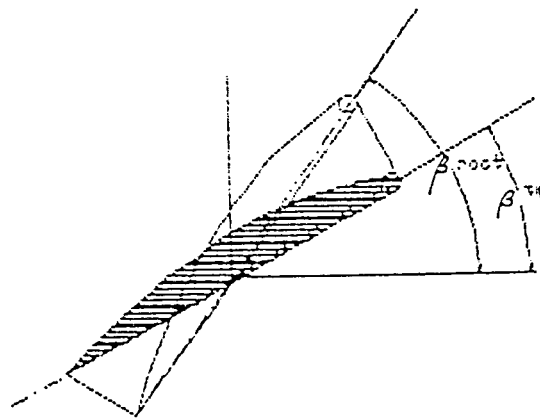
Seperti telah diuraikan pada bahasan mengenai airfoil, bahwa sudu kincir angin mempunyai sudut serang tertentu terhadap arah datangnya angin. Sudut serang

⁷ Daniel V Hunt, WIND POWER, Hal. 120

ini ditentukan sedemikian rupa sehingga menghasilkan daya angkat terbaiknya. Sudu kincir angin berputar disebabkan gaya angkat pada permukaan sudu ketika udara dengan kecepatan tertentu melaluinya, seperti gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6. Vektor kecepatan pada elemen sudu



Gambar 2.7. Perbedaan sudut twist di bagian tepi dan akar sudu

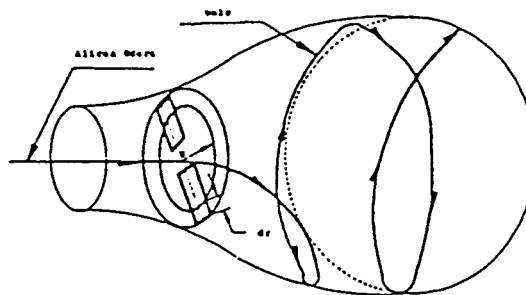
Ketika sudu kincir angin berputar dengan kecepatan sudut tertentu terjadi perbedaan kecepatan linear disepanjang sudu. Kecepatan di bagian tepi (tip) relatif lebih besar dibandingkan dengan di bagian akar (root). Akibatnya gaya angkat yang terjadi disepanjang tersebar tidak merata.

Untuk mendapatkan gaya angkat yang merata disepanjang sudu yaitu dengan cara mengatur besarnya sudut serang efektif pada tiap titik disepanjang sudu berbeda-beda, dimana bagian akar mempunyai sudut serang efektif yang lebih besar daripada di bagian tepi. Konsekuensinya didapatkan bahwa besarnya sudut puntir β (Twist) di bagian akar lebih besar dan di bagian tip lebih kecil.

2. Efek putaran wake (Olakan)

Pada teori momentum aksial telah diasumsikan bahwa tidak terjadi putaran wake di sekitar sudu-sudu kincir angin. Tetapi pada kenyataan sesungguhnya untuk mencari dimensi geometri sudu efek dari putaran wake ini tidak dapat diasumsikan begitu saja, Karena wake merupakan penyebab kerugian daya.

Terjadinya putaran wake dapat dimengerti dari gambar di bawah ini



Gambar 2.8. Sketsa terjadinya putaran wake

Sudu-sudu dialiri udara dari arah tegak lurus bidang putar, selanjutnya aliran udara akan berbelok yang disebabkan bentuk sudu dan torsi yang diberikan sudu. Maka udara setelah melalui rotor akan berputar berlawanan dengan arah

putaran rotor. Sehingga pada permukaan airfoil sudu-sudu terjadi aliran singkat yang mengakibatkan turunnya perbedaan tekanan pada kedua permukaan tersebut. Akibatnya gaya angkat (lift) yang dihasilkan sudu-sudu akan turun.

Analisa lebih lanjut dari akibat putaran wake disajikan di bawah ini. Perhatikan sekali lagi gambar diatas, luas elemen cincin yang berjari-jari r dan ketebalannya dr adalah $2\pi r dr$. Akibat adanya putaran wake maka kecepatan anguler relatif akan bertambah menjadi $\Omega + \omega$, dimana Ω dan ω masing-masing adalah kecepatan anguler rotor dan kecepatan anguler angin.

Dengan menggunakan persamaan Bernoulli, pada sisi sebelum dan sesudah melalui rotor didapatkan :

$$P_b + \frac{1}{2}\rho(\Omega r)^2 = P_c + \frac{1}{2}\rho((\Omega + \omega)r)^2$$

$$P_b - P_c = \rho\left(\Omega + \frac{\omega}{2}\right)\omega r^2 \dots\dots\dots(2.25)$$

Elemen gaya Thrust adalah perbedaan tekanan dikalikan luasan cincin rotor :

$$dT_{thr} = \rho\left(\Omega + \frac{\omega}{2}\right)\omega r^2 2\pi r dr \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan memasukkan faktor induksi tangensial a' (lihat gb.2.6) yang besarnya⁸ :

⁸ Daniel V Hunt, WIND POWER, Hal. 120

$$a' = \frac{\omega}{2\Omega} \dots\dots\dots(2.27)$$

Persamaan 2.26 dapat di tulis menjadi :

$$dT_{thr} = 4a'(1 + a')\frac{1}{2}\rho\Omega^2 r^2 2\pi r dr \dots\dots\dots(2.28)$$

Telah dibahas bahwa gaya thrust yang terjadi dapat diketahui dari persamaan berikut :

$$T_{thr} = \frac{1}{2}\rho A (V_1^2 - V_2^2) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan memasukkan faktor induksi aksial a dan $V_2 = V_1 (1-2a)$, $V_1 = V$ serta $A = 2\pi r dr$, maka persamaan 2.8 dapat dirubah menjadi persamaan berikut :

$$dT_{thr} = 4a(1 - a)\frac{1}{2}\rho V^2 2\pi r dr \dots\dots\dots(2.29)$$

Sedangkan torsi yang terjadi adalah sama dengan momentum angular dan wake, yaitu⁹ :

$$dT = \rho V_{AX} r \omega r^2 \pi r dr \dots\dots\dots(2.30)$$

Bila $V_{AX} = V (1-a)$ dan faktor induksi tangensial a' dimasukkan ke dalam persamaan 2.30 akan di dapat :

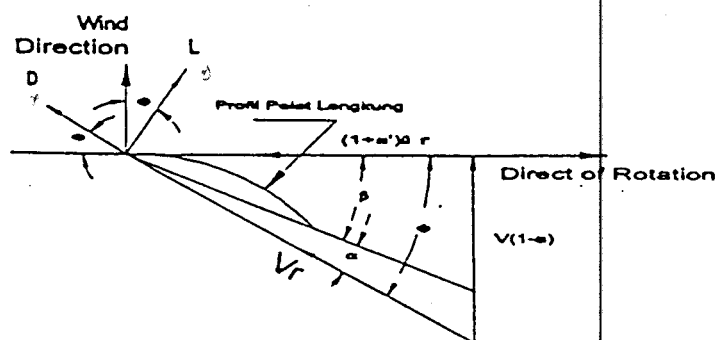
$$dT = 4a'(1 - a')\frac{1}{2}\rho\Omega V r^2 2\pi r dr \dots\dots\dots(2.31)$$

⁹ Daniel V Hunt, WIND POWER, Hal. 120

3. Teori Elemen Sudu

Pada teori momentum aksial dan teori efek putaran wake seperti yang telah dibahas sebelumnya masih belum terlihat parameter perencanaan yang berhubungan langsung dengan dimensi sudu kincir angin. Pada pembahasan teori elemen sudu ini akan kita dapatkan persamaan yang berhubungan langsung dengan dimensi sudu kincir angin. Yaitu dengan menggabungkan kedua teori sebelumnya dengan teori elemen sudu.

Secara umum teori ini adalah menghitung gaya-gaya (Drag dan Lift) yang terjadi pada suatu potongan penampang airfoil (elemen) sudu kincir angin. Kemudian mengintegrasikan sepanjang sudu, selanjutnya dikalikan dengan jumlah sudu yang ada pada suatu rotor kincir angin untuk mendapatkan gaya thrust dan torsinya.



Gambar 2.9. Notasi teori elemen sudu

Notasi yang dipakai dalam analisis ini dapat dilihat pada gambar di atas, sedangkan elemen gaya angkat dan gaya hambat yang terjadi pada elemen sudu diambil dari persamaan 2.23 dan 2.24, selanjutnya ditulis ulang menjadi :

$$L = Cl \frac{1}{2} \rho V r^2 C dr \dots \dots \dots (2.32)$$

$$D = Cd \frac{1}{2} \rho V r^2 C dr \dots \dots \dots (2.33)$$

Dimana :

C = Panjang tali busur pada elemen sudu

V_r = Kecepatan relatif udara.

Lihat gambar 2.9 diatas, arah putaran sudu kincir angin adalah sejajar dengan sumbu x dan gaya angkat sejajar dengan sumbu y.

Bila gaya-gaya yang bekerja pada elemen sudu diuraikan menurut sumbu y dan sumbu x, akan kita dapatkan gaya thrust dan torsi :

$$dT_{thr} = (dL \cos \phi + Cd \sin \phi) \dots \dots \dots (2.34)$$

$$dT = (dL \sin \phi - Cd \cos \phi) \dots \dots \dots (2.35)$$

Pada rotor yang mempunyai jumlah sudu B dan dengan memasukkan persamaan 3.32 dan persamaan 3.33 maka besarnya gaya thrust dan torsi menjadi :

$$dT_{thr} = (dL \cos \phi + Cd \sin \phi) \frac{1}{2} \rho V_r^2 C B dr \dots \dots \dots (2.36)$$

$$dT = (dL \sin \phi - Cd \cos \phi) \frac{1}{2} \rho V_r^2 C B dr \dots \dots \dots (2.37)$$

Dari gambar 2.9 besarnya sudut tanφ adalah :

$$\tan \phi = \frac{(1 - a)V}{(1 + a')\Omega R} = \frac{(1 - a)}{(1 + a')\lambda r} \dots \dots \dots (2.38)$$

Sedangkan besarnya V_r adalah

$$V_r = \frac{(1-a)V}{\sin \phi} = \frac{(1+a')\Omega r}{\cos \phi} \dots\dots\dots(2.39)$$

Dan juga jika lokal Solidity Ratio (σ) didefinisikan¹⁰:

$$\sigma = \frac{BC}{2\pi r} \dots\dots\dots(2.40)$$

Jika persamaan 2.38, 2.39, dan 2.40 dimasukkan ke dalam persamaan 2.36 dan 2.37 akan didapatkan :

$$dT_{thr} = (1-a)^2 \frac{\sigma Cl \cos \phi}{\sin^2 \phi} \left[1 + \frac{Cd}{Cl} \tan \phi \right] \frac{1}{2} \rho V^2 2\pi r dr \dots\dots\dots(2.41)$$

$$dT = (1+a')^2 \frac{\sigma Cl \sin \phi}{\cos^2 \phi} \left[1 - \frac{Cd}{Cl \tan \phi} \right] \frac{1}{2} \rho \Omega^2 r^2 2\pi r^2 dr \dots\dots\dots(2.42)$$

Dengan mengkombinasikan persamaan 2.41 dengan 2.29 dan persamaan 2.42 dengan 2.31 akan didapat persamaan :

$$\frac{4a}{1-a} = \frac{\sigma Cl \cos \phi}{\sin^2 \phi} \left[1 + \frac{Cd}{Cl} \tan \phi \right] \dots\dots\dots(2.43)$$

$$\frac{4a'}{1+a'} = \frac{\sigma Cl}{\cos \phi} \left[1 - \frac{Cd}{Cl \tan \phi} \right] \dots\dots\dots(2.44)$$

¹⁰Clancy, Aerodynamic, Hal. 565

Karena besarnya Cd/C_l adalah minimum persamaan 2.43 dan 2.44 dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{4a}{1-a} = \frac{\sigma C_l \cos \phi}{\sin^2 \phi} \dots\dots\dots(2.45)$$

$$\frac{4a'}{1+a'} = \frac{\sigma C_l}{\cos \phi} \dots\dots\dots(2.46)$$

Sedangkan hubungan antara a dengan a' adalah sebagai berikut¹¹ :

$$a' = \frac{1-3a}{4a-1} \dots\dots\dots(2.47)$$

Jika persamaan 2.47 disubstitusikan ke dalam persamaan 2.46 kemudian dirupakan fungsi a . Selanjutnya fungsi a , ini disubstitusikan ke dalam persamaan 2.45 akan diperoleh :

$$\sigma C_l = 4(1 - \cos \phi) \dots\dots\dots(248)$$

Dengan mensubstitusikan Lokal Solidity Ratio (persamaan 2.40) ke dalam persamaan 2.48 di atas akan didapatkan :

$$C = \frac{8\pi r}{B.C_l} (1 - \cos \phi) \dots\dots\dots(2.49)$$

¹¹ Daniel V Hunt, WIND POWER, Hal. 121

Persamaan diatas dapat digunakan untuk mencari panjang tali busur (C) terhadap tiap-tiap elemen sudu berjarak r dari pusat. Sedangkan besarnya sudut ϕ pada persamaan di atas menurut jansen, WAM adalah sebesar¹² :

$$\phi = \frac{2}{3} \arctan (1 - \cos \phi) \dots \dots \dots (2.50)$$

Dengan besarnya λ_r pada persamaan (2.50) menurut jansen, WAM pula adalah sebesar :

$$\lambda_r = \lambda \frac{r}{R} \dots \dots \dots (2.51)$$

Dari gambar 2.9 besarnya sudut β adalah :

$$\beta = \phi - \alpha \dots \dots \dots (2.52)$$

2.2. DASAR PERHITUNGAN DAYA

Besarnya daya poros yang dihasilkan oleh rotor kincir angin dapat ditulis sebagai berikut¹³ :

$$P_k = C_p \times 0,5 \times \rho_u \times V^3 \times \pi \times R^2 \dots \dots \dots (2.53)$$

¹² Harijono Djodihardjo, Wind Energy Sistem, Hal. 514

¹³ Majalah LAPAN No. 67, 1993 Hal. 41

Dimana : P_k = Daya kincir angin (Watt)

C_p = Koefisien daya Rotor

ρ_u = Massa jenis udara ($\approx 1,2 \text{ Kg/m}^3$)

V = Kecepatan angin (m/dt)

R = Jari-jari Rotor (m)

Dalam keadaan stasioner, besarnya daya poros dari kincir angin ini harus sama dengan besarnya daya mekanis untuk menggerakkan pompa. Jadi persamaannya :

$$P_{\text{kincir}} = P_{\text{mekanik pompa}} \dots\dots\dots(2.54)$$

Daya mekanis pompa torak dapat dinyatakan sebagai :

$$P_{\text{Kincir}} = \frac{P_{\text{hidrolis}}}{\eta_P} \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana : P_{hidrolis} = Daya yang digunakan untuk memompa air tanpa gesekan yang mencakup daya mekanis.

η_p = Effisiensi pompa

Adapun daya hidrolis dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{\text{Hidrolis}} = \rho_w \times g \times H \times q \dots\dots\dots(2.56)$$

Dimana : ρ_w = Massa jenis air laut (=1025 Kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (=9,81 m/dt²)

H = Tinggi pemompaan (m)

q = Jumlah air yang dipompakan (m³/dt)

Dan besarnya q dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$q = \frac{Q \times n}{i} \dots\dots\dots(2.57)$$

Dimana : Q = Volume air yang dipompakan per siklus pemompaan

n = Jumlah putaran rotor per detik (rps)

i = Angka transmisi

Kemudian besarnya Q dihitung dengan persamaan :

$$Q = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times s \dots\dots\dots(2.58)$$

Dimana : d = Diameter silinder pompa (m)

s = Panjang langkah torak (m)

Jadi persamaan 2.56 dapat ditulis menjadi :

$$P_{Hidrolis} = \rho_w \times g \times H \times \left(s \times \frac{\pi}{4} \times d^2 \times \frac{n}{i} \right) \dots\dots\dots(2.59)$$

Adapun putaran rotor diperoleh dengan hubungan sebagai berikut :

$$n = \frac{30 \times \lambda \times V}{\pi \times R} \quad (rpm) \dots \dots \dots (2.60)$$

$$n = \frac{\lambda \times V}{2 \times \pi \times R} \quad (rps) \dots \dots \dots (2.61)$$

Dimana : n = Putaran rotor

λ = Ratio kecepatan ujung (Tip Speed Ratio)

V = Kecepatan angin rata-rata (m/dt)

R = Jari-jari rotor (m)

Agar dapat memompa air maka daya yang dimiliki oleh kincir angin harus lebih besar dari daya yang digunakan untuk pemompaan, sehingga persamaan 2.55 menjadi :

$$P_{Kincir} > \frac{P_{Hidrolis}}{\eta_P} \dots \dots \dots (2.62)$$

Dengan memasukkan persamaan 2.53, 2.59 dan 2.61 kedalam persamaan 2.62 akan didapat jari-jari kincir angin yaitu :

$$C_p \times 0,5 \times \rho_u \times V^3 \times \pi \times R^2 \times \eta_P > \rho_w \times g \times H \times s \times \frac{d^2 \lambda V}{4Ri}$$

$$R^3 > \frac{\rho_w \times g \times H \times s \times d^2 \times \lambda}{4C_p \times \rho_u \times V^2 \times \pi \times \eta_P \times i} \dots\dots\dots (2.63)$$

2.3. TEORI PERHITUNGAN DATA ANGIN

Data angin sangat besar pengaruhnya dalam perencanaan sudu kincir angin. Untuk memperoleh informasi data angin dapat diperoleh dari stasiun meteorologi dan geofisika terdekat dari rencana lokasi penempatan kincir angin.

Berdasarkan survey langsung di lokasi rencana penempatan kincir angin yang terletak di Kabupaten Sumenep tepatnya di desa Marengan didapatkan kenyataan bahwa lokasi merupakan kawasan pembikinan garam rakyat yang jauh dari bangunan dan pohon- pohon tinggi, sehingga tidak ada gangguan terhadap arah dan besarnya kecepatan angin.

Oleh sebab itu data angin permulaan tahun 1995 dari stasiun cuaca pegaraman I/IV milik PT. GARAM (Persero) Sumenep dapat mewakili keadaan sesungguhnya di desa Marengan Sumenep.

Untuk memperoleh gambaran potensi angin, dari data angin yang ada selanjutnya diolah dan akan digambarkan :

1. Distribusi kecepatan dan arah angin rata-rata dan kecepatan maksimum perbulan.
2. Distribusi relatif arah angin.
3. Distribusi peluang arah dan kecepatan angin.
4. Frekuensi kecepatan angin.

2.3.1. DISTRIBUSI KECEPATAN DAN ARAH ANGIN.

Untuk menyusun diagram kecepatan dan arah angin digunakan rumus sebagai berikut :

1. Kecepatan angin rata-rata.

$$V = \frac{\sum Vi}{N} \dots\dots\dots(2.64)$$

Dimana : V = Kecepatan rata-rata tiap bulan

Vi = Kecepatan tiap hari

N = Jumlah hari

2. Distribusi arah angin rata-rata.

Distribusi arah angin rata-rata adalah arah angin yang paling banyak terjadi selama waktu pengamatan.

2.3.2. FREKUENSI KECEPATAN ANGIN

Frekuensi kecepatan angin menyatakan distribusi jumlah hari berlangsungnya kecepatan angin tertentu per tahun, dinyatakan sebagai prosentase terhadap jumlah hari pengamatan selama setahun.

Untuk memperoleh frekuensi kecepatan angin dipergunakan rumus :

$$P(V) = \frac{T(V)}{\Sigma T(V)} \times 100\% \dots \dots \dots (2.65)$$

Dimana : P(V) = Kemungkinan bertiupnya angin dengan kecepatan V.

T(V) = Jumlah hari bertiupnya angin dengan kecepatan V per tahun.

ΣT(V) = Jumlah hari pengamatan per tahun.

2.3.3. DISTRIBUSI PELUANG ARAH DAN KECEPATAN ANGIN

Informasi ini berguna untuk menentukan arah dan kecepatan angin utama, untuk mempertimbangkan orientasi suatu kincir angin yang rotornya mempunyai kedudukan arah yang tetap. Harga prosentasi frekuensi komutatif range kecepatan dengan arah tertentu didefinisikan oleh rumus :

$$P(> V) = \frac{T(> V)A}{\Sigma T(> V)A} \times 100\% \dots \dots \dots (2.66)$$

Dimana :

T(>V)A = Jumlah jam komulatif kecepatan V, dibanding dengan arah A per tahun.

ΣT(>V)A = Jumlah total jam komulatif kecepatan V, dilampaui dengan arah A selama waktu pengamatan.

P(>V) = Prosentase frekuensi komulatif range kecepatan dengan arah tertentu.

BAB III

PEMILIHAN PARAMETER

PERENCANAAN KINCIR ANGIN

Adanya variasi-variasi pada berbagai jenis Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) menyebabkan unjuk kerja yang dihasilkan oleh suatu kincir angin akan berbeda-beda. Variasi-variasi ini disebabkan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi hasil perencanaan suatu kincir angin. Faktor-faktor perencanaan ini selanjutnya disebut sebagai parameter perencanaan kincir angin.

Sehingga untuk memanfaatkan energi angin melalui suatu SKEA sebaiknya diketahui lebih dahulu karakteristik kerja dari alat-alat atau pesawat yang akan digerakkan sehingga dengan adanya karakteristik kerja yang sesuai antara kincir angin yang dikehendaki dengan alat yang digerakkan akan didapatkan hasil yang memuaskan. Namun dengan adanya variasi-variasi itu pula, sehingga memungkinkan untuk pemanfaatan energi angin dalam berbagai kebutuhan.

Bertitik tolak pada hal-hal di atas, maka pemilihan parameter perencanaan SKEA perlu dilakukan. Oleh sebab itu perlu diketahui sifat-sifat dan pengaruh parameter-parameter itu terhadap karakteristik kincir angin.

3.1. KECEPATAN ANGIN RATA-RATA

Kecepatan angin rata-rata penting artinya dalam perencanaan suatu SKEA, karena dengan ini akan dapat diestimasi beban perencanaan dan daya keluar rata-rata yang hendak dihasilkan. Disamping itu perlu juga diketahui bagaimana karakteristik angin bertiup, distribusi kecepatan angin sepanjang tahunnya. Maka dari itu survey potensi angin dilakukan untuk mendapatkan data di atas.

Dari survey data angin yang telah dilakukan di desa Marengan-Kalianget dan setelah dilakukan perhitungan-perhitungan menurut persamaan 2.64 terhadap data yang didapatkan dari stasiun cuaca Pegaraman I/IV PT. GARAM (Persero) Sumenep dibuatkan tabel berikut (tabel 3.1)

TABEL 3.1

DISTRIBUSI ARAH DAN KECEPATAN ANGIN TAHUN 1995

BULAN ARAH		J	P	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	RATA ²
		B	B	B	TGR	TGR	TGR	TGR	TGR	TGR	TGR	TGR	B	TGR
V m/dt	V _{mak}	2,2	2,6	2,8	3,5	3,9	4,6	5,3	4,9	4,3	5,8	3,5	3,7	-
	V _{rata} ²	1,4	1,2	1,2	1,9	2,7	3,1	3,4	3,17	3,14	2,8	1,8	1,7	2,3
	V _{min}	0,8	0,5	0,7	0,7	0,9	1,7	1,5	1,4	2,5	1,3	0,5	1,0	-

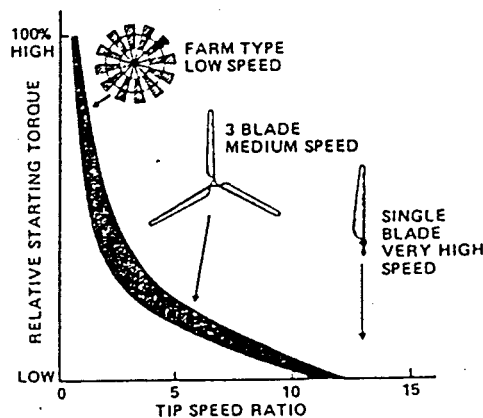
Besarnya kecepatan angin rata-rata adalah 2,3 m/dt dan arah angin yang paling dominan ialah dari arah tenggara.

Data-data mengenai Distribusi Relatif Arah Angin, Distribusi Relatif Kecepatan Angin dan Distribusi Peluang Arah dan Kecepatan Angin terdapat pada lampiran A.

3.2. TIP SPEED RATIO (λ)

Harga Tip Speed Ratio juga menentukan katakarakteristik keluaran dari SKEA. Hal ini dapat dilihat dari persamaan 2.21, dengan keluaran daya yang sama kincir angin mempunyai Tip Speed Ratio yang tinggi akan menghasilkan torsi yang kecil. Sedangkan SKEA dengan Tip Speed Ratio yang rendah akan menghasilkan torsi yang besar.

Dari gambar 3.1 dapat ditetapkan besarnya Tip Speed Ratio kincir angin untuk memompa air di lahan pemukiman ditetapkan sebesar 3 ($\lambda=3$). Hal ini disebabkan karena pompa torak relatif membutuhkan torsi awal yang cukup besar untuk mengangkat air¹⁴.



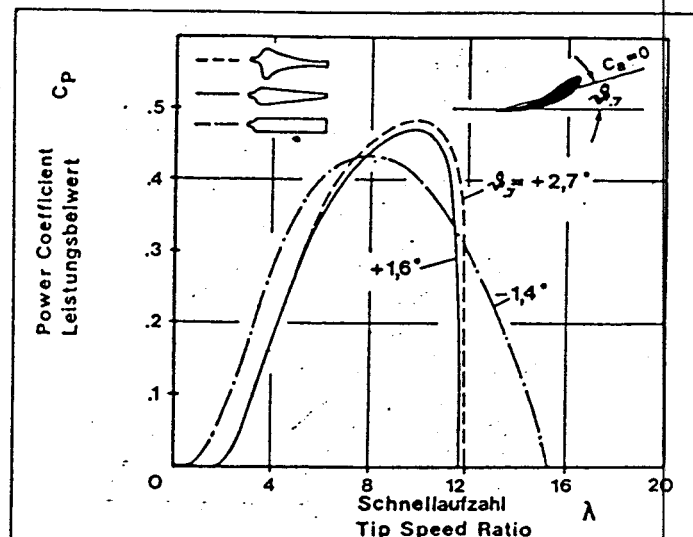
Gambar 3.1. Tip Speed Ratio Vs Torsi

¹⁴ Majalah LAPAN NO. 66, 1993 Hal 43

3.3. GEOMETRI SUDU

3.3.1. DISRTIBUSI CHORD (C)

Distribusi Chord sepanjang sudu secara ideal akan berbentuk hiperbolik, tetapi dengan bentuk ideal ini akan dialami kesulitan dalam pembuatannya. Sehingga dicari bentuk penyederhanaannya yaitu dengan bentuk trapesium dan rectangular. Tentu saja dengan adanya penyederhanaan akan mengalami kerugian daya, lihat gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2. Pengaruh Tip Speed Ratio dan bentuk geometri sudu terhadap koefisien daya

Untuk perencanaan ini dipilih bentuk sudu rectangular, disebabkan sudu rectangular merupakan bentuk sudu yang paling mudah dibuat dibandingkan dengan dua bentuk lainnya.

3.3.2. DISTRIBUSI KETEBALAN SUDU

Sedang distribusi ketebalan sudu akan memberikan pengaruh jika sudu ini semakin tebal maka beratnya pun akan bertambah. Dengan berat sudu bertambah akan diikuti dengan naiknya kerugian daya. Tetapi ketebalan sudu juga diperlukan untuk memperkuat struktur terhadap beban-beban yang ditanggungnya. Untuk mengatasi hambatan kerugian akibat berat yang berlebihan dan beban yang diterima dapat dipilih material yang ringan, harganya murah dan kekuatannya memadai.

3.4. JUMLAH SUDU (B)

Dalam SKEA ideal diasumsikan mempunyai jumlah sudu yang tak terhingga, sedangkan pada kenyataannya hal ini tidak mungkin dapat dilakukan karena sudu mempunyai ketebalan. Sehingga jumlah sudu suatu sistem kincir angin akan terbatas jumlahnya.

Pada kenyataannya jumlah sudu yang bervariasi akan didapatkan unjuk kerja yang berbeda-beda pula. Penentuan jumlah sudu dalam perencanaan sebenarnya akan mempertimbangkan kegunaan, jenis rotor yang digunakan dan kondisi operasi yang dikehendaki.

Hal pokok yang perlu diketahui bahwa dengan jumlah sudu yang semakin banyak akan menambah beban konstruksi sehingga akan memerlukan konstruksi yang kuat pula dan berarti bahwa biaya pembuatan akan semakin

meningkat. Ada beberapa pertimbangan yang perlu diketahui dalam penentuan jumlah sudu, dengan rotor yang terdiri atas satu hingga dua sampai sudu lebih dari tiga, yaitu

A. Keuntungan rotor dengan sudu majemuk (lebih dari 3 sudu)

1. Beban tiap sudu kecil.
2. Start awal lebih mudah.
3. Mempunyai torsi awal yang cukup besar.
4. Torsi yang dihasilkan besar.
5. Tingkat kebisingan yang ditimbulkan lebih rendah.

B. Keburukan yang dimiliki rotor dengan sudu majemuk adalah :

1. Dibutuhkan ratio transmisi yang besar.
2. Beban aksial menara atau tower besar.
3. Biaya pembuatan lebih mahal.

C. Keuntungan rotor dengan jumlah sudu kurang atau sama dengan dua :

1. Beban tower lebih kecil.
2. Dapat bekerja pada putaran tinggi.
3. Sistem transmisi kecil.
4. Biaya pembuatan lebih murah.

D. Keburukan yang dimiliki rotor dengan sudu kurang atau sama dengan dua :

1. Beban tiap sudu besar.
2. Start awal sukar.

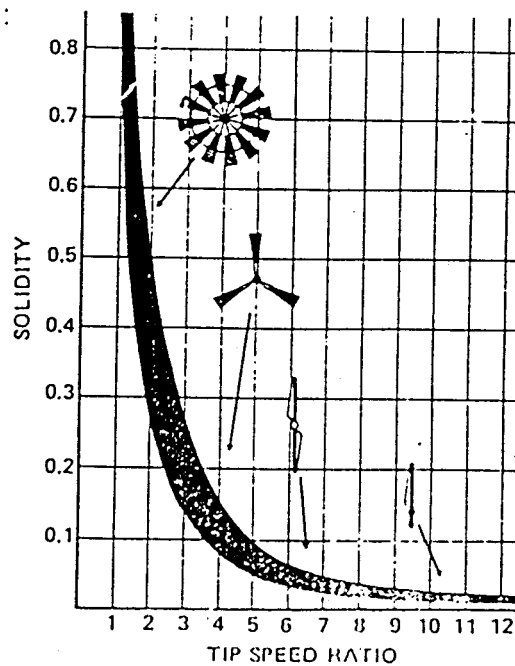
3. Torsi awal yang dimiliki kecil.
4. Torsi yang dihasilkan lebih kecil.
5. Lebih berisik.

3.5. SOLIDITY (σ)

Solidity (σ) didefinisikan sebagai perbandingan luas sudu dengan luas lintasan sudu. Pengaruh dari harga Solidity dapat dijelaskan sebagai berikut :

Dengan Solidity yang semakin tinggi akan menyebabkan luasan sudu atau jumlah sudu rotor bertambah sehingga torsi yang dihasilkan akan besar sehingga untuk keluaran daya tertentu putaran yang dihasilkan akan kecil, atau dengan kata lain akan mengurangi Tip Speed Ratio (λ).

Hubungan antara Solidity dengan Tip Speed Ratio dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.3. Hubungan Solidity dengan Tip Speed Ratio

3.6. HUBUNGAN ANTARA TIP SPEED RATIO DENGAN JUMLAH SUDU

Hubungan ini didasarkan atas penelitian yang telah dilakukan¹⁵. Hubungan antara jumlah sudu dengan Tip Speed Ratio dapat dilihat pada tabel 3.2.

Berdasarkan pada tabel 3.2 dapat ditentukan jumlah sudu menurut Tip Speed Ratio yang dipilih. Untuk Tip Speed Ratio yang ditetapkan sebesar 3 ($\lambda=3$), didapatkan jumlah sudu kincir angin untuk perencanaan ini yaitu sebanyak 4 buah.

TABEL 3.2.
TABEL TIP SPEED RATIO

NO.	Tip Speed Ratio (λ)	Jumlah Sudu (B)
1	1	6-20
2	2	4-12
3	3	3-6
4	4	2-4
5	5-8	2-3
6	8-15	1-2

3.7. AIRFOIL

Jenis Airfoil yang akan digunakan untuk sudu kincir angin sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja yang dihasilkan kincir angin. Pada bab kedua telah diuraikan hubungan antara profil airfoil dengan koefisien Lift dan Drag yang dihasilkan, serta sudut serang efektif untuk mendapatkan kemampuan terbaiknya.

¹⁵ Harijono Djojodihardjo, Wind Energy Systems, Hal. 518

Untuk jenis airfoil profil pelat lengkung 10 %, didapatkan sudut serang efektifnya yaitu sebesar $3,6^{\circ}$. Selanjutnya sudut serang ini digunakan sebagai sudut serang rencana.

3.8. JARI-JARI KINCIR ANGIN (R)

Untuk mendapatkan besarnya sudut puntir pada sudu kincir angin perlu diketahui besarnya diameter atau jari-jari kincir angin. Besarnya jari-jari kincir angin didasarkan pada kebutuhan daya yang digunakan untuk memompa air ke lahan pemirihan dan kecepatan angin rata-rata dilokasi Desa Marengan Sumenep.

BAB IV

PERHITUNGAN SUDU KINCIR ANGIN

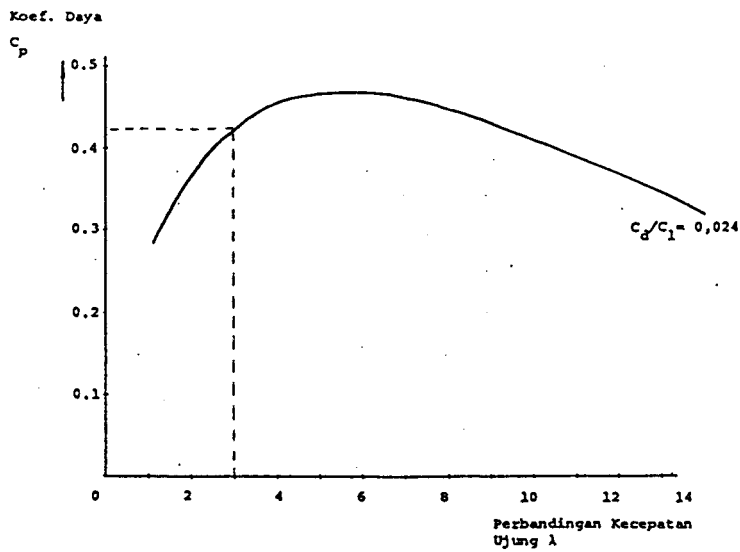
4.1. PERHITUNGAN JARI-JARI KINCIR ANGIN

Untuk menghitung jari-jari kincir angin terlebih dahulu dihitung daya mekanis yang digunakan untuk menggerakkan pompa. Data-data teknis yang diambil di lapangan :

- Luas lahan yang akan dialiri air = 400 m.²
- Tinggi air di lahan pemirihan = 0,3 m.
- Volume air di lahan pemirihan = 120 m³
- Kapasitas pemompaan yang diinginkan = 1,67 x 10⁻³ m³ / dt
- Diameter silinder pompa = 4 " = 0,1016 m.
- Putaran rotor per detik = 0,9 rps

Dari persamaan 2.57 dan 2.58 dapat dihitung panjang langkah torak minimal yaitu :

$$S = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times q \times i}{\pi d^2 n} = \frac{4 \times 1,67 \times 10^{-3} \times 1}{3,14 \times (0,1016)^2 \times 0,9}$$
$$= 0,229 \text{ m} \sim 0,23 \text{ m}$$



Gambar 4.1. Grafik Cp- λ dari Pelat Lengkung 10% pada Re = 2 x 10⁵

Selanjutnya jari-jari kincir angin dihitung dengan menggunakan persamaan

2.63 yaitu :

$$R^3 > \frac{\rho_w \times g \times H \times s \times d^2 \times \lambda}{4C_p \times \rho_u \times V^2 \times \pi \times \eta_P \times i}$$

dengan memasukkan harga-harga :

$$S = 0,23 \text{ m}$$

$$d = 0,1016 \text{ m}$$

$$H = 0,4 \text{ m}$$

$$i = 1^{16}$$

$$\lambda = 3$$

$$C_p = 0,425 ; \text{ dari grafik } C_p-\lambda^{17} \text{ gambar 4.1 untuk } \lambda = 3$$

$$V = 2,3 \text{ m / dt}$$

$$\eta_p = 0,5^{18}$$

$$\rho_w = 1025 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_u = 1,2 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

Sehingga didapatkan jari-jari kincir angin sebesar :

$$R^3 > \frac{1025 \times 9,81 \times 0,4 \times 0,23 \times (0,1016)^2 \times 3}{4 \times 0,425 \times 1,2 \times 2,3^2 \times 3,14 \times 0,5 \times 1}$$

$$R^3 > 1,69$$

$$R > 1,19 \sim 1,2 \text{ m}$$

Selanjutnya $R = 1,2 \text{ m}$ digunakan untuk kebutuhan perhitungan selanjutnya.

4.2. RANCANGAN BENTUK SUDU KINCIR ANGIN

Rancangan bentuk sudu kincir rencana ditujukan untuk mendapatkan ukuran tali busur (Chord) dan sudut kisar (Twist), sehingga diperlukan data tentang C_{l_0} dan C_{d_0} yang dapat diperoleh dari diagram polar C_l - C_d dari pelat lengkung 10% serta

¹⁷ Majalah LAPAN No. 24, 1982 Hal. 16

¹⁸ Majalah LAPAN No. 67, 1993 Hal. 44

diagram $Cl-\alpha$, maka beberapa besaran pokok dapat ditetapkan. Selanjutnya data teknis untuk rancangan sudu rotor dapat ditulis lagi secara lengkap sebagai berikut :

Diameter kincir (D) = 2,4 m.

Jumlah sudu (B) = 4 buah.

Perbandingan kecepatan ujung (λ_o) = 3

Sudu rotor profil pelat lengkung 10 %

Ratio koefisien gaya tahan/angkat (Cd/Cl)_{min} = 0,024 pada $Re = 2 \times 10^5$

Koefisien gaya angkat rencana $Cl_o = 1,10$

Sudut serang rencana (α_o) = 3,6°

Besarnya tali busur C dan sudut kisar β dalam perhitungan ini ditentukan berdasarkan kondisi (Cd/Cl)_{minimum} dan sudut serang α konstan sepanjang jari-jari.

Untuk memperoleh besarnya tali busur C dan sudut kisar β digunakan persamaan berikut :

$$Cl = \frac{8\pi r(1 - \cos \phi)}{B \times Cl_o} \dots\dots\dots(2.49)$$

$$\phi = \frac{2}{3} \arctan\left(\frac{1}{\lambda_r}\right) \dots\dots\dots(2.50)$$

$$\lambda_r = \frac{\lambda_o r}{R_k} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$\beta = \phi - a \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana : λ = Tip Speed Ratio pada titik r

r = Jarak dari pusat kincir (m)

Rk = Jari-jari kincir (m)

α = Sudut serang

β = Sudut kisar

C = Panjang tali busur (m)

C_{l_0} = Koefisien of Lift

Selanjutnya jari-jari Rotor (Rk) dibagi dalam 10 bagian yang sama dan besarnya tali busur C dan Sudut kisar β untuk tiap penampang sudu dapat dihitung dengan menggunakan rumus diatas. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1 untuk bentuk sudu ideal.

Tabel 4.1

Bentuk Sudu Ideal

No. Penampang	r (m)		λ_r	ϕ (°)	α (°)	(1-cos ϕ)	β (°)	C (m)
1	0,1	0,12	0,28	49,68	3,6	0,353	46,08	0,24
2	0,2	0,24	0,55	40,68	3,6	0,242	37,08	0,33
3	0,3	0,36	0,83	33,52	3,6	0,166	29,92	0,34
4	0,4	0,48	1,11	28,05	3,6	0,118	24,45	0,32
5	0,5	0,60	1,39	23,89	3,6	0,086	20,29	0,29
6	0,6	0,72	1,66	20,69	3,6	0,065	17,095	0,27
7	0,7	0,84	1,94	18,19	3,6	0,050	14,59	0,24
8	0,8	0,96	2,22	16,196	3,6	0,040	12,596	0,22
9	0,9	1,08	2,49	14,58	3,6	0,032	10,96	0,20
10	1,0	1,2	2,77	13,24	3,6	0,027	9,64	0,182

Untuk mengurangi kesulitan pembuatan, dilakukan linearisasi panjang tali busur dan sudut kisar. Untuk itu, kita perhatikan bahwa 75 % daya mekanis yang diperoleh dari rotor dihasilkan oleh setengah bagian sudu dari 0,5 Rk keatas.

Demikian pula dengan memperhatikan adanya daya yang kecil pada ujung sudu, maka liniarisasi panjang tali busur dan sudut kisar ini dilakukan pada daerah sudu antara 0,5 Rk sampai 0,9 Rk¹⁹.

Linierisasi panjang tali busur dan sudut kisar ini dilakukan dengan menuliskan persamaan berikut :

$$C = c_1 r + c_2 \dots \dots \dots (4.1)$$

$$\beta = c_3 r + c_4 \dots \dots \dots (4.2)$$

Dengan mengambil harga C dan β pada $r = 0,60$ m (0,5 Rk) dan $r = 1,08$ m (0,9 Rk), maka besarnya harga konstanta C1, C2, C3, dan C4 dapat dihitung, sehingga diperoleh :

$$C = -0,1875r + 0,4025 \text{ (m)} \dots \dots \dots (4.3)$$

$$\beta = -19,4375r + 31,9525 \text{ (}^\circ\text{)} \dots \dots \dots (4.4)$$

¹⁹ Majalah LAPAN No. 22, 1981 Hal. 42

Hasil liniarisasi sebagaimana dicakup pada persamaan 4.3 dan 4.4 ditunjukkan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2.

Hasil Liniarisasi C dan β pertama

No. Penampang	r (m)	β ($^{\circ}$)	C (m)
1	0,12	29,62	0,38
2	0,24	27,286	0,356
3	0,36	24,955	0,335
4	0,48	22,623	0,313
5	0,60	20,29	0,29
6	0,72	17,958	0,268
7	0,84	15,625	0,245
8	0,96	13,293	0,226
9	1,08	10,96	0,2
10	1,20	8,628	0,178

Untuk memudahkan sudu lebih lanjut, maka bentuk sudu rotor dapat disederhanakan dengan membuat panjang tali busur konstan sepanjang jari-jari. Tentunya hal ini akan mempengaruhi daya yang dihasilkan tetapi dalam perencanaan selanjutnya ukuran tali busur dipilih sedemikian rupa sehingga daya yang hilang akibat perubahan geometri sudu dari konfigurasi daya optimum ke konfigurasi tali busur konstan diusahakan sekecil mungkin, yaitu dengan menentukan harga Cd/C1 pada setiap penampang mendekati minimum (0,024).

Dari rata-rata panjang tali busur pada tabel 4.2 didapatkan $C = 0,27$ m yang konstan sepanjang sudu dari pangkal sampai ujung sudu. Persamaan 2.49 dapat diubah menjadi :

$$Cl = \frac{8\pi r(1 - \cos \phi)}{B \times C} \dots\dots\dots(4.5)$$

Dengan : $B = 4$, $C = 0,28$ sehingga :

$$Cl = \frac{8\pi r(1 - \cos \phi)}{4 \times 0,28} \dots\dots\dots(4.6)$$

Dengan menggunakan persamaan 4.6 koefisien gaya angkat sepanjang sudu (jari-jari) dapat dihitung. Besarnya sudut kisar β dapat dibentuk dengan menggunakan grafik $Cl - \alpha$, dan hasilnya diperlihatkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3.
Liniarisasi Tali Busur (C) konstan

No. Penampang	r (m)	λ_r	ϕ (°)	(1-cos ϕ)	Cl	Cd	Cd/Cl	α (°)	β (°)
1	0,12	0,28	49,68	0,353	0,95	0,038	0,040	1,5	48,18
2	0,24	0,55	40,68	0,242	1,30	0,044	0,034	6,5	34,18
3	0,36	0,83	33,52	0,166	1,34	0,049	0,037	7	26,52
4	0,48	1,11	28,05	0,118	1,27	0,042	0,033	6	22,05
5	0,60	1,39	23,89	0,086	1,15	0,034	0,0295	4	19,89
6	0,72	1,66	20,69	0,065	1,04	0,035	0,034	2,4	18,295
7	0,84	1,94	18,19	0,050	0,94	0,038	0,040	1,2	16,99
8	0,96	2,22	16,196	0,040	0,86	0,039	0,046	0,4	15,796
9	1,08	2,49	14,58	0,032	0,78	0,040	0,051	-0,8	15,375
10	1,2	2,77	13,24	0,027	0,72	0,040	0,056	-1,2	14,44

Dari tabel 4.3. dapat dilihat bahwa besarnya sudut kisar β bervariasi secara tidak linier sepanjang sudu. Penyederhanaan lebih lanjut dapat dilakukan mengikuti prosedur sebelumnya yang menggunakan $r = 0,5 R_k$ dan $r = 0,9 R_k$ sebagai dasar liniarisasi. Selanjutnya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\beta = C5r + C6 \quad (^\circ) \dots\dots\dots(4.7)$$

Dimana : β = Sudut kisar ($^\circ$)

$C5, C6$ = Konstanta yang dicari.

Apabila harga β pada $r = 0,60$ m ($0,5 R_k$) dan $r = 1,08$ ($0,9 R_k$) digunakan untuk menghitung $C5$ dan $C6$ diperoleh :

$$\beta = -9,3958r + 25,0275 \dots\dots\dots(4.8)$$

Hasil liniarisasi sudut kisar yang diberikan oleh persamaan 4.8 dapat dilihat pada tabel 4.4.

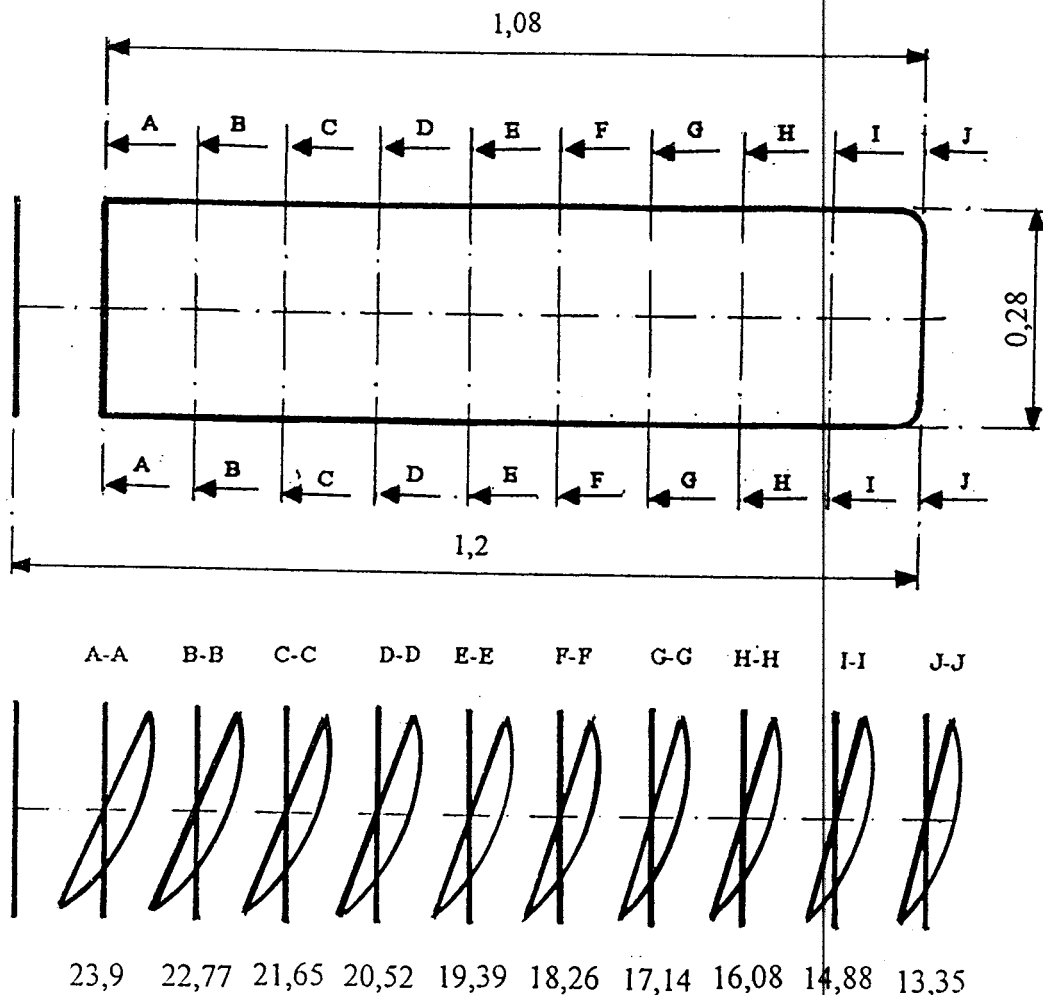
Tabel 4.4
Bentuk sudu setelah liniarisasi kedua

No. Penampang	r (m)	C (m)	β ($^\circ$)
1	0,12	0,28	23,9
2	0,24	0,28	22,77
3	0,36	0,28	21,65
4	0,48	0,28	20,52
5	0,60	0,28	19,39
6	0,72	0,28	18,26
7	0,84	0,28	17,14
8	0,96	0,28	16,01
9	1,08	0,28	14,88
10	1,2	0,28	13,75

Dari tabel 4.4 diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa bentuk sudu dengan profil pelat lengkung 10 % setelah liniarisasi mempunyai panjang tali busur (C) = 0,28 m dan jari-jari kincir angin 1,2 m, besarnya sudut kisar (β) pada pangkal (root) dan ujung (tip) yaitu :

$$\beta_{\text{Pangkal}} = 23,9^\circ$$

$$\beta_{\text{Ujung}} = 13,35^\circ$$



Gambar 4.2. Konfigurasi Sudu Kincir Angin

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kincir angin sudu berprofil pelat lengkung 10 % untuk menggerakkan pompa torak untuk pengisian lahan pemukiman di Disa Marengan dapat diterapkan. Bila pompa dapat bekerja dengan baik maka pengisian air laut akan berjalan lancar sehingga proses penuaan air laut di lahan pemukiman akan semakin cepat pula .
2. Sudu kincir angin dalam perencanaan ini dapat juga diterapkan di daerah yang mempunyai kecepatan angin yang relatif rendah .

5. 2. SARAN

1. Perlu dikumpulkan data angin yang lebih banyak lagi (5 sampai dengan 10 tahun) untuk mendapatkan gambaran potensi energi angin yang lebih akurat.

2. Untuk mempercepat proses perhitungan sudu kincir angin, sebaiknya digunakan sarana bantu program komputer.
3. Material yang digunakan sebaiknya menggunakan kayu karena harganya murah dibandingkan dengan Fiberglass dan tahan karat jika dibandingkan dengan pelat, selain harganya murah dan konstruksinya ringan .

DAFTAR PUSTAKA

1. Budi Atmoko, Merancang, Membuat dan Menerbangkan Pesawat Model, Elex Media Komputindo, 1991.
2. Clancy LJ, AERODYNAMICS, Pizman Publishing Limited, Great Britain, 1975.
3. Daniel V Hunt, WIND POWER
A Hand Book on WIND ENERGY CONVERSION SYSTEM
Litton Educational Publishing Inc, New York, 1981.
4. Darwin Sembayang, Analisa Data Angin di Jakarta Untuk Pemanfaatan Energi Angin, Majalah LAPAN NO. 14 Tahun 1978.
5. Harijono Djojodihardjo, WIND ENERGY SYSTEMS
Alumni, Bandung, 1983.
6. Harijono Djojodihardjo dan Sulistyono Atmadi, Perencanaan Kincir Angin Propeler Pelat Lengkung Untuk Pengisian Baterai Jenis EN-P-02 XA, Majalah LAPAN NO. 24 Tahun 1982.

7. Robert W Fox, Introduction To Fluid Mechanics
John Willey And Sons, Mew York, 1985.
8. Soeripno, Rancangan Subsistem Mekanik Kincir Angin Sudu Majemuk 4
Daun Untuk Pemompaan Air Tambak Garam / Tambak Udang, Majalah
LAPAN NO. 66 Tahun 1993.
9. Soeripno, Perancangan Pompa Torak Kincir Angin Untuk Pemompaan Air
Tambak Garam dan Air Tawar Dangkal, Majalah LAPAN NO. 67 Tahun
1993.
10. Sugiarmadji dan Harijono Djodihardjo, Merancang Kincir Angin Sudu
Majemuk Untuk Memompa Air / Pertanian Jenis EN-SM-03, Majalah
LAPAN NO. 22 Tahun 1981.

DATA IKLIM KELEMBABAN & PENGUAPAN STASION CUACA
 PENGARAHAN I/IV SUMENEP DARI TGL. 1 S/D 31 JANUARI 1995

Tgl.	Kelembaban R.H (X)			Temperatur (C)		Penguapan air Dalam (mm/hr)			Kec. Angin Rata-2 Dlm(m/dot)	Sinar Matahar Dalam (X)	Arab Angin	Curah Hujan (mm)	Tek. Udara (m/b)
	Loar	D.W	Rata-2	Max	Min	Tawar	Laut	Tua					
1	75	76	75,5	28	24	-	-	-	1,6	0	BRT	26,00	1020
2	78	77	77,5	30	24	3,7	2,7	1,3	1,0	20	TGR	-	1019
3	77	77	77,0	30	24	3,9	2,6	1,4	0,9	40	TMR	-	1019
4	76	76	76,0	30	24	4,0	2,7	1,5	1,2	50	TGR	-	1019
5	78	84	81,0	28	24	3,5	2,3	1,1	1,5	5	BRT	-	1020
6	76	84	80,0	28	24	-	-	-	0,8	30	BRT	45,50	1020
7	75	62	68,5	30	24	3,9	2,8	1,3	0,9	30	TMR	-	1019
8	76	76	76,0	30	24	6,6	4,5	2,1	1,2	55	BRT	-	1019
9	75	76	75,5	30	24	3,2	2,2	1,1	0,9	10	BRT	2,00	1019
10	76	92	84,0	27	23	-	-	-	1,9	0	BRT	57,00	1020
11	84	92	88,0	27	23	-	-	-	1,1	5	BRT	79,00	1020
12	85	76	80,5	27	25	-	-	-	2,0	0	BRT	9,00	1020
13	85	92	88,5	27	23	3,0	2,1	1,0	1,9	0	PPT	-	1020
14	85	83	84,0	29	23	-	-	-	2,2	0	PRT	4,00	1020
15	85	83	84,0	29	23	3,1	2,1	1,1	1,7	15	BRT	-	1020
16	88	92	90,0	29	23	2,9	1,7	1,3	2,1	0	PPT	1,00	1020
17	86	92	89,0	29	23	-	-	-	1,5	0	BRT	12,00	1020
18	88	70	79,0	29	25	3,7	2,8	1,4	1,1	20	BRT	-	1020
19	84	70	77,0	30	24	3,5	2,6	1,2	1,7	15	BRT	-	1019
20	87	84	85,5	30	24	-	-	-	1,4	30	BRT	10,00	1020
21	87	84	85,5	29	23	3,5	2,4	1,1	1,6	0	BRT	2,00	1020
22	87	92	89,5	29	23	-	-	-	1,9	0	BRT	10,00	1020
23	84	92	88,0	29	24	3,6	2,4	1,1	1,8	20	BRT	4,00	1019
24	81	80	80,5	29	24	3,4	2,2	1,1	1,1	0	BRT	-	1019
25	76	76	76,0	29	24	3,7	2,8	1,2	1,1	30	BRT	1,50	1019
26	79	84	81,5	29	25	-	-	-	1,0	0	PRT	28,00	1019
27	78	76	76,0	29	25	3,6	2,9	1,3	1,0	15	PRT	1,50	1019
28	76	77	76,5	29	24	3,6	2,5	1,2	1,0	20	BRT	-	1020
29	76	76	77,5	29	23	-	-	-	1,1	15	PRT	29,00	1020
30	79	92	85,5	29	23	-	-	-	1,2	25	BRT	5,00	1020
31	79	92	86,0	29	23	-	-	-	1,4	0	UTR	6,00	1020
JUMLAH	2.501	2.535	2.479,0	896	736	66,4	46,3	22,8	41,9	450		323,50	31.608
RATA-2	80,68	81,77	79,97	28,90	23,74	3,69	2,57	1,27	1,4	23,68	BRT	17,03	1.020

Sumenep, tgl. 1 Februari 1995
 an. Ka. Bag. Peg. I/IV Sumenep
 Masie Pencl. Menin

Ir. S u d a r t o

Koordinator

DATA-DATA IKLIM KELEMBABAN DAN PENGUAPAN GUACA
 PEGARAHAN I/IV SUMENEP DARI TGL. 1 S/D. 28 FEBRUARI 1995

No.	KELEMBABAN R.H (%)		TEMPERATUR (°C)		PENGUAPAN AIR (mm/hari)			KEG. ANGIN	SIHARIAN (mm)		CURAH TEK. (mm)		
	JUARI	D.Y	IRATA	MAX. MIN.	TAHARILAUT	IGARAH	(m/detik)	(?)	ANGIN	(mm)	(m/b)		
1.	79	92	85,5	29	23	-	-	-	1,3	10	prt.	10,0	1020
2.	80	84	82	29	24	-	-	-	1,4	20	"	19,0	1020
3.	77	76	76,5	29	24	-	-	-	0,8	30	"	26,0	1020
4.	80	80	80	29	24	-	-	-	1,2	"	"	25,0	1020
5.	80	80	80	29	24	-	-	-	1,1	20	"	21,0	1020
6.	80	92	86	29	23	-	-	-	1,4	20	"	15,5	1020
7.	80	91	85,5	27	23	-	-	-	1,0	5	"	13,0	1020
8.	82	84	83	28	24	2,9	2,1	1,1	1,2	20	"	GRIBIS	1020
9.	83	83	83	27	24	-	-	-	1,5	-	"	5,0	1020
10.	81	80	80,5	30	24	3,5	2,7	1,3	1,4	30	"	-	1019
11.	81	84	82,5	29	24	-	-	-	1,4	-	"	16,0	1020
12.	80	76	78	30	24	6,1	4,8	2,6	1,2	55	"	-	1019
13.	76	84	81	28	24	-	-	-	1,1	5	"	24,0	1020
14.	80	84	82	29	24	3,2	2,6	2,1	2,6	10	"	-	1020
15.	79	76	77,5	29	24	-	-	-	0,5	-	"	6,0	1020
16.	79	77	78	30	24	-	-	-	0,6	15	"	12,0	1019
17.	79	76	78	30	24	-	-	-	1,5	40	"	15,0	1019
18.	80	92	86	28	24	-	-	-	1,2	20	"	5,5	1020
19.	79	80	79,5	29	24	-	-	-	1,0	30	"	16,5	1020
20.	80	76	78	28	24	-	-	-	1,0	25	prt.	4,0	1020
21.	78	77	77,5	30	23	-	-	-	1,4	35	prt.	21,0	1019
22.	80	77	78,5	28	24	3,5	2,1	2,1	1,2	35	prt.	-	1020
23.	79	77	78	29	24	6,6	4,9	3,7	1,0	75	"	-	1020
24.	78	80	79	30	24	-	-	-	2,0	25	"	23,0	1019
25.	77	77	77	30	24	-	-	-	1,1	35	prt.	16,5	1019
26.	79	76	77,5	29	24	5,8	3,6	2,9	0,9	45	prt.	GRIBIS	1020
27.	80	84	82	28	24	-	-	-	1,0	20	"	41,5	1020
28.	80	84	82	28	24	-	-	-	1,5	-	"	25,0	1020

01-28-1995	2280	2255	208	669	31,9	23,8	12,8	34,5	645	-	-	386,5	28555

01-28-1995	81,4	80,5	20,8	23,8	4,5	3,4	2,2	1,2	28	prt.	18,4	1020	

Sumenep, tgl. 9 Maret 1995
 Ka. Bag. Per. I/IV Sumenep,

Ir. H. Thohir Muntodjoh
 NIK. 8700 388

DATA-DATA IKLIM KELEMBABAN DAN PENGUAPAN UCUAGA
 PEGARAHAN I/IV SUMENEP DARI TGL. 1 3/D.31 MARET 1995

TGL.	KELEMBABAN R.H (%)		TEMPERATUR (C)		PENGUAPAN AIR DALAM (mm/hari)			KEC. ANGIN IRATA 2D (m/detik)	SINAR MATAHARI (%)	ARAH ANGIN	URAH TEK. (mm)	JUJUDARA (m/b)	
	LUAR	D.W	IRATA 2	MAX. MIN.	TAWAR	LAUT	IGARAMI						
1.	80	84	82	28	24	-	-	-	0,8	-	BARAT	40,5	1020
2.	80	84	82	28	24	-	-	-	0,9	-	"	7,5	1020
3.	79	76	77,5	30	24	2,8	2,2	1,6	1,7	20	"	-	1020
4.	79	84	81,5	29	24	2,9	2,1	1,5	1,6	-	"	-	1020
5.	80	84	82	28	24	-	-	-	2,0	-	"	13,0	1020
6.	80	84	82	28	24	2,6	2,1	1,5	1,9	-	"	-	1020
7.	78	76	77	29	24	-	-	-	1,3	15	"	2,5	1020
8.	79	76	77,5	30	24	3,4	2,6	1,9	1,2	30	"	-	1019
9.	79	77	76	30	24	3,4	2,7	2,1	0,7	35	TENGGARA	-	1019
10.	79	76	77,5	30	24	-	-	-	0,7	10	"	6,0	1019
11.	79	77	78	30	24	-	-	-	1,0	25	"	24,0	1019
12.	79	84	81,5	28	24	-	-	-	0,9	30	BARAT	22,5	1020
13.	80	84	82	28	24	2,5	2,0	1,5	0,8	-	"	4,0	1020
14.	77	70	73,5	30	24	5,9	4,8	3,4	1,2	55	TENGGARA	-	1019
15.	79	77	78	30	24	3,5	2,8	2,1	1,0	40	"	-	1019
16.	79	77	78	30	24	5,5	4,7	3,2	1,5	50	"	-	1019
17.	80	84	82	28	24	-	-	-	1,1	35	BARAT	9,5	1020
18.	80	84	82	28	24	-	-	-	1,2	25	"	11,0	1020
19.	79	77	78	29	24	3,5	2,6	2,1	0,9	40	"	-	1020
20.	80	84	82	28	24	-	-	-	0,9	40	"	25,0	1020
21.	80	76	78	29	24	-	-	-	0,9	20	"	5,5	1020
22.	80	84	82	28	24	2,4	2,0	1,5	1,2	15	" GRINIS	-	1020
23.	78	77	77,5	30	24	6,8	6,1	5,4	1,3	90	TENGGARA	-	1019
24.	78	77	77,5	32	24	6,9	6,2	5,4	1,7	95	"	-	1018
25.	79	77	78	31	24	6,6	5,9	4,9	2,8	85	TIMUR	-	1019
26.	78	84	81	30	24	-	-	-	1,4	30	"	6,5	1020
27.	79	76	77,5	30	24	3,6	2,7	2,2	1,5	40	UTARA	-	1019
28.	68	62	65	32	24	6,4	5,2	3,9	1,1	70	TENGGARA	-	1018
29.	70	63	66,5	32	24	6,3	5,2	3,8	1,1	70	"	-	1019
30.	75	76	75,5	30	24	3,2	2,6	1,9	1,1	35	BARAT GRINIS	-	1019
31.	65	77	71	29	24	5,4	4,7	3,1	1,1	50	"	-	1020
=====													
32.	2415	2428	2365,5	912	744	83,6	69,2	53,0	38,5	1050	-	177,5	31604
=====													
33.	27,9	28,3	26,3	29,4	24	4,4	3,6	2,7	1,2	42	BARAT	14,7	1019
=====													

Sumenep, tgl. 3 April 1995
 Ka. Bag. Peg. I/IV Sumenep,

Ir. B. Thohir Muntadjab
 NIK. 3700 322

DATA - DATA IKLIM KOLEKTIVAN & PENGUAPAN CUACA
 PENGARAHAN 1/IV SUMENEP DARI TGL. 1 s/d 30 April 1995

Tgl.	Kelembaban R.H (X)			Temperatur (°C)		Penguapan air Dalam (mm/hr)			Kec. Angin Rata-2	Sinar Matahari Dalam X	arah Angin	Garah Hujan (mm)	Tek. Udara (m/b)
	Loar	D.M	Rata-2	Max	Min	Twar	Loat	Tua					
1	74	77	75,5	30,0	24	-	-	-	1,10	25	BRT	42,50	1019
2	75	70	72,5	32,0	24	3,6	2,6	2,2	1,10	45	BRT	-	1018
3	80	91	85,5	28,0	24	2,4	2,0	1,4	1,10	15	UTR	1,50	1020
4	73	76	74,5	28,0	24	-	-	-	0,30	10	BRT	15,00	1020
5	69	73	71,0	29,0	25	2,9	2,4	2,0	1,40	15	SLT	-	1020
6	71	69	70,0	30,0	25	-	-	-	1,20	5	BRT	24,00	1019
7	78	76	77,0	28,0	25	-	-	-	1,70	0	BRT	7,00	1020
8	76	77	76,5	30,0	24	2,0	2,3	1,8	2,30	0	SLT	-	1019
9	74	77	75,5	31,0	25	-	-	-	1,20	40	BRT	22,00	1019
10	78	81	81,0	28,0	24	3,3	2,5	2,1	0,70	30	UTR	-	1020
11	71	78	74,5	31,0	25	3,5	2,8	2,1	0,80	60	UTR	4,00	1019
12	74	77	75,5	31,0	25	-	-	-	1,30	70	TMP	10,50	1019
13	70	70	70,0	32,0	24	6,8	6,2	3,8	1,30	90	TGR	-	1018
14	70	70	70,0	32,0	25	6,9	6,2	3,9	1,80	35	TGR	-	1018
15	74	77	75,5	30,0	24	5,4	4,6	3,1	1,40	50	TGR	-	1020
16	73	77	75,0	32,0	24	5,6	4,7	3,2	1,50	55	TGR	-	1018
17	72	76	74,0	30,0	24	5,6	4,6	3,1	1,30	50	UTR	-	1020
18	71	63	67,0	32,0	25	6,9	6,1	3,8	1,60	70	TMP	-	1020
19	70	63	67,0	30,0	24	6,5	5,1	3,5	2,00	95	TGR	-	1019
20	65	73	67,5	32,0	26	6,9	6,3	3,7	3,50	90	TGR	-	1018
21	68	63	69,5	32,0	25	6,9	6,3	3,6	3,20	95	TGR	-	1018
22	65	62	63,5	32,0	25	6,9	6,2	3,4	2,40	99	TGR	-	1018
23	60	63	61,5	33,0	25	7,0	6,3	3,5	2,30	95	TGR	-	1018
24	61	62	61,5	32,0	24	6,9	6,2	3,4	2,00	90	TGR	-	1018
25	63	70	69,0	32,0	24	7,0	6,3	3,5	3,20	95	TMR	-	1019
26	65	69	67,0	30,0	24	-	-	-	3,30	40	TGR	9,00	1020
27	74	77	75,5	30,0	24	-	-	-	2,90	45	TGR	9,00	1020
28	76	77	76,5	30,0	24	-	-	-	3,10	70	TMP	3,50	1020
29	77	77	77,0	29,0	24	5,5	4,7	3,2	2,40	50	TGR	3,00	1020
30	80	76	78,0	29,0	24	2,4	2,0	1,5	2,40	5	TMR	-	1020
Jumlah:	2457	2198	2177,5	315	730	111,7	96,4	61,8	57,2	1565		160	30574
RATA-RATA:	71,9	73,26	72,6	10,50	24,33	5,32	4,59	2,34	1,9	52,83	TGR	11,1	1012

Sumenep, Angl. 1 Mei 1995
 Ka. Bng. Peg. 1/IV Sumenep

Ir. M. Thohir M. Hadjari

KIT. 1700 322

DATA - DATA IKLIM KELEMBAPAN & PENGUAPAN CURWA
 PEGARANGAN 1/IV SUMENEP BARI TGL. 1 s/d 31 Mei 1975

Tgl.	Kelembaban R.H. (I)			Temperatur (oC)			Penguapan air Dalam (mm/hr)			Yac. Angin-Rata-Rata (m/det)	Sinar Matahari Dalam Jam	Arah Angin	Durah Hujan (mm)	Tek. Udara (m/b)
	01.00	04.00	07.00	Max	Min	Kuar	Leat	Ua						
	1	2	3	4	5	6	7	8						
1	77	77	77,0	28,0	24	3,3	2,3	1,7	2,40	35	1BR	-	1017	
2	76	77	75,5	28,0	24	5,5	5,2	2,6	3,00	75	1SR	-	1017	
3	77	77	77,0	27,0	25	5,4	5,1	2,5	3,00	70	1BR	-	1018	
4	77	76	75,5	26,0	24	5,3	4,4	2,1	2,70	45	1BR	2,00	1020	
5	74	71	75,0	30,0	24	6,1	5,7	2,3	2,70	60	1BR	-	1019	
6	72	70	71,0	32,0	24	6,5	5,3	2,6	3,30	75	1BR	-	1018	
7	78	77	77,5	30,0	24	6,2	4,1	2,0	3,40	45	1PR	-	1019	
8	78	77	77,5	31,0	24	6,3	4,9	2,5	2,70	70	1SR	-	1017	
9	71	70	70,5	32,0	24	6,6	5,0	2,9	3,10	45	1BR	-	1017	
10	70	70	70,0	32,0	25	6,8	4,1	3,0	2,90	70	1SR	-	1019	
11	57	63	61,0	27,0	25	6,7	4,2	3,0	2,10	75	1BR	-	1018	
12	59	70	59,5	30,0	24	3,2	4,3	1,1	2,20	70	1SR	-	1017	
13	57	70	67,3	32,0	25	6,0	4,0	2,4	0,90	40	1SR	-	1018	
14	58	56	57,0	31,0	25	5,6	4,6	2,3	2,10	50	1BR	-	1017	
15	57	67	68,0	32,0	25	6,6	5,6	2,8	2,80	30	1BR	-	1017	
16	55	53	64,0	32,0	25	6,9	5,6	2,5	2,00	90	1BR	-	1018	
17	76	77	76,5	27,0	24	2,4	1,9	1,0	2,80	15	1SR	2,30	1020	
18	77	77	77,0	32,0	24	-	-	-	2,70	70	1BR	2,30	1020	
19	72	70	71,0	30,0	24	6,7	4,8	2,3	2,70	60	1BR	-	1017	
20	79	76	77,5	30,0	24	6,6	4,3	2,5	2,70	70	1BR	-	1020	
21	70	70	70,0	32,0	24	6,8	4,9	2,4	1,70	30	1BR	-	1018	
22	72	73	72,5	30,0	24	6,5	4,0	2,1	1,70	45	1SR	-	1017	
23	63	67	67,5	32,0	24	6,9	5,9	2,4	3,60	85	1SR	-	1018	
24	50	51	61,0	33,0	25	6,8	5,3	2,6	3,70	90	1BR	-	1018	
25	60	62	61,0	32,0	24	6,7	5,4	2,7	1,30	70	1SR	-	1017	
26	78	76	77,0	32,0	24	4,9	5,7	2,6	2,10	70	1SR	-	1017	
27	73	71	75,0	31,0	24	-	-	-	2,30	70	1SR	2,30	1017	
28	30	00	29,0	26,0	24	5,5	4,4	2,3	2,50	50	1BR	-	1020	
29	75	77	76,0	31,0	25	6,7	5,3	2,6	2,50	90	1BR	0,50	1017	
30	61	61	61,0	31,0	25	6,9	5,9	2,7	3,20	70	1SR	-	1019	
31	65	62	62,5	37,0	25	7,0	5,7	2,7	3,20	90	1SR	-	1018	
JUMLAH:	2204	2210	2207	963	734	177,4	110,6	57,1	83,6	1150		28,3	31583	
RATA-RATA:	71,1	71,75	71,2	31,43	24,32	6,12	4,01	2,38	2,7	65,2		0,9	1018,8	

Sumenep, 31 Mei 1975
 Ka. Ban. No. 1/19 Sumenep

[Handwritten signature]
 Kepala Stasiun Meteorologi
 Sumenep

1975 5 31 175

DATA - DATA IKLIM KELEMBABAN & PENGUAPAN CUACA
 PEGARAMAN 1/IV SUMENEP DARI TGL. 1 s/d 30 Juni 1975

Tgl.	Kelembaban R.H (%)			Temperatur (oC)		Penguapan air (mm/hr)			Kec. Angin Rata-2	Sinar Matahari Data I	Arah Angin	Curah Hujan (mm)	Tpt. Udara (m/b)
	Luas	D.M	Rata-2	Max	Min	Tuar	Laut	Tua					
1	61	61	61,0	32,0	25	7,0	5,6	2,7	1,70	90	TSR	-	1018
2	69	66	67,5	31,0	25	7,0	5,5	2,7	2,90	90	TSR	-	1018
3	72	76	74,0	31,0	24	6,7	4,7	2,3	3,00	70	TSR	-	1020
4	70	73	71,5	32,0	24	-	-	-	3,10	75	TSR	15,00	1019
5	80	77	78,5	30,0	24	6,6	5,4	2,6	2,80	70	TSR	1,00	1020
6	77	73	75,0	32,0	25	6,6	5,3	2,6	3,90	70	TSR	-	1018
7	79	77	78,0	30,0	24	6,8	5,4	2,7	3,00	85	TSR	-	1019
8	76	70	73,0	30,0	24	-	-	-	2,80	75	TSR	23,00	1019
9	80	80	80,0	30,0	24	6,8	5,3	2,7	2,40	75	TSR	-	1019
10	74	70	72,0	30,0	25	6,8	5,5	2,7	3,00	80	TSR	-	1018
11	73	73	73,0	30,0	24	5,2	4,1	2,1	3,00	40	TSR	-	1020
12	74	73	73,5	31,0	23	6,8	5,4	2,7	2,60	80	TSR	-	1018
13	74	75	73,5	31,0	25	7,0	5,6	2,8	3,20	90	TSR	-	1018
14	70	76	73,0	32,0	26	7,0	5,5	2,8	3,80	90	TSR	-	1018
15	78	77	77,5	31,0	24	6,7	4,6	2,4	3,40	75	TSR	1,00	1017
16	80	77	78,5	30,0	24	3,5	2,2	1,1	2,70	35	TSR	3,00	1020
17	82	84	83,0	29,0	24	2,4	2,0	1,1	2,00	5	TSR	0,50	1020
18	78	76	77,0	29,0	24	-	-	-	3,70	70	TSR	17,50	1020
19	77	84	81,5	29,0	24	-	-	-	4,60	50	TSR	4,50	1020
20	81	81	81,0	29,0	24	-	-	-	3,60	15	TSR	11,00	1020
21	79	77	78,0	30,0	24	-	-	-	2,00	40	TSR	8,00	1019
22	78	76	77,0	30,0	24	3,6	2,4	1,1	2,70	40	TSR	2,00	1019
23	78	76	77,0	30,0	24	7,0	5,5	2,8	2,50	90	TSR	-	1017
24	69	70	69,5	32,0	24	6,8	5,5	2,7	2,70	80	TSR	-	1018
25	78	76	77,0	30,0	24	2,6	2,2	1,1	2,70	10	TSR	1,50	1019
26	75	73	74,0	32,0	24	6,7	5,6	2,7	3,20	80	TSR	-	1019
27	80	76	78,0	30,0	24	3,7	2,5	2,2	3,60	40	TSR	-	1017
28	71	60	69,5	32,0	24	6,0	5,4	2,7	4,00	80	TSR	-	1018
29	70	67	69,5	32,0	24	7,0	5,6	2,8	4,00	90	TSR	-	1018
30	73	73	73,0	32,0	24	7,0	5,5	2,8	3,60	90	TSR	-	1018
JUMLAH:	2250	2225	2241,5	919	728	144,3	117,3	56,9	93	1770		80	30537
RATA-2:	75,26	74,16	74,7	30,63	24,26	6,01	4,68	2,37	3,1	65,67	TSR	7,3	1018,7

Sumenep, tgl. 1 Juli 1975
 Ka. Jrg. Prq. 1/IV Sumenep

(Signature)
 Ir. M. H. M. Mustadjab

DATA IKLIM KELEMBABAN & PENGUAPAN STASION CUACA
PEGARAMAN 1/17 SUKREKAP DARI TGL. 1 S/D 31 JULI 1995

Tgl.	Kelembaban R.H (%)			Temperatur (C)		Penguapan air Dalam (mm/hr)			Kec. Angin Rata-2 (m/det)	Sinar Matahari (X)	Arah Angin	Curah Hujan (mm)	Tol. Udara (m/b)
	Kuar	D.M	Rata-2	Max	Min	Tawar	Isat	Tua					
1	76	73	74,5	32	24	6,8	5,3	2,7	3,7	1)	TGR	-	1018
2	77	76	76,5	31	24	6,9	5,4	2,7	4,1	05	TGR	-	1019
3	68	69	68,5	30	24	3,7	2,4	1,2	2,5	12	TGR	-	1019
4	72	73	72,5	30	24	6,7	5,2	2,6	1,5	15	TGR	-	1019
5	69	69	68,5	31	25	7,0	5,5	2,7	3,1	20	TGR	-	1019
6	69	69	68,5	32	25	-	-	-	2,7	25	TGR	6,50	1018
7	80	84	82,0	30	24	-	-	-	2,9	30	TGR	12,00	1019
8	81	81	81,0	29	24	-	-	-	2,7	20	TGR	21,00	1020
9	80	81	80,5	30	24	6,6	5,1	2,6	3,8	15	TMR	0,50	1019
10	80	77	78,5	30	24	3,8	2,5	1,3	5,3	15	TMR	1,50	1019
11	76	76	76,0	31	24	7,0	5,6	2,8	4,2	05	TMR	-	1019
12	71	73	72,0	31	24	6,6	5,1	2,5	3,2	10	TGR	-	1019
13	70	60	69,0	32	21	5,4	4,3	2,2	3,4	05	TMR	-	1018
14	68	60	69,0	30	21	4,8	3,0	1,9	3,2	10	TGR	-	1019
15	65	64	64,5	32	25	6,9	5,4	2,8	2,7	05	TGR	-	1018
16	64	60	62,0	32	25	7,0	5,5	2,7	3,2	00	TGR	-	1018
17	60	60	60,0	32	24	7,0	5,6	2,7	3,2	00	TGR	-	1018
18	75	76	75,5	32	24	6,8	5,3	2,7	3,6	00	TGR	-	1018
19	72	72	72,0	30	24	6,9	5,4	2,7	3,4	05	TGR	-	1019
20	68	68	68,0	30	24	6,6	5,2	2,6	2,3	10	TGR	-	1019
21	69	68	68,0	32	24	7,0	5,5	2,8	3,5	00	TGR	-	1018
22	75	75	75,0	31	24	6,6	5,1	2,6	3,7	10	TMR	-	1018
23	73	72	72,5	32	24	6,8	5,4	2,7	4,2	00	TGR	-	1018
24	71	72	71,5	30	24	7,0	5,6	2,8	3,2	00	TGR	-	1019
25	65	64	65,0	32	24	7,1	5,6	2,8	3,4	05	TGR	-	1017
26	60	60	60,0	32	24	7,1	5,6	2,8	3,8	00	TGR	-	1017
27	66	68	67,0	32	25	7,2	5,6	2,8	4,2	00	TGR	-	1017
28	67	67	67,0	32	24	7,1	5,6	2,8	4,0	00	TGR	-	1018
29	63	64	63,5	32	25	7,2	5,7	2,8	3,2	05	TGR	-	1017
30	64	60	62,0	32	24	6,0	5,5	2,7	3,4	05	TGR	-	1018
31	65	60	68,0	32	25	7,2	5,7	2,8	3,8	00	TGR	-	1017
JUMLAH:	2.191	2.186	2.188,5	886	751	103,7	143,5	71,0	105,5	2.355		41,50	31.568
RATA-2:	70,68	70,52	70,60	31,16	24,23	6,56	5,13	2,56	3,40	75,97	TGR	0,30	1018

Sukrekap, 1 Juli 1995
D. Bag. 1/17 Sukrekap

Ir. M. Theohr Mustadjab.

NIP. 8709 322

DATA IKLIM KILANGBANDAN & PENGUAPAN STASIUN CUACA
 PEGARAHAN I/IV SUMENEP DARI TGL. 1 S/D 31 AGUSTUS 1995

Tgl.	Kelembaban R.H (%)			Temperatur (C)		Penguapan air Dalam (mm/hr)			Kec. Angin Rata-2 (m/det)	Sinar Matahari Dalam (X)	Arah Angin	Corak Hujan (mm)	Tek. Udara (m/b)
	Jam	P.K	Rata-2	Max	Min	Tamat	Sant	Tua					
1	65	64	64,5	32	25	7,1	5,5	2,7	3	90	TGR	-	1017
2	65	63	67,0	32	25	6,9	5,5	2,7	1,4	90	TGR	-	1017
3	63	60	61,5	33	25	7,2	5,6	2,8	1,9	100	TGR	-	1017
4	62	60	61,0	32	25	7,2	5,7	2,8	2,7	100	TGR	-	1017
5	65	65	65,0	33	25	7,1	5,6	2,7	2,8	90	TGR	-	1017
6	66	68	67,0	30	24	4,8	3,8	1,9	3,8	90	TGR	-	1019
7	70	68	69,0	31	24	6,9	5,4	2,7	3,3	90	TGR	-	1019
8	67	65	66,0	32	24	6,9	5,5	2,7	3,1	80	TGR	-	1018
9	67	68	67,5	32	24	7,0	5,6	2,7	3,5	80	TGR	-	1018
10	60	60	60,0	33	25	7,2	5,7	2,8	3,1	100	TGR	-	1017
11	59	60	59,5	33	25	7,2	5,6	2,8	2,9	95	TGR	-	1017
12	68	60	68,0	33	25	7,0	5,6	2,8	2,0	90	TGR	-	1017
13	65	65	65,0	33	25	6,9	5,5	2,7	4,9	80	TGR	-	1017
14	62	64	63,0	32	24	7,1	5,6	2,8	2,8	95	TGR	-	1017
15	60	60	60,0	32	25	7,2	5,6	2,8	4,3	95	TGR	-	1016
16	60	59	59,5	33	25	7,2	5,6	2,8	4,3	95	TGR	-	1016
17	61	58	59,0	32	25	7,2	5,6	2,7	3,5	95	TGR	-	1016
18	58	59	58,5	32	25	7,2	5,6	2,8	3,2	95	TGR	-	1016
19	58	57	57,5	33	25	7,2	5,6	2,8	2,5	95	TGR	-	1016
20	53	57	57,5	33	25	7,3	5,6	2,8	3,2	95	TGR	-	1016
21	55	67	66,0	31	25	6,8	5,2	2,6	2,8	75	TGR	-	1018
22	60	60	60,0	32	25	7,2	5,6	2,7	2,7	95	TGR	-	1017
23	71	68	69,5	32	25	7,3	5,6	2,8	2,7	95	TGR	-	1018
24	68	65	65,5	32	25	7,3	5,7	2,8	2,9	95	TGR	-	1017
25	64	61	62,5	33	25	7,3	5,7	2,8	3,7	95	TGR	-	1016
26	62	60	61,0	33	25	7,3	5,6	2,8	3,4	95	TGR	-	1016
27	61	60	60,5	33	25	7,3	5,7	2,8	3,7	95	TGR	-	1016
28	60	60	60,0	33	25	7,3	5,7	2,8	3,7	95	TGR	-	1016
29	60	60	60,0	33	25	7,0	5,5	2,7	3,1	90	TGR	-	1016
30	60	61	60,5	33	25	7,1	5,5	2,8	3,9	95	TGR	-	1017
31	61	61	61,0	32	25	7,1	5,6	2,8	3,2	95	TGR	-	1017
31	56	57	56,5	33	25	7,2	5,6	2,8	3,2	95	TGR	-	1016
JURKAP:	1,955	1,913	1,919,0	1,003	770	219,7	171,1	84,7	38,3	2,785		0,00	31,525
DATA-2:	61,06	62,64	62,97	32,35	24,84	7,05	5,52	2,73	3,17	89,84	TGR	0,00	1017


Sumenep, tgl. 1 September 1995
 Ia. Rag. Peg. I/IV Sumenep

Ir. H. THOMAS Hestadajah.

NIA. 0100 322

DATA IILIH IKLIMBARAN & PENGUAPAN STASIUN CUACA
 PAGARAKAN 1/IV SUMENEP DARI TGL. 1 S/D 30 SEPTKEMER 1995

Tgl.	Kelembaban R.H. (%)			Temperatur (C)		Penguapan air Dalam (mm/hr)			Kec. Angin Rata-2 Dalam (m/det)	Sinar Matahari Dalam (X)	Arah Angin	Curah Hujan (mm)	Tek. Udara (m/b)
	Imar	D.W	Rata-2	Max	Min	Tawar	Laut	Tua					
1	58	57	57,5	33	25	7,2	5,6	2,8	3,1	95	TGR	-	1018
2	59	58	58,5	33	24	7,1	5,5	2,7	2,6	95	TGR	-	1018
3	64	61	64,0	32	24	6,9	5,4	2,7	3,3	80	TGR	-	1018
4	55	55	55,5	33	24	7,1	5,5	2,8	2,5	95	TGR	-	1017
5	63	61	62,0	33	25	6,9	5,5	2,7	2,8	80	TGR	-	1018
6	61	61	61,0	33	25	6,9	5,4	2,7	2,8	70	TGR	-	1018
7	61	61	61,0	33	24	7,0	5,5	2,7	2,9	95	TGR	-	1016
8	66	68	67,0	31	24	6,9	5,4	2,7	3,4	80	TGR	-	1018
9	58	58	58,0	33	25	7,0	5,5	2,7	2,7	90	TGR	-	1016
10	63	61	63,5	32	24	6,9	5,4	2,7	2,6	80	TGR	-	1017
11	57	58	57,5	32	24	7,0	5,6	2,7	3,2	90	TGR	-	1018
12	67	68	67,5	30	24	6,9	5,5	2,7	3,7	80	TGR	-	1018
13	61	61	61,0	32	24	7,0	5,5	2,8	4,3	95	TGR	-	1017
14	65	65	65,0	32	24	7,0	5,6	2,8	3,5	90	TGR	-	1016
15	57	57	57,0	32	25	7,1	5,6	2,8	4,1	95	TGR	-	1018
16	58	57	57,5	33	25	7,0	5,5	2,8	3,7	95	TGR	-	1016
17	58	57	57,5	33	24	7,1	5,6	2,8	2,8	95	TGR	-	1018
18	60	61	60,5	32	24	7,0	5,5	2,7	2,7	95	TGR	-	1016
19	62	61	61,5	32	25	7,1	5,5	2,8	3,3	90	TGR	-	1017
20	60	60	60,0	33	25	7,1	5,6	2,8	3,5	95	TGR	-	1017
21	59	58	58,5	33	25	7,1	5,6	2,7	3,2	90	TGR	-	1016
22	58	58	58,0	33	25	7,1	5,6	2,8	3,0	90	TGR	-	1016
23	58	58	58,0	32	25	6,9	5,5	2,8	2,8	80	TGR	-	1017
24	59	61	60,0	33	25	7,1	5,5	2,7	2,9	90	TGR	-	1016
25	53	55	54,0	33	25	6,9	5,5	2,7	2,7	80	TGR	-	1018
26	57	58	57,5	32	25	6,9	5,6	2,7	2,9	85	TGR	-	1017
27	55	57	56,0	33	25	6,9	5,6	2,8	3,1	85	TGR	-	1018
28	58	61	59,5	33	25	7,0	5,6	2,8	3,4	90	TGR	-	1017
29	55	54	54,5	32	25	6,9	5,6	2,7	3,5	85	TGR	-	1017
30	68	68	68,5	30	24	6,9	5,6	2,7	3,2	85	TGR	-	1018
JUMLAH:	1.793	1.804	1.798,5	371	737	209,9	165,9	82,3	94,2	2.640		0,00	30.497
RATA-2:	59,77	60,13	59,95	32,37	24,57	7,00	5,53	2,74	3,14	88,00	TGR	0,00	1.017

Sumenep, 12.1 Oktober 1995
 Kap. Baz. Pag. 1/IV Sumenep

 Ir. M. Tohir Muntadjab.
 NIK. 8700 322

DATA ILMU KELEMBABAN & PENGUAPAN STASIUN CUACA
 PROGRAMAN 1/IV SUMBERP DARI TGL. 1 S/D 31 OKTOBER 1995

Tgl.	Kelembaban R.H (%)			Temperatur (C)		Penguapan air Dalam (mm/hr)			Kec. Angin Rata-2 (km/hr)	Sinar Matahari (jam)	Arab (mm)	Curah Hujan (mm)	Teb. Udara (m/h)
	Luar	D.M	Rata-2	Max	Min	Tawar	Laut	Tan					
1	60	68	68,0	32	24	7,0	5,6	2,8	3,5	90	TGR	-	1017
2	63	65	64,0	32	24	6,8	5,5	2,7	3,4	85	TGR	-	1017
3	55	54	54,5	33	25	6,8	5,4	2,7	2,5	80	TGR	-	1018
4	60	60	60,0	32	25	6,9	5,5	2,7	2,7	85	TGR	-	1018
5	57	59	58,0	33	25	6,8	5,4	2,6	3,0	75	TGR	-	1018
6	60	61	60,5	32	24	6,8	5,5	2,6	2,6	70	TGR	-	1017
7	51	50	50,5	33	25	6,9	5,5	2,7	2,9	80	TGR	-	1018
8	57	53	57,5	32	24	6,8	5,4	2,5	2,8	70	TGR	-	1017
9	57	57	57,0	32	25	6,7	5,3	2,5	3,3	70	TGR	-	1017
10	61	61	61,0	32	25	6,7	5,3	2,6	2,9	70	TGR	-	1017
11	66	66	66,0	32	24	6,9	5,4	2,7	2,1	80	TGR	-	1017
12	63	62	62,5	32	25	7,0	5,5	2,7	3,6	80	TGR	-	1016
13	68	66	67,0	32	25	7,0	5,6	2,7	3,6	80	TGR	-	1017
14	62	62	62,0	33	25	7,0	5,5	2,8	2,8	80	TGR	-	1017
15	57	58	57,5	33	25	7,1	5,6	2,8	2,5	90	TGR	-	1016
16	62	62	62,0	32	25	7,1	5,5	2,8	2,4	85	TGR	-	1017
17	59	59	59,0	33	25	7,2	5,5	2,8	3,1	90	TGR	-	1016
18	63	63	63,0	33	25	7,1	5,6	2,7	2,8	90	TGR	-	1016
19	53	54	53,5	33	25	7,0	5,5	2,7	3,5	80	TGR	-	1016
20	50	51	50,5	33	25	7,1	5,6	2,8	2,7	80	TGR	-	1016
21	60	59	59,5	32	25	6,8	5,4	2,7	1,5	75	TGR	-	1016
22	65	68	66,5	32	24	6,4	5,2	2,5	1,9	40	TGR	-	1018
23	52	50	51,0	33	25	-	-	-	1,4	50	TGR	14,00	1018
24	63	65	64,0	31	24	6,6	5,2	2,5	1,3	60	TGR	-	1018
25	64	66	65,0	32	24	6,7	5,2	2,5	1,4	75	TGR	-	1017
26	66	66	66,0	33	25	6,5	5,1	2,4	1,5	70	TGR	-	1017
27	70	72	71,0	31	25	6,2	4,8	2,4	5,8	50	TGR	-	1017
28	68	70	69,0	31	24	7,1	5,5	2,8	3,9	80	TGR	-	1017
29	45	47	46,0	33	25	7,2	5,6	2,8	2,6	90	TGR	-	1018
30	50	50	50,0	33	25	7,2	5,5	2,8	2,4	90	TGR	-	1016
31	53	52	52,5	33	25	7,2	5,5	2,8	3,3	90	TGR	-	1016
REKAPITULASI:	1.810	1.861	1.858,0	1.000	725	206,6	162,8	80,1	85,8	2.300		14,00	31.614
DATA-2:	59,61	60,13	59,87	32,35	24,71	6,66	5,53	2,58	2,8	76,77	TGR	14,00	1.017

Sumber, tgl. 1 Desember 1995
 (K. Dag. Peg. 1/IV Sumberp)

Ir. M. Tohir Muntadjab.

NIK. 0700 322

DATA-DATA ILIHK KEMDABAN DAN PANGUAPAN CUACA
 PEGARAMAN I/IV SUMENEP DARI TGL. 1 S/D. 31 NOPEMBER 1995

TGL.	KELENDAHAN R.H (%)	TEMPERATUR (°C)	PENGUAPAN AIR DALAM(mm/hari)	KEC. ANGIN DIDALAM MATAHARI ANGIN Hujan UDARA	WIND DIRECTION (m/detik)	WIND DIRECTION (°)	WIND DIRECTION (mm)	WIND DIRECTION (m/b)					
1.	60	62	61	33	25	7,3	5,6	2,8	3,1	90	TGR.	-	1017
2.	55	55	55	34	25	7,2	5,6	2,8	3,0	90	"	-	1017
3.	66	66	66	32	24	7,0	5,5	2,7	3,3	80	"	19,0	1017
4.	60	61	60,5	33	25	-	-	-	3,3	85	"	-	1016
5.	65	65	65	32	24	7,0	5,4	2,7	3,5	80	"	-	1017
6.	66	65	65,5	32	25	-	-	-	2,7	75	"	11,5	1018
7.	70	69	69,5	32	24	6,3	5,2	2,5	2,2	60	"	2,0	1018
8.	69	69	69	29	24	-	-	-	1,9	35	BRT.	6,0	1020
9.	65	66	65,5	31	24	7,0	5,2	2,7	2,6	80	TGR.	-	1018
10.	67	69	68	31	24	7,1	5,4	2,7	3,0	85	"	-	1018
11.	67	66	66,5	32	24	7,0	5,3	2,6	2,3	80	"	-	1018
12.	70	73	71,5	31	24	-	-	-	2,3	60	"	20,0	1019
13.	72	76	74	29	24	2,9	2,4	1,1	1,8	5	THR.	-	1020
14.	69	68	68,5	29	25	4,2	3,1	1,4	1,8	60	BRT.	-	1020
15.	71	75	73	28	24	-	-	-	0,9	10	"	90,0	1020
16.	79	80	79,5	29	24	-	-	-	1,0	15	"	6,0	1020
17.	75	76	75,5	29	25	2,2	1,1	-0,6	1,2	45	THR.	4,0	1019
18.	84	84	84	29	23	3,2	2,2	1,1	1,1	40	UTR.	-	1020
19.	85	88	86,5	28	24	-	-	-	1,2	40	BRT.	64,0	1020
20.	90	92	91	28	24	-	-	-	0,5	5	"	70,5	1020
21.	89	88	88,5	29	24	2,8	2,1	1,1	0,9	0	THR.	-	1020
22.	91	92	91,5	28	24	-	-	-	1,4	15	BRT.	35,0	1021
23.	88	84	86	28	25	6,2	4,7	2,3	0,9	55	UTR.	-	1020
24.	92	92	92	28	24	-	-	-	1,5	10	BRT.	35,0	1021
25.	89	88	84	28	25	2,9	2,2	1,1	1,0	10	"	BRIBIB	1021
26.	67	68	67,5	29	24	-	-	-	1,5	25	THR.	25,0	1021
27.	78	76	77	29	25	-	-	-	1,3	0	"	9,5	1020
28.	78	76	77	28	24	-	-	-	1,7	5	BRT.	18,0	1020
29.	76	76	76	29	25	-	-	-	0,8	10	THR.	8,5	1019
30.	75	77	76	30	24	-	-	-	1,1	25	TGR.	23,0	1019
INILAI	2219	2242	2210,5	896	287	80,3	64,0	29,5	55	1235		447,0	10573
RAKATA	73,9	74,9	74,329,8	24,2	5,3	4,0	1,9	1,3		44,1		26,2	1019

Sumenep, 31/11/1995
 Kap. Bag. Per. I/IV Sumenep.

In. R. Thohir. Muntad Jab
 HIK. 3700

DATA IKLIM IKLIMBARAN & PENGUAPAN STASIUM CUACA
 PEGARANAN I/IV SUMENEP DARI TGL. 1 S/D 31 DESEMBER 1995

Tgl.	Kelembaban R.H (%)			Temperatur (C)		Penguapan air Dalam (mm/hr)			Kec. Angin Rata-2	Sinar Matahari Dalam	Arah Angin	Curah Hujan (mm)	Tek. Udara (m/b)
	Luar	D.W	Rata-2	Max	Min	Tawar	Laut	Tua					
1	76	80	70,0	30	24	5,8	4,2	1,9	1,0	45	BRT	-	1019
2	70	70	70,0	29	24	2,1	1,0	0,1	1,1	25	SLT	-	1019
3	72	73	72,5	30	25	5,3	3,1	1,5	1,3	40	BRT	-	1018
4	70	76	73,0	30	24	5,9	4,1	2,0	1,0	40	BRT	-	1019
5	70	73	71,5	29	24	-	-	-	1,3	0	BRT	10,00	1020
6	72	73	72,5	30	24	3,2	2,2	1,1	1,5	15	BRT	-	1019
7	64	66	65,0	30	24	5,9	4,3	2,1	3,2	40	BRT	-	1019
8	71	73	72,0	29	24	5,5	4,0	1,8	2,8	40	BRT	-	1019
9	70	73	71,5	29	24	5,7	4,1	1,9	2,7	45	BRT	-	1020
10	87	84	85,5	28	25	-	-	-	3,7	25	BRT	5,00	1020
11	81	80	80,5	28	25	-	-	-	1,0	5	BRT	25,00	1020
12	82	84	83,0	29	24	-	-	-	2,7	30	BRT	26,00	1020
13	84	84	84,0	28	24	-	-	-	1,4	0	BRT	8,00	1020
14	83	76	79,5	30	24	5,6	4,1	1,9	1,1	40	BRT	-	1019
15	76	77	76,5	29	24	-	-	-	1,7	45	BRT	8,00	1020
16	84	84	84,0	28	24	3,7	2,2	0,2	1,1	55	BRT	2,00	1020
17	82	80	81,0	30	24	5,9	4,3	2,1	1,2	70	BRT	-	1019
18	70	70	70,0	30	24	5,5	4,1	2,0	1,4	50	BRT	-	1019
19	62	62	62,0	31	25	5,6	4,1	2,0	1,4	70	BRT	-	1018
20	67	69	68,0	30	25	-	-	-	1,3	30	BRT	13,00	1019
21	81	80	80,5	29	24	-	-	-	1,9	30	BRT	-	1020
22	81	80	80,5	30	24	5,6	4,0	1,8	1,2	40	TGR	12,50	1019
23	80	80	80,0	30	24	-	-	-	1,7	20	BRT	4,00	1020
24	79	80	79,5	30	25	2,2	1,1	0,5	2,2	25	BRT	-	1019
25	80	80	80,0	29	25	-	-	-	2,1	30	BRT	6,50	1020
26	84	84	84,0	30	25	-	-	-	1,4	25	THR	4,50	1019
27	84	81	76,5	29	24	3,3	2,2	1,1	1,7	25	BRT	-	1020
28	69	69	69,5	30	25	6,8	5,2	2,5	1,7	40	SLT	-	1019
29	68	69	71,5	31	25	7,0	5,5	2,8	1,6	35	BRT	-	1018
30	74	73	78,0	30	24	-	-	-	1,8	50	BRT	30,00	1020
31	83	81	80,5	29	25	-	-	-	1,3	50	BRT	23,00	1020
JUMLAH:	2.356	2.367	12.319,5	914	755	90,6	63,8	29,3	52,5	1.100		185,50	31.600
RATA-2:	76,00	76,35	74,82	29,48	24,35	5,03	3,54	1,63	1,7	38,06	BRT	13,75	1.019

Sumenep, tgl. 2 Januari 1996
 Dr. R. Didik Heriyanto

Koordinator

TABEL A.1

DISTRIBUSI ARAH DAN KECEPATAN ANGIN TAHUN 1995

BULAN		J	P	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	RATA-2
ARAH		B	B	B	TGR	TGR	TGR	TGR	TGR	TGR	TGR	TGR	B	TGR
V	Vmak	2,2	2,6	2,8	3,5	3,9	4,6	5,3	4,9	4,3	5,8	3,5	3,7	-
m/dt	Vrata	1,4	1,2	1,2	1,9	2,7	3,1	3,4	3,17	3,14	2,8	1,8	1,7	2,3
	Vmin	0,8	0,5	0,7	0,7	0,9	1,7	1,5	1,4	2,5	1,3	0,5	1,0	-

TABEL A.2
DISTRIBUSI RELATIF ARAH ANGIN

NO.	ARAH	BULAN												T(A)	P(A)
		J	P	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	JML	%
1.	B	26	25	18	6	-	-	-	-	-	-	10	27	112	30,7
2.	T	2	2	2	6	10	15	6	-	-	-	6	1	50	13,7
3.	U	1	1	1	4	-	-	-	-	-	-	2	-	9	2,4
4.	S	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	4	1,1
5.	TGR	2	-	10	12	21	15	25	31	30	31	12	1	190	52,1
6.	TL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
7.	BD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
8.	BL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
TOTAL													365	100	

TABEL A.3

DISTRIBUSI RELATIF KECEPATAN ANGIN

NO.	KEC. m/dt	BULAN												T(A) JML	P(A) %
		J	P	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
1.	0,5-1,0	9	9	11	3	1	-	-	-	-	-	7	3	43	11,8
2.	1,1-1,5	12	17	14	11	1	-	1	1	-	5	8	14	84	23
3.	1,6-2,0	8	1	5	4	1	3	-	1	-	1	4	7	35	9,6
4.	2,1-2,5	2	-	-	5	9	3	1	1	1	5	3	2	32	8,8
5.	2,6-3,0	-	1	1	2	10	10	5	10	13	10	4	3	69	18,9
6.	3,1-3,5	-	-	-	5	7	4	12	11	13	5	4	1	62	17
7.	3,6-4,0	-	-	-	-	2	9	7	4	2	4	-	1	29	7,9
8.	4,1-4,5	-	-	-	-	-	-	4	2	1	-	-	-	7	1,9
9.	4,6-5,0	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	2	0,5
10.	5,1-5,5	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,3
11.	5,6-6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	0,3
TOTAL													365	100	

TABEL A.4

DISTRIBUSI PELUANG ARAH DAN KECEPATAN ANGIN

NO.	KEC. m/dt	ARAH																JUMLAH	%
		B	%	T	%	U	%	S	%	TGR	%	TL	%	BD	%	BL	%		
1.	0,5-1,0	30	26,55	4	8,51	4	44,44	-	-	6	3,13	-	-	-	-	-	-	44	12,06
2.	1,1-1,5	51	45,11	8	17,02	5	55,56	2	50	19	9,89	-	-	-	-	-	-	85	23,29
3.	1,6-2,0	22	19,5	4	8,51	-	-	1	25	6	3,13	-	-	-	-	-	-	33	9,04
4.	2,1-2,5	4	3,54	4	8,51	-	-	1	25	23	11,98	-	-	-	-	-	-	32	8,77
5.	2,6-3,0	4	3,54	7	14,89	-	-	-	-	58	30,2	-	-	-	-	-	-	69	18,90
6.	3,1-3,5	1	0,88	9	19,15	-	-	-	-	51	26,56	-	-	-	-	-	-	61	16,71
7.	3,6-4,0	1	0,88	8	17,02	-	-	-	-	20	10,42	-	-	-	-	-	-	29	7,95
8.	4,1-4,5	-	-	1	2,13	-	-	-	-	7	3,65	-	-	-	-	-	-	8	2,19
9.	4,6-5,0	-	-	1	2,13	-	-	-	-	1	0,52	-	-	-	-	-	-	2	0,55
10.	5,1-5,5	-	-	1	2,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,27
11.	5,6-6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,52	-	-	-	-	-	-	1	0,27
TOTAL																	365	100	