



**RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)**  
**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN.....**  
**FAKULTAS TEKNIK.....**  
**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**Identitas Mata Kuliah**

Kode Mata Kuliah : **MS06033-15**

Nama Mata Kuliah : **Aero dan Hidrodinamika**

Bobot Mata Kuliah (sks) : **3**

Semester : **6**

Mata Kuliah Prasyarat : **Mekanika Fluida 1 dan 2**

**Identitas dan Validasi**

Dosen Pengembang RPS

Koord. Kelompok Mata Kuliah

Kepala Program Studi

**Nama**

D.Danardono DPT.,  
PhD.

Dr. Budi Kristiawan

Dr. Eko Surojo

**Tanda Tangan**

**Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)**

<b>Kode CPL</b>	<b>Unsur CPL</b>
CK1 (**)	Mampu menerapkan pengetahuan matematika, ilmu sains dasar serta dasar-dasar ilmu teknik, untuk mengidentifikasi, merumuskan, dan menyelesaikan bidang teknik mesin
CK2 (**)	Mampu merancang komponen, mengoperasikan, mengelola, dan merawat mesin dan sistem yang berhubungan dengan permesinan.
CK5 (*)	Mampu berkomunikasi secara efektif, tidak hanya dengan sesama sarjana teknik tetapi juga dengan masyarakat luas, termasuk kemahiran dalam berbahasa asing (diutamakan bahasa Inggris).
CK6 (*)	Mampu bekerja secara efektif baik secara individual maupun dalam tim multidisiplin atau multi-budaya.
CP2 (*)	Memiliki pengetahuan terhadap masalah kontemporer.
CS1 (*)	Memiliki komitmen terhadap etika & profesi.
CS2 (*)	Mampu melaksanakan proses belajar seumur hidup.

**CP Mata kuliah (CPMK)** : Setelah mengikuti MK ini diharapkan mahasiswa memiliki pemahaman yang memadai mengenai prinsip dasar aerodinamika dan aplikasinya, mampu merancang aerodinamika kendaraan, menganalisa energy angin dan merancang turbin angin.

**Bahan Kajian Keilmuan** : Konversi energi

**Deskripsi Mata Kuliah** : Kuliah ini membahas pengetahuan dasar aerodinamika dan aplikasinya. Hal-hal yang dipelajari adalah; Dasar-dasar aerodinamika, komponen-komponen pesawat terbang, mengurangi drag dan menambah lift, aerodinamika kendaraan darat, pengenalan energy angin dan turbin angin.

**Daftar Referensi** :  
1. Houghton and Carpenter, Aerodynamics for Engineering Students.  
2. Clancy, Aerodynamics  
3. Anderson, Fundamental of Aerodynamics  
4. Hucho, W.H., Aerodynamics of Road Vehicles  
5. Mathew, S., Wind Energy.

Tahap	Kemampuan akhir	Materi Pokok	Referensi	Metode Pembelajaran		Waktu	Pengalaman Belajar	Penilaian*	
				Luring	Daring			Indikator/kode CPL	Teknik penilaian dan bobot
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	Memahami dasar-dasar aerodinamika dan aplikasinya	Dasar-dasar aerodinamika	1, 2, 3	Ceramah dan diskusi kelas		1x150 menit	1. Mempelajari dasar aerodinamika 2. Mempelajari gaya-gaya aerodinamika pada pesawat 3. Mempelajari airfoil	Mengetahui dasar-dasar aerodinamika, gaya-gaya aerodinamika dan airfoil	5%
II	Memahami gaya-gaya aerodinamika	Gaya aerodinamika (pada pesawat)	1, 2, 3	Ceramah dan diskusi kelas		2x150 menit	1. Mempelajari sumber gaya lift 2. Mempelajari berbagai tipe drag 3. Mempelajari stall dan cara mengatasi	Mengetahui penyebab lift, drag, dan stall pada pesawat.	10%
III	Memahami metode mengendalikan aliran udara melewati sayap dan mengetahui karakteristik konfigurasi sayap	Kendali aliran dan konfigurasi sayap	1, 2, 3	Ceramah dan diskusi kelas		2x150 menit	1. Mempelajari cara meningkatkan lift 2. Mempelajari cara mengurangi drag	Mengetahui cara meningkatkan lift dan mengurangi draft	15%
IV	Mengetahui dan memahami metode eksperimen menggunakan wind tunnel	Eksperimen aerodinamika	1, 2, 3	Tugas dan eksperimen di lab		2x150 menit	Eksperimen Presentasi diskusi	Mengetahui cara menggunakan wind tunnel untuk eksperimen	20%
V	Memahami sifat-sifat aerodinamika pada mobil penumpang dan mengetahui cara-cara mengurangi drag pada mobil penumpang	Aerodinamika mobil penumpang	4	Ceramah dan diskusi kelas		2x150 menit	1. Mempelajari aerodinamika kendaraan penumpang 2. Mempelajari cara menurunkan drag kendaraan penumpang	Mengetahui faktor yang mempengaruhi drag kendaraan penumpang dan cara mengatasinya.	10%
VI	Memahami sifat-sifat aerodinamika pada kendaraan komersial dan mengetahui cara-cara mengurangi drag pada kendaraan komersial	Aerodinamika kendaraan komersial (bis dan truk)	4	Ceramah dan diskusi kelas		1x150 menit	1. Mempelajari aerodinamika kendaraan komersial 2. Mempelajari cara menurunkan drag kendaraan komersial	Mengetahui faktor yang mempengaruhi drag kendaraan komersial dan cara mengatasinya.	10%

<b>VII</b>	Mampu menghitung dan menganalisis potensi energy angin suatu lokasi/ daerah	Potensi energi angin	5	Ceramah, tugas, diskusi		2x150 menit	1. Mengolah data angin 2. Menganalisa potensi energi angin	Mampu menganalisa potensi energi angin suatu lokasi	20%
<b>VIII</b>	Mampu merancang sudu turbin tipe HAWT	Desain turbin angin	5	Ceramah, tugas diskusi		2x150 menit	Merancang sudu turbin HAWT	Mampu merancang sudu turbin angin tipe HAWT	10%
						14x150			100%

\*Kriteria Penilaian terlampir

## KRITERIA PENILAIAN

Kriteria penilaian dari kemampuan mahasiswa dapat dilihat dari tugas atau hasil tes. Setiap soal dikerjakan dengan urutan sebagai berikut:

Contoh Komponen Pengerjaan Tugas	Nilai Maks.
<b>Gambar/ Skema dan data:</b> berisi gambar/skema penjelasan dan data	40
<b>Jawaban dan analisa:</b> berisi jawaban dan analisis mendalam permasalahan dilengkapi dengan sumber referensi (buku dan jurnal ilmiah).	60
<b>Total</b>	100

Contoh Komponen Pengerjaan Tes	Nilai Maks.
<b>Diberikan/ diketahui:</b> berisi informasi yang diberikan dari soal	5
<b>Ditanya:</b> berisi parameter yang harus dijawab	5
<b>Gambar/ Skema dan data:</b> berisi gambar/skema penjelasan dan data	20
<b>Persamaan (jika ada):</b> menuliskan persamaan-persamaan yang sesuai dengan kebutuhan	20
<b>Menggunakan persamaan untuk menyelesaikan soal atau analisa soal:</b> urutan langkah/ tahapan pengerjaan dan analisa	40
<b>Jawaban:</b> menghitung untuk menghasilkan jawaban dan satuan yang benar	10
<b>Total</b>	100

Penentuan nilai akhir:

No.	Komponen	Bobot
1	Tugas	20%
2	UTS	40%
3	UAS	40%
		100%

**LAMPIRAN 1****KISI-KISI UJIAN DAN TUGAS TENGAH SEMESTER  
AERODINAMIKA**

Program Studi : Teknik Mesin

Kompetensi Lulusan :

- Mampu menerapkan pengetahuan matematika, ilmu sains dasar serta dasar-dasar ilmu teknik, untuk mengidentifikasi, merumuskan, dan menyelesaikan bidang teknik mesin
- Mampu merancang komponen, mengoperasikan, mengelola, dan merawat mesin dan sistem yang berhubungan dengan permesinan.

Mata Kuliah : Aerodinamika

Bobot : 3 SKS

Semester : 6

<b>KOMPETENSI DASAR</b>	<b>INDIKATOR</b>	<b>SOAL</b>
Memahami dasar-dasar aerodinamika dan aplikasinya	Mengetahui dasar-dasar aerodinamika, gaya-gaya aerodinamika dan airfoil.	LAMPIRAN 2
Memahami gaya-gaya aerodinamika	Mengetahui penyebab lift, drag, dan stall pada pesawat.	LAMPIRAN 2
Memahami metode mengendalikan aliran udara melewati sayap dan mengetahui karakteristik konfigurasi sayap	Mengetahui cara meningkatkan lift dan mengurangi draft	LAMPIRAN 2

## LAMPIRAN 2

### SOAL UJIAN TENGAH SEMESTER AERODINAMIKA (30%)

1. Jelaskan secara ringkas terjadinya gaya lift pada airfoil (sayap pesawat). (5%)
2. Jelaskan gaya dan momen yang terjadi pada pesawat dan cara mengendalikannya. (5%)
3. Jelaskan penyebab terjadinya separasi lapis batas (boundary layer separation) pada airfoil. Akibat separasi tersebut, apa yang terjadi pada airfoil? Bagaimanakah cara mencegah terjadinya separasi pada lapis batas? (10%)
4. Jelaskan yang anda ketahui mengenai fenomena *wing tip vortices*, pengaruhnya pada pesawat dan cara pencegahannya. (10%)

Note:

Semua penjelasan dengan disertai gambar, diagram atau sketsa.

### TUGAS TENGAH SEMESTER (20%)

Lakukanlah pengujian dengan wind tunnel dengan variasi bilangan Reynolds:

- drag bola tenis/ golf/ pingpong
- drag dan lift shuttle cock pada berbagai sudut serang

Buatlah laporan dilengkapi analisa yang merujuk pada referensi (jurnal ilmiah dan buku).

**LAMPIRAN 3****KISI-KISI UJIAN DAN TUGAS AKHIR SEMESTER  
AERODINAMIKA**

Program Studi : Teknik Mesin

Kompetensi Lulusan :

- Mampu menerapkan pengetahuan matematika, ilmu sains dasar serta dasar-dasar ilmu teknik, untuk mengidentifikasi, merumuskan, dan menyelesaikan bidang teknik mesin
- Mampu merancang komponen, mengoperasikan, mengelola, dan merawat mesin dan sistem yang berhubungan dengan permesinan.

Mata Kuliah : Aerodinamika

Bobot : 3 SKS

Semester : 6

<b>KOMPETENSI DASAR</b>	<b>INDIKATOR</b>	<b>SOAL</b>
Memahami sifat-sifat aerodinamika pada mobil penumpang dan mengetahui cara-cara mengurangi drag pada mobil penumpang	Mengetahui faktor yang mempengaruhi drag kendaraan penumpang dan cara mengatasinya.	LAMPIRAN 4
Memahami sifat-sifat aerodinamika pada kendaraan komersial dan mengetahui cara-cara mengurangi drag pada kendaraan komersial	Mengetahui faktor yang mempengaruhi drag kendaraan komersial dan cara mengatasinya.	LAMPIRAN 4
Mampu menghitung dan menganalisis potensi energy angin suatu lokasi/ daerah	Mampu menganalisa potensi energi angin suatu lokasi	LAMPIRAN 4
Mampu merancang sudu turbin tipe HAWT	Mampu merancang sudu turbin angin tipe HAWT	LAMPIRAN 4

## LAMPIRAN 4

### SOAL UJIAN AKHIR SEMESTER AERODINAMIKA (40%)

1. Berdasarkan data di tabel 3.3, hitung faktor bentuk ( $k$ ) dan faktor skala ( $c$ ) Weibull dengan metode grafik. (20%)
2. Rancanglah sudu untuk turbin angin yang menghasilkan daya 100 W pada kecepatan angin 7 m/s. Airfoil NACA 4412 digunakan sebagai profil sudu. (10%)

Table 3. 3. Frequency distribution of wind velocity

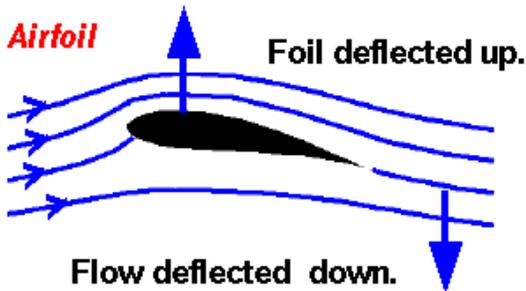
No	V (km/h)	Frequency	F(V)
1	0	0.002	0.002
2	1-2	0.005	0.007
3	3-4	0.008	0.015
4	5-6	0.014	0.029
5	7-8	0.025	0.054
6	9-10	0.037	0.091
7	11-12	0.048	0.139
8	13-14	0.051	0.19
9	15-16	0.057	0.247
10	17-18	0.051	0.298
11	19-20	0.069	0.367
12	21-22	0.07	0.437
13	23-24	0.073	0.51
14	25-26	0.074	0.584
15	27-28	0.072	0.656
16	29-30	0.066	0.722
17	31-32	0.058	0.78
18	33-34	0.054	0.834
19	35-36	0.041	0.875
20	37-38	0.033	0.908
21	39-40	0.028	0.936
22	41-42	0.021	0.957
23	43-44	0.017	0.974
24	45-46	0.011	0.985
25	47-48	0.008	0.993
26	49-50	0.004	0.997
27	51-52	0.002	0.999
28	53-54	0.001	1
29	55-56	0	1
30	57-58	0	1
31	59-60	0	1

### TUGAS AKHIR SEMESTER (10%)

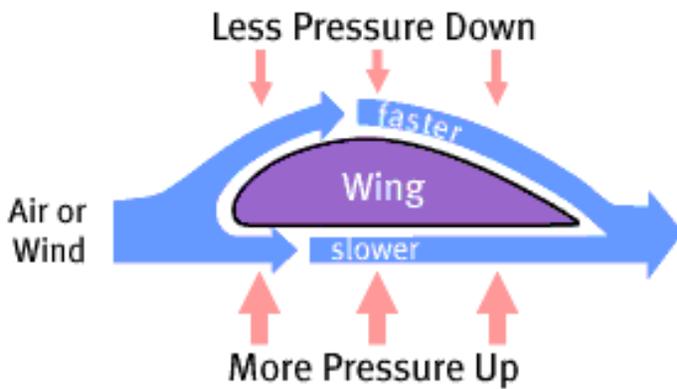
Buatlah makalah mengenai metode dan cara penurunan *drag* pada kendaraan bermotor (mobil/ bis/ truk). Referensi/ rujukan minimal dari 5 jurnal internasional terindeks, dengan 2 jurnal dari 3 tahun terakhir.

1. Terjadinya *Lift*

Lift terjadi saat aliran fluida (udara, air, gas, dan lain-lain) dibelokkan oleh benda padat (solid). Aliran tersebut dibelokkan kesuatu arah, dan lift dihasilkan ke arah yang berlawanan, sesuai dengan hukum Newton ke 3, aksi dan reaksi. Untuk suatu sayap pesawat, permukaan atas dan bawah, keduanya berperan terhadap pembelokan aliran.



Pada kondisi pembelokan aliran, menyebabkan terjadinya perbedaan kecepatan aliran di sisi atas dan bawah dari permukaan sayap. Jika aliran fluida melewati permukaan bawah mempunyai kecepatan aliran lebih rendah dibanding aliran di permukaan atas, maka akan terjadi perbedaan tekanan permukaan bawah dan atas, sehingga akan dihasilkan lift. Hal ini sesuai dengan hukum Bernoulli.

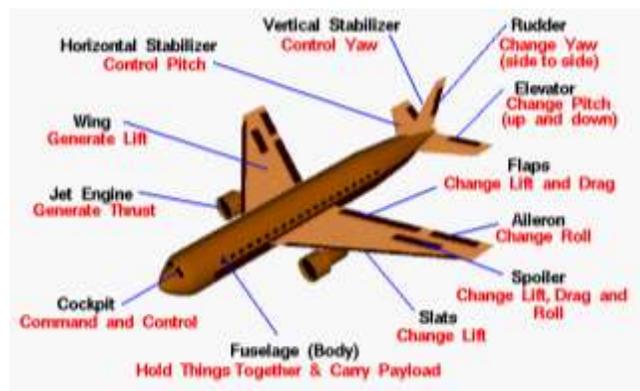
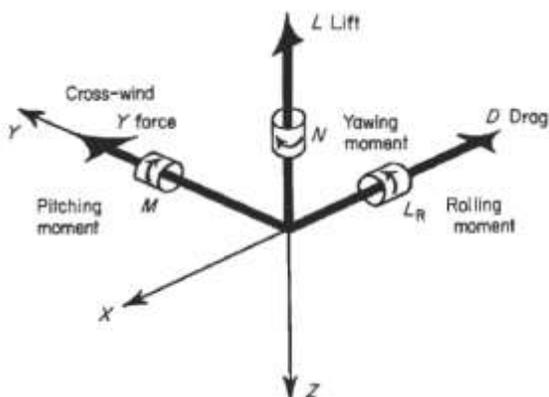


2. Gaya pada pesawat:

- a. Lift (gaya angkat) x weight (gaya berat) – dikendalikan oleh wings, flaps, slats, spoiler
- b. Drag (gaya hambat) x thrust (gaya dorong) – engine, spoiler
- c. Cross wind – rudder, vertical stabilizer

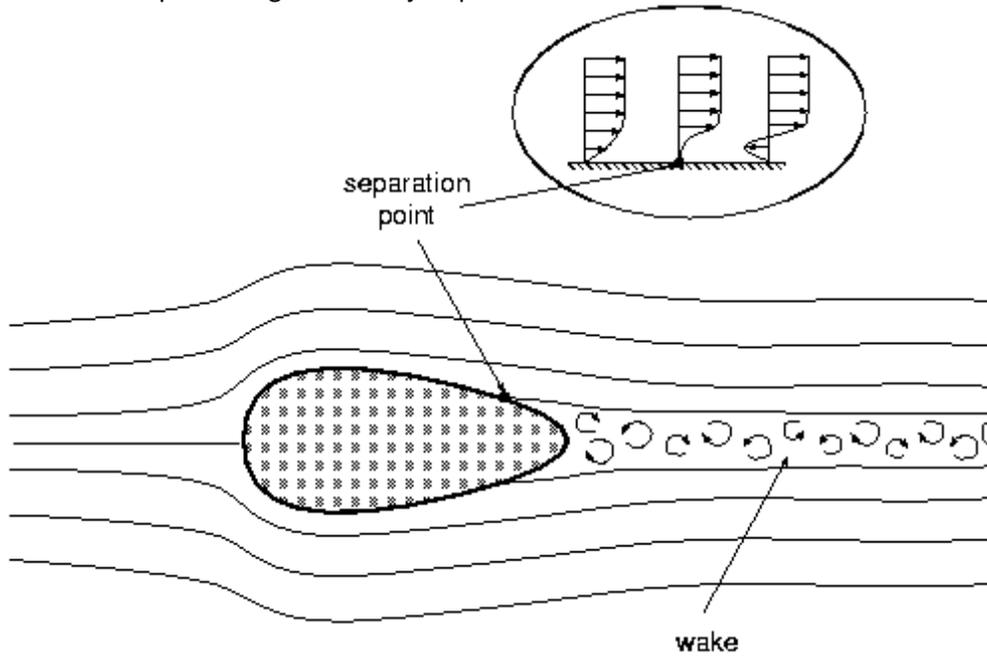
Momen pada pesawat:

- a. Pitching moment – dikendalikan oleh elevator (horizontal stabilizer)
- b. Yawing moment – dikendalikan oleh rudder (vertical stabilizer)
- c. Rolling moment – dikendalikan oleh aileron dan spoiler

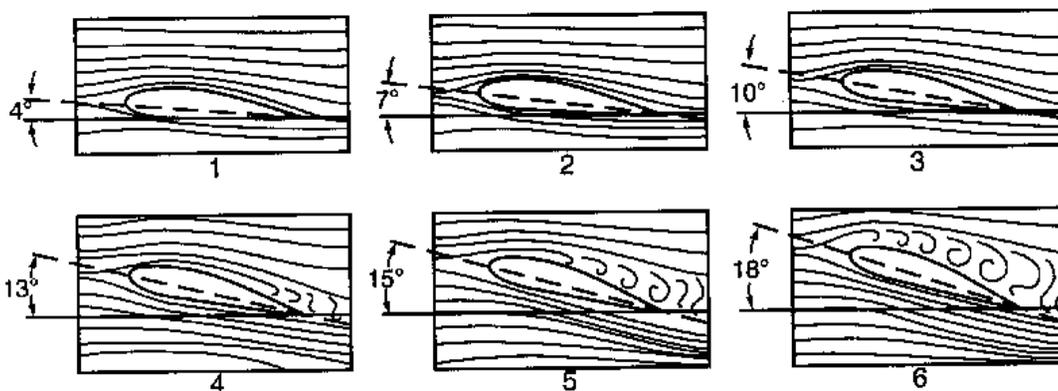


### 3. Separasi

Terjadi bila kecepatan pada dinding adalah 0 atau negatif, terjadi titik balik pada profil kecepatan, dan adverse pressure gradient terjadi pada arah aliran.



Saat airfoil pada posisi sudut serang tertentu, separasi bisa terjadi pada seluruh permukaan atas dari airfoil, terjadilah **stall** (kehilangan gaya angkat).



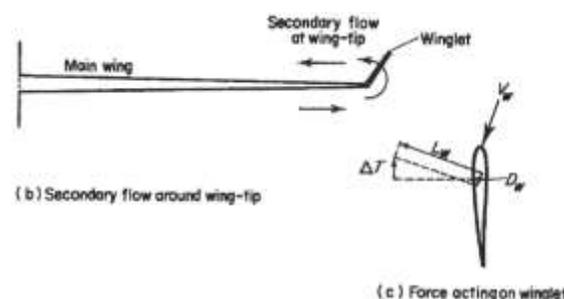
Untuk mencegah terjadinya separasi, salah satu caranya adalah dengan meningkatkan energi kinetik aliran fluida melewati permukaan atas airfoil. Bisa dilakukan dengan cara meningkatkan kecepatan aliran, memaksa aliran menjadi turbulenta dengan menambahkan turbulator atau vortex generator.

### 4. Wing tip vortices



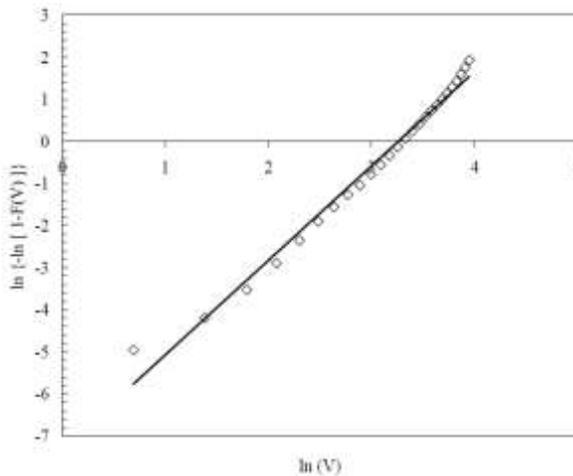
Wing tip vortices akan menyebabkan terjadinya induced drag pada pesawat dan mengurangi luas efektif sayap.

Cara mengatasinya dengan menambahkan winglet pada ujung sayap. Desain dan pemasangan winglet yang tepat akan mampu mengurangi ukuran wing tip vortex dan juga menghasilkan *thrust* tambahan untuk mengatasi terjadinya induced drag.



## UAS

- Langkah awal adalah membuat data distribusi kumulatif berdasar frekuensi yang diberikan. Tiap kelas harus diwakili oleh batas atas seperti ditunjukkan pada kolom terakhir pada tabel. Buat plot  $\ln(V)$  pada sumbu X dan  $\ln\{-\ln[1-F(V)]\}$  pada sumbu Y. Pada grafik yang dihasilkan, buatlah trend line melalui titik-titik tersebut, dan dapatkan persamaan garisnya.



Persamaan garis plot adalah:

$$y = 2.24x - 7.32$$

Dengan menyelesaikan persamaan

$$\ln\{-\ln[1-F(V)]\} = k \ln(V) - k \ln c$$

Terhadap persamaan garis plot, maka diperoleh nilai:

$$k = 2.24 \text{ dan } c = 26.31 \text{ km/h} = 7.31 \text{ m/s.}$$

- Desain power coefficient dipilih 0.4 dan diasumsikan efisiensi kombinasi rangkaian penggerak dan generator adalah 0.9, sedangkan masa jenis udara 1.224 kg/m<sup>3</sup>.

Jari-jari rotor adalah:

$$R = \left[ \frac{2 \times 100}{0.4 \times 0.9 \times 1.224 \times \pi \times 7^3} \right]^{\frac{1}{2}} = 0.65 \text{ m}$$

Untuk pembangkit listrik, dipilih rotor dengan soliditas rendah, jumlah sudu minimum dan beroperasi pada tip speed ratio tinggi. Untuk kestabilan aerodinamik dan struktur, dipilih rotor dengan 3 buah sudu. Dari grafik (fig. 2.18 - referensi no. 5) dipilih tip speed ratio desain 5. Dari data airfoil NACA 4412, minimum  $C_D/C_L$  adalah 0.01, yang dicapai pada sudut serang 4° dan dengan nilai  $C_L$  terkait 0.8.

Panjang total sudu mulai dari 0.2R sampai R dibagi menjadi 9 bagian dengan interval 6.5 cm. Sudut setting chord dan sudu pada tiap bagian dihitung dengan persamaan (2.67) sampai (2.70) dari referensi no. 5. Hasil ditampilkan dalam tabel berikut:

Section	Sectional radius (m)	Angle of attack (degrees)	Design Lift coefficient	Chord (m)	Blade Setting Angle (degrees)
1	0.13	4	0.8	0.182	26.015
2	0.195	4	0.8	0.155	18.471
3	0.26	4	0.8	0.129	13.719
4	0.325	4	0.8	0.109	10.542
5	0.39	4	0.8	0.094	8.296
6	0.455	4	0.8	0.082	6.636
7	0.52	4	0.8	0.072	5.362
8	0.585	4	0.8	0.065	4.357
9	0.65	4	0.8	0.059	3.544

