

## PENENTUAN BESAR PENGANGKATAN MAKSIMUM PADA SUDUT ELEVASI TERTENTU DENGAN MENGGUNAKAN PEMODELAN AIRFOIL SAYAP PESAWAT

Ahmad Tanwir<sup>\*)</sup>, Juli Astono<sup>\*\*)</sup>, Subroto<sup>\*\*)</sup>, Rita P<sup>\*\*)</sup>

Juridik Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

### ABSTRAK

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk mencari seberapa besar kemampuan mengangkat profil sayap pesawat pada sudut elevasi dengan menggunakan pemodelan *airfoil* sayap pesawat.

Pada penelitian ini, variabel yang digunakan terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebasnya adalah sudut elevasi model sayap, massa, variabel terikat adalah kemampuan mengangkat beban maksimum sedangkan variabel kontrolnya adalah kecepatan angin, luasan permukaan pemodelan sayap pesawat.

Pengambilan data dilakukan dengan cara percobaan (eksperimen) menggunakan WIN TONEL. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan rumus bernoulli dan nilai ketidakpastiannya. Selain itu data yang diperoleh dianalisis secara grafik menggunakan program Microsoft Excel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada sudut  $10^0$  kemampuan mengangkat beban maksimum pada pemodelan *airfoil* sayap pesawat adalah sebesar 0,237 kg, pada sudut  $15^0$  kemampuan mengangkat maksimum pada pemodelan *airfoil* sayap pesawat adalah sebesar 0,241 kg, sedangkan untuk sudut  $20^0$  kemampuan mengangkat beban maksimum pada pemodelan *airfoil* sayap pesawat adalah sebesar 0,268 kg.

**Kata kunci:** pengangkatan maksimum, sudut elevasi, *airfoil* sayap pesawat

### Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya IPTEK (*Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*) yang semakin pesat, peranan teknologi dalam berbagai segi kehidupan manusia tampak semakin dominan. Melalui berbagai fasilitas dan peralatan yang bersentuhan teknologi, manusia dapat meningkatkan kesejahteraan hidupnya. Sehingga terjadilah pergeseran orientasi dan kultur dalam kehidupan manusia. Sumber daya manusia tidak lagi dinilai dari segi kuantitatif, khususnya dalam penguasaan terhadap IPTEK.

Manusia dengan kompetensi tinggi dan berkualitas akan lebih dapat menjamin kelangsungan hidupnya (*Survive*), sebagai "*Basic of technology*" maka penguasaan terhadap konsep-konsep, prinsip-prinsip dan hukum-hukum dasar fisika mutlak di perlukan dalam rangka penguasaan terhadap IPTEK. Salah satu contoh hasil teknologi yang bermanfaat bagi manusia adalah pesawat terbang, kereta api, mobil yang berkecepatan 200 km/jam atau lebih, kereta api yang berkecepatan 300 km/jam atau lebih serta kapal-kapal atau benda-benda yang bergerak, yang tentu membutuhkan aerodinamika yang efektif.

Salah satu alat transportasi yang berkaitan dengan aerodinamika adalah pesawat terbang khususnya pada *airfoil* sayap pesawat. Pada dasarnya kekuatan-kekuatan yang bekerja pada suatu benda bergantung pada beban dan kecepatan relatif benda itu terhadap medium, antara pesawat dan medium udara menghasilkan kekuatan diantara mereka. Untuk menyelidiki hal ini diperlukan suatu permodelan yang dapat digunakan untuk menentukan penerapan teori aerodinamika khususnya dalam pesawat terbang.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mencari Seberapa besar kemampuan mengangkat beban maksimum pada sudut elevasi tertentu dengan menggunakan pemodelan *airfoil* sayap pesawat

### Dasar Sifat Fluida

Tiga keadaan umum atau fase, dari materi adalah padat, cair, dan gas. Kita dapat membedakan ketiga fase ini sebagai berikut. Benda padat mempertahankan bentuk dan ukuran yang tetap : bahkan jika gaya yang besar diberikan pada sebuah benda padat, benda tersebut tidak langsung berubah bentuk dan volumenya. Benda cair tidak mempertahankan bentuk yang tetap – melainkan mengambil bentuk tempat yang di tempatinya – tetapi seperti benda padat, benda cair tidak langsung dapat ditekan, dan perubahan volume yang cukup signifikan terjadi jika diberikan gaya yang besar. Gas tidak memiliki bentuk maupun volume yang tetap – gas akan menyebar untuk memenuhi tempatnya. Sebagai contoh, ketika udara dipompa ke dalam ban mobil, udara tersebut tidak seluruhnya mengalir ke bagian bawah ban seperti zat cair, melainkan menyebar untuk memenuhi seluruh volume ban. Karena zat cair dan gas tidak mempertahankan bentuk yang tetap, keduanya memiliki kemampuan untuk mengalir. Dengan demikian keduanya sering di sebut sebagai **fluida**.

Proses Fluida mempunyai beberapa aspek fisis dan mekanis. Beberapa aspek sangat penting untuk aerodinamika, tekanan ( $P$ ), temperature ( $T$ ), kepadatan ( $\rho$ ), berat jenis ( $\gamma$ ), viskositas ( $\eta$ ) dan kompresibilitas.

### Persamaan Bernoulli

Persamaan Bernoulli dapat dipakai pada banyak situasi. Satu contoh adalah untuk menghitung gaya angkat pesawat. Pada saat pesawat melaju dengan kecepatan tinggi dilandasan pacu, aliran udara yang menerpa sayap terpecah menjadi aliran yang melalui atas sayap dan aliran di bawah sayap. Karena sayap dibuat melengkung pada permukaan atasnya dan lurus pada bagian bawahnya, maka aliran udara di bagian atas sayap lebih cepat dibanding dengan aliran udara di bawah sayap ( $v_1 < v_2$ ). Akibatnya, tekanan udara di permukaan sayap bagian atas lebih kecil daripada tekanan udara di permukaan bagian bawah sayap ( $P_1 > P_2$ ). Dengan menganggap ketinggian kedua permukaan sayap sama, maka menurut persamaan Bernoulli di peroleh persamaan gaya angkat pesawat sebagai berikut :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

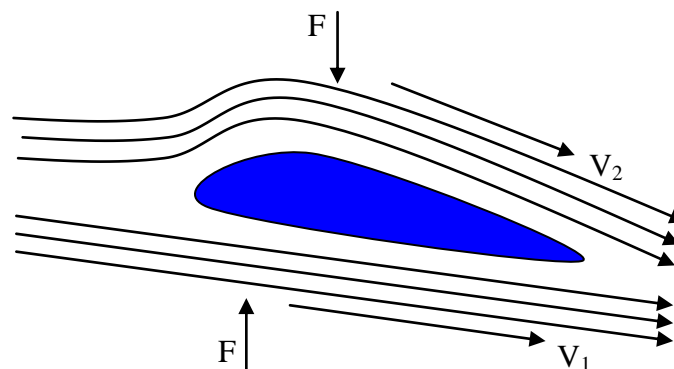
$$P_1 - P_2 = \left( \frac{1}{2} \rho v_2^2 \right) - \left( \frac{1}{2} \rho v_1^2 \right)$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

$$\frac{F_1}{A} \times \frac{F_2}{A} = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

$$\frac{1}{A} (F_1 - F_2) = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

$$F_1 - F_2 = \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2)$$

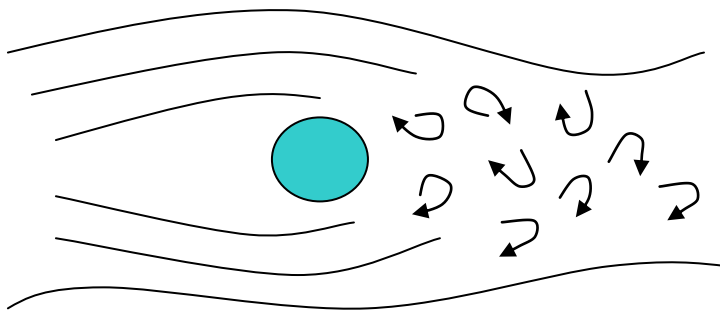


### Arus Dalam Daerah Laminer dan Turbulen

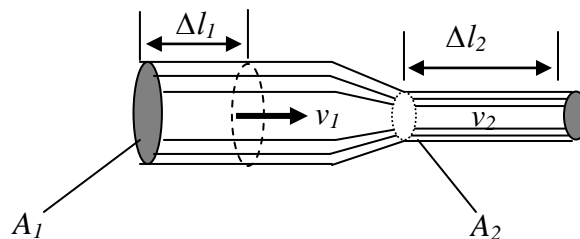
Salah satu faktor yang berpengaruh dalam percobaan adalah daerah arus. Daerah arus ada 2 yaitu daerah arus laminer dan turbulen. Aliran Laminer adalah arus dimana partikel arus dikiri kanannya bergerak sejajar dalam lintasan dan kondisinya atau terhadap yang lain tidak mengalami perubahan, sedangkan aliran daerah turbulen adalah partikel fluida bergerak tidak konstan dalam segala arah dan perubahan ini adalah relatif terhadap kedudukannya dan gerakannya saling berpotongan dalam menempuh lintasannya.



Gambar 1 Aliran Laminer (Sumber : FISIKA edisi kelima Douglas C.Giancoli)



Gambar 2 Aliran Turbuler (Sumber : FISIKA edisi kelima Douglas C.Giancoli)



Gambar 3 Aliran Laminer melalui pipa yang diameter berubah (Sumber : FISIKA edisi kelima Douglas C.Giancoli)

### Similaritas Mekanis Arus

Untuk mengetahui pengaruh sudut elevasi terhadap daya angkat sayap pesawat perlu diketahui kekuatan yang bekerja pada permukaan pesawat. Cara yang paling sederhana di lakukan dalam tabung percobaan dengan memasukkan udara pada kecepatan yang dipersyaratkan. Kalau permodelan yang kita gunakan besar berarti tabung percobaan harus besar. Demikian pula kecepatannya. Pelaksanaan tabung percobaan pada permodelan sayap pesawat yang tidak bergerak sangat berbeda dengan keadaan yang sebenarnya. Dinding tabung percobaan mempengaruhi arus udara. Untuk mendapatkan data yang sebenarnya kita harus mengubah keadaan, yaitu dengan mengurangi similaritas mekanis pada model sayap pesawat.

### Dasar Komponen Pesawat dan Penggunaannya.

Kita mempunyai beberapa jenis pesawat yang berbeda. Jenis pesawat yang berbeda ini karena adanya tugas yang berbeda. Bentuk dari pesawat tergantung dari ketinggian terbang, kecepatan dan jarak operasi. Oleh karena itu karakter pesawat mempunyai gerak tertentu. Dasar utama gerak terdapat pada sayap, badan dan bagian ekor pesawat. Tiap bagian memiliki struktur yang sangat kompleks dan memiliki tugas tersendiri, selain adanya peralatan untuk pesawat dan terbang. Kedudukan relatif dari semua bagian pesawat merupakan skema arrangement dari pesawat. Adapun salah satu dasar komponen pesawat adalah sayap. Sayap merupakan suatu bagian

dari pesawat yang dapat menerima kekuatan daya angkat. Syarat utama sayap adalah dapat menimbulkan daya angkat. Harga daya angkat tergantung dari kecepatan, bentuk sayap dan letaknya, serta luas.

Hingga saat ini, setidaknya ada 3 penjelasan yang diterima untuk fenomena munculnya gaya angkat pada sayap: prinsip Bernoulli, Hukum ke-3 Newton, dan efek Coanda. Sayap pesawat memiliki kontur potongan melintang yang unik. Pada airfoil, permukaan atas sedikit melengkung membentuk kurva cembung, sedangkan permukaan bawah relatif datar. Bila sekelompok udara mengenai kontur airfoil ini, maka ada kemungkinan bahwa udara bagian atas akan memiliki kecepatan lebih tinggi dari bagian bawah, hal ini disebabkan karena udara bagian atas harus melewati jarak yang lebih panjang (permukaan atas airfoil adalah cembung) dibandingkan udara bagian bawah.

Prinsip Bernoulli menyatakan bahwa semakin tinggi kecepatan fluida (untuk ketinggian yang relatif sama), maka tekanannya akan mengecil. Dengan demikian akan terjadi perbedaan tekanan antara udara bagian bawah dan atas sayap. Hal inilah yang menciptakan gaya angkat  $F$ . Penjelasan dengan prinsip Bernoulli ini masih menuai pro kontra; namun penjelasan ini pulalah yang digunakan Boeing untuk menjelaskan prinsip gaya angkat. Penjelasan menggunakan hukum ke-3 Newton menekankan pada prinsip perubahan momentum manakala udara dibelokkan oleh bagian bawah sayap pesawat. Dari prinsip aksi reaksi, muncul gaya pada bagian bawah sayap yang besarnya sama dengan gaya yang diberikan sayap untuk membelokkan udara. Sedangkan penjelasan menggunakan efek Coanda menekankan pada beloknya kontur udara yang mengalir di bagian atas sayap. Bagian atas sayap pesawat yang cembung memaksa udara untuk mengikuti kontur tersebut. Pembelokan kontur udara tersebut dimungkinkan karena adanya daerah tekanan rendah pada bagian atas sayap pesawat (atau dengan penjelasan lain: pembelokan kontur udara tersebut menciptakan daerah tekanan rendah). Perbedaan tekanan tersebut menciptakan perbedaan gaya yang menimbulkan gaya angkat  $F$ . Meski belum ada konsensus resmi mengenai mekanisme yang paling akurat untuk menjelaskan munculnya fenomena gaya angkat, yang jelas sayap pesawat berhasil mengubah sebagian gaya dorong  $T$  mesin menjadi gaya angkat  $F$ .

### Metode Penelitian

Penelitian studi penentuan besar pengangkatan maksimum pada sudut elevasi tertentu dengan menggunakan pemodelan airfoil sayap pesawat telah dilaksanakan pada bulan Desember 2007 sampai dengan Januari 2008 dengan tempat penelitian di Laboratorium Fisika Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dengan mengambil beberapa variabel mendasar meliputi sudut elevasi, pemodelan *airfoil* sayap, massa beban dan kemampuan mengangkat beban maksimum dengan mengontrol kecepatan angin dan luasan permukaan pemodelan. Adapun data dianalisis menggunakan persamaan Bernoulli sebagai berikut:  
dengan besarnya ralat adalah:

$$\Delta F = \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2)$$

$$\frac{\Delta F}{\partial v} = \left| \frac{\partial \Delta F}{\partial v_2} \right| |\Delta v| + \left| \frac{\partial \Delta F}{\partial v_1} \right| |\Delta v|$$

$$= \left| \frac{\partial \left( \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2) \right)}{\partial v_2} \right| |\Delta v| + \left| \frac{\partial \left( \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2) \right)}{\partial v_1} \right| |\Delta v|$$

$$= \left| \rho A v_2 \right| |\Delta v| + \left| \rho A v_1 \right| |\Delta v|$$

### Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk Seberapa besar kemampuan mengangkat beban maksimum pada sudut elevasi tertentu dengan menggunakan pemodelan *airfoil* sayap pesawat. Pada penelitian ini digunakan satu set alat yang kita beri nama **WIN TONEL**. Alat ini kita buat dengan sangat

sederhana yaitu dengan menggunakan plat besi untuk membuat trowongan angin, kemudian kayu sebagai permodelan *airfoil* sayap pesawat. Karena penelitian ini membutuhkan udara yang sangat besar sehingga kita menggunakan blower dari mesin pompa air karena kita anggap mampu menghasilkan putaran yang cukup tinggi untuk menghasilkan kekuatan udara yang kita harapkan. Untuk mengukur besar kecepatan angin kita menggunakan alat pengukur kecepatan angin digital.

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa kendala yang peneliti hadapi yaitu ukuran dari trowongan angin yang digunakan sangat kecil, sehingga jumlah data yang bisa kita ambil sangat kurang dari apa yang kita harapkan. Tetapi walaupun demikian data ini sudah mampu menunjukkan bahwa pemasangan sudut elevasi sayap pesawat berpengaruh terhadap daya angkat sayap pesawat.

Kendala yang kedua yaitu masalah udara yang berada di dalam terowongan. Udara yang kita harapkan adalah udara yang laminer, tetapi apabila kita melihat dari kondisi alat yang kita gunakan sangat sulit untuk mendekati udara yang laminer. Tetapi ada beberapa usaha yang kita lakukan untuk mendapatkan udara yang laminer yaitu dengan memasang kawat strimin dan penyekat dari triplek di dalam terowongan angin. Kawat strimin dipasang memotong terowongan angin, kemudian penyekatnya dipasang sejajar dengan terowongan angin. Dengan melakukan hal ini ternyata hasil yang kita peroleh lebih baik daripada sebelum memasang strimin dan penyekat di dalam terowongan.

Dari penelitian ini, kita dapat menentukan besarnya gaya angkat pada masing – masing sudut yang ditabulasikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

**Sudut  $10^0$**

$\theta$	Massa(kg)	Kecepatan		F(N)
		$V_1$ (m/s)	$V_2$ (m/s)	
$10^0$	0.186	0	0	0
	0.186	4.5	7.4	0,69
	0.197	4.9	6.5	0,36
	0.217	5.5	5.9	0,091
	0.228	5.7	5.8	0,023
	0.237	5.9	5.2	-0,154

**Sudut  $15^0$**

$\theta$	Massa(kg)	Kecepatan		F(N)
		$V_1$ (m/s)	$V_2$ (m/s)	
$15^0$	0.186	0	0	0
	0.186	3.2	7.8	1,012
	0.197	4.3	6.4	0,45
	0.207	4.4	6.3	0,41
	0.217	4.6	5.2	0,12
	0.237	5.8	5.2	-0,132

**Sudut  $20^0$**

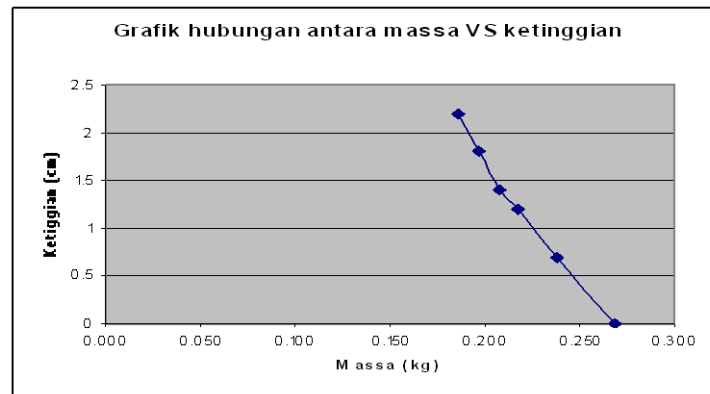
$\theta$	Massa (kg)	Kecepatan		F(N)
		$V_1$ (m/s)	$V_2$ (m/s)	
$20^0$	0.186	0	0	0
	0.186	3.3	7.9	1,03
	0.197	3.6	7	0,72
	0.207	3.9	6.5	0,54
	0.217	4.1	5.7	0,31
	0.238	4.3	5.4	0,21
	0.268	5.4	5.6	0,04

Selanjutnya dapat dianalisis untuk setiap sudut elevasi sebagai berikut:

**Sudut ( $\theta$ ) =  $10^\circ$**

$\theta$	Massa(kg)	Kecepatan		$h_{awal}(cm)$	$h_{akhir}(cm)$	$\Delta h(cm)$	$\Delta h(m)$
		$V_1(m/s)$	$V_2(m/s)$				
$10^0$	0.186	0	0	2	2	0	0
	0.186	4.5	7.4	2	3	1	0.01
	0.197	4.9	6.5	2	2.8	0.8	0.008
	0.217	5.5	5.9	2	2.5	0.5	0.005
	0.228	5.7	5.8	2	2.3	0.3	0.003
	0.237	5.9	5.2	2	2	0	0

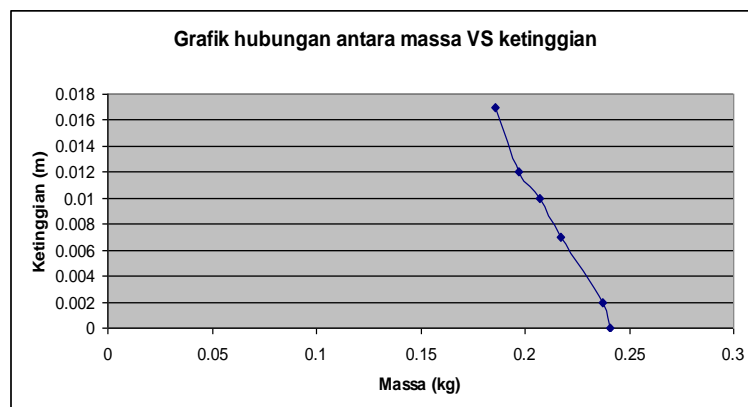
Dari Tabel di atas dapat digambarkan grafik hubungan antara massa dengan ketinggian pada sudut  $10^0$  sebagai berikut :



**Sudut ( $\theta$ ) =  $15^\circ$**

$\theta$	Massa(kg)	Kecepatan		$h_{awal}(cm)$	$h_{akhir}(cm)$	$\Delta h(cm)$	$\Delta h(m)$
		$V_1(m/s)$	$V_2(m/s)$				
$15^0$	0.186	0	0	2.8	2.8	0	0
	0.186	3.2	7.8	2.8	4.5	1.7	0.017
	0.197	4.3	6.4	2.8	4	1.2	0.012
	0.207	4.4	6.3	2.8	3.8	1	0.01
	0.217	4.6	5.2	2.8	3.5	0.7	0.007
	0.237	5.8	5.2	2.8	3	0.2	0.002
	0.241	5.4	4.8	2.8	2.8	0	0

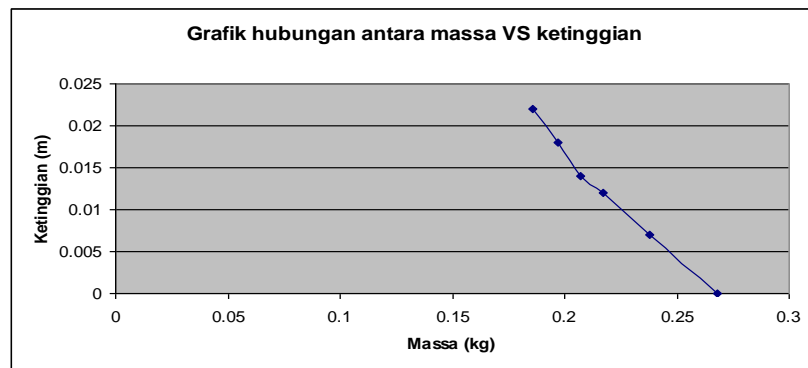
Dari Tabel di atas dapat digambarkan grafik hubungan antara massa dengan ketinggian pada sudut  $15^0$  sebagai berikut :



Sudut ( $\theta$ ) =  $20^\circ$

$\theta$	Massa (kg)	Kecepatan		$h_{awal}(cm)$	$h_{akhir}(cm)$	$\Delta h(cm)$	$\Delta h(m)$
		$V_1(m/s)$	$V_2(m/s)$				
$20^\circ$	0.186	0	0	3.1	3.1	0	0
	0.186	3.3	7.9	3.1	5.3	2.2	0.022
	0.197	3.6	7	3.1	4.9	1.8	0.018
	0.207	3.9	6.5	3.1	4.5	1.4	0.014
	0.217	4.1	5.7	3.1	4.3	1.2	0.012
	0.238	4.3	5.4	3.1	3.8	0.7	0.007
	0.268	5.4	5.6	3.1	3.1	0	0

Dari Tabel di atas dapat digambarkan grafik hubungan antara massa dengan ketinggian pada sudut  $20^\circ$  sebagai berikut :



### Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian, hasil penelitian, dan pembahasan, maka penelitian ini dapat disimpulkan, pada sudut  $10^\circ$  kemampuan mengangkat beban maksimum pada pemodelan airfoil sayap pesawat adalah sebesar 0,237 kg, pada sudut  $15^\circ$  kemampuan mengangkat masimum pada pemodelan airfoil sayap pesawat adalah sebesar 0,241 kg, sedangkan untuk sudut  $20^\circ$  kemampuan mengangkat beban maksimum pada pemodelan airfoil sayap pesawat adalah sebesar 0,268 kg.

### DAFTAR PUSTAKA

- Moch. Slamet Waluyo. *Aerodinamika* ; Yogyakarta: Penerbit ANDI Yogyakarta, 1996.  
 Douglas C. Giancoli. *FISIKA Edisi Kelima 1* ; Jakarta : Penerbit ERLANGGA Jakarta, 2001.  
 Tim Fisika. *Fisika 1a* ; Jakarta : Penerbit Yudhistira Jakarta, 1994.