

BAB IV PERANCANGAN

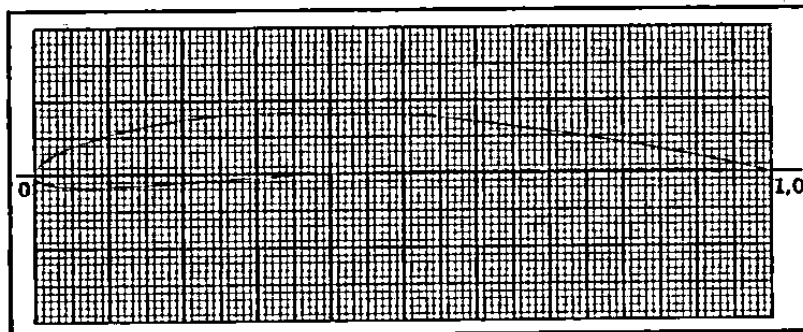
4.1. Asumsi Awal Perhitungan Pesawat Model

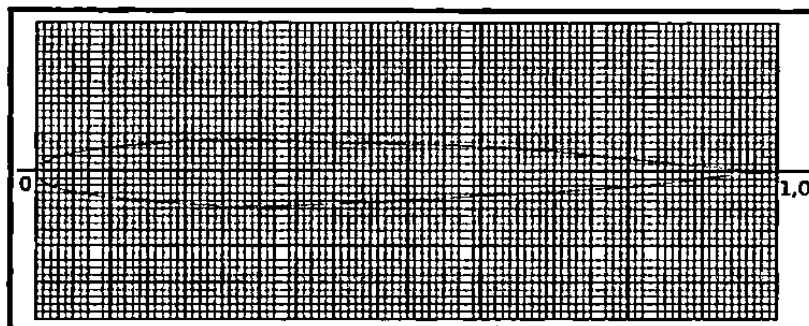
Asumsi awal perancangan meliputi:

- Pesawat model *fixed-wings handlaunch* dengan *payload* (benih, peralatan) 1.000 gram.

Berdasarkan kebutuhan pesawat model dengan *payload* 1.000 gram agar diperoleh perbandingan berat per luas ($W/S < 55 \frac{\text{g}}{\text{dm}^2}$ (Atmoko, 1991)) maka diasumsikan *wingspan* 2.000 mm, *chord* 300 mm dan panjang *body* 1.600 mm.

- Pesawat model penabur benih dengan radius kontrol 1 km pada jarak jelajah 1 km.
- Pesawat model penabur benih dengan kapasitas angkut 500 gram, dengan sistem penaburan yang sederhana dikontrol secara manual melalui *remote control*.
- Pesawat model menggunakan *airfoil* NACA 4409 untuk sayap karena memiliki tipe *low speed*. *Airfoil* NACA 4409 ($f = 4\%$, *chamber* maksimal 40% dan $t = 9\%$) (gambar 4.1.) dipilih karena sesuai dengan karakteristik pesawat model penabur benih yang membutuhkan stabilitas terbang baik dan mengacu pada pesawat model terbang layang. Untuk *airfoil* ekor tipe NACA 0009 ($f=0\%$ dan $t=9\%$) (gambar 4.2.).





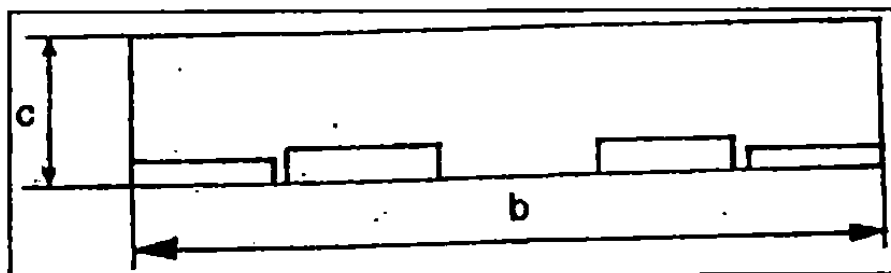
Gambar 4.2. *Airfoil NACA 0009* (wikimedia, 2013)

Tabel 4.1. *Chamber dan Thicknes Airfoil* (Atmoko, 1991)

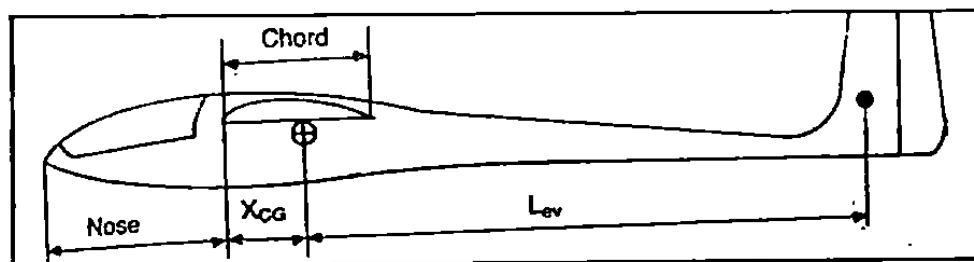
| Airfoil | Jenis | Chamber (%) | Thicknes (%) |
|---------|-------------|-------------|--------------|
| 0009 | Simetris | 0 | 9 |
| 4409 | Flat bottom | 4 | 9 |

4.2. Perhitungan Perancangan Pesawat Model

Perhitungan perancangan pesawat model dapat didasarkan pada standar RC glider yang ditunjukkan pada (gambar 4.3 dan gambar 4.4) yaitu:



Gambar 4.3 Diagram Benda Bebas Perancangan Sayap Pesawat Model (Atmoko, 1991)



Gambar 4.4. Diagram Benda Bebas Perancangan *Body*

4.2.1. Perhitungan Struktur Pesawat Model

a. Perhitungan Sayap

Diketahui :

$$\text{Chord (C)} = 300 \text{ mm}$$

Diperoleh (gambar 4.3.) :

$$\text{Panjang nose (} l_{\text{nose}} \text{)} = 1,5 C = 1,5 \times 300 \text{ mm} = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang body connecting (} L_t \text{)} = 10/3 C = 10/3 \times 300 \text{ mm} = 1.000 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang central gravity (} X_{cg} \text{)} = 0,5 C = 0,5 \times 300 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

i. Menghitung luas sayap.

$$\begin{aligned} L_{\text{sayap}} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \dots\dots\dots(2.9) \\ &= 2000 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \\ &= 600.000 \text{ mm}^2 = 0,6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

ii. Menghitung kelangsingan atau *aspect ratio* (A_R) sayap.

$$\begin{aligned} A_{R \text{ sayap}} &= \text{Panjang} / \text{Lebar} \dots\dots\dots(2.12) \\ &= b / c \\ &= 2.000 \text{ mm} / 300 \text{ mm} \\ &= 6,67 \end{aligned}$$

Didapat *aspetc rasio* sebesar 6,67, semakin besar *aspec ratio* semakin tinggi efisiensi sebuah sayap.

iii. Menghitung perubahan koefisien gaya angkat pesawat terhadap perubahan sudut serang (K) sayap.

$$\begin{aligned} K_{\text{sayap}} &= 0,1 / (1 + (2/A_{R \text{ sayap}})) \dots\dots\dots(2.13) \\ &= 0,1 / (1 + (2/6,67)) \\ &= 0,077 \text{ per derajat} \end{aligned}$$

iv. Menghitung efisiensi sayap.

$$\begin{aligned} E_f &= 1 - (0,016 \cdot A_{R \text{ sayap}}) \dots\dots\dots(2.14) \\ &= 1 - (0,016 \cdot 6,67) \\ &= 0,89 = 89 \% \end{aligned}$$

Kemudian asumsi awal C_L sebesar 1, karena jika $C_L > 1$ maka pesawat berpotensi untuk *stall* (Atmoko, 1991). Berdasarkan tabel massa total jenis pesawat *RC Glider* antara 800 g – 1300 g, maka diambil nilai yang terbesar sebagai asumsi beban awal.

- v. Menghitung kecepatan jelajah (V_{jelajah}).

$$\begin{aligned} V_{\text{jelajah}} &= \sqrt{\frac{2 \times w \times g}{\rho \times S \times C_L}} \dots\dots\dots(2.16) \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 1,3 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1,225 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m}^2 \times 1}} \\ &= 5,89 \text{ m / s} \end{aligned}$$

- vi. Menghitung *chord* rata-rata sayap.

$$\begin{aligned} C_{\text{rata-rata}} &= L_{\text{sayap}} / \text{Wingspan} \dots\dots\dots(2.17) \\ &= 0,6 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} \\ &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

- vii. Menghitung bilangan Reynolds pada sayap.

$$\begin{aligned} Re_{\text{sayap}} &= \rho \times V_{\text{jelajah}} \times (C_{\text{rata-rata}} / \mu) \dots\dots\dots(2.15) \\ &= 1,225 \text{ kg/m}^3 \times 5,89 \text{ m/s} \times (0,3 \text{ m} / 1,8 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}) \\ &= 120.254,1 = 12,02 \times 10^4 \end{aligned}$$

- viii. Menghitung parameter *airfoil turbulator*.

$$\begin{aligned} \text{Koefisien } C_f &= 1,4 \times (L_{\text{sayap}} / Re^{0,2}) \dots\dots\dots(2.18) \\ &= 1,4 \times (0,6 \text{ mm}^2 / 120.254,1^{0,2}) \\ &= 0,08 \end{aligned}$$

dengan *airfoil* NACA 4409 dari tabel 4.1. maka:

$$\text{Chamber (f)} = 4\%, \text{ Thickness (t)} = 9\%$$

- ix. Menghitung koefisien daya tahan (C_{DO}).

$$C_{DO} = C_f + 5 \times 10^{-4} \times 2^{(f-2)} + t \times 10^{-4} + 0,1 \times t^2 \dots\dots\dots(2.19)$$

x. Menghitung koefisien gaya angkat sayap aktual.

$$\begin{aligned} C_{L \text{ sayap}} &= \sqrt{C_{D0} \times \pi \times AR_{\text{sayap}} \times E_f} \dots\dots\dots(2.20) \\ &= \sqrt{0,082 \times \pi \times 6,67 \times 0,89} \\ &= 1,23 \end{aligned}$$

xi. Menghitung koefisien gaya tahan aktual.

$$\begin{aligned} C_D &= C_{D0} + (C_{L \text{ sayap}}^2 / \pi \times AR_{\text{sayap}} \times E_f) \dots\dots\dots(2.21) \\ &= 0,082 + (1,23^2 / \pi \times 6,67 \times 0,89) \\ &= 0,163 \end{aligned}$$

xii. Menghitung *glide ratio*.

$$\begin{aligned} C_L / C_D &= 1,23 / 0,163 \dots\dots\dots(2.22) \\ &= 7,546 \end{aligned}$$

xiii. Menghitung sudut luncur (*glide angel*).

$$\begin{aligned} \gamma &= \tan^{-1}(C_D / C_L) \dots\dots\dots(2.23) \\ &= \tan^{-1}(0,163 / 1,23) = 7,54^\circ \end{aligned}$$

xiv. Menghitung sudut serang sayap.

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{sayap}} &= C_{L \text{ sayap}} / k_{\text{sayap}} \dots\dots\dots(2.24) \\ &= 1,23 / 0,077 = 17,57^\circ \end{aligned}$$

xv. Menghitung α_0 *airfoil*.

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= 1,1 \times f(\text{chamber}) \% \dots\dots\dots(2.25) \\ &= 1,1 \times 4 = 4,4^\circ \end{aligned}$$

xvi. Menghitung sudut pasang sayap.

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{pasang}} &= \alpha_{\text{sayap}} - \gamma - \alpha_0 \dots\dots\dots(2.26) \\ &= 17,57 - 7,54 - 4,4 = 5,63^\circ \end{aligned}$$

Pada kecepatan jelajah 5,89 m/s, maka dapat dihitung kecepatan turun (*rate of descent*):

xvii. Menghitung kecepatan turun.

$$v_{\text{turun}} = v_{\text{jelajah}} \times \sin(\alpha_{\text{pasang}}) \dots\dots\dots(2.27)$$

xviii. Menghitung lama waktu pelayangan jika ketinggian 100 meter.

$$t = 100 / (R / D)$$

$$t = 100 \text{ m} / 0,78 \text{ m/s}$$

$$= 128,2 \text{ sekon}$$

$$= 2,13 \text{ menit}$$

xix. Menghitung perbandingan berat dan luas sayap.

$$W/S = 1000 \text{ g} / 60 \text{ dm}^2 \dots\dots\dots(2.28)$$

$$= 16,667 \text{ g/dm}^2 < 55 \text{ g/dm}^2$$

Dimana:

W= beban *payload*

S = *wings area*

xx. Perhitungan kecepatan terbang optimum.

$$V = \sqrt{(2 \times w \times g) / (\rho \times s \times CL)} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \times 1,3 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1,225 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m}^2 \times 1,23}}$$

$$V = 5,31 \text{ m/s}$$

xxi. Menghitung bobot total sayap.

Material yang digunakan yaitu kayu Balsa dan kayu Ramin yang mempunyai massa jenis rendah (tabel 2.1):

- Kayu Balsa *soft* dan *medium* mempunyai massa jenis 0,175 kg/dm³, sehingga kayu Balsa digunakan untuk *aileron*, *rib*, *TE*, *LE*, dan *web* karena ringan.
- Kayu Ramin mempunyai massa jenis 0,657 kg/dm³ dan kayu Ramin digunakan untuk *spar*.

Penggunaan pada sayap:

$$V = (p \times l \times t)$$

➤ *Rib* 1 (kayu Balsa)

$$V = (300 \text{ mm} \times 27 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}) \times 2 = 64.800 \text{ mm}^3$$

$$= 0,0648 \text{ dm}^3$$

➤ *Rib 2* (kayu Balsa)

$$V = (300 \text{ mm} \times 27 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}) \times 2 = 32.400 \text{ mm}^3$$

$$= 0,0324 \text{ dm}^3$$

➤ *TE* (kayu Balsa)

$$V = (1000 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}) \times 2 = 420.000 \text{ mm}^3$$

$$= 0,42 \text{ dm}^3$$

➤ *LE* (kayu Balsa)

$$V = (1000 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 16 \text{ mm}) \times 2 = 480.000 \text{ mm}^3$$

$$= 0,48 \text{ dm}^3$$

➤ *Aileron* (kayu Balsa)

$$V = (428 \text{ mm} \times 48 \text{ mm} \times 11 \text{ mm}) \times 2 = 451.968 \text{ mm}^3$$

$$= 0,451968 \text{ dm}^3$$

➤ *Spar depan* (kayu Ramin)

$$V = (\pi \times r^2 \times t)$$

$$V = (\pi \times 4 \text{ mm}^2 \times 1000 \text{ mm}) \times 2 = 100.530,964 \text{ mm}^3$$

$$= 0,100530 \text{ dm}^3$$

➤ *Spar belakang* (kayu Ramin)

$$V = (\pi \times r^2 \times t)$$

$$V = (\pi \times 3 \text{ mm}^2 \times 1000 \text{ mm}) \times 2 = 56548,667 \text{ mm}^3$$

$$= 0,056548667 \text{ dm}^3$$

Berat yang didapatkan:

$$\begin{aligned} \diamond \text{ Massa kayu Balsa} &= \text{volume total Balsa} \times \text{massa jenis Balsa} \\ &= (0,0648 + 0,0324 + 0,42 + 0,48 + 0,451968) \text{ kg} \times 0,175 \text{ kg/dm}^3 \\ &= 0,253604 \text{ kg} = 253,604 \text{ gram} \end{aligned}$$

Tabel 4.2. Rancangan Spesifikasi Pesawat

Dimensi total sayap (2.000 mm x 300 mm x 27 mm)

| No | Nama Komponen Sayap | Jumlah | Dimensi mm (p x l x t) | Bahan |
|----|---------------------------|--------|------------------------|------------------------|
| 1 | <i>Rib 1</i> | 6 | 300 x 27 x 4 | Kayu Balsa <i>soft</i> |
| 2 | <i>Rib 2</i> | 9 | 300 x 27 x 2 | Kayu Balsa <i>soft</i> |
| 3 | <i>Trailing edge (TE)</i> | 2 | 1000 x 30 x 7 | Kayu Balsa <i>soft</i> |
| 4 | <i>Leading edge (LE)</i> | 2 | 1000 x 15 x 16 | Kayu Balsa <i>soft</i> |
| 5 | <i>Aileron</i> | 2 | 428 x 48 x 11 | Kayu Balsa <i>soft</i> |
| 6 | <i>Spar depan</i> | 2 | 1000 x 8 x 8 | Kayu Ramin |
| 7 | <i>Spar belakang</i> | 2 | 1000 x 6 x 6 | Kayu Ramin |

b. Perhitungan *Body* Pesawat Model

Diketahui panjang *body* 1600 mm, sehingga diperoleh (gambar 4.4.).

Panjang *Chord* (C) = 300 mm

Panjang *nose* (l_{nose}) = $1,5 C = 1,5 \times 300 = 450$ mm

Panjang *body connecting* (L_t) = $10/3 C = 10/3 \times 300 = 900$ mm

Panjang *central grafity* (X_{cg}) = $0,5 C = 0,5 \times 300 = 150$ mm

Penggunaan pada *body* :

$$V = (p \times l \times t)$$

➤ *Frame front body (plywood)*

$$\begin{aligned} V &= (100 \text{ mm} \times 94 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}) = 56400 \text{ mm}^3 \\ &= 0,0564 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

➤ *Frame midel (plywood)*

$$\begin{aligned} V &= (144 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}) \times 3 = 129.600 \text{ mm}^3 \\ &= 0,1296 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

➤ *Frame rear body (plywood)*

$$\begin{aligned} V_1 &= (106 \text{ mm} \times 85 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}) = 27.030 \text{ mm}^3 \\ &= 0,02703 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

$$V_2 = (67 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}) = 12.060 \text{ mm}^3$$

➤ Dinding (*plywood*)

$$V1 = (1530 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}) \times 2 = 1.377.000 \text{ mm}^3$$

$$= 1,377 \text{ dm}^3$$

$$V2 = (1530 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}) \times 2 = 918.000 \text{ mm}^3$$

$$= 0,918 \text{ dm}^3$$

❖ **Massa *body* = Volume *plywood* x massa jenis *plywood***

$$= (0,0564 + 0,1296 + 0,02703 + 0,013869 + 1,377 + 0,918) \text{ kg} \times$$

$$0,336 \text{ kg/dm}^3$$

$$= 0,9392 \text{ kg} = 939,2 \text{ g}$$

➤ *Box* penampung benih (*plywood*)

$$V1 = (\frac{1}{2} \times 297 \text{ mm} \times 144 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}) \times 2 = 128.304 \text{ mm}^3$$

$$= 0,128304 \text{ dm}^3$$

$$V2 = (100 \text{ mm} \times 144 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}) \times 2 = 86.400 \text{ mm}^3$$

$$= 0,0864 \text{ dm}^3$$

$$V3 = (100 \text{ mm} \times 297 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}) = 89.100 \text{ mm}^3$$

$$= 0,0891 \text{ dm}^3$$

❖ **Massa *box* penampung benih = (0,128304 + 0,0864 + 0,0891)**

$$\text{kg} \times 0,0336 \text{ kg/dm}^3 = 0,0102 \text{ kg} = 10,2 \text{ g}$$

Berat total yang *body* dan *box* didapatkan :

❖ **Massa total *body* + *box* penampung benih**

$$W = 0,9392 \text{ kg} + 0,0102 \text{ kg}$$

$$= 0,949,4 \text{ kg} = 949,4 \text{ gram}$$

Tabel 4.3. Rancangan Spesifikasi *Body*Dimensi Total *Body* (1.600 mm x 150 mm x 200mm)

| No | Nama Komponen <i>Body</i> | Jumlah | Dimensi mm (P x L x T) | Bahan |
|----|------------------------------|--------|---|----------------|
| 1 | <i>Frame front body</i> | 1 | 100 x 94 x 6 | <i>Plywood</i> |
| 2 | <i>Frame midel body</i> | 3 | 144x 100 x 3 | <i>Plywood</i> |
| 3 | <i>Frame rear body</i> | 2 | 106 x 85 x 3 67 x 69 x 3 | <i>Plywood</i> |
| 4 | Dinding dalam <i>body</i> | 1 | 1530 x 150 x 3 1530 x 100 x 3 | <i>Plywood</i> |
| 5 | <i>Box</i> | 1 | 297 x 144 x 3 100 x 144 x 3 100 x 297 x 3 | <i>Plywood</i> |

c. Perhitungan Ekor Mesawat Model

i. Menghitung luas ekor horisontal

$$\text{Diketahui } L_{\text{sayap}} = 600.000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} L_{\text{ekor horisontal}} &= 1/5 \times L_{\text{sayap}} \\ &= 1/5 \times 600.000 \text{ mm}^2 \\ &= 120.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{ekor horisontal}} &= p \times l \\ 120.000 \text{ mm}^2 &= 600 \text{ mm} \times l \\ l &= 120.000 \text{ mm}^2 / 600 \text{ mm} \\ l &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

ii. Menghitung luas ekor vertikal

$$\begin{aligned} L_{\text{ekor vertikal}} &= 2/5 \times L_{\text{ekor horisontal}} \\ &= 2/5 \times 120.000 \text{ mm}^2 \\ &= 48.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{ekor vertikal}} &= l \times t \\ 48.000 \text{ mm}^2 &= 200 \text{ mm} \times t \end{aligned}$$

$$48.000 \text{ mm}^2 / 200 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

iii. Menghitung kelangsingan atau *aspect ratio* ekor horisontal

$$\begin{aligned} A_{R \text{ ekor}} &= \text{panjang} / \text{lebar} = b / c \\ &= 600 \text{ mm} / 200 \text{ mm} \\ &= 3 \end{aligned}$$

iv. Menghitung efisiensi ekor horisontal

$$\begin{aligned} Ef &= 1 - (0,016 \times A_{R \text{ ekor horisontal}}) \\ &= 1 - (0,016 \times 3) \\ &= 0,952 \\ &= 95,2 \% \end{aligned}$$

v. Menghitung volume ekor horisontal

➤ *Rib* ekor horisontal (kayu Balsa *medium*)

$$\begin{aligned} V &= (200 \text{ mm} \times 19 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}) \times 10 = 76.000 \text{ mm}^3 \\ &= 0,076 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

➤ *Leading edge* ekor horisontal (kayu Balsa *medium*)

$$\begin{aligned} V &= (600 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}) = 108.000 \text{ mm}^3 \\ &= 0,108 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

➤ *Trailing edge* ekor horisontal (kayu Balsa *medium*)

$$\begin{aligned} V &= (600 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}) = 108.000 \text{ mm}^3 \\ &= 0,108 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

➤ *Spar* ekor horisontal (kayu Ramin)

$$\begin{aligned} V &= (\pi \times r^2 \times t) \\ V &= (\pi \times 3 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}) \\ &= 16.964,6 \text{ mm}^3 = 0,0169646 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

➤ *Elevator* (Balsa *medium*)

$$V = (600 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}) = 300.000 \text{ mm}^3 = 0,3 \text{ dm}^3$$

➤ Ekor vertikal

$$\begin{aligned} V &= (797 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}) = 191.280 \text{ mm}^3 \\ &= 0,19128 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

➤ *Rudder*

$$V = (200 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}) = 120.000 \text{ mm}^3 = 0,12 \text{ dm}^3$$

Berat yang didapatkan :

- ❖ Massa kayu Balsa = volume total Balsa x massa jenis Balsa
 $= (0,076+0,108+0,108+0,3+0,19128+0,12) \text{ dm}^3 \times 0,175 \text{ kg/dm}^3$
 $= 0,141064 \text{ kg} = 141,064 \text{ gram}$
- ❖ Massa kayu Ramin = volume total Ramin x massa jenis Ramin
 $= 0,0169646 \text{ dm}^3 \times 0,657 \text{ kg/dm}^3$
 $= 0,0111457 \text{ kg} = 11,157 \text{ gram}$
- ❖ Diperoleh massa total ekor
 $W = 141,064 \text{ g} + 11,157 \text{ g} = 152,221 \text{ gram}$

Tabel 4.4. Rancangan Spesifikasi Ekor Horizontal.

Dimensi Total Ekor Horizontal (600 mm x 200 mm x 19 mm)

| No | Nama Komponen Ekor Horizontal dan Vertikal | Dimensi mm (P x L x T) | Bahan |
|----|---|---------------------------|--------------------------|
| 1 | <i>Rib</i> ekor horizontal | 200 x 19 x 2 | Kayu Balsa <i>medium</i> |
| 2 | <i>Leading edge</i> ekor horizontal | 600 x 15 x 12 | Kayu Balsa <i>medium</i> |
| 3 | <i>Trailing edge</i> ekor horizontal | 600 x 15 x 12 | Kayu Balsa <i>medium</i> |
| 4 | <i>Spar</i> ekor horizontal | 600 x 8 x 8 | Kayu Ramin |
| 5 | <i>Elevator</i> | 600 x 50 x 10 | Kayu Balsa <i>medium</i> |
| 6 | Ekor vertical | 797 x 200 x 12 | Kayu Balsa <i>medium</i> |
| 7 | <i>Rudder</i> | 200 x 50 x 12 | Kayu Balsa <i>medium</i> |

- ❖ Massa pesawat = $W_{\text{sayap}} + W_{\text{body}} + W_{\text{box penampung bensin}} + W_{\text{ekor}}$
 $W = 356,804 \text{ g} + 0,939,2 \text{ g} + 0,010,2 \text{ g} + 152,221 \text{ g}$
 $W = 1458,425 \text{ gram}$

- ❖ Berat total pesawat = $W_{\text{pesawat}} + W_{\text{payload (bensin dan}}$

✓ **Menghitungn Kecepatan Jelajah (V_{jelajah}) Aktual**

$$\begin{aligned} V_{\text{jelajah}} &= \sqrt{\frac{2 \times w \times g}{\rho \times S \times C_L}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 2,45 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1,225 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m}^2 \times 1,23}} \\ &= 7,29 \text{ m/s} \end{aligned}$$

✓ **Menghitung Bilangan Reynolds pada Sayap**

$$\begin{aligned} Re_{\text{sayap}} &= \rho \times V_{\text{jelajah}} \times C_{\text{rata-rata}} / \mu \\ &= 1,225 \text{ kg/m}^3 \times 7,29 \text{ m/s} \times 0,3 / 1,8 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s} \\ &= 148.837,5 = 14,88 \times 10^4 \end{aligned}$$

Didapat angka Reynolds sebesar $14,88 \times 10^4$, maka konfigurasi sayap termasuk pesawat model.

✓ **Menghitung Perbandingan Berat Total dan Luas Sayap Aktual**

$$\begin{aligned} W/S &= 2.458,425 \text{ gr} / 60 \text{ dm}^2 \\ &= 40,9 \text{ g/dm}^2 < 55 \text{ g/dm}^2 \end{aligned}$$

vi. Hasil perhitungan

Pada perhitungan di atas didapat bahwa pemilihan bahan dan pemberian ukuran sudah sesuai dengan kebutuhan perancangan, karena nilai C_L sebesar 1,23 ; C_D sebesar 0,163 dan angka Reynolds sebesar $14,88 \times 10^4$.

d. Perhitungan Propeller

i. Perhitungan diameter propeller

Propeller yang dirancang untuk berputar pada 7.000 RPM, dengan tegangan motor 12 Volt dan arus yang mengalir 5 Ampere.

$$\begin{aligned}
 \text{DIA} &= 100 \left[\frac{Pt}{v \times \text{RPM}^2 \times 2750} \right]^{0,25} \dots\dots\dots(2.7) \\
 &= 100 \left[\frac{27}{7,29 \times 7000^2 \times 2750} \right]^{0,25} \\
 &= 0,22 \text{ m} = 22 \text{ cm} = 220 \text{ mm} = 8,9 \text{ in}
 \end{aligned}$$

ii. Perhitungan *pitch propeller*

$$\begin{aligned}
 \text{FEET PER SECOND (ft/s)} &= \text{RPM} \times \text{diameter (in)} \times 0,00426 \\
 &= (7.000 \times 8,9 \times 0,00426)/60 \\
 &= 4,42 \text{ in} = 10,84 \text{ cm} = 108,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.2.2. Perancangan Sistem Penaburan Benih Pesawat Model

Pada perancangan sistem penaburan benih pesawat model dapat dibagi menjadi 3 topik yaitu :

a. Perancangan *Box Penampung Benih*

Diketahui : benih Sengon

Asumsi : 1000 gram terdiri dari 40.000 butir benih Sengon.

- Dimensi benih (3 x 4 x 6) mm.
- Ruang yang tersedia dalam *body* pesawat (300 x 100 x 150) mm.

Diperoleh :

i. Volume = p x l x t

$$= (3 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 6 \text{ mm})$$

$$= 36 \text{ mm}^3 = 0,000036 \text{ dm}^3$$

ii. Massa benih = 1.000 g / 40.000 = 0,025 g = 0,000025 kg

Massa jenis benih Sengon = massa / volume

$$= 0,000025 \text{ kg} / 0,000036 \text{ dm}^3$$

$$= 0,69 \text{ kg} / \text{dm}^3 = 690 \text{ g} / \text{dm}^3$$

iii. Kebutuhan volume minimal *box* = 500 g / 690 g/dm³

$$= 0,725 \text{ dm}^3$$

Dari kebutuhan volume minimal *box* sebesar 0,725 dm³ maka dapat

$$\begin{aligned}
 \text{iv. Volume } box &= \frac{1}{2} \times p \times l \times t \\
 &= \frac{1}{2} \times (300 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}) \\
 &= 2.250.000 \text{ mm}^3 \\
 &= 2,25 \text{ dm}^3
 \end{aligned}$$

Perancangan *box* penampung benih pada pesawat model untuk menampung 500 g benih. Untuk itu diperlukan ruang dalam *body* pesawat yang terletak di bawah sayap dengan volume 2,25 dm³.

v. Waktu penebaran benih

Dari percobaan didapatkan jumlah benih yang keluar dalam 1 detik sebanyak 150 benih Sengon dengan asumsi gesekan benda dengan fluida diabaikan (rumus kecepatan benda jatuh bebas, $v = \sqrt{2 \times g \times h}$). Dalam 1.000 gram benih Sengon kurang lebih terdapat 40.000 benih Sengon, sehingga waktu yang diperlukan untuk menebarkan 500 gram benih Sengon adalah;

$$\text{Waktu} = (40.000/2) / 150 = 133,3 \text{ detik}$$

b. Perancangan Mekanisme Gerak Pesawat Model.

Perancangan mekanisme gerak pesawat model menggunakan motor servo dengan jumlah 5 servo, untuk gerak *rudder* 1 servo, gerak *elevator* 1 servo, gerak *aileron* 2 servo dan untuk buka tutup *box* penampung benih 1 servo. Bobot pesawat 2458,425 gram pada kecepatan optimum 7,29 m/s.

c. Perancangan Manual Kontrol

Perancangan manual kontrol menggunakan *remote control*, pada pesawat model terdapat *receiver* dengan jarak pancaran sejauh 5 km.

Untuk kontrol di GCS menggunakan minimal 5 channel

4.2.3. Perancangan *Powered* Pesawat Model

a. Perhitungan Konsumsi Daya Pesawat Model

Dalam pengoperasian pesawat model diperlukan daya sebagai berikut:

- i. Empat buah servo mikro Hk-15148B

$$\text{Torque} = 2,8 \text{ kg}, 6 \text{ V}, 10 \text{ mA}$$

Kebutuhan daya servo,

$$\begin{aligned} W_1 &= V \times I \times t \\ &= 6 \text{ V} \times 0,01 \text{ A} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 0,12 \text{ Wh} \times 0,5 \\ &= 0,06 \text{ Wh} \end{aligned}$$

- ii. Satu buah servo standar Hk-15139

$$\text{Torque} = 3,2 \text{ kg}, 6 \text{ V}, 10 \text{ mA}$$

Kebutuhan daya servo,

$$\begin{aligned} W_2 &= V \times I \times t \\ &= 6 \text{ V} \times 0,01 \text{ A} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 0,03 \text{ Wh} \end{aligned}$$

- iii. Satu buah *receiver* Turnigy Rx 9 x 8Cv2

$$\text{Voltage} = 4.5 - 6 \text{ V}, 20 \text{ mA}$$

Kebutuhan daya *receiver*,

$$\begin{aligned} W_3 &= V \times I \times t \\ &= 6 \text{ V} \times 0,02 \text{ A} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 0,06 \text{ Wh} \end{aligned}$$

- iv. Satu buah motor listrik *brushless*

Sesuai dengan perhitungan minimal diameter dan *pitch propeller* yang telah didapat yaitu 8,9 x 4,42, tetapi yang tersedia dipasaran adalah 12 x 6 maka dipilih *propeller* tersebut. Dengan spesifikasi *propeller* tersebut maka dipilih motor *brushless* yang sesuai adalah 1450 kV.

Kebutuhan daya motor,

$$W_4 = V \times I \times t$$

$$12 \text{ V} \times 0,02 \text{ A} \times 0,5 \text{ jam} = 12,2 \text{ Wh}$$

Motor listrik *brushless* Turnigy 1450 kV memiliki putaran yang tinggi sehingga mampu menerbangkan pesawat model dengan bobot total 2458,425 gram.

- v. Satu buah *ESC* Red Brick 12 V 60A 10 mA

Ni-MH = 6 – 20 *cells*

Lipo = 2 – 7 *cells*

Kebutuhan *ESC*

$$\begin{aligned} W_5 &= V \times I \times t \\ &= 12 \text{ V} \times 0,01 \text{ A} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 0,06 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Didapat jumlah total kebutuhan daya maksimal alat yang bekerja adalah :

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 \\ &= (0,06 + 0,03 + 0,06 + 13,2 + 0,06) \text{ Wh} \\ &= 13,41 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Kebutuhan daya baterai selama 30 menit,

$$\begin{aligned} W_b &> W_{\text{total}} \\ W_b &= V \times I \times t \\ 13,41 &= 12 \text{ V} \times I \times 0,5 \text{ jam} \\ I &= 2,23 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari perhitungan power pesawat model didapat I sebesar 2,23 A, sehingga dipilih baterai yang mempunyai kapasitas lebih besar sebagai toleransi yaitu 2,65 A.

$$\begin{aligned} W_b &= V \times I \times t \\ &= 12 \text{ V} \times 2,6 \text{ A} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 15,6 \text{ Wh} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Kebutuhan Daya Tarik Minimum Pesawat Model

Kebutuhan daya tarik minimum yaitu:

$$\begin{aligned}
 P_{req} &= C_D \times 0,5 \times \rho \times V^3 \times S \\
 &= 0,163 \times 0,5 \times 1,225 \times 7,29^3 \times 0,6 \\
 &= 23,2 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya propulsi motor listrik yaitu :

Diketahui tegangan (V) 12 V

$$P_t > P_{req}$$

$$P_t = V \times I \times 0,60 \text{ Wh}$$

$$23,2 = 12 \text{ V} \times I \times 0,60 \text{ Wh}$$

$$I = 3,23 \text{ A}$$

$$P_t = 12 \text{ V} \times 3,23 \text{ A} \times 0,60 \text{ Wh}$$

$$= 23,256 \text{ Watt}$$

Diperlukan motor listrik yang memiliki daya lebih besar dari kebutuhan daya tarik minimum $P_t > P_{req}$.

Tabel 4.5. Spesifikasi Alat

| No | Nama Komponen | Jumlah | Spesifikasi |
|----|--------------------------------------|--------|---------------------------|
| 1 | Servo mikro Hk-15148B | 4 | Torsi 2,8 kg, 6 V |
| 2 | Servo standar Hk-15139 | 1 | Torsi 3,2 kg, 6 V |
| 3 | Receiver Rx | 1 | 2,4 GHz, 4.5 – 6 V, 20 mA |
| 4 | Motor <i>brushless</i> Turnigy D3542 | 1 | 12 V, 1450kV |
| 5 | ESC Red Brick | 1 | 12 V, 60A, 10 mA |
| 6 | Remote control Rx | 1 | 2,4 Ghz 9 channel |
| 7 | Baterai Turniov | 1 | 2.650 mAh. 4 cell. 14.8V |