

PENENTUAN FREKUENSI ALAMIAH SAYAP PESAWAT LATIH DASAR KT-1B MENGGUNAKAN METODE MYKLESTAD

Oleh : Mohammad Ardi Cahyono, Agus Basukesti

STTA, Jl. Janti Blok R lanud Adisutjipto Yogyakarta

total_sacrifice@yahoo.com

Abstract

Main parts in aircraft design is a matter of aerodynamics, structures, propulsion, and systems. Aircraft structure must be designed so that a safe at the time of flight operations. Secured means that the structure able to withstand the loads it receives. Loads received not only the structure of static load but also the dynamic load.

Dynamic burden on aircraft noise caused by vibration of the atmosphere and propulsion systems. Dynamic Load will cause fatigue and flutter. Flutter phenomenon is very frightening for aircraft structural designer. This phenomenon is characterized by the amplitude of vibration expanding (diverging) in a very fast time. In other words flutter has a very destructive force large. The parts of the aircraft structure most likely to experience a flutter of wings, tails, and landing gear.

The cause of the flutter is the frequency of external and internal disturbances that have the same amount or close to the natural frequency of the disorder. This study aims to calculate the natural frequency of the basic trainer aircraft wing KT-1B by using the method Myklestad. Modeled as a cantilever wing with 5 (five) mass lump block associated with massless. Numerical iteration is done by using a half-interval method. With this method obtained the natural frequency of the basic trainer aircraft wing KT-1B is 2.51288 [rad / s], 138.4991 [rad / s], 200 [rad / s], and 315.63 [rad / s].

Keywords : *flutter, sayap, Myklestad, frekuensi alamiah*

1. Pendahuluan

Pada fase terakhir proses perancangan pesawat udara atau disebut dengan fase perancangan rinci (*detail design*) dilakukan beberapa pengujian pada pesawat uji. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur. Pengujian struktur bertujuan untuk mengetahui kekuatan struktur dan analisis kelelahan (*fatigue*). Pengujian dilakukan dengan cara menguji sayap pesawat uji dengan diberi beban yang mirip dengan beban pada kondisi operasi pesawat udara.

Untuk menguji kekuatan struktur dengan memberikan beban maksimum yang diterima sayap pada kondisi operasinya. Apabila terjadi kerusakan pada sayap ketika diuji maka perlu dianalisis untuk mengetahui penyebab kerusakan. Hasil analisis menjadi masukan untuk melakukan perbaikan pada proses berikutnya.

Sedangkan pengujian *fatigue* dengan memberikan input getaran pada sayap yang mirip dengan getaran yang diterima sayap pada saat beroperasi secara riil. Getaran pada sayap disebabkan oleh getaran mesin dan getaran akibat gangguan udara atmosfer. Beberapa model gangguan tersebut kemudian diberikan pada sayap uji dengan menggunakan vibrator yang dipasang pada beberapa titik yang telah ditentukan. Apabila

hasil pengujian menunjukkan adanya kerusakan pada sayap maka perlu dianalisis apakah kerusakan tersebut dapat ditolerir atau tidak. Kalau tidak dapat ditolerir akan menjadi bahan masukan bagi proses perancangan pesawat untuk kemudian dilakukan langkah-langkah perbaikan pada rancangan struktur pesawat tersebut.

Proses pengujian seperti ini mahal karena menggunakan sayap sesungguhnya dan tenaga pelaksana yang tidak sedikit serta biaya operasional yang mahal. Jika ada pengujian dengan cara yang lain yang lebih murah dan cepat akan sangat membantu proses perancangan pesawat. Pengujian dengan bantuan *software* komputer akan lebih menghemat waktu dan biaya dibandingkan dengan pengujian secara langsung pada sayap uji.

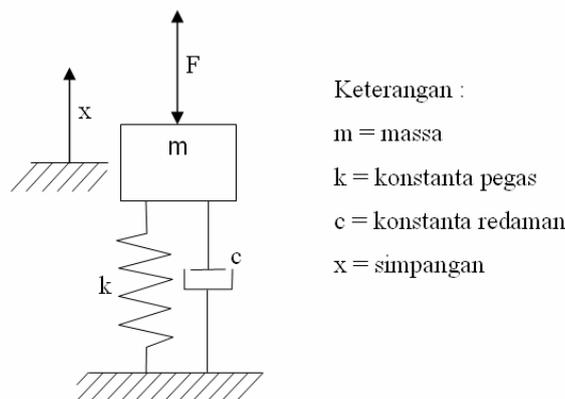
Keamanan penerbangan ditentukan oleh banyak faktor salah satunya adalah keamanan struktur pesawat terbang. Sayap adalah salah satu bagian dari struktur pesawat yang perlu mendapat perhatian serius sebab sayap memiliki karakteristik antara lain: tipis dan lentur, serta menerima beban yang sangat besar yaitu beban aerodinamika.

Masalah yang perlu diperhatikan dalam merancang sayap selain kekuatan struktur adalah masalah *fatigue*. *Fatigue* terjadi karena gerakan sayap yang berulang-ulang dalam kurun waktu yang lama. Masalah yang paling berat dan rumit pada struktur adalah masalah *flutter* yang terjadi pada sayap yaitu sebuah fenomena dimana sayap mengalami getaran hebat sehingga terjadi kerusakan dalam waktu yang sangat singkat.

Berkaitan dengan masalah *flutter* ini perlu diketahui frekuensi alamiah suatu struktur dalam penelitian ini adalah struktur sayap. Dengan diketahuinya frekuensi alamiah sayap akan dapat dianalisis masalah keamanan struktur sayap.

2. Teori Dasar

Sayap pesawat memiliki karakteristik tipis dan lentur sehingga membentuk suatu sistem vibrasi teredam dengan frekuensi redaman kurang (*under damp*) yang dapat dimodelkan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 1: Sistem Vibrasi massa-pegas-peredam

Dari model sistem di atas dapat dinyatakan ke dalam model matematika sebagai berikut:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F \quad (1)$$

Dimana F adalah gaya luar yang berbentuk sinusoidal atau dinyatakan sebagai berikut:

$$F = F_0 \cos \omega t \quad (2)$$

Dimana :

F_0 = amplitudo

ω = frekuensi

Solusi dari (1) adalah sebagai berikut:

$$\ddot{x} = -\frac{c}{m} \dot{x} - \frac{k}{m} x + \frac{F_0}{m} \cos \omega t \tag{3}$$

Persamaan (3) dapat ditulis menjadi sebagai berikut:

$$\ddot{x} = G_1 \dot{x} + G_2 + G_3 F_0 \cos \omega t \tag{4}$$

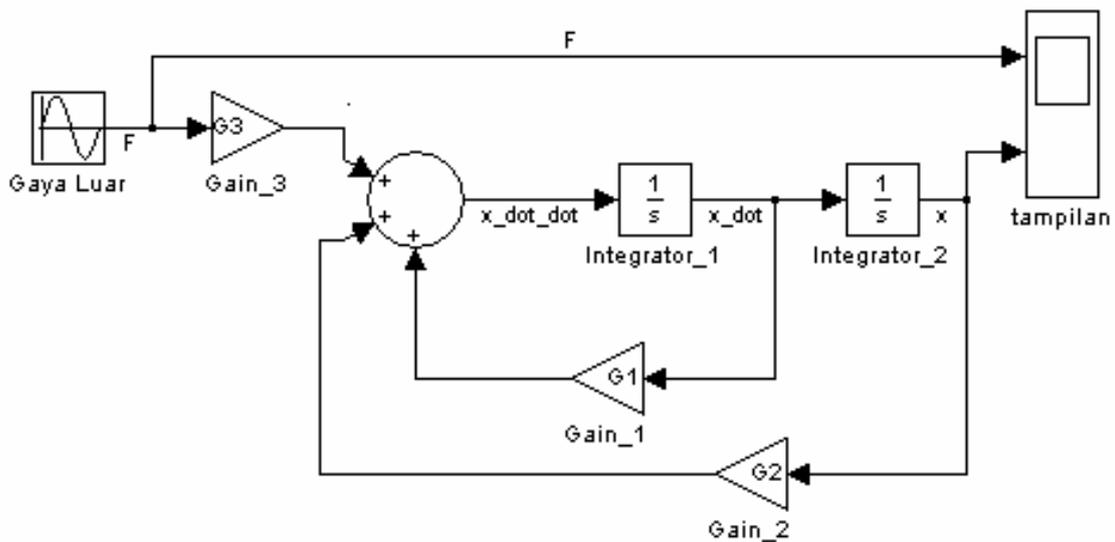
Dimana,

$$G_1 = -\frac{c}{m} \tag{4.a}$$

$$G_2 = -\frac{k}{m} \tag{4.b}$$

$$G_3 = \frac{1}{m} \tag{4.c}$$

Solusi (4) dapat dinyatakan dalam pemrograman Matlab-Simulink sebagai berikut:

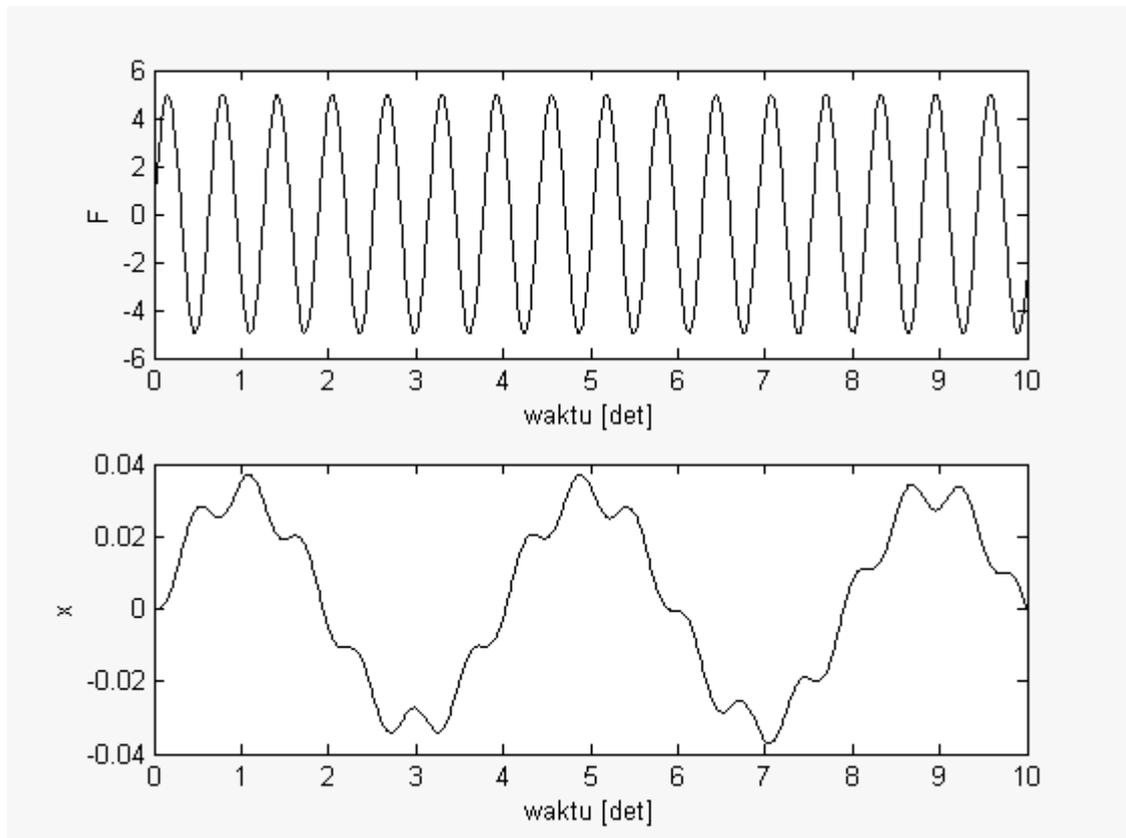


Gambar 2: Pemrograman MATLAB-Simulink

Contoh kasus 1, sistem vibrasi pada gambar 1 dengan diberikan data-data di bawah ini:

m	$=$	10	[kg]	ω	$=$	10	[rad/det]
c	$=$	0,001	[kg/s]	G_1	$=$	-1×10^{-4}	[1/s]
k	$=$	25	[N/m]	G_2	$=$	-2,5	[1/s ²]
F_0	$=$	5	[N]	G_3	$=$	0,1	[1/kg]

Maka akan diperoleh respon simpangan (x) sebagai berikut:

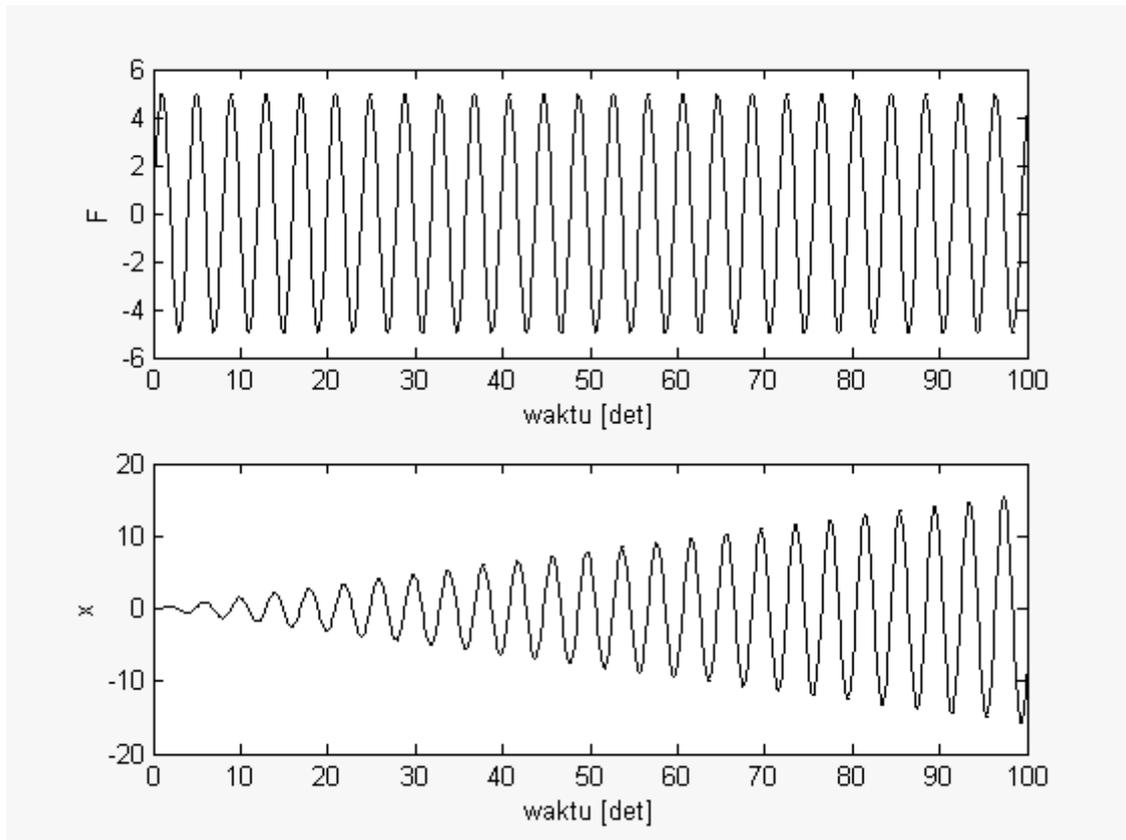


Gambar 3: Tampilan hasil untuk contoh kasus 1

Gambar 3 menunjukkan respon x stabil sehingga tidak berbahaya bagi sistem. Jika ω adalah frekuensi alamiyah dari sistem dinamik pada gambar 1 dimana frekuensi alamiahnya adalah:

$$\begin{aligned} \omega &= \sqrt{\frac{k}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{25}{10}} \\ \omega &= 1,5811 \left[\frac{\text{rad}}{\text{det}} \right] \end{aligned}$$

Maka respon x akan terlihat sebagai berikut :

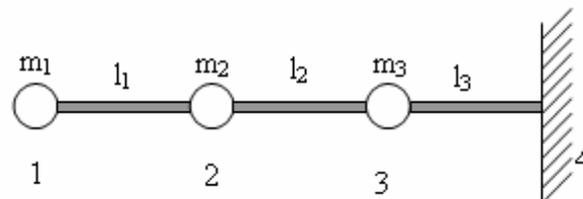


Gambar 4: Respon x dengan diberi input yang memiliki frekuensi mendekati frekuensi alamiah sistem dinamik.

Gambar 4 menunjukkan bahwa respon x tidak stabil sebab simpangannya divergen sehingga berbahaya bagi sistem. Respon seperti ini akan menyebabkan kegagalan sistem.

2.1. Metode Myklestad

Struktur sayap pesawat udara dimodelkan sebagai gumpalan massa yang dihubungkan dengan balok tidak bermassa seperti ditunjukkan oleh gambar di bawah ini:



Gambar 5: Pemodelan sayap pada metode Myklestad

Persamaan aturan pada metode Myklestad adalah sebagai berikut:

$$V_{i+1} = V_i - m_i \omega^2 y_i \quad (5)$$

$$M_{i+1} = M_i - V_{i+1} l_i \quad (6)$$

$$\theta_{i+1} = \theta_i + M_{i+1} \left(\frac{1}{EI} \right)_i + V_{i+1} \left(\frac{l^2}{2EI} \right)_i \quad (7)$$

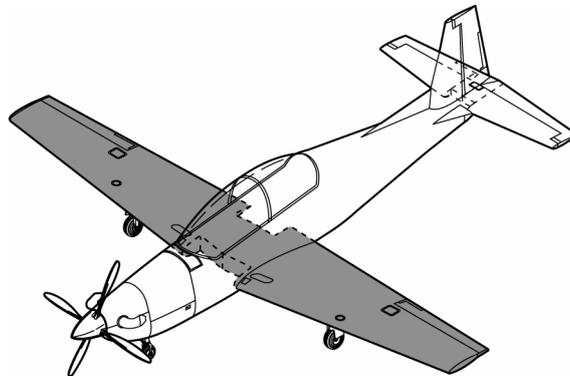
$$y_{i+1} = y_i + \theta_i l_i + M_{i+1} \left(\frac{l^2}{2EI} \right)_i + V_{i+1} \left(\frac{l^3}{3EI} \right)_i \quad (8)$$

Sedangkan syarat batas dari persamaan atur di atas adalah sebagai berikut:

$$V_1 = 0, M_1 = 0, \theta_1 = \theta, y_n = 0 \quad (9)$$

3. Pesawat KT1-B

Pesawat Latih Dasar (Basic Trainer Aircraft) KT-1B adalah pesawat yang dimiliki TNI AU yang dipergunakan untuk mendidik para calon penerbang TNI AU. Pesawat ini diproduksi oleh Korea Aerospace Industries (KIA). Gambar pesawat KT-1B adalah sebagai berikut:

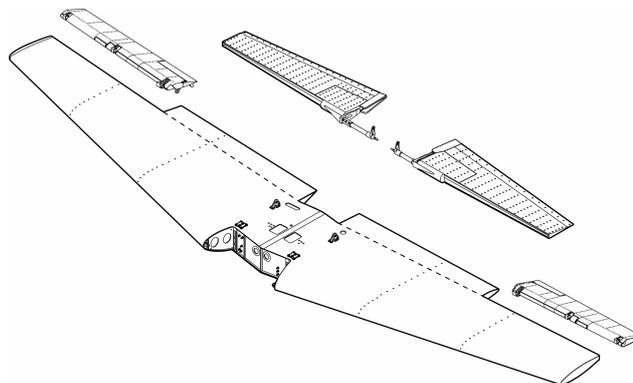


Gambar 6: Pesawat Latih Dasar KT-1B

Data-data pesawat KT-1B adalah sebagai berikut:

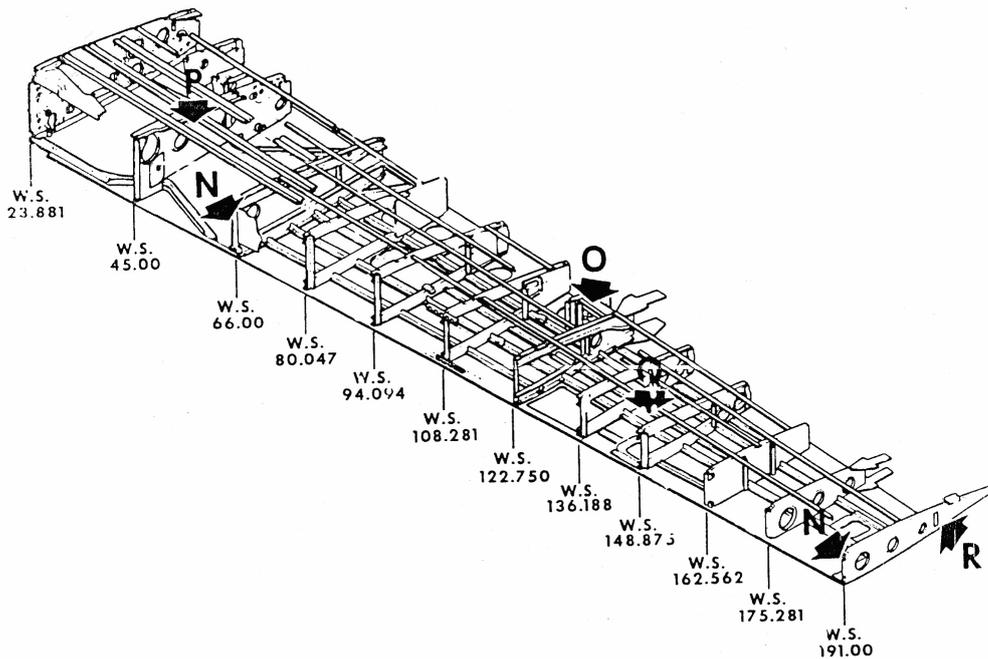
Length	: 33.8 ft/10.26 m
Wing Span	: 34.8 ft/3.67 m
Height	: 12 ft/3.67 m
Empty Weight	: 4.200 lbs
Max T/O weight	: 5.600 lbs
Zero Fuel Weight	: 4.624.84 lbs

Penelitian ini difokuskan pada sayap pesawat KT -1B. Gambar sayap ditunjukkan pada gambar di bawah ini dimana pada sayap tersebut terdapat aileron dan flap.



Gambar 7: Sayap KT-1B

Di dalam struktur sayap terdapat *wing box* seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

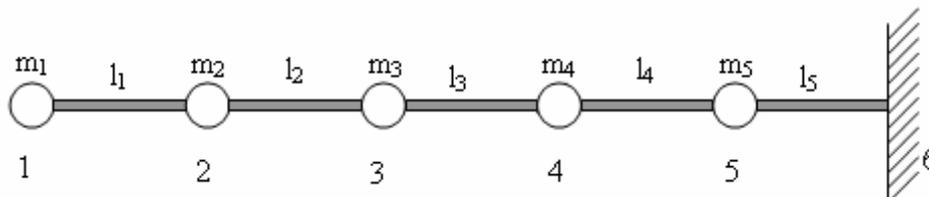


Gambar 8: Wing Box pada Sayap Pesawat Latih KT-1B

Wing box berfungsi memperkuat sayap terhadap beban aerodinamika.

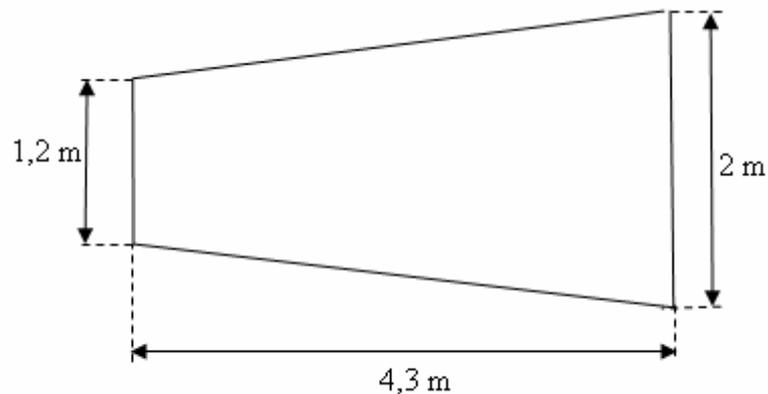
4. Penentuan Frekuensi Alamiah Sayap KT-1B

Pada penelitian ini sayap pesawat latih KT -1B dimodelkan dengan 5 (lima) gumpalan massa sebagai berikut:



Gambar 9: Pemodelan Sayap KT-1B

Dimensi sayap pesawat latih KT-1B adalah sebagai berikut:



Gambar 10: Dimensi Sayap KT=1B

Massa salah satu sisi sayap diperkirakan sebesar 20% dari massa pesawat. Kemudian sayap tersebut dibagi menjadi 5 (lima) bagian dengan jarak yang sama searah bentangan sayap. Dengan membandingkan luasan dan massa tiap-tiap bagian sayap tersebut, maka diperoleh distribusi massa tiap-tiap bagian sayap adalah sebagai berikut:

Tabel 1: Distribusi Massa Sayap KT-1B

Station	Massa [kg]	l [m]
1	929	0,86
2	1045	0,86
3	1161	0,86
4	1277	0,86
5	1393	0,43

Perhitungan EI adalah sebagai berikut:

$$EI = E \times I$$

$$EI = 0,14 \times 10^3 \times 1,614 \tag{10}$$

$$EI = 0,000369 \left[m^4 \right]$$

Di bawah ini adalah penulisan program perhitungan frekuensi alamiyah sayap KT-1B menggunakan metode Myklestad dengan bahasa pemrograman Matlab.

```
% mulai Program
function [y4] = myklestad(omega)
n = 6; % jumlah station
m = [929 1045 1161 1277 1393]; % gumpalan massa
l = [0.86 0.86 0.86 0.86 0.43]; % jarak gumpalan
EI = 0.000369;
% syarat batas
a1(1) = 0;b1(1)=0;
a2(1) = 0;b2(1)=0;
a3(1) = 0;b3(1)=1;
a4(1) = 1;b4(1)=0;
for i = 1:n-1
    a1(i+1) = a1(i) - m(i).*omega^2.*a4(i);
    b1(i+1) = b1(i) - m(i).*omega^2.*b4(i);
    a2(i+1) = a2(i) - a1(i+1)*l(i);
    b2(i+1) = b2(i) - b1(i+1)*l(i);
    a3(i+1) = a3(i) + a2(i+1)*l(i)./EI + a1(i+1)*l(i).^2./(2*EI);
```

```

b3(i+1) = b3(i) + b2(i+1)*l(i)./EI + b1(i+1)*l(i).^2./(2*EI);
a4(i+1) = a4(i) + a3(i)*l(i) + a2(i+1)*l(i).^2./(2*EI)+...
        a1(i+1)*l(i).^3./(3*EI);
b4(i+1) = b4(i) + b3(i)*l(i) + b2(i+1)*l(i).^2./(2*EI)+...
        b1(i+1)*l(i).^3./(3*EI);
end

format short e
disp(' V    M    theta    y')
[a1' b1' a2' b2' a3' b3' a4' b4']
theta1 = -a3(6)/b3(6)    % defleksi pada ujung sayap
y6 = a4(6) + b4(6)*theta1    % simpangan pada jepitan
% selesai Program
    
```

Selanjutnya diperoleh tabel perhitungan sebagai berikut:

Tabel 2: Hasil Perhitungan Frekuensi Alamiyah Sayap KT-1B Menggunakan Metode Myklestad

$\omega = 2,51288$ [rad/det]

i	V		M		θ		y	
1	0	0	0	0	0	θ	1	0
2	-5,8e3	0	5e3	0	5,87e6	θ	1,68e6	8,6e-1 θ
3	-1,1e10	-5,6e3 θ	9,56e9	4,88e3 θ	1,1e13	5,68e6 θ	3,19e12	1,6e6 θ
4	-2,3e16	-1,19e10 θ	2e16	1,03e10 θ	2,34e19	1,19e13 θ	6,7e18	3,4e12 θ
5	-5,4e22	-2,76e16 θ	4,66e22	2,38e16 θ	5,4e25	2,77e19 θ	1,55e25	7,9e18 θ
6	-1,37e29	-6,99e22 θ	5,89e28	3e22 θ	3,43e31	1,75e25 θ	4,9e30	2,5e24 θ

$\omega = 138,4991$ [rad/det]

i	V		M		θ		y	
1	0	0	0	0	0	θ	1	0
2	-1,7e7	0	1,53e7	0	1,78e10	θ	5e9	8,6e-1 θ
3	-1,03e17	-1,7e7 θ	8,83e16	1,48e7 θ	1,03e20	1,73e10 θ	2,9e19	4,95e10 θ
4	-6,6e26	-1,1e17 θ	5,65e26	9,48e16 θ	6,6e29	1,1e20 θ	1,8e29	3,16e19 θ
5	-4,62e36	-7,76e26 θ	3,97e36	6,67e26 θ	4,63e39	7,77e29 θ	1,33e39	2,2e29 θ
6	-3,54e46	-5,96e36 θ	1,525e46	2,56e36 θ	8,9e48	1,49e39 θ	1,27e48	2,1e38 θ

$\omega = 200$ [rad/det]

i	V		M		θ		y	
1	0	0	0	0	0	θ	1	0
2	-3,7e7	0	3,19e7	0	3,7e10	θ	1e10	8,6e-1 θ
3	-4,5e17	-3,6e7 θ	3,83e17	3,1e7 θ	4,47e20	3,6e10 θ	1,28e20	1e10 θ
4	-5,95e27	-4,8e17 θ	5,12e27	4,12e17 θ	5,96e30	4,8e20 θ	1,7e30	1,38e20 θ
5	-8,7e37	-7e27 θ	7,5e37	6,05e27 θ	8,75e40	7e30 θ	2,5e40	2e30 θ
6	-1,39e48	-1,12e38 θ	6e47	4,8e37 θ	3,5e50	2,8e40 θ	5e49	4e39 θ

$$\omega = 315,63 \text{ [rad/det]}$$

i	V		M		θ		y	
1	0	0	0	0	0	θ	1	0
2	-9,25e7	0	7,96e7	0	9,27e10	θ	2,66e10	8,6e-1 θ
3	-2,77e18	-8,95e7 θ	2,3e18	7,7e7 θ	2,77e21	8,97e10 θ	7,95e20	2,57e10 θ
4	-9,2e28	-2,97e18 θ	7,9e28	2,56e18 θ	9,2e31	2,98e21 θ	2,64e31	8,54e20 θ
5	-3,36e36	-1,09e29 θ	2,89e39	9,35e28 θ	3,37e42	3,37e32 θ	9,65e41	3,12e31 θ
6	-1,34e50	-4,33e39 θ	5,76e49	1,86e39 θ	3,36e52	1,08e42 θ	4,8e51	1,55e41 θ

5. Kesimpulan

Frekuensi alamiyah sayap pesawat latih dasar KT-1B adalah sebesar 2,51288 [rad/det], 138,4991 [rad/det], 200 [rad/det], dan 315,63 [rad/det].

Daftar Pustaka

1. Nicolai, Leland, *Fundamentals of Aircraft Design*, Aerospace Engineering University of Dayton.
2. Peery, J, David, 1976, *AIRCRAFT STRUCTURES*, Pemsylvania State University.
3. Sun, C. T. *MECHANICS OF AIRCRAFT STRUCTURES*. A. Wiley – Interscience Publication, Jhon Wiley and Son, Inc.
4. W. T. Thomson, 1995 *TEORI GETARAN DENGAN PENERAPAN*, penerbit Erlangga Jakarta.