

## PERANCANGAN STRUKTUR MUATAN ROKET RX 420 LAPAN AKIBAT PENGARUH GETARAN

Oleh :  
Agus Budi Djatmiko\*

### **Abstrak**

*Akibat gaya dorong yang diberikan pada roket selama penerbangan, muatan akan mengalami getaran gaya paksa. Untuk masalah getaran, salah satu perhatian utama adalah objek yang akan dipaksa bergetar pada frekuensi yang sama pada obyek frekuensi natural.. Dalam situasi ini, respon obyek bisa menjadi ekstrim (biasanya melalui perpindahan fisik), dan kerusakan dapat terjadi ke objek.*

*Setiap benda yang mempunyai massa dan elastisitas mempunyai potensi untuk bergetar, Oleh karena itu setiap struktur rekayasa seperti halnya pada struktur muatan roket mempunyai massa dan elastisitas, maka struktur tersebut mempunyai potensi untuk menimbulkan getaran.*

*Dalam perancangannya struktur muatan roket tidak boleh bekerja pada frekuensi natural-nya karena dapat menyebabkan muatan bergetar dengan amplitudo besar atau resonansi. Untuk itu perlu dirancang besarnya frekuensi natural struktur muatan roket akibat pengaruh getaran yang terjadi.*

*Salah satu pendekatannya yaitu melakukan studi lengkap terhadap persamaan gerakan sistim yang ditinjau. mula-mula sistim diidealisasi dan disederhanakan dengan terminologi massa dan pegas yang berturut turut menyatakan benda dan elastisitas. Kemudian persamaan gerakan menyatakan sebagai fungsi waktu atau akan memberikan jarak kedudukan massa sesaat selama gerakannya dan kedudukan keseimbangannya.*

*Hasil perancangan terhadap frekuensi struktur muatan roket RX 420 LAPAN didapat besarnya frekuensi natural arah melintang adalah 5949 Hz dan frekuensi natural arah axial adalah 19114 Hz. sedangkan frekuensi yang bekerja pada pada roket akibat gaya dorong menurut AKPV Engineering University of Wyoming sebesar 5 s/d 2000 Hz, maka struktur muatan roket sangat aman terhadap gangguan karena frekuensi yang terjadi lebih kecil dari frekuensi natural.*

*Kata kunci : getaran pada muatan, frekuensi natural*

### **Abstract**

*Due to the thrust given to the rocket during flight, the payload will experience the vibrate of forcible force. For vibration problems, one major concern is the object to be forced to vibrate at the same frequency at the natural frequency of the object . In this situation the response object can be extreme (usually through physical displacement), and damage can occur to the object.*

*Any object that has mass and elasticity has the potential to vibrate, therefore any engineered structure as well as on the structure of the rocket payload has a mass and elasticity, the structure has the potential to cause vibration.*

*In designing the structure of the rocket payload should not work on its natural frequency as it can cause the payload vibrate with large amplitude or resonance. For that need to be designed magnitude of natural frequencies rocket payload structure due to the influence of vibration that occurs.*

*One approach is to do a complete study of the equation of motion system being simulated. Initially idealized and simplified system with a mass and spring terms of successive states of objects and elasticity. Then the equation of motion expressed as a function of time or distance will give a moment of mass position during its movement and position of balance.*

*The results of the design of the rocket payload structures frequency RX 420 LAPAN obtained magnitude of natural frequency is 5949 Hz transverse direction and the direction of axial natural frequency is 19114 Hz. frequencies while working on the rocket thrust caused by AKPV Engineering University of Wyoming at 5 s / d 2000 Hz, then the rocket payload structure is very secure against interference occurs because frequencies smaller than the natural frequency.*

*Keywords: vibration on the payload, natural frequency*

---

\* Peneliti Bidang Struktur Mekanika Roket LAPAN

## 1. PENDAHULUAN

Muatan pada roket adalah salah satu komponen roket yang sangat penting, karena harus mampu menahan massa-massa elektronik. Oleh karena fungsinya, kolom muatan pada roket harus benar-benar mampu menerima beban yang dibawa dan getaran yang terjadi. Muatan roket terdiri dari kolom-kolom yang menyangga beberapa baki yang terbuat dari bahan aluminium atau makrolon, baki adalah tempat kedudukan alat-alat elektronik untuk memandu roket. Aluminium dipilih untuk kolom dukungan karena kekuatan yang tinggi dalam perbandingan berat dan biaya yang rendah.

Akibat gaya dorong yang diberikan pada roket selama penerbangan, muatan akan mengalami getaran gaya paksa. Untuk masalah getaran, salah satu perhatian utama adalah objek yang akan dipaksa bergetar pada frekuensi yang sama pada obyek frekuensi natural.. Dalam situasi ini, respon obyek bisa menjadi ekstrim (biasanya melalui perpindahan fisik), dan kerusakan dapat terjadi ke objek.

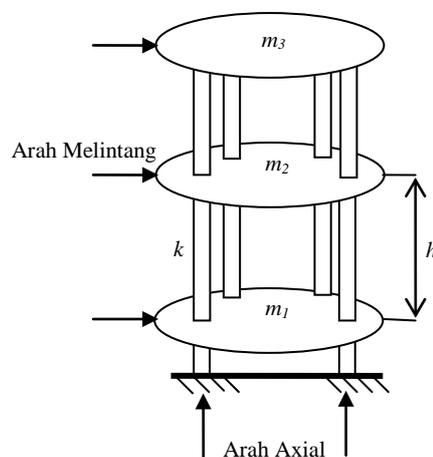
Proses timbulnya gaya paksa pada roket dapat dijelaskan sebagai berikut : propelan yang ada pada tabung roket yang berfungsi sebagai bahan bakar dinyalakan sehingga terjadi pembakaran dalam tabung motor yang dapat menimbulkan temperatur dan tekanan dalam tabung motor naik. Kenaikan temperatur dan tekanan dalam tabung dapat menimbulkan pembebanan atau gaya pada tabung motor roket ke arah radial dan aksial dan juga menimbulkan gaya akibat tegangan panas. Tekanan yang terjadi dalam motor disalurkan melalui nosel yang fungsinya mengubah energi tekan menjadi energi kinetis, sehingga menimbulkan gaya dorong yang keluar dari nosel roket. Karena adanya gaya-gaya aksial maka akan menyebabkan timbulnya getaran.

Struktur Muatan roket dapat dianggap sebagai benda yang mempunyai distribusi massa dan elastisitas, untuk menentukan kedudukan tiap partikel dalam benda elastik, diperlukan koordinat tak berhingga, sehingga benda semacam itu mempunyai derajat kebebasan tak berhingga.

Dalam perancangannya struktur muatan roket tidak boleh bekerja pada *frekuensi* natural-nya karena dapat menyebabkan muatan (*payload*) bergetar dan dapat menyebabkan kerusakan pada muatan roket. Salah satu pendekatannya yaitu melakukan studi lengkap terhadap persamaan gerakan sistim yang ditinjau. mula-mula sistim diidealisasi dan disederhanakan dengan terminologi massa dan pegas yang berturut turut menyatakan benda dan elastisitas. Kemudian persamaan gerakan menyatakan sebagai fungsi waktu atau akan memberikan jarak kedudukan massa sesaat selama gerakannya dan kedudukan keseimbangannya. Selama penerbangan, roket akan mengalami berbagai getaran paksa antara (5-2000) Hz, sehingga frekuensi natural harus lebih tinggi dari itu dalam rangka menjaga rasio frekuensi rendah.

Dalam tulisan ini dirancang besarnya *frekuensi* natural dasar dari struktur muatan roket RX 420 akibat getaran dari gaya paksa.

## 2. LANDASAN TEORI



Gambar 2.1 : Struktur kolom muatan roket Rx 420

### 2.1. Mencari Frekuensi Alami Arah Melintang

Untuk sistim getaran bebas tanpa redaman dengan derajat kebebasan banyak persamaan gerak yang dinyatakan dalam bentuk matrik adalah :

$$[M]\left(\ddot{x}\right) + [k](x) = (0) \dots\dots\dots(1)$$

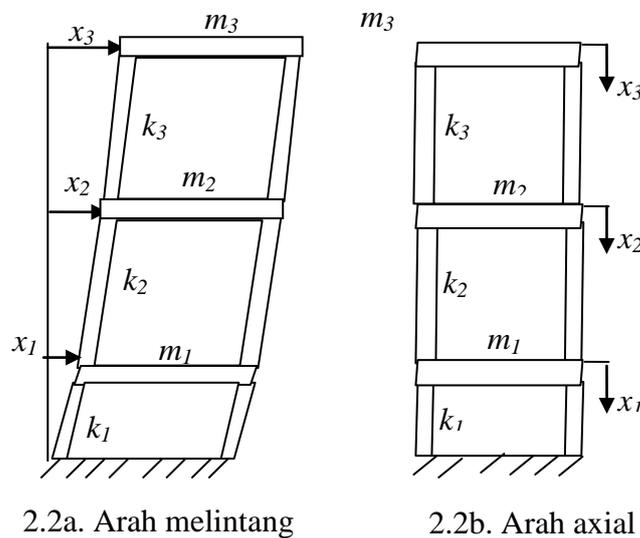
Dengan,

$$M = \begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{pmatrix} = \text{matrik massa}$$

$$K = \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{pmatrix} = \text{matrik kekakuan}$$

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \text{vektor simpangan}$$

Untuk mencari frekuensi alami dari payload (muatan) roket, Pertama bentuk modus geraknya sebagai berikut :



Gambar 2.1 : Modus gerak/simpangan dari muatan roket arah melintang dan axial

Persamaan gerakan untuk struktur muatan roket RX 420 arah melintang (gambar 2.2a) diberikan sebagai berikut :

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + k_1 x_1 + k_2 (x_1 - x_2) &= 0 \\ m_2 \ddot{x}_2 - k_2 (x_1 - x_2) + k_3 (x_2 - x_3) &= 0 \\ m_3 \ddot{x}_3 - k_3 (x_2 - x_3) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

Persamaan dalam bentuk tiga derajat kebebasan, dalam bentuk matrik dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

Untuk gerak semacam ini dapat ditulis sebagai :

$$x_1 = X_1 \cdot \sin \omega t, x_2 = X_2 \cdot \sin \omega t \text{ dan } x_3 = X_3 \cdot \sin \omega t$$

Substitusikan kedalam persamaan diferensial diatas didapat

$$\begin{bmatrix} (k_1 + k_2 - m_1 \omega^2) & -k_2 & 0 \\ -k_2 & (k_2 + k_3 - m_2 \omega^2) & -k_3 \\ 0 & -k_3 & (k_3 - m_3 \omega^2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(4)$$

Apabila diketahui besaran dari massa (m) dan konstanta kekakuan kolom (k) dari struktur muatan roket, maka dengan menggunakan program matlab didapat besar frekuensi natural struktur muatan roket arah melintang.

**2.2 Mencari Frekuensi Alami Arah Axial**

Persamaan gerakan untuk struktur muatan roket Rx 420 arah axial (gambar 2.2b) diberikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 - k_2 (x_2 - x_1) + k_1 (x_1) &= 0 \\ m_2 \ddot{x}_2 + k_2 (x_2 - x_1) - k_3 (x_3 - x_2) &= 0 \\ m_3 \ddot{x}_3 + k_3 (x_3 - x_2) &= 0 \end{aligned}$$

Persamaan dalam bentuk tiga derajat kebebasan, dalam bentuk matrik dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

Untuk gerak semacam ini dapat ditulis sebagai :

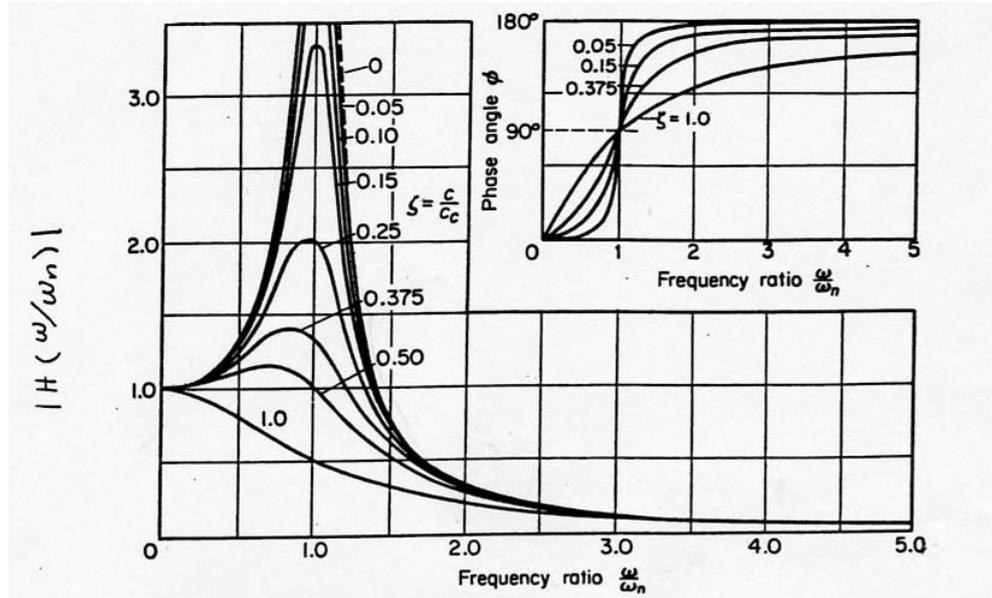
$$x_1 = X_1 \cdot \sin \omega t, x_2 = X_2 \cdot \sin \omega t \text{ dan } x_3 = X_3 \cdot \sin \omega t$$

Substitusikan kedalam persamaan diferensial diatas didapat

$$\begin{bmatrix} (k_1 + k_2 - m_1 \omega^2) & -k_2 & 0 \\ -k_2 & (k_2 + k_3 - m_2 \omega^2) & -k_3 \\ 0 & -k_3 & (k_3 - m_3 \omega^2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(6)$$

Apabila diketahui besaran dari massa ( $m$ ) dan konstanta kekakuan kolom ( $k$ ) dari struktur muatan roket, maka dengan menggunakan program matlab didapat besar frekuensi natural struktur muatan roket arah axial.

### 2.3. Getaran pada muatan struktur muatan roket



Gambar 2.3

Gambar 2.3. diatas menampilkan plot rasio amplitudo. dalam plot  $|H(\omega/\omega_n)|$  merupakan respon frekuensi kompleks,  $\omega$  merupakan frekuensi paksa, dan  $\omega_n$  merupakan frekuensi alami, rasio  $\omega/\omega_n$  disebut rasio frekuensi.

Respon frekuensi kompleks adalah respon fisik dari objek yang bersangkutan. seperti dapat dilihat pada gambar, seperti frekuensi paksa mendekati nilai yang sama dengan frekuensi alami (rasio frekuensi sama dengan 1, keadaan resonansi), meningkatkan respon eksponensial. lokasi yang ideal di grafik di kedua ekstim. jika rasio frekuensi baik sangat kecil atau lebih besar dari tiga, maka respon adalah meminimalkan amplitudo.

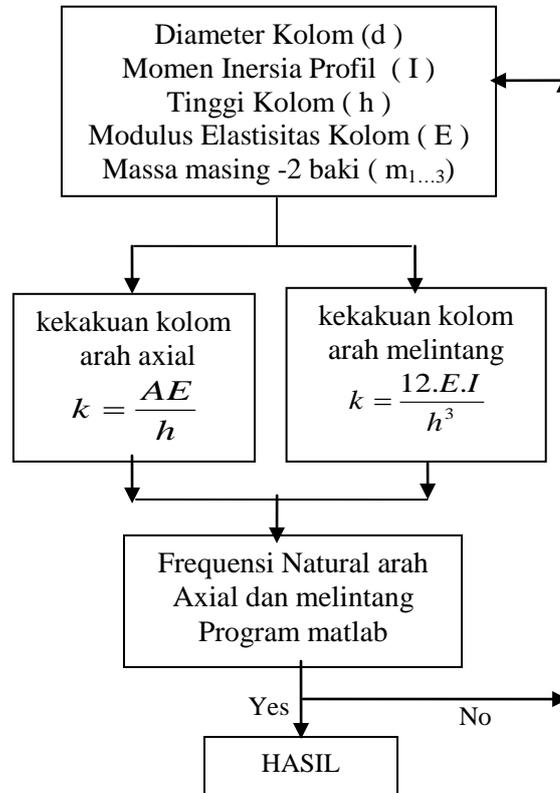
Fakta ini dapat diambil dalam pertimbangan selama proses desain. untuk proyek roket, respon akan ideal jika rasio frekuensi bisa berada dengan nilai lebih dari tiga, yaitu memiliki frekuensi alami yang sangat rendah tetapi karena roket akan mengalami berbagai macam getaran, rasio frekuensi harus mulai rendah dan kemudian melewati rentang respon yang tinggi untuk dapat didorong keluar dengan nilai lebih dari tiga. dalam kasus ini, muatan masih akan mengalami respon besar dan kekuatan besar / tegangan. juga karena sifat kecil payload, frekuensi alami kecil akan sangat sulit dicapai.

Pilihan lain akan merancang untuk frekuensi alami besar, yang akan menjaga rasio frekuensi minimal, menghilangkan perubahan respon frekuensi besar. Selama terbang roket akan mengalami berbagai getaran paksa antara (5-2000 Hz), sehingga frekuensi natural harus lebih tinggi dari itu dalam rangka menjaga rasio frekuensi rendah.

### 3. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam merancang struktur muatan Roket RX 420, pertama kali dilakukan adalah mencari data besar Modulus elastisitas kolom (alluminium)  $E = 68,9 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$  dan massa muatan dari masing masing tingkat  $m_1 = 1,5 \text{ kg}$   $m_2 = 1,5 \text{ kg}$   $m_3 = 1,95 \text{ kg}$ , tinggi Kolom ( $h$ ) = 20 cm dan menentukan diameter kolom  $d = 10 \text{ s/d } 25 \text{ cm}$ , kemudian menghitung momen inersia massa  $I =$  dan menghitung besar kekakuan ( $k$ ) dari kolom struktur muatan arah melintang dan axial dan mencari persamaan geraknya, setelah itu dihitung frekuensi natural dari struktur muatan roket RX 420

Gambar.2.4. diperlihatkan flow chart merancang struktur muatan roket RX 420, dengan masukan Diameter Kolom ( d ), Momen Inersia Profil ( I ), Tinggi Kolom ( h ) Modulus Elastisitas Kolom ( E ), Massa masing -2 baki ( m<sub>1...3</sub>), kemudian dicari besar kekakuan kolom arah axial dan melintang setelah itu dihitung besar *frekuensi* natural dari struktur muatan roket RX 420. apabila *frekuensi* natural dibawah *frekuensi* kerja roket antara 5 s/d 2000 Hz, maka perancangan diulang kembali



Gambar 2.4. Diagram Alir Perancangan Struktur Muatan Roket

#### 4. PENGOLAHAN DATA

Data struktur muatan roket RX 420 (lihat gambar 5), sebagai berikut :

Modulus elastisitas kolom (alluminium)  $E = 68,9 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ , Tinggi kolom  $h = 25 \text{ cm}$

#### 4.1. Menghitung besarnya kekakuan kolom struktur roket

##### 4.1.1. kekakuan kolom arah melintang

$I = \text{momen inersia profil} = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$ , dimana

$d = \text{diamter kolom} = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$

$I = 1,916\text{E-}8 \text{ m}^4$

$E = \text{Modulud elastisitas kolom (alluminium)} = 68,9 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ , maka didapat kekakuan kolom dasar arah melintang  $k_1$  dengan  $h_1 = 5 \text{ cm}$  adalah :

$k_1 = \frac{12 \cdot E \cdot I}{h_1^3} = 519230,4 \text{ kN/m}$ , ada 4 buah kolom maka total :  $k_1 = 2076921,6 \text{ kN/m}$

sedangkan kolom diatasnya dengan  $h_2 = 25 \text{ cm}$  adalah :

$$k_2 = k_3 = \frac{12.E.I}{h_2^3} = 4153843 \text{ kN/m, masing-masing ada 4 buah kolom, maka total } k_2 = k_3 = 16615,37 \text{ kN/m}$$

#### 4.1.2. kekakuan kolom arah axial

$$A = \text{luas profil kolom} = \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

$$d = \text{diameter kolom} = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$$

$$A = 0,000314 \text{ m}^2$$

$$E = \text{Modulud elastisitas kolom muatan} = 68,9 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$h_1 = \text{tinggi kolom dasar} = 0,05 \text{ m,}$$

$$h_2 = h_3 = \text{tinggi kolom} = 0,25 \text{ m}$$

maka besarnya kekakuan kolom dasar arah axial  $k_1$  adalah :

$$k_1 = \frac{AE}{h_1} = 4326920 \text{ kN/m, ada 4 buah kolom maka total } :k_1 = 17307680 \text{ kN/m, sedangkan kolom}$$

diatasnya adalah :

$$k_2 = \frac{AE}{h_2} = k_3 = 865384 \text{ kN/m masing-masing ada 4 buah kolom, maka total}$$

$$k_2 = k_3 = 3461536 \text{ kN/m}$$

## 4.2. Menghitung besarnya frekuensi natural muatan roket

### 4.2.1 frekuensi natural arah melintang :

Dari hasil perhitungan didapat besar kekakuan kolom arah melintang adalah :  $k_1 = 396141,356$  kN/m, sedangkan kolom diatasnya adalah :

$$k_2 = k_3 = 10141,22 \text{ kN/m}$$

Dengan menggunakan persamaan 3 dan 4 diatas, didapat *frekuensi* natural dari struktur muatan roket arah melintang.

$$k_{11} = 2093537 \text{ kN/m ; } k_{12} = -16615 \text{ kN/m ; } k_{13} = 0 ; k_{21} = -16615 \text{ kN/m ; } k_{22} = 33230 \text{ kN/m ;}$$

$$k_{23} = -416615 \text{ kN/m ; } k_{31} = 0 ; k_{32} = -416615 \text{ kN/m ; } k_{33} = 16615 \text{ kN/m}$$

$$\text{dan } m_1 = 1,5 \text{ kg ; } m_2 = 1,5 \text{ kg ; } m_3 = 1,95 \text{ kg}$$

dengan menggunakan program matlab didapat *frekuensi* natural adalah :

$$\omega_1 = 37360 \text{ rad/detik ; } \omega_2 = 5209 \text{ rad/detik dan } \omega_3 = 1859 \text{ rad/detik}$$

$$f_{nt} = \omega_n / 2\pi = 5949 \text{ Hz}$$

### 4.2.2 frekuensi natural arah axial :

Dari hasil perhitungan didapat besar kekakuan kolom arah axial adalah :

$$k_1 = 4326920 \text{ kN/m, dan}$$

$$k_2 = k_3 = 865384 \text{ kN/m}$$

Dengan menggunakan persamaan 4 dan 5 didapat *frekuensi* natural dari struktur muatan roket arah Axial

$$k_{11} = 3661609 \text{ kN/m ; } k_{12} = -29060 \text{ kN/m ; } k_{13} = 0 ; k_{21} = -29060 \text{ kN/m ; } k_{22} = 1730768 \text{ kN/m ;}$$

$$k_{23} = -29060 \text{ kN/m ; } k_{31} = 0 ; k_{32} = -29060 \text{ kN/m ; } k_{33} = 29060 \text{ kN/m.}$$

dan

$$m_1 = 1,5 \text{ kg ; } m_2 = 1,5 \text{ kg ; } m_3 = 1,95 \text{ kg}$$

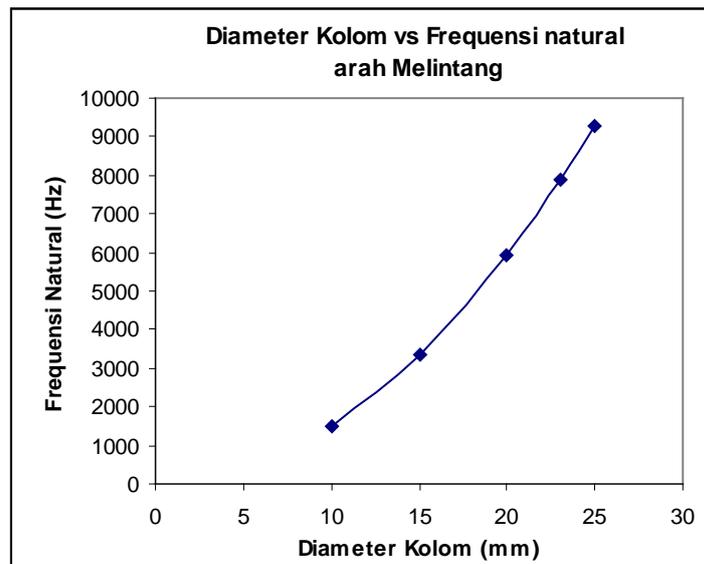
dengan menggunakan program matlab didapat :

$$\omega_1 = 120040 \text{ rad/detik ; } \omega_2 = 11.475 \text{ rad/detik dan } \omega_3 = 25120 \text{ rad/detik}$$

$$f_{na} = \omega_n / 2\pi = 19.114 \text{ Hz}$$

Tabel 1: Data Struktur Muatan roket RX 420 LAPAN Hasil Perancangan.

| No | Spesifikasi                 | Notasi | Hasil             | Satuan  |
|----|-----------------------------|--------|-------------------|---------|
| 1  | Diameter kolom              | $d$    | 0,02              | m       |
| 2  | Tinggi kolom                | $h$    | 0,25              | m       |
| 3  | Momen inersia profil        | $I$    | $I = 1,916E-8$    | $m^4$   |
| 4  | Modulus Elastisitas Kolom   | $E$    | $68,9 \cdot 10^9$ | $N/m^2$ |
| 5  | Kekakuan kolom melintang    | $k$    | 10141,22          | kN/m    |
| 6  | Kekakuan kolom axial        | $k$    | 865384            | kN/m    |
| 7  | Frekuensi Natural melintang | $f_n$  | 5949              | Hz      |
| 8  | Frekuensi Natural axial     | $f_n$  | 19114             | Hz      |



Gambar 4.1. Grafik Diameter Kolom Vs Frekuensi Natural Arah Melintang

## 5. HASIL DAN ANALISA

- Dari hasil perancangan menunjukkan (lihat Gambar 4.1 : grafik diameter kolom vs frekuensi natural arah melintang) bahwa perencanaan diameter kolom  $d = 20 \text{ mm}$  dengan bahan alluminium menghasilkan frekuensi natural dasar arah melintang  $f_m = 5949 \text{ hz}$ , sedangkan frekuensi natural dasar arah axial dari perhitungan didapat  $f_{na} = 19.114 \text{ Hz}$ .
- Hasil perancangan terhadap struktur muatan roket RX 420 cukup aman karena kedua frekuensi natural ini, menghasilkan ratio frekuensi ( $\omega/\omega_n$ ) yang rendah terhadap terhadap frekuensi paksa tertinggi dari roket yaitu  $2000 \text{ hz}$ , sehingga menghasilkan amplitudo getaran yang rendah ( lihat gambar 2.3 )
- Dalam perancangan struktur muatan roket Rx 420 LAPAN frekuensi natural arah melintang yaitu  $f_m = 5949 \text{ Hz}$  dipakai sebagai acuan perancangan, karena dari kedua frekuensi natural yang terjadi nilainya paling kecil tetapi sudah lebih besar dari pada frekuensi kerja maksimum roket RX 420 yaitu  $f = 2000 \text{ Hz}$ . atau dapat dikatakan struktur muatan roket RX 420 LAPAN dengan diameter kolom  $d = 20 \text{ mm}$ , aman dari gangguan getaran paksa yang terjadi (data hasil perancangan dapat dilihat pada tabel 1)
- Dari hasil penurunan terhadap persamaan gerak dari struktur muatan roket EX 420 LPAN, didapat hasil persamaan gerak yang sama untuk gerak melintang maupun axial, tetapi menghasilkan frekuensi natural yang berbeda karena nilai kekakuan kolom ( $k$ ) arah axial lebih besar dari pada kekakuan kolom ( $k$ ) arah melintang, sehingga menghasilkan frekuensi natural

arah axial yaitu  $f_{na} = 19.114$  Hz. lebih besar dari ferkuensi natural arah melintang yaitu  $f_{nt} = 5949$  Hz

## 6. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan terhadap struktur muatan roket RX 420 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam perancangan dengan memasukan diameter kolom  $d = 20$  mm didapat Frekuensi natural dasar arah melintang  $f_{nt} = 5949$  Hz, maka data perhitungan ini dipakai untuk perancangan struktur muatan roket karena frekuensi ini yang mendekati tetapi lebih besar dari pada frekuensi paksa tertinggi dari roket yaitu antara 2000 Hz
2. Frekuensi arah axial sangat aman dari gangguan pengaruh getaran karena menghasilkan frekuensi natural yang besar sekali,yaitu  $f_{na} = 19.114$  Hz sehingga menghasilkan ratio frekuensi ( $\omega/\omega_n$ ) yang sangat rendah sekali terhadap frekuensi paksa tertinggi dari roket yaitu 2000 Hz sehingga menghasilkan amplitudo getaran yang rendah (lihat gambar 3)
3. Dari perancangan ini, dapat disimpulkan bahwa struktur muatan roket RX 420 akan tetap stabil dan tidak rusak selama penerbangan roket akibat getaran paksa dari roket.

## DAFTAR PUSTAKA

- Luke Voss, Tony Allais, Sean King, Jeff Parkins “*Plans and Specifications of A Suborbital Rocket Payload* “AKPV Engineering University of Wyoming 2009
- Bidang Kendali Pusat Teknologi Roket “ *Struktur Muatan RX 420* “ Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Rumpin 2011
- William T. Thomson “ *Theory Of Vibration With Applications* “ 2<sup>nd</sup> Edition Prentice-Hall Inc. California 1981.
- Singiresu S. Rao “ *Mechanical Vibrations* “ Addison-Wesley Publishing Company, Third Edition California 1995
- J.W. Cornelisse, H.F.R. Schoyer, K.F. Wakker “ *Rocket Propulsion and Spaceflight Dynamic*“ Pitman Publishing Limited London 1979.
- Robert L. Norton “ *Design Of Machinery* “ McGraw-Hill Book Company, Third Edition 2003.
- R.C. Hibbeler “ *Engineering Mechanics Dynamics* “ Third Edition Prentice-Hall Inc. Singapore 2004.
- Timoshenko And Young “ *Advanced Dynamics* “ McGraw-Hill Book Company, INC 1948.
- John Hannah And R.C. Stephens “ *Mechanics Of Machines* “ Second Edition, Edward Arnold Ltd, London 1972.
- A. R. Holowenko “ *Dynamics of Machinery* “ John Wiley and Sons Inc, New York 1980.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Agus Budi Djatmiko  
Tempat & Tgl. Lahir : Purworejo, 8 Mei 1960  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Instansi Pekerjaan : LAPAN  
Pangkat / Gol. Ruang : Pembina – IV/a  
Jabatan Dalam Pekerjaan : Peneliti  
Agama : Islam  
Status Perkawinan : Menikah

**DATA PENDIDIKAN**

|                |                   |             |
|----------------|-------------------|-------------|
| SLTA           | : SMAN Negeri VII | Tahun: 1979 |
| STRATA 1 (S.1) | : Teknik Mesin UI | Tahun: 1988 |
| STRATA 2 (S.2) | : Teknik Mesin UI | Tahun: 2002 |

**ALAMAT**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Alamat Rumah             | : Jl. Jati Raya No. 21 Perum Suradita, Cisauk-Tangerang<br>Telp. : 70604909. HP. : 0813 1860 4414 |
| Alamat Kantor / Instansi | : Jl. Raya LAPAN, No. 2, Mekarsari, Rumpin, Bogor<br>Jawa Barat                                   |

**HASIL DISKUSI DALAM PELAKSANAAN SEMINAR**

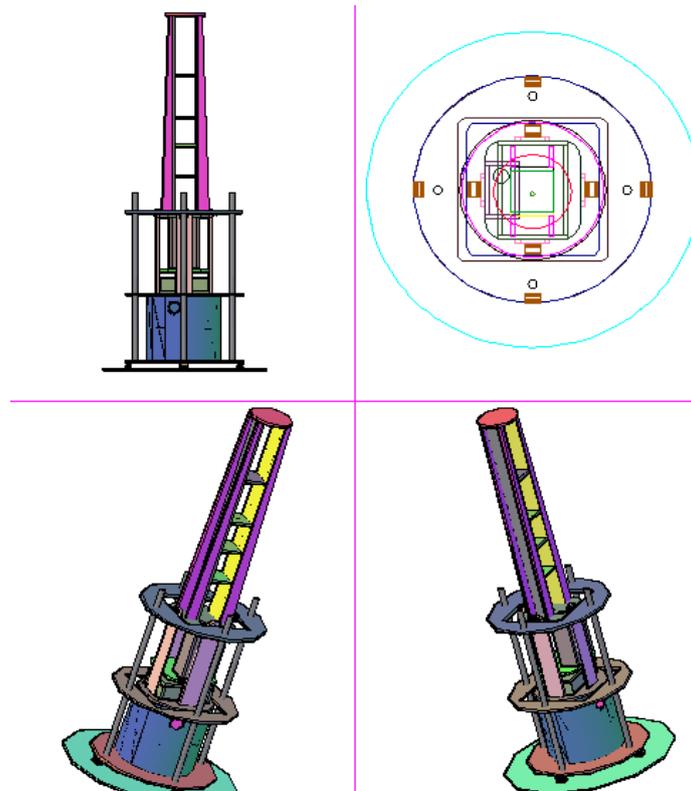
Pertanyaan :

1. a. Apakah teknologi model tetap?  
b. Gimana kapasitas axciied? (Bayu Utama – PUSTEKBANG)
2. Kurva dia kolom maksimum? (Mabe Siahaan – PUSTEKBANG)

Jawaban :

1. –
2. –

**LAMPIRAN**



Gambar Struktur Muatan RX 420