

**PENGARUH NILAI KOEFISIEN AERODINAMIKA $C_{m\alpha}$ DAN C_{mq}
PADA KESTABILAN TERBANG GERAK PERIODE PENDEK (*SHORT PERIOD*) RKX-200 LAPAN
[EFFECT OF AERODYNAMICS COEFFICIENT VALUE $C_{m\alpha}$ AND C_{mq}
TO THE STABILITY OF THE FLY MOTION SHORT PERIOD
RKX-200 LAPAN]**

Endang Mugia GS.

Peneliti Bidang Teknologi Avionik, Lapan
e-mail: endangmugia@yahoo.com

ABSTRACT

The rocket flew of short period modes of motion, can be used as a way to measure the stability of the rocket flying. By performing simulation using software Missile DATCOM obtained aerodynamic coefficient $C_{m\alpha}$ and C_{mq} , each of which affects the value of the natural frequency ω_{ns} and damping ζ_s motion short period. RKX-200 Lapan rocket is a quite stable rocket. And the magnitude of the aerodynamic coefficient $C_{m\alpha}$: -0,12 to -0,02 and value of C_{mq} : -2,4 to -1,2, with each value remains negative at cruising speed prediction of 0,1 M s.d 2,0 M. It's good enough to be the guided missile with value $0,18 \leq SM \leq 0,46$.

Key words: *A short period modes of motion*

ABSTRAK

Roket terbang dengan moda gerak periode pendek, dapat dijadikan cara untuk mengukur tingkat kestabilan terbang roket. Dengan melakukan simulasi menggunakan *software Missile DATCOM* diperoleh nilai koefisien aerodinamika $C_{m\alpha}$ dan C_{mq} , yang masing-masing berpengaruh pada nilai frekuensi natural ω_{ns} dan redaman ζ_s gerak periode pendek. Roket RKX-200 Lapan merupakan roket yang cukup stabil, dan besarnya nilai koefisien aerodinamika $C_{m\alpha}$: -0,12 s.d -0,02 dan nilai C_{mq} : -2,4 s.d -1,2, dengan masing-masing nilai tetap negatif pada prediksi kecepatan terbang 0,1 M s.d 2,0 M. Roket ini cukup baik untuk menjadi roket kendali dengan nilai $0,18 \leq SM \leq 0,46$.

Kata kunci: *Moda gerak periode pendek*

1 PENDAHULUAN

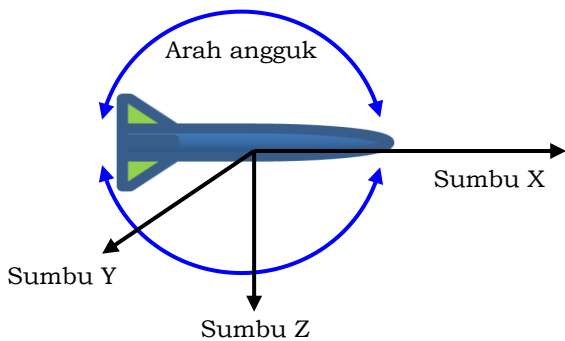
Roket RKX-200 merupakan roket kendali yang terdiri dari dua tingkat, yaitu tingkat 1 disebut *booster* dan tingkat 2 disebut *sustainer*. Roket *booster* bekerja untuk menghantarkan roket *sustainer* terbang pada ketinggian sesuai rancangan yaitu 500 m, selanjutnya roket *sustainer* akan terbang dengan moda jelajah menuju sasaran yang telah ditetapkan, dengan jangkauan maksimum dalam arah horisontal 8 km.

Perilaku terbang roket *sustainer* pada saat moda jelajah dalam arah gerak longitudinal, dengan adanya gangguan terpaan angin, ada momen anguk yang bekerja sehingga menimbulkan anggukan dan roket bergerak untuk berusaha kembali ke sumbu stabilitas. Respon gerak roket bolak balik terhadap gangguan membentuk gerak periode pendek (*short period*). Gerak periode pendek ini membentuk model persamaan orde 2, dengan besarnya

frekuensi natural ω_{ns} merupakan fungsi dari $C_{m\alpha}$ dan redaman ζ_s fungsi dari besarnya C_{mq} . Parameter $C_{m\alpha}$ dan C_{mq} merupakan koefisien aerodinamika, masing-masing besarnya disebabkan karena momen angguk yang bekerja pada sumbu X roket terhadap perubahan sudut serang (α) dan laju angguk (q). Dalam paper ini akan dianalisis besarnya koefisien aerodinamika tersebut, dan pengaruhnya terhadap kestabilan terbang gerak periode pendek untuk roket RKX-200 Lapan.

2 DASAR TEORI

Tinjauan pada gerak roket, dibatasi pada gerak angguk terhadap sumbu y sepanjang lintasan terbang yang sejajar dengan sumbu x pada roket, seperti terlihat pada Gambar 2-1. Sedangkan kajiannya dikhususkan pada gerak periode pendek.



Gambar 2-1: Gerak angguk roket

2.1 Koefisien Aerodinamik $C_{m\alpha}$.

Besarnya nilai koefisien aerodinamika $C_{m\alpha}$ disebabkan oleh perubahan besarnya momen angguk karena perubahan sudut serang α . Roket akan bergerak stabil statik dalam arah longitudinal, bilamana nilai $C_{m\alpha} < 0$. Roket dikategorikan stabil statik, akan selalu kembali ke arah kesetimbangan pada sumbu stabilitas setelah terjadi gangguan. Nilai $C_{m\alpha}$ negatif, memberi arti bila sudut serang membesar positif, maka momen angguk menjadi lebih negatif, sehingga menurunkan besarnya sudut serang menuju nilai 0 (sudut serang $\alpha = 0$), roket berada pada sumbu

stabilitas). $C_{m\alpha}$ merupakan fungsi dari Statik Margin (SM), yaitu:

$$C_{m\alpha} = (SM)_\delta \left(\frac{dC_L}{d\alpha} \right)_\delta^a$$

dimana $\left(\frac{dC_L}{d\alpha} \right)_\delta^a$ merupakan perubahan koefisien gaya angkat C_L terhadap perubahan sudut serang (α) yang bekerja pada wahana ($a = aircraft$) dengan posisi defleksi elevator tetap ($\delta=0$).

2.2 Koefisien Aerodinamika C_{mq} .

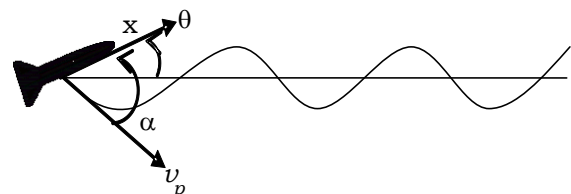
Besarnya nilai koefisien aerodinamika C_{mq} diakibatkan oleh momen angguk terhadap laju angguk. Perubahan laju angguk terhadap lintasan terbang, diakibatkan oleh gaya yang bekerja pada sirip ekor roket. Besarnya koefisien aerodinamika C_{mq} dan juga $C_{m\alpha}$ dapat ditetapkan dengan merancang konfigurasi bentuk dan kontur permukaan luar roket, disamping itu nilai C_{mq} dan $C_{m\alpha}$ bergantung kepada besarnya sudut serang dan kecepatan terbang roket.

2.3 Gerak Terbang Periode Pendek (Short Period)

Moda gerak terbang periode pendek seperti pada Gambar 2-2, dengan fungsi transfer dimodelkan mengikuti persamaan orde 2 berikut:

$$G_c(s) = \frac{S_c \omega_{ns}^2}{s^2 + 2\zeta_s \omega_{ns} s + \omega_{ns}^2}$$

Dimana S_c , ζ_s , dan ω_{ns} masing-masing merupakan konstanta kontrol proporsional, redaman, dan frekuensi natural dari gerak terbang periode pendek.



Gambar 2-2: Gerak terbang periode pendek (short period)

Moda terbang periode pendek terjadi pada kecepatan tetap, akan beresilasi membentuk gerak angguk

sebagai respon karena adanya gangguan dari luar seperti arah kecepatan angin. Gerak anguk berosilasi mempunyai frekuensi natural ω_{ns} dengan redaman amplituda ζ_s yang berosilasi menuju kesetimbangan, dan titik setimbangnya berimpit dengan lintasan terbang. Bila nilai C_{m_q} meningkat akan menyebabkan membesarnya redaman ζ_s , demikian juga nilai C_{m_α} meningkat akan menyebabkan perubahan membesarnya frekuensi natural ω_{ns} . (Blakelock, John H., 1991)

3 METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

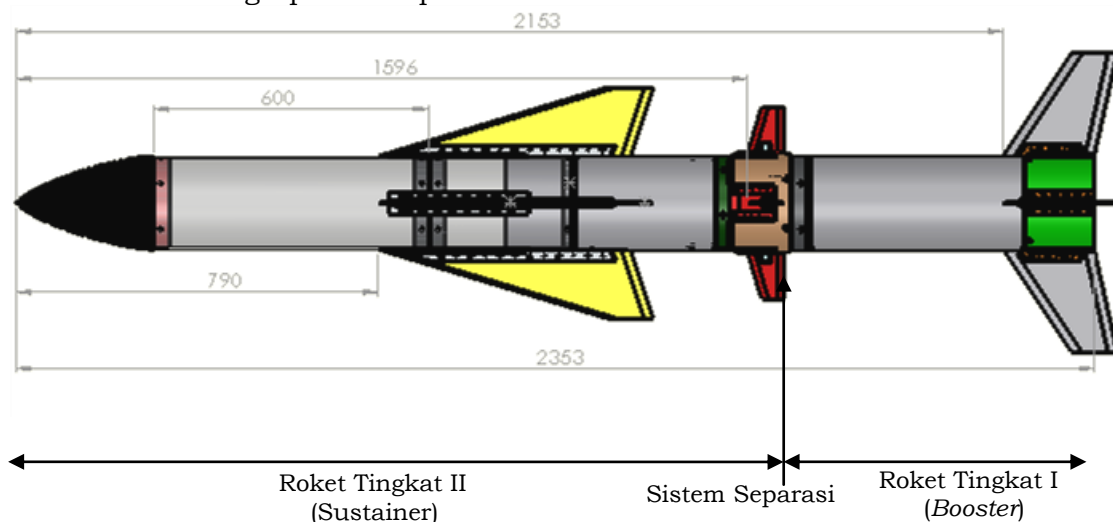
- Menetapkan dimensi dan lokasi titik pusat massa dari roket RKX-200 Lapan, sebagai bahan data masukan (*input software Missile DATCOM* (William, B. Blake, 1998).
- Melakukan simulasi menggunakan *software Missile DATCOM*, diantaranya untuk memperoleh nilai Koefisien Aerodinamika C_{m_α} dan C_{m_q} .
- Menganalisis hasil nilai C_{m_α} dan C_{m_q} agar nilainya sesuai dengan kriteria kestabilan terbang, khususnya pada kestabilan terbang periode pendek.

Bila belum sesuai, akan direkomendasikan perancangan ulang dimensi dan lokasi titik pusat massa dari roket RKX-200 Lapan, sehingga sesuai dengan kriteria kestabilan.

4 PERANCANGAN DAN ANALISIS NILAI KOEFISIEN AERODINAMIKA C_{m_α} DAN C_{m_q} .

Dimensi dari roket RKX-200 Lapan seperti terlihat pada Gambar 4-1, tetapi pada paper ini yang akan dikaji perilaku gerak periode pendek hanya pada bagian roket tingkat 2, yaitu roket *sustainer*. Sehingga data yang di tampilkan pada Tabel 4-1 merupakan data dari sustainer saja (Sofyan, Edi dkk, 2011).

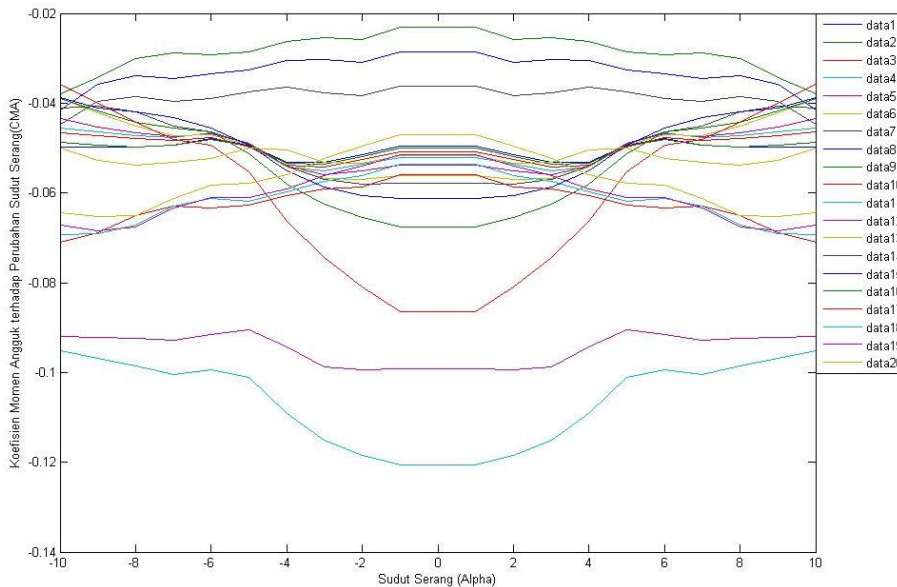
Hasil simulasi diperoleh distribusi besarnya nilai C_{m_α} : -0,12 s.d -0,02 yang divariasikan terhadap perubahan sudut serang α : -10°, -9°, ..., 10° dan kecepatan gerak roket (Mach): 0,1 (data1), 0,2 (data2), ..., 2,0 (data20), seperti terlihat pada Gambar 4-2. Dengan distribusi data input yang sama, nilai C_{m_q} diperoleh antara -2,4 s.d -1,2 seperti terlihat pada Gambar 4-3.



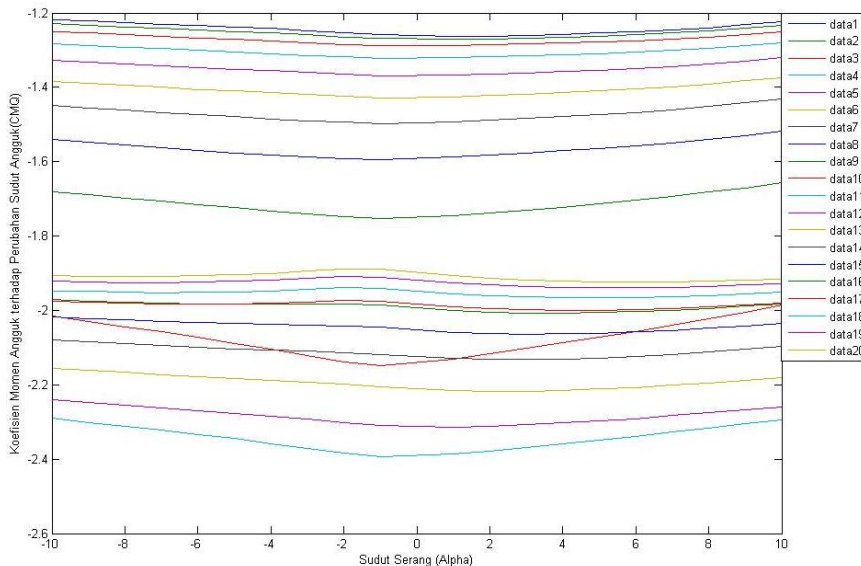
Gambar 4-1: Gambar rancangan roket RKX-200 Lapan

Tabel 4-1: DATA ROKET TINGKAT 2 SUSTAINER

Parameter	Isi Propelan	Kosong (<i>Burnout</i>)
Titik Pusat Massa (XCg)	1.050,00 mm	992,34 mm
<i>Static Margin</i> (SM)	0,18 Caliber	0,46 Caliber



Gambar 4-2: Distribusi nilai C_{m_α} terhadap sudut serang dan kecepatan gerak roket



Gambar 4-3: Distribusi nilai C_{m_q} terhadap sudut serang dan kecepatan gerak roket

Seperti terlihat pada Gambar 4-2. untuk C_{m_α} dan Gambar 4-3. untuk C_{m_q} , dari hasil simulasi selalu mendapatkan nilai negatif, artinya gerak roket stabil statik ($C_{m_\alpha} < 0$). Dengan redaman ($C_{m_q} < 0$) yang akan mengembalikan gerak roket ke sumbu stabilitas.

5 KESTABILAN TERBANG GERAK PERIODE PENDEK (SHORT PERIOD) RKK-200 LAPAN

Roket yang dapat terbang stabil, bilamana ada gangguan kecil, roket akan segera menuju titik kesetimbangan, yaitu sejajar atau berimpit dengan lintasan terbang. Dengan memahami

gerak periode pendek dengan kebergantungan frekuensi natural ω_{ns} pada koefisien aerodinamika C_{m_α} , dan redaman ζ_s pada C_{m_q} , walaupun pada paper ini tidak ditunjukkan secara eksplisit dengan bentuk fungsi matematika, tetapi secara kualitatif, dengan bentuk trend yang ditunjukkan oleh Blakelock, maka menunjukkan roket RKK-200 akan terbang cukup stabil.

Roket yang sangat stabil lebih sulit melakukan gerak manuver, tetapi besarnya energi yang dimiliki untuk tugas pengontrol lebih kecil, karena roket akan terbang hampir selalu lurus dalam lintasannya. Berbeda dengan

roket yang tidak stabil akan dengan mudah bermanuver, dan untuk mempertahankan roket tersebut dapat terbang pada lintasan yang dikehendaki, dibutuhkan pengontrol yang memadai. Jadi tingkat kestabilan pada hasil rancangan roket, akan membutuhkan pendampingan dari kemampuan pengontrolnya. Dilain sisi, roket kendali adalah roket yang dapat bermanuver lincah mengejar target. Roket RXX-200 Lapan cukup baik untuk menjadi roket kendali dengan nilai $0,18 \leq SM \leq 0,46$, sehingga memadai untuk melakukan manuver.

6 KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai koefisien aerodinamika C_{m_α} dapat dijadikan untuk mengukur secara kualitatif besarnya frekuensi natural ω_{ns} , demikian juga C_{m_q} yang dominan mempengaruhi besarnya redaman ζ_s pada gerak periode pendek (*short period*). Dan gerak *short period* tersebut dapat dijadikan ukuran kemampuan roket menghadapi gangguan gaya luar untuk kembali ke lintasan terbang, yang menunjukkan tingkat kestabilan terbang roket tersebut.

Roket RXX-200 Lapan merupakan roket yang cukup stabil, dengan besarnya nilai koefisien aerodinamika C_{m_α} : -0,12 s.d -0,02 dan nilai C_{m_q} : -2,4 s.d -1,2, dengan masing-masing nilai tetap negatif pada prediksi kecepatan terbang 0,1 M s.d 2,0 M. Dan cukup baik untuk menjadi roket kendali dengan nilai $0,18 \leq SM \leq 0,46$.

Pada penelitian berikutnya akan dihitung secara kuantitatif prediksi besarnya frekuensi natural ω_{ns} dan besarnya redaman ζ_s pada gerak periode pendek (*short period*), walaupun kedua parameter tersebut sulit diukur pada saat roket terbang (Blakelock, John H., 1991).

DAFTAR RUJUKAN

- Blakelock, John H., 1991. *Automatic Control Aircraft and Missiles*, John Wiley & Sons, New York.
- Sofyan, Edi dkk, 2011. *Rancang Bangun Roket RXX-200 Lapan*, Laporan Kegiatan Bidang Kendali Pustek-roket.
- William, B. Blake, 1998. *Missile DATCOM User's Manual - 1997 Fortran 90 Revision*, Ohio.

