

## PEMODELAN DAN SIMULASI GERAK DUA DIMENSI ROKET BALISTIK 122

<sup>1</sup>Faizza Fatmawati, <sup>2</sup>Edi Sofyan, <sup>3</sup>Erwan Eko Prasetyo<sup>1,2</sup>Teknik Dirgantara, STTKD, <sup>3</sup>Aeronautika, STTKD**Abstrak**

Roket adalah wahana terbang yang memiliki sistem propulsi dengan mengangkut bahan bakar dan oksigen di dalam badan roket. Roket balistik 122 adalah salah satu jenis roket TNI yang digunakan dalam mempertahankan wilayah kedaulatan Indonesia. Dalam penelitian ini dilakukan analisis gerak dua dimensi. Penelitian ini menggunakan metode pemodelan simulasi untuk analisis gerak dua dimensi roket, Pemodelan simulasi adalah sistem yang dibuat secara fisik dan logis yang bertujuan untuk mendapatkan hasil simulasi yaitu berupa output data. Hal ini membantu memprediksi tentang sistem yang telah dibuat. Parameter database aerodinamika yang digunakan dalam analisis diperoleh dari hasil output software Digital Datcom. Software yang digunakan dalam pemodelan simulasi ini yaitu MATLAB Simulink. Dalam penelitian ini, dimodelkan dengan adanya perubahan massa roket. Perubahan massa roket dikarenakan penggunaan propelan sebagai bahan bakar roket yang akan berkurang massanya jika roket telah diluncurkan. Perubahan massa tersebut menyebabkan perubahan posisi center of gravity. Sehingga pada penelitian ini dapat dilihat bahwa jarak jangkauan roket balistik hingga 27 km. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa adanya perubahan massa yang dilakukan pada penelitian ini juga mempengaruhi jarak jangkauan roket balistik.

**Kata kunci:** Roket, Pemodelan Simulasi, Matlab Simulink, Perubahan Massa

**Abstract**

Rocket is a flying vehicle that has a propulsion system by transporting fuel and oxygen in the rocket body. The 122 ballistic rocket is a type of TNI rocket used to defend Indonesia's territory. In this study, two-dimensional motion analysis was performed. This study uses simulation modeling to analyze the two-dimensional motion of a rocket. Simulation modeling is a physical and logistical system that aims to obtain simulation results in the form of output data. This helps predict about the system that has been created. The aerodynamic parameter database used in the analysis was obtained from the output of the Digital Datcom software. The software used in this simulation modeling is MATLAB Simulink. In this study, it is modeled by the change in the mass of the rocket. Changes in the mass of the rocket due to the use of propellant as a rocket fuel which will reduce its mass if the rocket has been launched. The change in mass causes a change in the position of the center of gravity. So that in this study it can be seen that the range of ballistic rockets is up to 27 km. From the results of the analysis, it can be concluded that the mass changes carried out in this study also affect the range of ballistic rockets.

**Keywords:** Rocket, Simulation Modeling, Matlab Simulink, Change of Mass

**Pendahuluan**

Sebagai salah satu negara yang memiliki kondisi geografis yang sangat luas dan terletak diantara 2 benua, membuat Indonesia memiliki potensi yang besar untuk mendapatkan penyerangan dari negara lain, seperti penyerangan dalam hal pertahanan dan keamanan. Salah satu bentuk upaya persiapan yang dilakukan yaitu kemandirian dalam bidang teknologi. Kemandirian dalam berteknologi dapat diimplementasikan dalam pertahanan dan keamanan, seperti pada roket. Roket balistik merupakan salah satu jenis roket yang dikembangkan oleh Indonesia. Dalam proses pengembangan roket balistik terdapat beberapa tahapan yang dilalui, seperti mendapatkan data aerodinamika, membuat model simulasi, dan menganalisis lintasan dari roket balistik. Pembuatan model simulasi digunakan untuk pengecekan data aerodinamika yang telah didapatkan dan agar dapat mengetahui pergerakan 2 dimensi dari roket balistik sebelum dilakukan produksi secara massal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pergerakan 2 dimensi roket balistik dan untuk mengetahui dan memahami proses simulasi sebelum dilakukan produksi secara massal.

Evy Setiawan (2020) meneliti tentang pemodelan dan simulasi dinamika terbang misil permukaan ke

<sup>1</sup>Email Address: [180302093@students.sttkd.ac.id](mailto:180302093@students.sttkd.ac.id)

Received 4 September 2021, Available Online 30 Desember 2021

udara jarak sedang berbasis roket 122. Pada penelitian ini telah ditentukan model matematika dari dinamika terbang misil permukaan ke udara berbasis roket 122 yang disusun dalam blok diagram 3-DOF menggunakan perangkat lunak MATLAB Simulink. Pemodelan dan simulasi yang telah disusun dapat digunakan untuk menentukan performa terbang yang optimal dengan cara memvariasikan parameter - parameter yang ada.

Rianto A. Sasongko et al (2011) meneliti tentang analisis lintas terbang roket multi-stage RKN200. Dengan hasil, informasi lain yang dapat diperoleh dari simulasi yang dilakukan adalah perubahan massa dan pergeseran titik C.G. roket selama penerbangannya. Sebagaimana diketahui, seiring dengan terbakarnya propelan booster dan sustainer, serta pelepasan Sebagian komponen roket saat separasi, akan terjadi perubahan massa dan posisi titik C.G. roket.

Heru Samodra dan Mahfud Ibadl (2017) meneliti tentang pusat gravitasi dan peranannya dalam roket RX-450. Dengan hasil, *center of gravity* dipengaruhi oleh berat benda. Selain itu, *center of gravity* memiliki peranan penting dalam peluncuran Roket RX450. Jika perhitungan *center of gravity* kurang tepat, maka peluncuran Roket RX-450 akan mengalami kegagalan, seperti arah tujuan yang tidak sesuai dengan tujuan awal dan kendali roket menjadi tidak stabil.

### **Tinjauan Pustaka Roket**

Roket adalah wahana terbang yang memiliki sistem propulsi dengan mengangkut bahan bakar dan oksigen di dalam badan roket bekerja berdasarkan dengan prinsip momentum yaitu dengan menggunakan aliran massa hasil dari pembakaran propelan dimana aliran massa ini digunakan untuk menghasilkan gaya dorong yang berlawanan dengan arah angin. (Singgih Satria Wibowo, 2002)

### **Roket Balistik**

Balistik adalah ilmu yang mempelajari gerak peluru. kata balistik berasal dari bahasa Latin "ballista," yang merupakan mesin kuno yang dirancang untuk melemparkan lembing. (Robert L. McCoy, 1999). Sedangkan roket balistik adalah roket yang bergerak menggunakan prinsip gerak peluru, dimana bentuk lintasan gerak roket seperti bentuk lintasan lempar lembing.

### **Center of Gravity**

Gravitasi adalah gaya tarik menarik yang ada antara semua partikel dengan massa alam semesta. Gravitasi menarik segala sesuatu yang ada di atmosfer bumi dan jatuh ke tanah dengan percepatan rata-rata ( $g$ )  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Untuk benda yang tidak terlalu besar, gaya-gaya pada masing-masing partikel ini sejajar satu sama lain. Oleh karena itu, berat benda adalah hasil dari gaya paralel. Gaya paralel yang dihasilkan dapat terbukti memiliki titik tangkap tertentu (titik efektif). Titik ini disebut pusat gravitasi (cg) benda. Dengan menghitung pusat gravitasi setiap objek, manusia dapat meluncurkan roket, merancang pesawat terbang, dan menempatkan satelit ke orbit. (Samodra Heru dan Ibadl Mahfud, 2017).

### **Propelan**

Propelan adalah bahan bakar senjata konvensional yang mengubah energinya menjadi energi kinetik ketika dinyalakan proyektil terkena hulu ledak. Salah satu parameter terpenting yang dapat mempengaruhi kinerja bom adalah laju pembakaran propelan. Pembakaran propelan ini menciptakan tekanan gas yang mampu memberikan daya dorong yang mampu menggerakkan dan mempercepat proyektil maju dan keluar dari laras senjata. (Nadhifa Adliana, 2020)

### **Pemodelan dan Simulasi**

Pemodelan dan simulasi adalah penggunaan representasi fisik atau logis dari sistem tertentu untuk menghasilkan data dan membantu menentukan keputusan atau membuat prediksi tentang sistem. Pemodelan dan simulasi banyak digunakan dalam ilmu fisika dan sosial, teknik, manufaktur, dan pengembangan produk, di antara banyak bidang lainnya. Arti kata model dalam pemodelan dan

simulasi adalah rencana, representasi, atau deskripsi yang menggambarkan suatu objek, sistem, atau konsep, sering kali merupakan penyederhanaan. Bentuknya bisa berupa model fisik, model gambar (terkomputerisasi) atau rumus matematika. (Setiawan Evy, 2020)

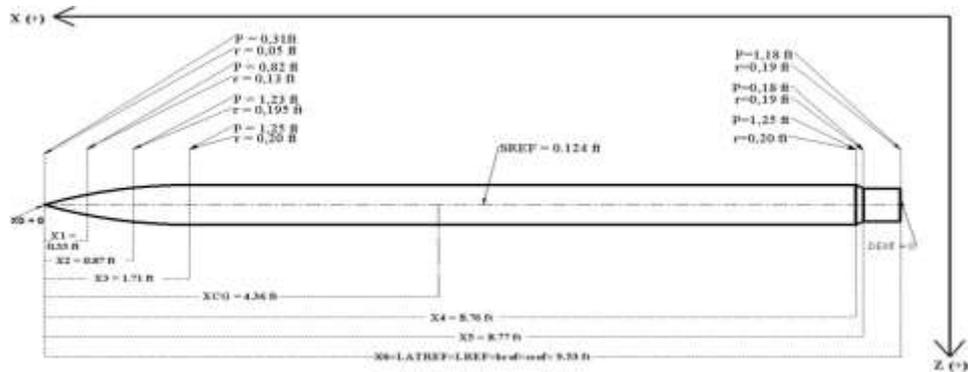
**Equation of Motion**

Persamaan numerik yang menggambarkan gerak rotasi missile dalam sistem koordinat yang bergerak Oxyz menempel pada rudal. (Andrez Zyluk, 2014). Bentuk persamaan tersebut seperti di bawah ini:

$$\begin{aligned}
 I_x P' - I_{yz} (Q^2 - R^2) - I_{zx} (R' + P Q) - I_{xy} (Q' - RP) - (I_y - I_z) QR &= L \\
 I_y Q' - I_{zx} (R^2 - P^2) - I_{xy} (P' + QR) - I_{yz} (R' - P Q) - (I_z - I_x) RP &= M \\
 I_z R' - I_{xy} (P^2 - Q^2) - I_{yz} (Q' + RP) - I_{zx} (P' - QR) - (I_x - I_y) P Q &= N \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

**Metode Penelitian**

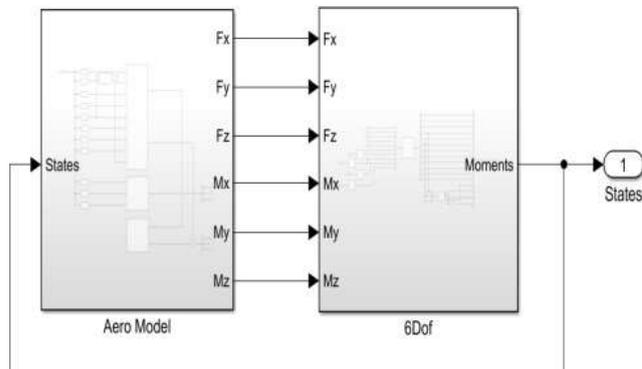
Pada penelitian ini dilakukan simulasi pada roket balistik 122 untuk melihat gerak dua dimensi roket. Pengamatan roket balistik 122 menggunakan titik acuan koordinat (TAK) body pada Matlab Simulink. Dalam TAK Body pada MATLAB Simulink nilai sumbu x bernilai positif ke arah depan dan nilai sumbu z bernilai positif mengarah ke bawah seperti gambar berikut:



**Gambar 1. TAK Body pada MATLAB Simulink**

**Model Simulasi**

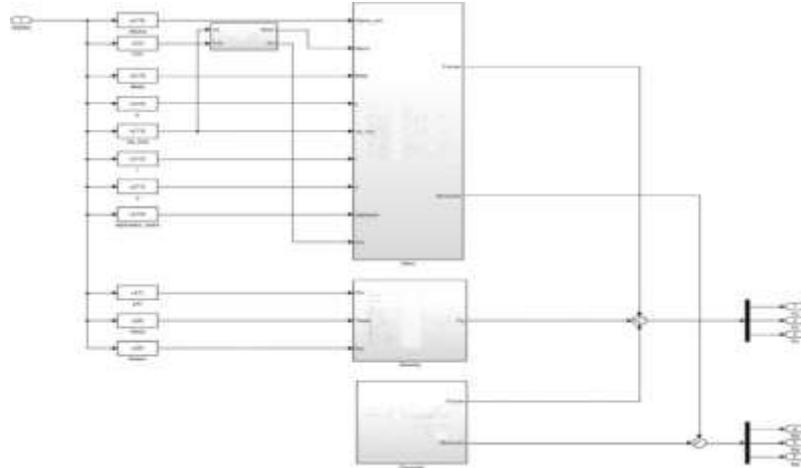
Rumus yang didapatkan pada data aerodinamika diimplementasikan pada Simulink yang bertujuan untuk mengetahui ketepatan rumus yang didapatkan dan koefisien data aerodinamika dengan cara melakukan simulasi yang akan dijalankan. Pada pembuatan desain Simulink 6 DoF (Degree of Freedom) dibagi menjadi 2 rangkaian subsystem, yaitu rangkaian Aero Model dan rangkaian 6 DoF.



**Gambar 2. Model Simulasi**

**Aero Model**

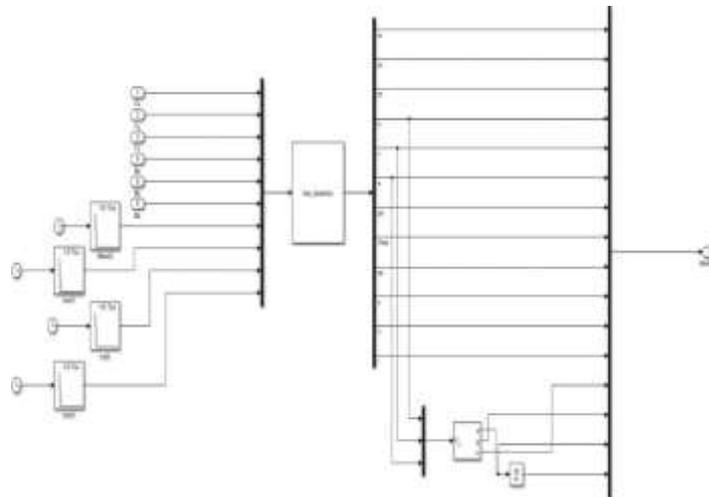
Rangkaian di atas merupakan rangkaian dari Aerodynamic model, pada rangkaian ini terdapat beberapa subsystem dan function, seperti subsystem Aero yang berisi aerodynamic force and moment, subsystem gravity yang berisi komponen penyusun gaya gravity, dan yang terakhir adalah subsystem propulsi. Rangkaian gaya aerodinamika dijumlahkan dengan gaya gravitasi dan gaya pada propulsi untuk menghasilkan  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ , dan Momen aerodinamika dijumlahkan dengan momen pada propulsi menghasilkan  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ .



**Gambar 3. Aero Model**

### 6 DoF

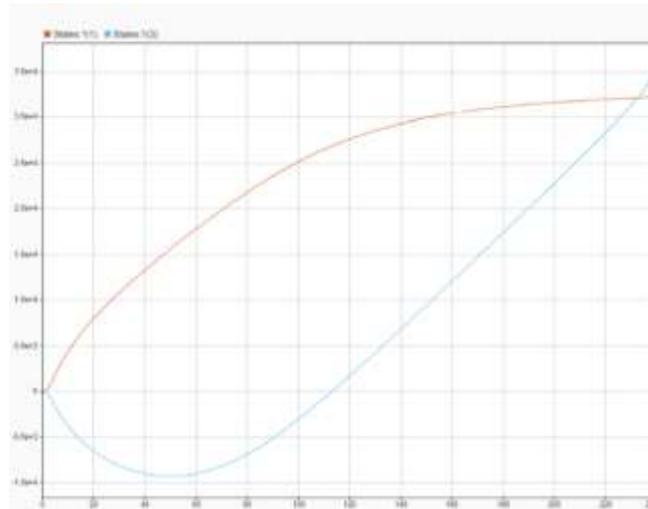
Rangkaian ini berisi input dari koefisien pada aero model seperti  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , dan juga perubahan dari massa dan inertia ( $I_{xx}$ ,  $I_{yy}$ ,  $I_{zz}$ ), rangkaian input disatukan menjadi input pada s-function. S-function menghasilkan 16 output, yaitu  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $U$ ,  $v$ ,  $w$ ,  $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ ,  $p$ ,  $q$ ,  $r$ ,  $V_a$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ , dan  $a$ . Kemudian output ini disatukan menjadi satu output yang akan dikembalikan lagi sebagai input aero model.



**Gambar 4. 6 DoF Model**

### Hasil dan Pembahasan

Setelah merangkai model simulasi pada MATLAB SIMULINK yang disesuaikan dengan rumus dari laporan sebelumnya “database aerodinamika” menghasilkan output seperti gambar berikut :



**Gambar 5. Hasil Simulasi**

Grafik  $x_h$  yang ditunjukkan oleh grafik berwarna merah adalah grafik yang menunjukkan nilai ketinggian dari roket, pada grafik tersebut roket bergerak dari titik nol hingga kurang lebih 27 km. Pergerakan grafik di atas bergerak terhadap waktu, semakin tinggi waktu yang bekerja maka nilai grafik  $x_h$  akan meningkat. Grafik  $z_h$  yang ditunjukkan oleh grafik berwarna biru adalah grafik yang menunjukkan pergerakan dari roket. Yang dimana roket bergerak secara parabolic. Bentuk parabolic pada grafik  $z_h$  bernilai negatif, karena berdasarkan dengan titik acuan pada Simulink dimana nilai  $z$  bernilai positif ke arah bawah. Untuk mengetahui jarak roket saat diluncurkan dengan cara membaca grafik di atas.

### Kesimpulan

Berdasarkan gaya gaya aerodinamika yang mempengaruhi terbang roket, pada penelitian ini telah ditentukan model matematika yang disusun dalam blok diagram 6-DoF menggunakan perangkat lunak MATLAB Simulink. Pemodelan dan simulasi yang telah disusun dapat digunakan untuk menentukan performa terbang yang optimal. Adanya perubahan massa yang dilakukan pada penelitian ini juga mempengaruhi jarak jangkauan roket balistik. Perubahan massa pada penelitian ini menggunakan asumsi bahwa roket menggunakan bahan bakar propelan yang akan berkurang massanya jika roket telah diluncurkan. Perubahan massa tersebut menyebabkan perubahan posisi CG sehingga dengan rangkaian tersebut dapat dilihat bahwa jarak jangkauan roket balistik hingga 27 km.

### Daftar Pustaka

- Adliana, N., Bura, R. O., & Ruyat, Y. (2019). Analisis pengaruh karakteristik propelan terhadap balistik interior pada munisi kaliber kecil. *Jurnal Teknologi Persenjataan*, 1(1), 39–62.
- Ajiesastra, R. A. (2015). *TRANSFER OF TECHNOLOGY DAN INTEGRASI KESIAPAN UJI TEMBAK ROKET R-HAN 122B DI PANDANWANGI LUMAJANG*.
- McCoy, R. L. (2012). Modern Exterior Ballistics. In *Schiffer military history* (p. 328).
- Samodra, H., & Ibadl, M. (2017). Pusat Gravitasi Dan Peranannya Dalam Roket Rx-450 ( *Center of Gravity ( Cg ) and Its Role in Rocket Rx-450* ). *Jurnal Sains Dan Teknologi Dirgantara*, 450, 81–90.
- Sasongko, R. A., Jenie, Y. I., & Poetro, R. E. (2012). Analisis Lintas Terbang Roket Multi-Stage Rkn200. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 9(2), 132–146. <https://doi.org/10.30536/j.jtd.2011.v9.a1681>
- Setiawan, E. S. (2020). *Pemodelan Dan Simulasi Dinamika Terbang Misil Permukaan Ke Udara Jarak Sedang Berbasis Roket 122*. 121.
- Wibowo, S. S. (2019). *PERHITUNGAN KARAKTERISTIK AERODINAMIKA DAN ANALISIS DINAMIKA DAN KESTABILAN GERAK DUA DIMENSI PADA MODUS LONGITUDINAL ROKET RX 250 LAPAN*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/n4f68>
- Zyluk, A. (2014). Numerical simulation of the effect of wind on the missile motion. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics (Poland)*, 52(2), 335–344.