

# ANALISIS LINTASAN ROKET BALISTIK DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI VARIASI SUDUT AWAL PELUNCURAN

<sup>1</sup>Argo Dwi Hartomo, <sup>2</sup>Edy Sofyan, <sup>3</sup>Erwan Eko Prasetyo

<sup>1, 2</sup>Teknik Dirgantara, STTKD, <sup>2</sup>Aeronautika, STTKD

## Abstrak

Indonesia merupakan negara yang luas, dengan kondisi geografis diantara dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia. Kondisi ini membuat Indonesia memiliki potensi yang besar untuk mendapatkan serangan dalam bentuk pertahanan dan keamanan dari dalam maupun luar negeri. Oleh karena itu, Indonesia harus mempersiapkan kemandirian berteknologi sejak dini. Pengembangan roket merupakan salah satu kemandirian teknologi dalam pertahanan dan keamanan. Roket balistik dapat dibuat dengan jarak dan waktu tempuh yang diinginkan. Roket harus melalui beberapa tahapan penting yang harus dilakukan sebelum Roket dapat diluncurkan dan diproduksi massal. Roket yang diluncurkan tanpa mengetahui sudut yang tepat akan mengakibatkan roket bergerak dengan tidak sesuai dengan jarak jangkauan yang diinginkan. Oleh karena itu, penentuan sudut awal peluncuran roket diperlukan agar dapat mengetahui sudut yang tepat untuk peluncuran roket. Sudut awal peluncuran merepresentasikan sudut operasional roket yang digunakan sebagai missile permukaan ke udara. Sudut awal peluncuran divariasikan dimulai 20° hingga 60° dengan menggunakan Matlab dan Matlab Simulink, variasi sudut awal peluncuran bertujuan untuk mengetahui sudut yang ideal untuk digunakan pada saat peluncuran roket. pergerakan horizontal range pada sudut 20° hingga 55° mengalami pergerakan yang semakin jauh, akan tetapi saat sudut awal peluncuran sebesar 60° pergerakan roket balistik 122 mm semakin kecil. Roket Balistik dengan sudut awal peluncuran sebesar 50° merupakan sudut yang tepat untuk digunakan dengan horizontal range sejauh 27.466 meter.

**Kata kunci:** sudut, roket, lintasan

## Abstract

Indonesia is a vast country, with geographical conditions located between two continents, namely the continents of Asia and Australia. This geographical condition makes Indonesia have great potential to get attacks in the form of defense and security from within and outside the country. Therefore, Indonesia must prepare for technological independence from an early age. Rocket development is one of the technological independence in defense and security. Ballistic rockets can be made with the desired distance and travel time. Rockets must go through several important stages that must be carried out before Rockets can be launched and mass produced. Rockets that are launched without knowing the right angle will cause the rocket to move not in accordance with the desired range. Therefore, determining the initial angle of launch of the rocket is needed in order to know the right angle for the launch of the rocket. The initial launch angle represents the operational angle of the rocket used as a surface-to-air missile. The initial launch angle is varied from 20° to 60° by using Matlab and Matlab Simulink, the variation of the initial launch angle aims to determine the ideal angle to be used at the time of rocket launch. the horizontal range movement at an angle of 20° to 55° experienced further movement, but when the initial angle of launch was 60° the movement of the 122 mm ballistic rocket was getting smaller. Ballistic rockets with an initial launch angle of 50° are the right angle to use with a horizontal range of 27,466 meters.

**Keywords:** angle, missile, trajectory.

## Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang luas, dengan kondisi geografis diantara dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia. Kondisi geografis ini membuat Indonesia memiliki potensi yang besar untuk mendapatkan serangan dalam bentuk pertahanan dan keamanan dari dalam maupun luar negeri, baik serangan melalui darat, udara, maupun laut. Pengembangan roket merupakan salah satu bentuk kemandirian berteknologi yang memiliki peran penting dalam menjaga pertahanan dan keamanan serta

<sup>1</sup>Email Address : [180302126@students.sttkd.ac.id](mailto:180302126@students.sttkd.ac.id)

Received 1 November 2021, Available Online 30 Desember 2021

kedaulatan negara. Roket adalah salah satu jenis wahana udara yang memiliki gaya dorong diperoleh dari proses pembakaran. Roket dapat dibuat dengan jarak dan waktu tempuh yang diinginkan. Roket harus melalui beberapa tahapan penting yang harus dilakukan sebelum Roket dapat diluncurkan dan diproduksi massal. Tahapan yang harus dilalui antara lain mengambil data aerodinamika roket yang didapatkan dari geometri Roket, lalu setelah didapatkan data aerodinamika dari roket, data tersebut diolah untuk disimulasikan, dan tahapan terakhir adalah analisis lintasan roket dengan menggunakan variasi sudut awal peluncuran. Variasi sudut awal peluncuran adalah sudut awal yang digunakan roket balistik untuk memulai peluncuran.

Roket yang diluncurkan tanpa mengetahui sudut yang tepat akan mengakibatkan roket bergerak dengan tidak sesuai dengan jarak jangkauan yang diinginkan. Oleh karena itu, penentuan sudut awal peluncuran roket diperlukan agar dapat mengetahui sudut yang tepat untuk peluncuran roket.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui serta memahami proses simulasi pembuatan Roket Balistik sebelum produksi secara massal. Mengetahui sudut awal peluncuran yang tepat dalam meluncurkan Roket Balistik 122.

Evy Suryaningsih Setiawan (2020) dalam tesis yang ditulis nya, melakukan penelitian yang berjudul “pemodelan dan simulasi dinamika terbang misil permukaan ke udara jarak sedang berbasis roket 122”. Dalam penelitian tersebut peneliti mengumpulkan data karakteristik dari RHan-122B dan disimulasikan dengan menggunakan MATLAB Simulink dengan blok diagram 3-DOF dan membuat profil trajektori dari RHan-122B dengan menggunakan variasi sudut peluncuran, yaitu 30 deg s.d. 70 deg. Dari variasi sudut peluncuran tersebut, didapatkan hasil jarak jangkauan terjauh dari RHan-122B adalah 22 km dengan ketinggian maksimum 5.1 km pada sudut peluncuran 55 deg.

Singgih Satrio Wibowo (2012) melakukan penelitian tentang perhitungan karakteristik aerodinamika, analisis dinamika dan kestabilan gerak dua dimensi modulus longitudinal roket rx 250 lapan. Dalam penelitian tersebut membahas tentang trayektori (lintas) terbang dengan menggunakan variasi sudut awal. Pengaruh sudut awal peluncuran roket, karena sudut awal peluncuran memiliki pengaruh terhadap kestabilan roket. Semakin tinggi sudut peluncuran, maka semakin kecil simpangan yang terjadi pada sudut serang.

## **Landasan Teori**

### ***Roket***

Roket merupakan sebuah sistem propulsi penghasil tenaga (*combustion engine*) yang menghasilkan dorongan melalui reaksi pembakaran dari propellant. Perancangan propellant pada roket yang memiliki tujuan untuk mensimulasikan roket agar dapat memberikan tekanan pendorong, sehingga tekanan yang dikeluarkan serta *thrust* dari pembakaran *propellant* mencapai sasaran yang diinginkan.

### ***Balistik***

Balistik adalah ilmu yang mempelajari gerak peluru. Balistik berasal dari bahasa latin, yaitu “ballista”, yang merupakan mesin kuno yang dirancang untuk melemparkan lembing. Gerak balistik digunakan dalam pergerakan roket, dimana roket dibuat dengan jarak tertentu dan meluncur dengan gerak balistik.

### ***Trajectory***

Metode yang digunakan untuk estimasi dan prediksi lintasan roket balistik. Metode yang dilakukan, yaitu metode kemungkinan maksimum, metode kuadrat terkecil tertimbang, dan metode derministik. Metode kemungkinan maksimum menghitung perkiraan parameter lintasan berdasarkan pada fungsi kepadatan

probabilitas. Metode kuadrat terkecil tertimbang menghitung perkiraan parameter lintasan yang meminimalkan jumlah kuadrat tertimbang dari kesalahan pengukuran. Metode deterministik menghitung lintasan dengan memecahkan persamaan yang diketahui dan menghubungkan pengukuran dengan lintasan parameter.

### Titik Jatuh

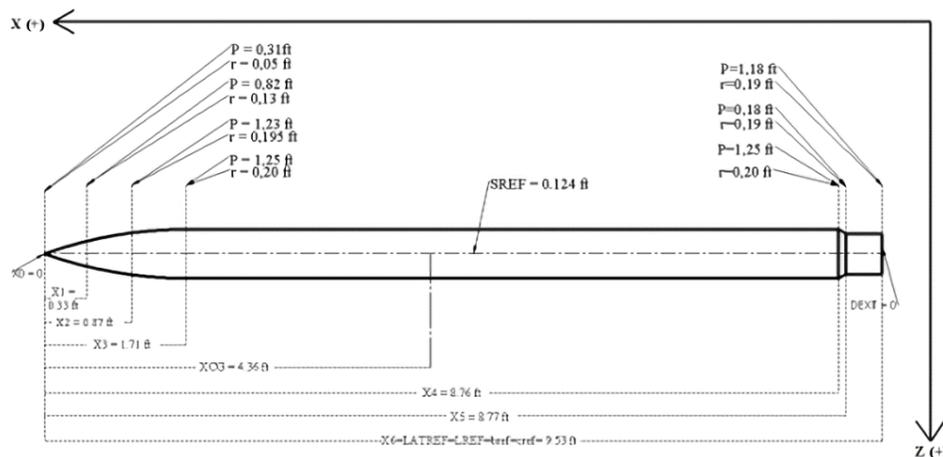
Titik jatuh memberikan pengaruh secara langsung terhadap keberhasilan roket, sehingga dalam pemilihan titik jatuh yang optimal merupakan salah satu masalah teoretis utama dalam menggunakan roket. Secara umum, pada senjata seperti roket anti-infrared dan anti-radar titik tujuan secara otomatis terpilih, namun pada roket pelacat titik jatuh harus ditentukan sebelum roket diluncurkan. Ketepatan titik jatuh akan sangat dipengaruhi ketika adanya terjadi benturan dan menimbulkan simpangan yang besar ke arah penembakan.

### Sudut Peluncuran

Sudut peluncuran digunakan dalam model balistik untuk menentukan hubungan antara sudut dan jangkauan peluncuran. Untuk menghitung sudut peluncuran, profil kecepatan angin diperkirakan terlebih dahulu dan parameter yang digunakan sebagai *input* dalam simulasi seperti *thrust* dan *drag*.

### Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian simulasi gerak dua dimensi roket yang memiliki geometri seperti pada gambar 1. Penelitian ini melakukan analisis lintasan roket dengan variasi sudut awal peluncuran roket dari 20 derajat hingga 60 derajat. Pengujian ini dilakukan dengan *software* menggunakan Matlab dan Matlab Simulink.



Gambar 1 Geometri Roket Balistik 122

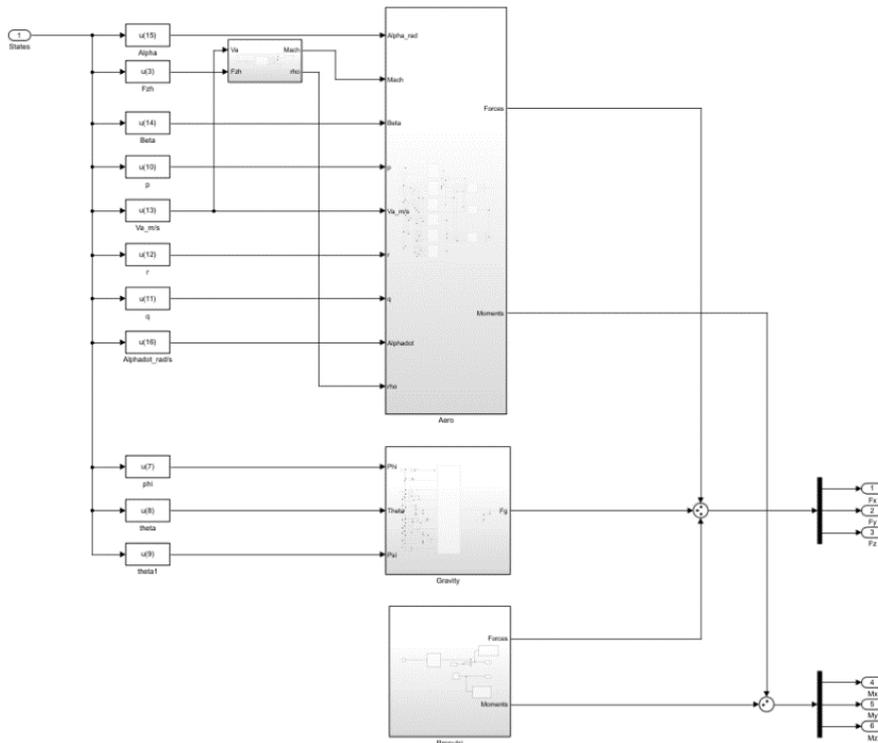
### Proses Pengujian

Sebelum pengujian dilakukan, data aerodinamika yang akan digunakan harus dipersiapkan terlebih dahulu agar simulasi dapat berjalan dengan baik dan benar. Simulasi dengan sudut awal peluncuran dengan menggunakan sudut dilakukan untuk mengetahui bahwa rangkaian yang disusun telah benar

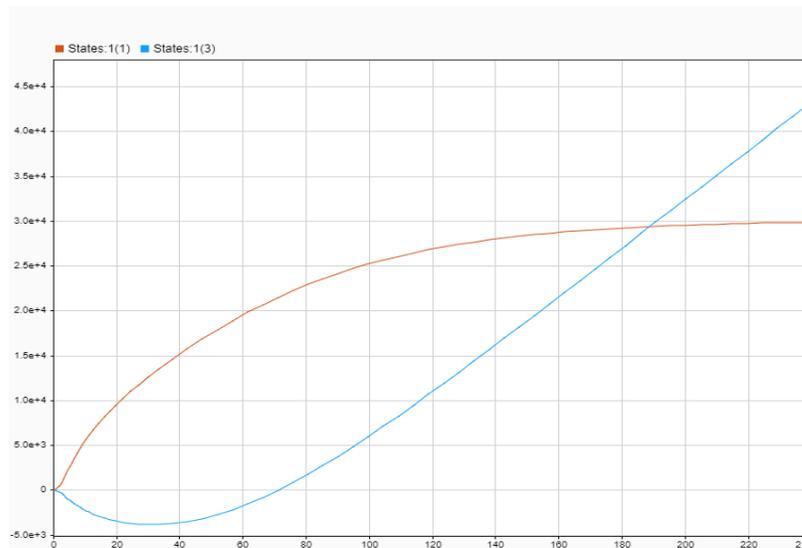
```

Editor D:\DATA UMUM\Matlab Simulasi Rocket\6DOF FIX\Rocket.m
Rocket.m mav_dynamics.m
1 % initial conditions
2 P.xh0 = 0; % initial North position(m)
3 P.yh0 = 0; % initial East position(m)
4 P.zh0 = 0; % initial Down position (negative altitude)(m)
5 P.u0 = -50; % initial velocity along body x-axis(m/s)
6 P.v0 = 0; % initial velocity along body y-axis(m/s)
7 P.w0 = 0; % initial velocity along body z-axis(m/s)
8 P.phi0 = 0; % initial roll angle(rad)
9 P.theta0 = deg2rad(20); % initial pitch angle(rad)
10 P.psi0 = 0; % initial yaw angle(rad)
11 P.p0 = 0; % initial body frame roll rate(rad/s)
12 P.q0 = 0; % initial body frame pitch rate(rad/s)
13 P.r0 = 0; % initial body frame yaw rate(rad/s)
14 P.a0 = 0;
15
16 %physical parameters of airframe
17 P.gravity = 9.81; % m/s^2
18 P.mass = 64.0; % kg
19 P.Ixx = 1.5; % kg.m^2
20 P.Iyy = 450; % kg.m^2
21 P.Izz = 450; % kg.m^2
22 P.Ixz = 0;
23 P.b = 2.90; % Meter
24 P.c = 2.90; % Meter
25 P.S_prop = 0;
26 P.rho = 0;
27 P.e = 0;
28 P.AR = 0;
29 P.SRef = 0.011493; % Meter^2
    
```

Gambar 2 Parameter



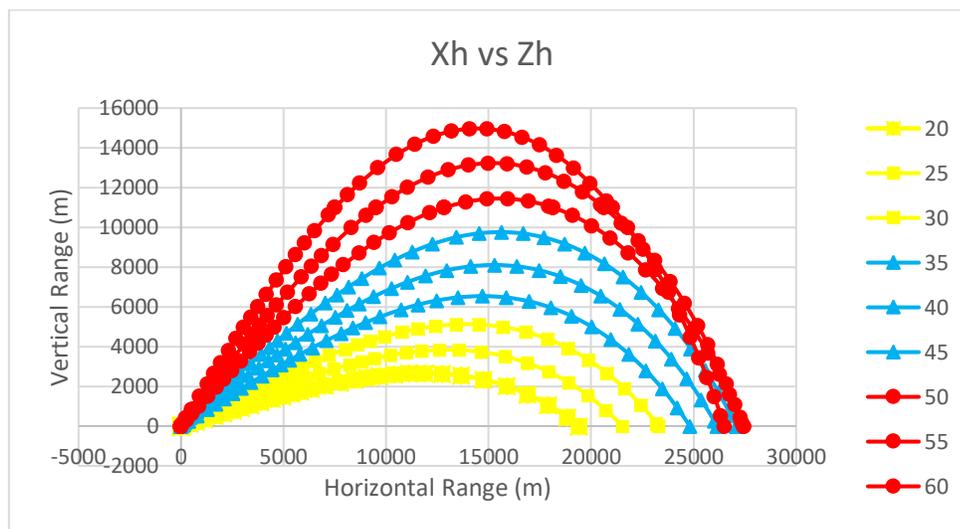
Gambar 3 Rangkaian



**Gambar 4 Hasil Output**

Apabila simulasi yang dijalankan sudah benar dilanjutkan dengan memvariasikan sudut awal peluncuran untuk mendapatkan sudut yang tepat untuk digunakan dalam meluncurkan roket.

### Hasil dan Pembahasan



**Gambar 5 Hasil Output Variasi Sudut**

Grafik yang ditunjukkan pada gambar 5.33 merupakan grafik lintasan roket dengan menggunakan sudut awal peluncuran yang berbeda. Sudut awal peluncuran merepresentasikan sudut operasional roket yang digunakan sebagai missile permukaan ke udara. Sudut awal peluncuran divariasikan dimulai 20° hingga 60°, variasi sudut awal peluncuran bertujuan untuk mengetahui sudut yang ideal untuk digunakan pada saat peluncuran roket. Pada grafik tersebut dapat dilihat pergerakan horizontal range pada sudut 20° hingga 55° mengalami pergerakan yang semakin jauh, akan tetapi saat sudut awal peluncuran sebesar 60° pergerakan roket balistik 122 mm semakin kecil. Pergerakan vertical range roket balistik 122 mm menunjukkan semakin besar sudut yang digunakan maka pergerakan roket akan semakin tinggi.

Berdasarkan grafik tersebut sudut awal peluncuran yang efektif untuk digunakan sebagai sudut awal peluncuran roket balistik sebesar  $50^\circ$  dengan jarak jangkauan yang ditempuh sejauh 27.466 meter.

### Kesimpulan

Berdasarkan dalam uraian penelitian di atas, dapat disimpulkan sudut awal peluncuran roket balistik sebesar  $50^\circ$  merupakan sudut yang tepat untuk digunakan sebagai sudut awal peluncuran roket balistik, karena sudut  $50^\circ$  memiliki jarak jangkauan yang jauh yaitu sejauh 27.466 meter. Pada sudut  $20^\circ$  hingga  $50^\circ$  pergerakan roket balistik semakin jauh. Semakin tinggi sudut yang digunakan untuk sudut awal peluncuran roket balistik maka nilai vertical range akan meningkat.

### Daftar Pustaka

- Brewer, J. C., Reis, R. C., Tomiozzo, R. L., & Okutsu, M. 2016. Model Rocket Projects for Aerospace Engineering Course: Simulation of Flight Trajectories. 54th AIAA Aerospace Sciences Meeting, 0(January), 1–12.
- Deswara, H. dan Djamari, F. X. 2015. ANALISA PERFORMA PROPULSI ROKET SOLID PROPELLANT UNTUK PELUNCUR PESAWAT UAV (UNMANNED AERIAL VEHICLE). *Jurnal Teknik Industri, Elektro Dan Penerbangan*, 5(3).
- Harlin, W. J., & Cicci, D. A. 2007. Ballistic missile trajectory prediction using a state transition matrix. *Applied Mathematics and Computation*, 188(2), 1832–1847.
- McCoy, R. L. 2009. Modern Exterior Ballistics. In *Schiffer military history*. Atglen: Schiffer Publishing, Ltd.
- Setiawan, E. S. 2020. *PEMODELAN DAN SIMULASI DINAMIKA TERBANG MISIL PERMUKAAN KE UDARA JARAK SEDANG BERBASIS ROKET 122*. Tesis. Universitas Pertahanan.
- Wibowo, S. S. 2012. PERHITUNGAN KARAKTERISTIK AERODINAMIKA, ANALISIS DINAMIKA DAN KESTABILAN GERAK DUA DIMENSI MODUS LONGITUDINAL ROKET RX 250 LAPAN. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Wang, J., Lei, G., Tan, S., & Guo, H. 2011. The analysis of fall-point Precision for Impacting Long-range Strategic Ballistic Missile by Space Debris. 2011 International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization, ICSEM 2011.
- Wilhelm, J. P., Jackson, E. R., Browning, P., Huebsch, W., & Mucino, V. 2012. Flight Simulation of a Hybrid Projectile to Estimate the Impact of. Proceedings of the ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress & Exposition IMECE2012, 3–8.
- Zhang, H., Zhang, X., Song, S., & Gao, X. Z. 2015. An affinity propagation-based multiobjective evolutionary algorithm for selecting optimal aiming points of missiles. *Soft Computing*.