

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN MASSA PROPELAN DAN WARHEAD PADA ROKET BALISTIK 122 TERHADAP TITIK JATUH ROKET

Faizza Fatmawati¹, Edi Sofyan², T. Dikatama³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Dirgantara,
Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan, Yogyakarta, Indonesia
^{1,2}Faifatma60@gmail.com; ³Edi.Sofyan@sttkd.ac.id

Abstrak — Raket merupakan wahana terbang yang mempunyai sistem pendorong, baik bahan bakar padat, cair ataupun mesin, yang dapat membawa muatan berbentuk bahan peledak ataupun beban biasa. Raket Balistik 122 merupakan salah satu raket TNI yang digunakan dalam mempertahankan wilayah kedaulatan NKRI yang dikembangkan secara mandiri di Indonesia. Dalam penelitian ini dilakukan analisis pengaruh perubahan massa propelan dan massa *warhead* terhadap titik jatuh raket balistik 122. Penelitian ini menggunakan metode pemodelan dan simulasi. Pemodelan dan simulasi merupakan suatu proses yang dibuat dalam bentuk fisik dan logis yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang dapat dianalisa baik sebagai sarana disain maupun menilai kinerja raket yang dibuat. Pada penelitian ini, input data aerodinamika yang digunakan diperoleh dari perhitungan numerik menggunakan software Missile Datcom. Terdapat dua software yang digunakan dalam penelitian ini yaitu working model dan Matlab Simulink. Dalam simulasi ini dimodelkan dengan adanya perubahan titik *center of gravity* yang disebabkan karena perubahan massa raket. Perubahan massa raket tersebut diakibatkan raket balistik 122 menggunakan propelan sebagai bahan bakar raket yang berkurang massanya pada saat propelan mengalami pembakaran dan adanya perubahan massa pada raket juga disebabkan karena adanya warhead yang diikuti sertakan dalam penembakan raket balistik 122.

Dari pemodelan dan simulasi menggunakan *software working model 2D* dan *MATLAB Simulink* yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi dari kedua *software* tersebut menunjukkan trend yang sama. Bahwa semakin besar massa propelan maka akan menambah kinerja raket sedangkan semakin besar massa *warhead*, maka akan menurun kinerja raket. Besaran perubahan ini yang diberikan dalam bentuk tabel tembak akan sangat bermanfaat untuk analisa disain raket mendatang.

Keywords: Raket, Pemodelan, Simulasi, Matlab, Simulink, Perubahan Massa.

1. PENDAHULUAN

Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) merupakan salah satu negara yang memiliki wilayah yang sangat luas dan terletak di antara dua benua yaitu benua Asia dan Australia. Hal ini

membuat NKRI memiliki potensi besar untuk mendapatkan penyerangan dari negara lain. Begitu luasnya wilayah Indonesia, 18.940 kilometer persegi luas wilayah yang harus dilindungi dan dijaga dalam pertahanan dan keamanan. Oleh karena itu, pertahanan dan kedaulatan

NKRI harus dilindungi. Persiapan yang dilakukan untuk melindungi NKRI harus dilakukan sedini mungkin. Salah satu upaya persiapan yang dilakukan untuk menjaga pertahanan dan kedaulatan NKRI yaitu dengan kemandirian dalam bidang teknologi peroketan. Kemandirian dalam hal ini diterapkan dalam upaya menjaga pertahanan dan keamanan negara, seperti pada roket. Indonesia telah mengembangkan roket yang dapat digunakan sebagai salah satu upaya menjaga pertahanan dan keamanan negara. Roket balistik 122 merupakan salah satu roket yang sedang dikembangkan untuk menggantikan roket milik TNI yang sudah tidak layak untuk digunakan. Pada saat pengembangan roket, melewati beberapa tahapan, seperti mendapatkan data aerodinamika, pembuatan rancangan model simulasi, menganalisa lintasan hasil simulasi, dan menganalisa perubahan massa roket balistik. Berubahnya massa roket selama terbang dapat mempengaruhi karakteristik roket tersebut. Sebelum roket diluncurkan maka perlu dihitung massanya. Karena massa suatu roket berpengaruh untuk menentukan kestabilan, titik jatuh dan jarak terbang yang dapat ditempuh roket tersebut. Berubahnya massa roket dapat mempengaruhi kestabilan roket pada saat terbang dan juga dapat mempengaruhi titik jatuh roket saat operasi penembakan. Perubahan massa roket balistik 122 diakibatkan karena roket menggunakan gaya dorong berupa propelan dan juga perubahan massa yang terjadi karena adanya warhead yang diikuti sertakan dalam penembakan roket. Oleh karena itu, tujuan pada penelitian ini ialah untuk mengetahui efek perubahan massa propelan dan warhead yang terjadi pada roket agar dapat mengetahui sejauh mana roket tersebut dapat mencapai titik jatuh saat ditembakkan dan apakah sudah sesuai

dalam mencapai sasarannya yang telah direncanakan.

2. LANDASAN TEORI

Komponen metode penelitian terdiri dari desain penelitian, populasi dan sampel, instrumen penelitian, dan teknik analisis.

2.1. Roket

Roket Balistik merupakan ilmu yang mempelajari pergerakan peluru. Kata balistik berasal dari bahasa Latin "ballista", yang berarti mesin kuno yang dirancang untuk melemparkan lemping (Robert L. McCoy, 1999). Sedangkan roket balistik adalah roket yang beroperasi menggunakan prinsip gerak peluru, dimana bentuk lintasan gerak roket seperti bentuk lintasan lempar lemping. Roket 122 merupakan roket balistik yang dikembangkan di Indonesia, berdiameter 122mm yang diharapkan bisa menggantikan beberapa roket balistik yang saat ini digunakan oleh TNI kita. Spesifikasinya mirip dengan roket GRAD yang mempunyai marinir, dan berjarak jangkauan sekitar 30Km.

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Tipe roket	Balistik, ground to ground
2	Tipe peluncur	Sejenis dengan GRAD 122 mm, Peluncur dari MLRS RM-70 GRAD
3	Tipe Fin	Wrapped Around Folded Aerial Fin
4	Tipe propelan	Propelan Komposit
5	Kaliber/Diameter	122 mm
6	Panjang propelan	2.000 mm
7	Propellant Star	400 mm
8	Propellant Hollow	1.600 mm
9	Panjang tabung motor	2.903 mm
10	Panjang roket	2.750 mm
11	Berat propelan	23,20 kg
12	Berat motor roket	44 ± 65 kg
13	Berat roket	59,60 kg
14	Average Thrust	1000 daN
15	Burning Time	3,3 detik
16	Total Impulse	4.809 kgf.sec
17	Berat warhead	15 kg
18	Jarak jangkauan (el 50o)	30,5 km
19	Tipe nozzle	Single

Tabel Spesifikasi Roket Balistik 122

Gambar Roket RHan 122 saat penembakan di lapangan



2.2. Centre of Gravity

Gravitasi merupakan gaya tarik-menarik yang bekerja pada semua benda yang mempunyai massa. Gravitasi menarik segala benda yang terdapat di atmosfer bumi untuk jatuh kembali ke tanah dengan nilai percepatan rata-rata sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$. Untuk benda yang memiliki ukuran tidak terlalu besar, dapat dikatakan gaya yang bekerja pada setiap benda boleh dikatakan sejajar satu sama lain. Oleh sebab itu, berat suatu benda tersebut adalah resultan semua gaya yang sejajar. Hal itu dapat dibuktikan bahwa resultan gaya yang sejajar memiliki titik tangkap (titik aksi) tertentu. Titik tangkap ini dapat disebut sebagai titik pusat gravitasi atau *center of gravity* (cg) dari benda tersebut. Dengan memperhitungkan *center of gravity* pada setiap benda, kita dapat menembakkan roket, mendesain pesawat terbang, bahkan melakukan pengorbitan satelit selama beberapa bulan lamanya. (Heru Samodra dan Mahfud Ibadl, 2017).

2.3. Propelan

Propelan adalah bahan bakar yang digunakan pada senjata konvensional yang dapat melakukan perubahan pada energi yang dimilikinya sehingga dapat menghasilkan energi kinetik selama pembakaran terjadi pada saat munisi diketuk pada primernya. Salah satu hal terpenting untuk mempengaruhi kinerja munisi ialah tingkat pembakaran propelannya. Hasil dari pembakaran

propelan adalah tekanan gas yang dapat memberikan gaya dorong yang digunakan untuk membuat pergerakan laju proyektil keluar dari laras senjata. (Nadhifa Adliana et all, 2020).

2.4. Warhead

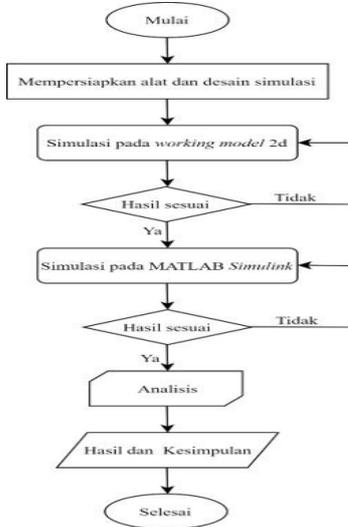
Warhead merupakan salah satu komponen roket yang berfungsi sebagai penghancur target yang diinginkan. Pada saat menghancurkan sasaran tersebut, warhead akan mengeluarkan energi destruktif yang dimilikinya berupa energi kinetik, energi ledakan, pem bakaran serta energi yang menyebabkan timbulnya shockwave untuk menghancurkan target (Eddy Priyono, 2011).

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi. Berdasarkan batasan masalah yang telah ditentukan, analisis simulasi hanya menggunakan *software working model 2D dan MATLAB Simulink*. Dalam melakukan penelitian ini, simulasi hanya dilakukan dengan memvariasikan massa roket balistik 122 untuk mengetahui pengaruh perubahan massa terhadap titik jatuh roket balistik. Sebelum melakukan pemodelan dan simulasi, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan perancangan desain yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dalam pemodelan dan simulasi terdapat dua *software* yang digunakan yaitu *working model 2D dan MATLAB Simulink*. Data yang didapatkan dari hasil simulasi adalah jarak jangkauan secara *vertical* dan *horizontal* terhadap waktu. Setelah mendapatkan data yang dari hasil simulasi dilakukan plot untuk mendapatkan grafik antara jarak jangkauan *vertical* dan jarak jangkauan *horizontal* agar dapat mengetahui titik jatuh roket. Grafik hasil simulasi yang didapatkan dari *Working*

Model akan dibandingkan dengan hasil simulasi yang didapatkan pada *Matlab Simulink*.

Gambar Diagram Alir Penelitian



4. HASIL PEMBAHASAN DAN PEMBAHASAN

Hasil keluaran simulasi dalam penelitian ini berupa tabel tembak, lintasan roket dari tampak samping dan tampak atas yang dilakukan dengan menggunakan *software Working Model 2D* dan *Matlab Simulink*. Data yang didapatkan dari hasil simulasi kemudian akan dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan Tabel tembak, grafik tampak samping, dan tampak atas. Pembuatan simulasi pengaruh massa propelan dan *warhead* dengan menggunakan *software Working Model 2D* dan *MATLAB Simulink* membutuhkan massa total roket (mt) yang terdiri dari massa *warhead*, massa struktur, dan massa propelan. Massa perubahan propelan \dot{m} yang digunakan pada persamaan simulasi sebagai berikut:

$$\dot{m} = \frac{m_{propelan}}{t_{bakar}}$$

4.1 Tabel Tembak

Tabel tembak merupakan data berupa

tabel yang diperlukan dalam operasi penembakan atau peluncuran roket balistik secara akurat serta terdapat koreksi yang dilakukan seperti massa propelan, warhead, dan struktur yang digunakan. Penggunaan tabel tembak dijadikan sebagai acuan dalam rencana penembakan roket, agar dapat mengetahui posisi titik jatuh roket akibat perubahan massa propelan dan warhead ketika roket tersebut ditembakkan. Tabel tembak yang dihasilkan pada simulasi ini berupa tabel tembak lintasan dan jarak jangkauan serta ketinggian dari roket tersebut disebagai berikut:

Tabel Tembak software working model

No.	Structure		Warhead		Propelan		Total		Jarak Jangkauan		Apogee	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	m	m	m	m
1	20	51%	5	13%	13.92	36%	38.92	100%	26370	9789.85	6864.48	6864.48
2	20	46%	5	11%	18.56	43%	43.56	100%	32340	12850	12850	12850
3	20	41%	5	10%	23.2	48%	48.2	100%	37090	15490	15490	15490
4	20	38%	5	9%	27.84	53%	52.84	100%	41020	17800	17800	17800
5	20	35%	5	9%	32.48	57%	57.48	100%	44340	21100	21100	21100
6	20	46%	10	23%	13.92	32%	43.92	100%	25110	9789.85	9789.85	9789.85
7	20	41%	10	21%	18.56	38%	48.56	100%	32340	12850	12850	12850
8	20	38%	10	19%	23.2	44%	53.2	100%	39080	15290	15290	15290
9	20	35%	10	17%	27.84	48%	57.84	100%	44650	16920	16920	16920
10	20	32%	10	16%	32.48	52%	62.48	100%	44350	14800	14800	14800
11	20	41%	15	31%	13.92	28%	48.92	100%	22490	5037.80	5037.80	5037.80
12	20	37%	15	28%	18.56	35%	53.56	100%	30850	7562.37	7562.37	7562.37
13	20	34%	15	26%	23.2	40%	58.2	100%	38110	10050	10050	10050
14	20	32%	15	24%	27.84	44%	62.84	100%	44210	12560	12560	12560
15	20	30%	15	22%	32.48	48%	67.48	100%	49170	14420	14420	14420
16	20	37%	20	37%	13.92	26%	53.92	100%	19590	3762.14	3762.14	3762.14
17	20	34%	20	34%	18.56	32%	58.56	100%	28090	5912.21	5912.21	5912.21
18	20	32%	20	32%	23.2	37%	63.2	100%	35870	8153.73	8153.73	8153.73
19	20	29%	20	29%	27.84	41%	67.84	100%	42610	10320	10320	10320
20	20	28%	20	28%	32.48	45%	72.48	100%	48200	12300	12300	12300
21	20	34%	25	42%	13.92	24%	58.92	100%	16810	2844.69	2844.69	2844.69
22	20	31%	25	39%	18.56	29%	63.56	100%	25090	4653.53	4653.53	4653.53
23	20	29%	25	37%	23.2	34%	68.2	100%	33800	6606.31	6606.31	6606.31
24	20	27%	25	34%	27.84	38%	72.84	100%	40150	8553.38	8553.38	8553.38
25	20	26%	25	32%	32.48	42%	77.48	100%	46290	10460	10460	10460

Tabel Tembak menggunakan software

No.	Structure		Warhead		Propelan		Total		Jarak Jangkauan		Apogee	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	m	m	m	m
1	20	51%	5	13%	13.92	36%	38.92	100%	17750.41	7138.23	7138.23	7138.23
2	20	46%	5	11%	18.56	43%	43.56	100%	21908.20	8939.23	8939.23	8939.23
3	20	41%	5	10%	23.2	48%	48.2	100%	26172.38	10699.95	10699.95	10699.95
4	20	38%	5	9%	27.84	53%	52.84	100%	30775.55	12479.89	12479.89	12479.89
5	20	35%	5	9%	32.48	57%	57.48	100%	35583.28	14323.08	14323.08	14323.08
6	20	46%	10	23%	13.92	32%	43.92	100%	17537.45	6762.15	6762.15	6762.15
7	20	41%	10	21%	18.56	38%	48.56	100%	21700.16	8553.95	8553.95	8553.95
8	20	38%	10	19%	23.2	44%	53.2	100%	25868.60	10274.45	10274.45	10274.45
9	20	35%	10	17%	27.84	48%	57.84	100%	30241.92	11984.81	11984.81	11984.81
10	20	32%	10	16%	32.48	52%	62.48	100%	35012.16	13728.87	13728.87	13728.87
11	20	41%	15	31%	13.92	28%	48.92	100%	17156.54	6362.84	6362.84	6362.84
12	20	37%	15	28%	18.56	35%	53.56	100%	21358.23	8160.62	8160.62	8160.62
13	20	34%	15	26%	23.2	40%	58.2	100%	25480.34	9853.31	9853.31	9853.31
14	20	32%	15	24%	27.84	44%	62.84	100%	29702.31	11515.72	11515.72	11515.72
15	20	30%	15	22%	32.48	48%	67.48	100%	34240.08	13190.71	13190.71	13190.71
16	20	37%	20	37%	13.92	26%	53.92	100%	16601.57	5932.68	5932.68	5932.68
17	20	34%	20	34%	18.56	32%	58.56	100%	20877.81	7739.68	7739.68	7739.68
18	20	32%	20	32%	23.2	37%	63.2	100%	24995.45	9423.05	9423.05	9423.05
19	20	29%	20	29%	27.84	41%	67.84	100%	29124.60	11055.83	11055.83	11055.83
20	20	28%	20	28%	32.48	45%	72.48	100%	33489.48	12683.09	12683.09	12683.09
21	20	34%	25	42%	13.92	24%	58.92	100%	15933.04	5594.18	5594.18	5594.18
22	20	31%	25	39%	18.56	29%	63.56	100%	20292.32	7208.64	7208.64	7208.64
23	20	29%	25	37%	23.2	34%	68.2	100%	24416.69	8990.63	8990.63	8990.63
24	20	27%	25	34%	27.84	38%	72.84	100%	28590.19	10601.66	10601.66	10601.66
25	20	26%	25	32%	32.48	42%	77.48	100%	32718.26	12188.37	12188.37	12188.37

Tabel di atas merupakan tabel tembak dari variasi massa propelan dan massa *warhead* yang telah dilakukan per modelan dan simulasi menggunakan *software working model 2D*. Tabel di atas

berisikan jarak jangkauan dan apogee roket balistik 122. Berdasarkan tabel tembak di atas massa propelan dan massa *warhead* yang tepat untuk mencapai titik jatuh yang optimal ialah massa propelan sebesar 32.48kg dan massa *warhead* sebesar 15kg, yang menghasilkan jarak jangkauan sebesar 49170m. Sedangkan konfigurasi yang optimal untuk mencapai ketinggian maksimum ialah dengan massa propelan sebesar 32.48 dan massa *warhead* sebesar 5kg, dengan ketinggian maksimum sebesar 25110m, dimana konfigurasi massa yang digunakan adalah massa propelan sebesar 32.48kg dan massa *warheads* sebesar 22% dan propelan sebesar 48%. Tabel Tembak Matlab Simulink Tabel di atas merupakan tabel tembak dari variasi massa propelan dan massa *warhead* yang telah dilakukan pemodelan dan simulasi menggunakan *software working model 2D*. Tabel di atas berisikan jarak jangkauan dan apogee roket balistik 122.



Berdasarkan tabel tembak di atas massa propelan dan massa *warhead* yang tepat untuk mencapai titik jatuh yang optimal dan ketinggian maksimum ialah massa propelan sebesar 32.48kg dan massa *warhead* sebesar 5kg. Jarak jangkauan yang dihasilkan sebesar 35853.28m dan nilai apogee sebesar 14323.08m. Pada konfigurasi tersebut merupakan konfigurasi persentase yang optimal berdasarkan dengan acuan roket GRAD dan R-HAN 112 dengan nilai konfigurasi struktur sebesar 35%, *warhead* sebesar 9% dan propelan sebesar 57%. Roket GRAD memiliki konfigurasi struktur sebesar 40%, *warhead* sebesar 29% dan propelan sebesar 31%. Sedangkan pada

roket R-HAN 122 memiliki konfigurasi struktur sebesar 36%, *warhead* sebesar 25% dan propelan sebesar 39%.

4.2. Grafik Lintasan Massa Propelan dan Warhead

Grafik lintasan merupakan hasil dari simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan dua *software* yaitu *Working Model* dan *MATLAB Simulink* dengan input parameter yang dimasukkan kedalam dua *software* tersebut. Grafik tersebut berguna untuk melihat secara visualisasi hasil simulasi yang dilakukan dengan memvariasikan propelan pada roket balistik 122. Dari hasil visualisasi tersebut dapat dilihat jarak jangkauan dan ketinggian dari roket balistik 122 ketika ditembakkan. Grafik Perubahan Massa Propelan menggunakan *software Working Model*.



Grafik Hasil Software Working Model 2D

Grafik di atas merupakan grafik hasil pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan menggunakan *software working model 2D* dengan memvariasikan massa propelan roket balistik 122 dari 13.92kg hingga 32.48kg yang di tembakkan dengan membawa *warhead* yang diikuti sertakan dalam penembakan roket balistik sebesar 15kg. Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa semakin besar massa propelan yang digunakan dalam penembakan roket balistik 122, maka akan semakin besar jarak yang dapat dijangkau oleh roket tersebut dan juga akan semakin besar ketinggian terbangnya. Grafik Perubahan Massa

propelan menggunakan software MATLAB Simulink.



Grafik Hasil Software MATLAB Simulink

Grafik di atas merupakan grafik hasil pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan menggunakan software MATLAB Simulink dengan memvariasikan beberapa massa propelan roket balistik 122 yang di tembakkan dengan membawa warhead yang diikuti sertakan dalam penembakan roket balistik sebesar 15 kg. Dapat dilihat bahwa semakin besar massa propelan yang digunakan dalam menembakkan roket balistik 122, maka akan semakin besar jarak yang dapat dicapai oleh roket tersebut dan juga akan semakin besar ketinggian maksimumnya. Sehingga akan didapat kan massa propelan yang optimal untuk mencapai titik jatuh terjauh ialah 32.48kg dengan jarak jangkauan sebesar 34240m. Dan massa propelan tersebut merupakan massa yang optimal untuk mencapai ketinggian maksimum dengan nilai apogee sebesar 13190m. Grafik Perubahan Massa warhead menggunakan software working model.



Grafik hasil Software Working Model 2D

Grafik di atas merupakan grafik hasil pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan menggunakan software working model 2D dengan memvariasi

kan beberapa massa warhead roket balistik 122 yang di tembakkan dengan massa propelan sebesar 23.20kg. Dapat dilihat bahwa semakin besar warhead yang diikuti sertakan dalam penembakan roket balistik 122, maka akan semakin kecil jarak yang dapat dijangkau oleh roket tersebut dan juga akan semakin pendek ketinggian terbangnya. Sehingga akan didapatkan massa warhead yang optimal untuk mencapai titik jatuh terjauh ialah 5kg dengan jarak jatuh sebesar 30680m. Dan massa warhead tersebut merupakan massa yang optimal untuk mencapai ketinggian maksimum dengan nilai apogee sebesar 12000m. Grafik Perubahan Massa warhead menggunakan software MATLAB Simulink.



Grafik Hasil Software MATLAB Simulink

Grafik di atas merupakan grafik hasil pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan menggunakan software MATLAB Simulink dengan memvariasikan beberapa massa warhead roket balistik 122 yang di tembakkan dengan massa propelan sebesar 23.20kg. Dapat dilihat bahwa semakin besar warhead yang diikuti sertakan dalam penembakan roket balistik 122, maka akan semakin pendek jarak yang dapat dijangkau oleh roket tersebut dan juga akan semakin kecil ketinggian terbangnya. Sehingga akan didapatkan massa warhead yang optimal untuk mencapai titik jatuh terjauh ialah 5kg dengan jarak jatuh sebesar 26172m. Dan massa warhead tersebut merupakan massa yang optimal untuk mencapai ketinggian maksimum dengan nilai apogee sebesar 10699m.

4.3. Perbandingan hasil

Perbandingan hasil dari kedua *software MATLAB* dan *Working model 2D* terdapat sedikit perbedaan pada nilai jarak jangkauan dan apogee yang dihasilkan. Ini dikarenakan ada perbedaan model aerodinamika yang digunakan. *MATLAB* menggunakan model aerodinamika yang didapat dari *DATCOM*, dimana besarnya gaya-gaya ini merupakan fungsi *Mach Number* dan sudut serang. Sedangkan *Working model 2D* hanya menggunakan *Cd* yang konstan selama terbang. *Working model* disini bermamfaat sekali jika kompleksitas dari data aerodinamika roket yang akurat belum tersedia.

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

- Hasil dari pemodelan dan simulasi untuk mengetahui pengaruh massa propelan menggunakan perangkat lunak *working model 2D* dan *MATLAB Simulink* dengan memvariasikan massa propelan dari 13,92kg hingga 32.48kg didapatkan bentuk grafik yang sama, yaitu semakin besar massa *warhead* maka akan semakin kecil jarak yang dapat dijangkau oleh roket balistik 122.
- Hasil dari pemodelan dan simulasi untuk mengetahui pengaruh massa *warhead* menggunakan perangkat lunak *working model 2D* dan *MATLAB Simulink* dengan memvariasikan massa *warhead* dari 5kg hingga 25kg didapatkan bentuk grafik yang sama, yaitu semakin besar massa *warhead* maka akan semakin kecil jarak yang dapat dijangkau oleh roket balistik 122.
- Hasil dari pemodelan dan simulasi yang telah didapatkan dari kedua *software* tersebut terdapat sedikit perbedaan pada nilai jarak jangkauan

dan apogee dikarenakan pada kedua *software* ini terdapat perbedaan dalam cara memodelkan gaya aerodinamika yang bekerja pada roket.

6. REFERRENSI

- [1]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.
- [2]Ajiesastra, R. A. (2015). *transfer of teknologi* dan integrasi kesiapan uji tembak roket r-han 122b di pandanwangi lumajang.
- [3]Cahyono, B. (2016). Penggunaan *Software Matrix Laboratory (Matlab)* Dalam Pembelajaran Aljabar Linier. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*,3(1),45–62.
<https://doi.org/10.21580/phen.2013.3.1.174>
- [4]Hidayat, D. (2016). SIMULATION (MBS) untuk simulasi landing gear drop test (lgdt) pada pesawat terbang dan uav. *laboratorium penelitian dan pengembangan farmaka tropis fakultas farmasi universitas mulawarman, samarinda, Kaltim*, 12(April), 5–24.
- [5]MathWorks. (2015). *Embedded Coder® Getting Started Guide R2015a*. TheMathWorks, Inc.
- [6]Priyono, E. (2011). Peran & kriteria rudal darat-udara dalam sishanudnas. *Journal of Industry, Electro and Aviation*,1(3),
http://jurnal.unnur.ac.id/index.php/ind_ept/article/download/83/56

- [7]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.
- [8]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>