

Analisis Pengaruh Angin Terhadap Titik Jatuh Raket Balistik 122

Argo Dwi Hartomo, Edi Sofyan

Jurusan Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan, Yogyakarta, Indonesia

Email: ¹ argodwihartomo@gmail.com, ² edi.sofyan@sttkd.ac.id

Abstrak — Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang luas. Kondisi ini membuat Indonesia memiliki potensi yang besar untuk mendapatkan serangan dalam bentuk pertahanan dan keamanan. Kemandirian dalam bidang teknologi merupakan salah satu upaya yang dilakukan pemerintah dalam upaya menjaga pertahanan dan keamanan negara seperti pengembangan roket. Raket Balistik 122 mm merupakan salah satu jenis roket yang bersifat ground to ground. Sebelum roket diluncurkan dan diproduksi secara besar, terdapat beberapa tahapan penting yang harus dilakukan. 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 dengan menggunakan kecepatan angin 1m/s hingga 25m/s. Data yang didapatkan dari hasil simulasi kemudian akan diolah untuk mendapatkan Tabel tembak, grafik tampak samping, dan tampak atas agar dapat mengetahui kecepatan angin yang tepat saat peluncuran roket.

Hasil simulasi tampak samping dan tampak atas dari Working Model 2D dan Matlab Simulink yaitu semakin tinggi kecepatan angin dari arah depan maka titik jatuh dan ketinggian lintasan roket balistik semakin pendek dan semakin tinggi kecepatan angin dari arah kanan dan kiri maka perpindahan posisi titik jatuh roket akan berpindah jauh ke arah kanan dan kiri.

Kata Kunci: Raket, Trayektori, Pengaruh Angin

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang luas. Indonesia memiliki kondisi geografis yang terletak 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 baik dari dalam maupun luar negeri. Serangan pertahanan yang didapatkan melalui berbagai aspek, yaitu aspek darat, laut, dan udara. Oleh karena itu, Indonesia harus memulai berbagai persiapan untuk menghadapi serta menghindari hal-hal yang tidak diinginkan terjadi. Pengembangan roket merupakan salah satu

bentuk kemandirian teknologi yang dilakukan pemerintah Republik Indonesia dalam bidang pertahanan dan keamanan. Pengembangan roket memiliki peran yang cukup penting untuk menjaga pertahanan dan keamanan serta kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia. Raket adalah salah satu jenis wahana udara yang memiliki gaya dorong diperoleh dari proses pembakaran. Raket dapat dibuat dengan jarak dan waktu tempuh yang diinginkan. Pemerintah Republik Indonesia membentuk Konsorsium Raket Nasional telah mengembangkan roket yang dapat digunakan untuk pertahanan dan keamanan negara.

Beberapa tahapan yang dilakukan agar roket dapat diluncurkan dan diproduksi secara besar antara lain mengambil data aerodinamika roket yang diperoleh dari geometri roket. Data aerodinamika yang telah didapatkan, kemudian diolah untuk disimulasikan. Setelah simulasi berhasil dijalankan, dilanjutkan dengan membuat lintasan roket 2D dengan menggunakan variasi sudut awal peluncuran. Tahapan selanjutnya adalah memasukkan pengaruh angin terhadap lintasan roket. Angin memberikan pengaruh terhadap arah lintasan roket dan kestabilan roket.

A. Roket Balistik 122

Roket merupakan sebuah sistem propulsi penghasil tenaga (*combustion engine*) yang menghasilkan dorongan melalui reaksi pembakaran propellant. Perancangan propelan pada roket bertujuan untuk mensimulasikan roket agar dapat memberikan tekanan pendorong, sehingga tekanan yang dikeluarkan serta dorongan dari pembakaran propellant mencapai sasaran yang diinginkan[1]. Roket balistik 122 atau yang dikenal dengan Artillery Rocket merupakan roket yang meluncur dengan arah tembakan permukaan ke permukaan sejauh 21 - 40km. Artillery Rocket memiliki karakteristik bahwa dalam melakukan penembakan menggunakan metode tidak langsung dan sikap peluncuran ditentukan berdasarkan dari pengamat yang memberikan letak target yang valid[2]. Spesifikasi dari Artillery Rocket sebagai berikut[3]:

Table 1 Spesifikasi Roket Balistik

Tipe Roket	Balistik, darat ke darat
Tipe Fin	<i>Wrapped Around</i>
Tipe Propelan	Propelan Komposit
Tipe Pemicu	<i>Piro Igniter</i>
Kaliber	122 mm
Panjang Propelan	2,000 mm
<i>Propellant Star</i>	400 mm
<i>Propellant Hollow</i>	1,600 mm
Panjang Tabung Motor	2,093 mm
Panjang Roket	2,750 mm
Rasio Ap/At	1.34
Berat Propelan	23.20 kg
Berat Motor Roket	44 ± 65 kg
Berat Roket	59.6 kg
<i>Thrust</i> rata-rata	1000 daN
<i>Thrust</i> Maksimum	1130 daN
Kecepatan Maksimum	1.8 Mach
Percepatan Maksimum	20.81 g
Jarak Jangkauan	25 km
Waktu Terbang	80 detik

B. Trayektori Roket

Ada tiga metode yang digunakan untuk melakukan estimasi dan prediksi pada lintasan roket balistik. Metode yang dilakukan, yaitu metode kemungkinan maksimum, metode kuadrat terkecil tertimbang, dan metode deterministik. 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 parameter lintasan[4].

C. Pengaruh Angin

Angin memberikan pengaruh yang berlawanan pada dua fase artillery rocket. Fase yang pertama yaitu fase dorongan, dimana bahan bakar terbakar dan roket mulai berakselerasi. Pada fase ini angin memberikan pengaruh terhadap gerak roket, apabila angin datang dari arah kanan, maka aliran udara akan diarahkan ke kanan dan mengakibatkan roket berbelok ke arah kanan. Fase yang kedua yaitu fase meluncur, dimana tidak ada propulsi dan proyektil terbang seperti proyektil lainnya. Pada fase ini angin memberikan pengaruh dimana proyektil terpengaruh dengan “normal” dan dialihkan ke arah angin[2].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang akan dibuat menggunakan metode berupa analisis simulasi dengan menggunakan dua software untuk mengetahui perbedaan dari hasil yang didapatkan. Analisis dilaksanakan dengan melakukan simulasi pemodelan kasus terhadap pengaruh kecepatan angin yang dapat mempengaruhi titik jatuh roket balistik 122. Simulasi ini menggunakan kecepatan angin yang beragam dengan menggunakan perangkat lunak Matlab dan Working Model 2D.

Data yang didapatkan dari hasil simulasi adalah jarak jangkau secara vertical dan horizontal terhadap waktu. Setelah mendapatkan data yang dari hasil simulasi dilakukan plot untuk mendapatkan grafik antara jarak jangkau vertical dan jarak jangkau horizontal agar dapat mengetahui kecepatan angin yang tepat untuk dilakukannya peluncuran roket balistik 122. Grafik hasil simulasi yang didapatkan dari Working Model akan dibandingkan dengan hasil simulasi yang didapatkan pada Matlab Simulink.

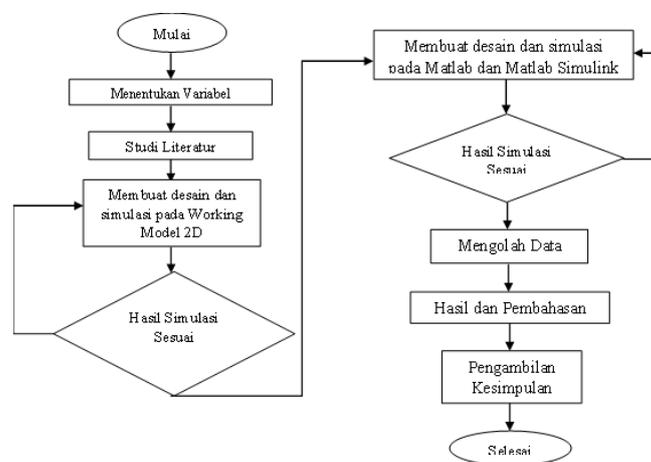


Figure 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL 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 angin dengan menggunakan software Working Model 2D dan Matlab Simulink membutuhkan konversi kecepatan angin menjadi Gaya. Gaya yang telah dikonversi akan digunakan sebagai gangguan angin terhadap roket. Rumus

yang digunakan untuk melakukan konversi dari kecepatan angin menjadi gaya sebagai berikut.

$$1/2 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot \sin a \quad (2.1)$$

A. 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 kondisi angin. Penggunaan tabel tembak dijadikan sebagai acuan dalam rencana penembakan roket, agar dapat mengetahui

posisi titik jatuh roket akibat dari kondisi angin di lingkungan penembakan.

Tabel tembak yang dihasilkan pada simulasi ini berupa tabel tembak lintasan balistik atau tampak samping dan tabel tembak tampak atas. Tabel tembak pada tampak samping dan tampak atas sebagai berikut

1) *Tabel Tembak Tampak Samping*

Tampak samping merupakan hasil keluaran lintasan balistik dari Roket Balistik 122. Pada grafik tampak samping dapat diketahui jarak jangkauan dari Roket Balistik 122 setelah diberikan perlakuan variasi kecepatan angin dari 1m/s hingga 25 m/s dengan arah angin searah dengan sumbu x dan berhembus dari depan roket saat peluncuran. Melakukan simulasi variasi kecepatan angin bertujuan untuk mengetahui kecepatan angin yang tepat untuk melakukan peluncuran roket Adapun bentuk grafik keluaran setelah disimulasikan dengan menggunakan software Working Model 2D dan Matlab sebagai berikut.

a) *Tabel Tembak Tampak Samping dari Software Working Model 2D.*

v (m/s)	time (s)	Horizontal Range (km)	Vertical Range (km)
0	79.3	29.94	7.50
1	81.5	30.42	7.93
2	81.15	30.27	7.86
3	80.8	30.17	7.79
4	80.25	30	7.68
5	79.6	29.81	7.55
6	78.75	29.56	7.40
7	77.85	29.28	7.22
8	76.75	28.95	7.02
9	75.6	28.59	6.80
10	74.3	28.19	6.57
11	72.9	27.75	6.32
12	72.9	27.29	6.07
13	69.9	26.81	5.80
14	68.25	26.29	5.53
15	66.55	25.75	5.25
16	64.8	25.19	4.97
17	62.95	24.61	4.69
18	61.2	24.02	4.42
19	59.2	23.42	4.14
20	57.25	22.8	3.87
21	55.25	22.16	3.61
22	53.3	21.53	3.35
23	51.3	20.88	3.10
24	49.25	20.21	2.86
25	47.25	19.55	2.63

b) *Tabel Tembak Tampak Samping dari Matlab Simulink.*

Table 2 Tabel Tembak Tampak Samping dari Matlab Simulink.

V (m/s)	time (s)	Horizontal Range (km)	Vertical Range (km)
0	105.029	23.003	8.295
1	104.971	22.975	8.285
2	104.913	22.936	8.276
3	104.889	22.899	8.272
4	104.843	22.842	8.264
5	104.823	22.784	8.260
6	104.750	22.693	8.248
7	104.668	22.586	8.234
8	104.573	22.462	8.218
9	104.465	22.319	8.200
10	104.349	22.159	8.180
11	104.151	21.953	8.148
12	103.996	21.748	8.122
13	103.828	21.522	8.094
14	103.644	21.274	8.065
15	103.446	21.002	8.032
16	103.235	20.706	7.998
17	103.010	20.387	7.962
18	102.822	20.060	7.931
19	102.566	19.687	7.889
20	102.297	19.289	7.845
21	102.018	18.866	7.798
22	101.730	18.417	7.749
23	101.436	17.943	7.699
24	101.127	17.441	7.644
25	100.832	16.919	7.590

Table 3 Tabel Tembak Tampak atas dari Software Working Model 2D

v (m/s)	Perpindahan Titik Jatuh	
	Angin Arah Kanan (km)	Angin Arah Kiri (km)
1	0.10	-0.10
2	0.37	-0.38
3	0.80	-0.80
4	1.35	-1.35
5	1.98	-1.97
6	2.64	-2.64
7	3.35	-3.35
8	4.07	-4.07
9	4.36	-4.81
10	5.56	-5.53
11	6.26	-6.26
12	7.88	-6.99
13	7.70	-7.99
14	8.40	-8.37
15	9.11	-9.08
16	9.76	-9.76
17	10.43	-10.41
18	11.06	-11.02
19	11.68	-11.69
20	12.81	-12.78
21	13.06	-13.05
22	13.29	-13.29
23	13.47	-13.46
24	13.58	-13.57
25	13.67	-13.64

c) *Tabel Tembak Tampak Samping dari Software Matlab Simulink.*

Table 4 *Tabel Tembak Tampak Samping dari Software Matlab Simulink*

v (m/s)	Perpindahan Posisi Titik Jatuh Raket	
	Angin Sisi Kanan (km)	Angin Sisi Kiri (km)
0	0.000	0.000
1	-0.011	0.011
2	-0.045	0.045
3	-0.102	0.102
4	-0.181	0.181
5	-0.282	0.282
6	-0.405	0.404
7	-0.548	0.548
8	-0.712	0.711
9	-0.895	0.894
10	-1.098	1.096
11	-1.316	1.314
12	-1.552	1.548
13	-1.802	1.798
14	-2.066	2.060
15	-2.342	2.334
16	-2.628	2.618
17	-2.921	2.909
18	-3.222	3.207
19	-3.524	3.507
20	-3.827	3.805
21	-4.127	4.102
22	-4.422	4.409
23	-4.709	4.676
24	-4.985	4.947
25	-5.243	5.206

B. *Grafik Lintasan*

1) *Tampak Samping*

Tampak samping merupakan hasil keluaran lintasan balistik dari Raket Balistik 122. Pada grafik tampak samping dapat dilihat jarak jangkau dari Raket Balistik 122 setelah diberikan perlakuan variasi kecepatan angin dari 1m/s hingga 25 m/s dengan arah angin searah dengan sumbu x dan berhembus dari depan roket saat peluncuran. Melakukan

simulasi variasi kecepatan angin bertujuan untuk mengetahui kecepatan angin yang tepat untuk melakukan peluncuran roket.

a) *Hasil Grafik Simulasi Tampak Samping dari simulasi dengan Software Working Model 2D*

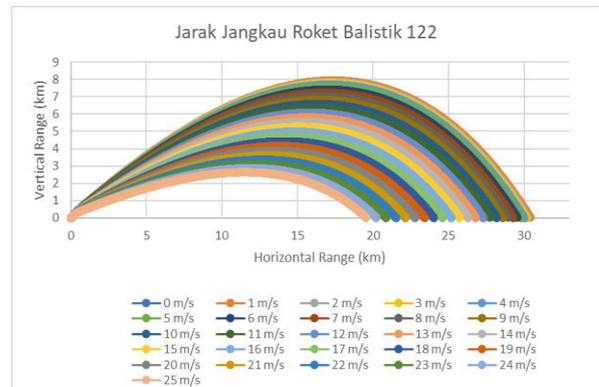


Figure 2 Hasil Grafik Simulasi Tampak Samping dari simulasi dengan Software Working Model 2

b) *Hasil Simulasi Tampak Samping dari simulasi menggunakan software MATLAB*

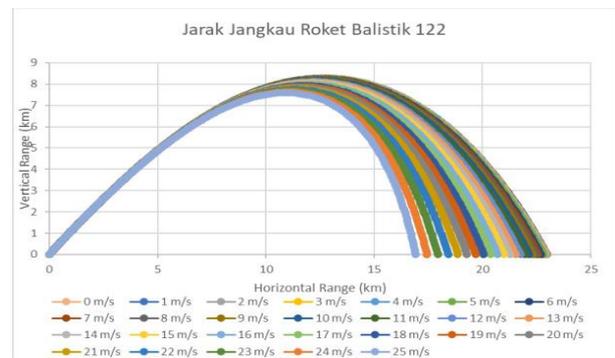


Figure 3 Hasil Grafik Simulasi Tampak Samping dari simulasi menggunakan software MATLAB

2) *Tampak Atas*

Tampak Atas merupakan keluaran dari lintasan roket apabila dilihat dari atas. Pada grafik tampak atas dapat terlihat jarak perpindahan roket dari titik sebelum adanya pengaruh dari angin. Variasi kecepatan angin yang disimulasikan dimulai dari 1 m/s hingga 25 m/s dengan arah hembusan angin searah dengan sumbu y yang datang dari arah kanan dan arah kiri roket. Adapun grafik keluaran yang telah disimulasikan dengan menggunakan software Working Model 2D

dan Matlab yang menghasilkan hasil simulasi grafik angin dari arah kanan dan arah kiri sebagai berikut:

a) Hasil Simulasi Tampak Atas dengan Software Working Model 2D

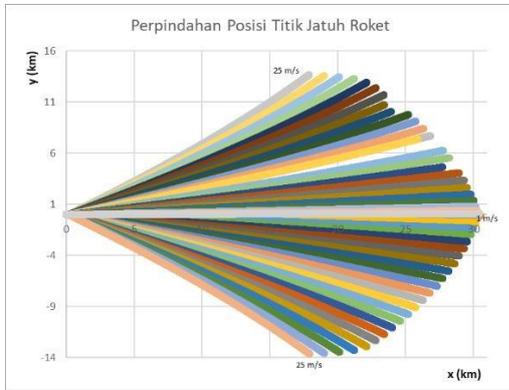


Figure 4 Hasil Grafik Simulasi Tampak Atas dengan Software Working Model 2D

b) Hasil Simulasi Tampak Atas dengan Software Matlab

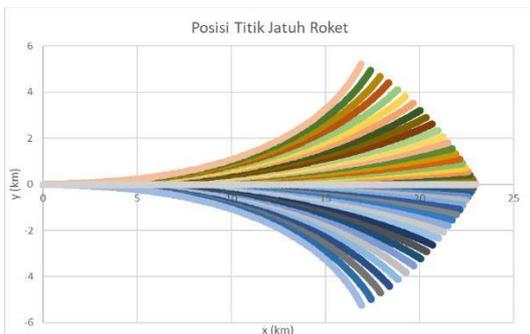


Figure 5 Hasil Grafik Simulasi Tampak Atas dengan Software Matlab

C. Circular Error Probable

Circular error probable yang didapatkan dari simulasi dengan menggunakan software Working Model 2D dan Matlab Simulink. Pembuatan circular error probable bertujuan untuk memperhatikan lingkungan disekitar lokasi penembakan roket seperti pemukiman penduduk. Dalam penelitian ini dibuat Circullar Error Probable dari hasil simulasi dengan menggunakan software Working Model 2D dan Matlab Simulink dari kecepatan 0m/s hingga 11 m/s.

a) Circular Error Probable dari Working Model 2D

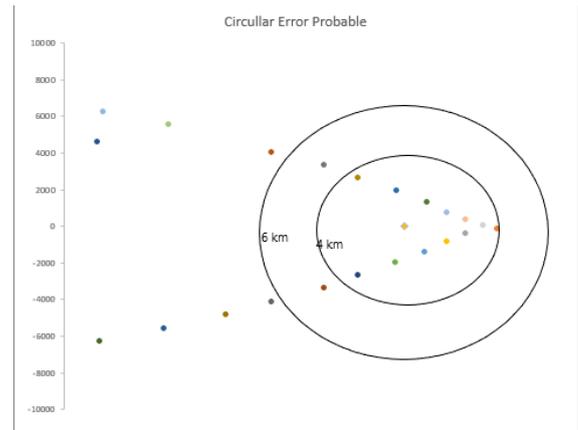


Figure 6 Circular Error Probable dari Working Model 2D

b) Circular Error Probable dari Matlab Simulink

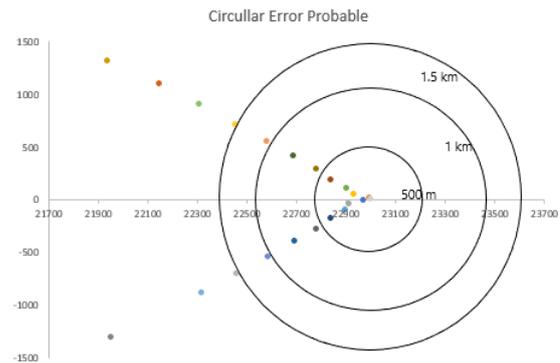


Figure 7 Circular Error Probable dari Matlab Simulink

D. Perbandinganle

Hasil simulasi tampak samping dan tampak atas dari kedua software yaitu Working Model 2D dan Matlab Simulink memberikan hasil berupa pengaruh kecepatan angin, semakin tinggi kecepatan angin dari arah depan maka titik jatuh dan ketinggian lintasan roket balistik semakin pendek dan semakin tinggi kecepatan angin dari arah kanan dan kiri maka perpindahan posisi titik jatuh roket akan berpindah jauh ke arah kanan dan kiri sehingga memberikan hasil kecepatan angin yang optimal untuk melakukan peluncuran

roket yaitu 1 m/s hingga 10 m/s, pada kecepatan tersebut pada software Working Model 2D diperoleh jarak horizontal lintasan roket sejauh 30.42 km hingga 28.19 km dan jarak vertical roket sejauh 7.93 km hingga 6.57 meter, perpindahan posisi titik jatuh roket dari arah kanan yaitu 0.10 km hingga 5.56 km ke arah kiri dan dari arah kiri yaitu 0.1 km

hingga 5.53 km ke arah kanan. Pada software Matlab Simulink diperoleh jarak horizontal roket sejauh 22.975 km hingga 22.159 km dan jarak vertical roket sejauh 8.285 km hingga 8.180 km, perpindahan posisi titik jatuh roket dari arah kanan yaitu 0.011 km hingga 1.098 km ke arah kanan dan dari arah kiri yaitu 0.011 km hingga 1096 km ke arah kiri.

4. KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan pada simulasi pengaruh angin terhadap titik jatuh roket balistik 122 dengan variasi kecepatan angin 1 m/s hingga 25 m/s menggunakan software Working Model 2D dan Matlab Simulink dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a) Hasil simulasi tampak samping dan tampak atas dari kedua software yaitu Working Model 2D dan Matlab Simulink memberikan hasil berupa pengaruh kecepatan angin, semakin tinggi kecepatan angin dari arah depan maka titik jatuh dan ketinggian lintasan roket balistik semakin pendek dan semakin tinggi kecepatan angin dari arah kanan dan kiri maka perpindahan posisi titik jatuh roket akan berpindah jauh ke arah kanan dan kiri. Trend yang dihasilkan kedua software adalah sama dan reasonable.
- b) Kecepatan angin dibawah 10 m/s merupakan kecepatan angin yang masih aman untuk dilakukan peluncuran roket, pada simulasi dengan Working Model 2D pada kecepatan tersebut menghasilkan jarak horizontal lintasan roket sejauh 30.42 km hingga 28.19 km dan jarak vertical roket sejauh 7.93 km hingga 6.57 km, perpindahan posisi titik jatuh roket dari arah kanan yaitu 0.1 km hingga 5.56 km ke arah kiri dan dari arah kiri yaitu 0.1 km hingga 5.53 km ke arah kanan. Pada simulasi dengan Matlab Simulink pada kecepatan tersebut menghasilkan jarak horizontal roket sejauh 22.975 km hingga 22.159 km dan jarak vertical

roket sejauh 8.285 km hingga 8.180 km, perpindahan posisi titik jatuh roket dari arah kanan yaitu 0.011 km hingga 1.098 km ke arah kanan dan dari arah kiri yaitu 0.011 km hingga 1.095 km ke arah kiri, perbedaan ini dikarenakan adanya perbedaan nilai aerodinamika pada software Working Model 2D dan Matlab Simulink.

- c) Perbedaan dari software Working Model dan Matlab Simulink yaitu perbedaan pada nilai yang dihasilkan dari simulasi dengan menggunakan software Working Model 2D dan Matlab Simulink, Grafik perpindahan posisi titik jatuh roket yang diamati dari tampak atas menghasilkan perbedaan. Persamaan dari kedua software tersebut yaitu bentuk lintasan dari hasil simulasi kedua software tersebut adalah bentuk dari grafik lintasan yang dihasilkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

Ajjesastra, A. (2015). *TRANSFER OF TEKNOLOGY DAN INTEGRASI KESIAPAN UJI TEMBAK ROKET R-HAN 122B DI PANDANWANGI LUMAJANG*. *Jurnal Inovasi Pertahanan*, 1(4), 1-10.

Deswara, H., & 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).

Dullum, O. (2010). *The Rocket Artillery Reference Book Keywords (Issue June)*. Norwegian.

Harlin, W. J., & Cicci, D. A. (2007). *Ballistic missile trajectory prediction using a state transition matrix*. *Applied Mathematics and Computation*, 188(2), 1832-1847.