

ANALISIS PERSYARATAN DAN TINGKAT KESIAPTERAPAN TEKNOLOGI SISTEM SENJATA ROKET BALISTIK R-HAN 122 B UNTUK PERTAHANAN INDONESIA

Requirements Analysis and Technology Readiness Level R-Han 122B Ballistic Rocket Weapon System towards Indonesian Defense

Adimas Mahendro Cahyono¹, R. Djoko Andreas Navalino², Y. H. Yogaswara³

Program Studi Teknologi Persenjataan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas
Pertahanan
(adimasmx@gmail.com)

Abstrak – R-Han 122 B sudah memperoleh sertifikat kelaikan dari Kementerian Pertahanan sebagai sistem senjata. Meskipun demikian, Korps Marinir TNI AL belum menggunakan R-Han 122 B untuk mendukung tugas pokoknya dalam menjaga kedaulatan wilayah pertahanan negara. Dengan demikian, penelitian dilakukan untuk menganalisis kesesuaian persyaratan roket balistik yang diinginkan oleh Korps Marinir TNI AL dengan roket balistik R-Han 122 B, analisis pengembangan R-Han 122 B berdasarkan *system engineering*, serta tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) R-Han 122 B. Penelitian bersifat kualitatif dengan pengumpulan data melalui wawancara kepada narasumber LAPAN, PT Pindad dan Korps Marinir TNI AL, studi pustaka serta observasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persyaratan R-Han 122 B hasil pengembangan belum sesuai dengan yang diinginkan Korps Marinir TNI AL. Propelan R-Han 122 B menggunakan komposit HTPB sehingga menimbulkan asap tebal. Sedangkan roket balistik yang digunakan oleh Korps Marinir TNI AL (RM 70 Grad) menggunakan *double base solid propellant* sehingga asap yang ditimbulkan tipis. Pada kemampuan presisi (*flight stability*), peluncuran R-Han 122 B belum mengumpul (*grouping*) Pengembangan R-Han 122 B belum mengikuti tahapan *system engineering* dikarenakan belum terdapat *document requirement* pada bagian persyaratan dari user, serta tahapan pengembangannya belum runut seperti tahapan dalam *system engineering*. Tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) roket R-Han 122 B adalah berada di level 7, yang artinya demonstrasi prototipe sistem dalam lingkungan yang sebenarnya. Sebagai rekomendasi, sebaiknya pengembangannya mengikuti tahapan *system engineering* yang sudah baku serta diperlukan perbaikan pada profil motor roket (*thrust*), geometri dan inersia roket / pusat massa roket (*center of gravity*) dan studi Atmosfer agar R-Han 122 B bisa *grouping*.

Kata Kunci: Analisis Persyaratan, Korps Marinir, R-Han 122 B, System Engineering dan TKT

Abstract – R-Han 122 B has been certificated by the Ministry of Defense as a weapon system. However, the Indonesian Navy Marine Corps has not used R-Han 122 B in order to support their task. The research was carried out to analyze the suitability of ballistic rocket requirements based on Indonesian Navy Marine Corps with the R-Han 122 B ballistic rocket, analysis based on system engineering, and the technology readiness level of R-Han 122 B. This research is qualitative with interview to LAPAN, PT Pindad and the Indonesian Navy Marine Corps, literature study and observation. The results showed that the requirements of R-Han 122 B were different with Indonesian Navy Marine Corps. R-Han 122 B Propellant is HTPB composites to cause thick smoke. Meanwhile, the

1 Program Studi Teknologi Persenjataan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

2 Program Studi Teknologi Persenjataan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

3 Program Studi Teknologi Persenjataan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

ballistic rockets used by Indonesian Navy Marine Corps (RM 70 Grad) use a double base solid propellant so that the smoke is thin. The flight stability R-Han 122 B has not yet grouped. The development of R-Han 122 B has not followed system engineering stage because there are no document requirements from user, and the development stages have not been traced based on system engineering. The technology readiness level of R-Han 122 B rocket is at 7th level it means a demonstration of prototype system is in the real environment. As a recommendation, the development should be following system engineering and it is need to improve the thrust, geometry and inertia of rocket / center of gravity and atmosphere studies, so that R-Han 122 B could be grouped.

Keywords: Requirement Analysis, Marine Corps, R-Han 122 B, System Engineering and TKT

Pendahuluan

Pertahanan negara merupakan bagian penting dari suatu negara untuk mempertahankan kedaulatannya. Bidang pertahanan menjadi penting karena menyangkut kehidupan dan keberlangsungan hidup warganya. Suatu negara diharuskan dapat mempertahankan kedaulatan, keutuhan wilayah dan keselamatan dari segenap ancaman dan gangguan baik dari dalam maupun luar negeri. Untuk menghadapi ancaman pertahanan negara tersebut, maka dibutuhkan adanya suatu sistem pertahanan negara (Muhaimin, 2014).

Berdasarkan UU No 3 tahun 2002 pasal 1 ayat 2, Sistem pertahanan negara adalah sistem pertahanan yang bersifat semesta yang melibatkan seluruh warga negara, wilayah, dan sumber daya nasional lainnya, serta dipersiapkan secara dini oleh pemerintah dan diselenggarakan secara total, terpadu, terarah, dan berlanjut untuk

menegakkan kedaulatan negara, keutuhan wilayah, dan keselamatan segenap bangsa dari segala ancaman.

Pertahanan wilayah merupakan upaya pencegahan dan daya tangkal suatu negara dari upaya provokasi, intervensi, infiltrasi, intimidasi dan invansi dari kekuatan militer negara asing yang bertujuan mengganggu stabilitas keamanan nasional dengan menggunakan atau memanfaatkan wilayah sah suatu negara (KEMHAN, 2015).

Sebagai langkah preventif menghadapi ancaman yang muncul, Pertahanan wilayah yang efektif adalah dengan menggelar alutsista yang memiliki kemampuan tinggi dan canggih dengan jangkauan pengawasan maupun daya tangkal yang handal untuk melakukan tindakan penghancuran dari sebuah upaya yang mengancam keamanan dan kedaulatan suatu negara (Rachmat, 2014).

Sebagai upaya perwujudan pertahanan wilayah Indonesia, Korps Marinir TNI AL memiliki fungsi operasi menggunakan kekuatan roket balistik. Korps Marinir TNI AL memiliki roket balistik yang selama ini digunakan yaitu berupa RM70 Grad yang menjadi acuan untuk pengembangan roket balistik dalam negeri yaitu R-Han 122 B. Perkembangan roket di Indonesia telah menjadi salah satu dari 7 program prioritas nasional Renstra 2 pada tahun 2015-2019 di bidang alutsista guna memenuhi kebutuhan Pertahanan.

R-Han 122 B merupakan roket balistik hasil konsorsium yang dilakukan oleh beberapa industri strategis dengan masing-masing memiliki peran dan tugas berbeda-beda. Pengembangan roket R-Han dimulai sejak tahun 2005 oleh Kementerian Riset dan Teknologi (Kemenristek) melalui konsorsium bersama lembaga penelitian dan pengembangan (litbang) terkait, salah satunya adalah Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional (LAPAN) yang diwakili oleh Pusat Teknologi Roket (Pustekroket). Pengembangan roket ini kemudian dilanjutkan oleh Kementerian Pertahanan dengan menggandeng Badan Usaha Milik Negara (BUMN) seperti PT Pindad (Persero), PT

Dirgantara Indonesia (Persero), PT Dahana (Persero), serta LAPAN selaku lembaga litbang pemerintah. Pembuatan dan pengembangan roket R-Han 122 B melalui serangkaian aktivitas dan berbagai tahapan-tahapan dalam desain Sistem Engineering (Herjuna, 2019).

Hasil desain system engineering yang telah terbentuk selanjutnya memerlukan adanya tools untuk mengukur tingkat teknologi guna mengendalikan perkembangannya serta mengurangi resiko kegagalannya. Menurut Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor 42 tahun 2016, Tingkat kesiapterapan teknologi adalah tingkat kondisi kematangan atau kesiapan suatu hasil penelitian (research) dan pengembangan teknologi tertentu yang diukur secara sistematis dengan tujuan untuk dapat diadopsi oleh pengguna, baik oleh pemerintah, industri, maupun masyarakat.

Tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) digunakan untuk menganalisis Tingkat kesiapterapan teknologi roket balistik R-Han 122 B. Pada dasarnya roket balistik R-Han 122 B sudah dilakukan uji coba dan memperoleh sertifikat kelaikan dari Kementerian Pertahanan sebagai sistem senjata balistik. Meskipun

demikian, hingga saat ini Korps Marinir TNI AL belum menggunakan roket balistik R-Han 122 B dikarenakan adanya persyaratan dari Korps Marinir TNI AL yang belum terpenuhi sehingga memunculkan kesenjangan antara persyaratan roket yang dibutuhkan oleh Korps Marinir TNI AL dengan persyaratan roket balistik R-Han 122 B.

Dengan demikian, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian analitik dengan judul “Analisis Persyaratan dan Tingkat kesiapterapan teknologi Sistem Senjata Roket Balistik R-Han 122B Untuk Pertahanan Indonesia”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah persyaratan roket balistik yang diinginkan oleh Korps Marinir TNI AL sudah sesuai dengan persyaratan roket balistik R-Han 122 B, apakah proses pengembangan roket balistik R-Han 122 B sudah sesuai dengan tahapan *system engineering*, serta bagaimanakah Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) dari roket balistik R-Han 122 B sebagai sebuah sistem senjata.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitatif melalui pendekatan deskriptif analisis. Penelitian ini bertujuan untuk mengulas tentang

Roket Balistik R-Han 122 B yang digunakan oleh TNI AL Korps Marinir untuk mendukung pertahanan Indonesia.

Pendekatan deskriptif analisis digunakan untuk menganalisis dan menggali aspek yang menjadi latar belakang kepentingan Indonesia dalam pengembangan roket balistik R-Han 122 B. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara yang ditujukan pada stakeholder terkait serta pengumpulan data sekunder melalui studi literatur. Adapun proses analisis dan keabsahan data dilakukan menggunakan metode triangulasi dan mengikuti kaidah dari Miles dan Hubberman (Cresswell, 2016).

Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini yaitu di Lembaga LAPAN Bogor, PT. PINDAD Bandung dan Mabes Korps Marinir TNI AL Jakarta Timur. Ketiga tempat tersebut merupakan instansi yang dikunjungi untuk mendapatkan data penelitian melalui wawancara dan data sekunder yang berhubungan dengan R-Han 122 B. Penelitian ini dimulai sejak penulisan proposal bulan Agustus 2020 hingga penyusunan dan pelaksanaan sidang tesis bulan Februari 2021.

Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian merupakan orang atau benda yang akan diteliti, maupun informan, yang artinya orang pada latar penelitian yang dimanfaatkan untuk memberikan informasi tentang situasi dan kondisi latar penelitian (Moleong, 2011). Subjek penelitian ini adalah narasumber yang dipilih menggunakan teknik purposive, yaitu adalah orang yang *expert* atau ahli di bidang roket balistik R-Han 122 B dan sistem pertahanan negara Indonesia.

Adapun objek penelitian merupakan permasalahan yang diteliti oleh peneliti dalam rangka untuk mendapatkan data penelitian. Objek penelitian ini yaitu persyaratan sistem roket balistik yang dapat digunakan oleh Korps Marinir TNI AL, proses dan pengembangan R-Han 122 B, serta tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) roket balistik R-Han 122 B.

Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum Objek Penelitian

Roket balistik R-Han 122 B terbentuk melalui konsorsium roket pertahanan yang dilakukan di bawah pembinaan Kementerian Ristek Dikti, Kementerian Pertahanan dan Kementerian BUMN. Dalam pelaksanaannya, melibatkan

beberapa lembaga / instansi yang masing-masing memiliki peran.

Adapun peran masing-masing instansi dalam pengembangan roket balistik R-Han 122 B adalah sebagai tabel berikut:

Tabel 1. Peran instansi dalam konsorsium R-Han 122 B

No	Instansi	Peran
1	Lapan	Basic Desain
2	PT Dirgantara Indonesia	Tube, Cap, Nozzle, Graphite, Fin, Spring, Shaft Retainer, Seal, Cover Nozzle, Bolt Guidance, Safety Ring, Lock Ring, Surface Treatment, Integration
3	PT Pindad	Warhead, Rupture Disk, Launcher
4	PT Krakatau Steel	Nozzle Steel and Nozzle Manufacture
5	PT LEN	Sistem Kendali dan Sistem Telemetry
6	LAPAN/ PT Dahana	Inhibitor, Igniter, Propellant, Liner, X-Ray
7	LPNK + Perguruan Tinggi	Riset Dasar + Terapan untuk desain dan Komponen

Sumber: LAPAN, 2019

Pembuatan Roket R-Han 122 B merupakan kelanjutan dari pengembangan roket R-Han 122 kaliber 122 mm yang telah di uji tembak di Batu Raja Palembang Sumatera Selatan pada tahun 2010 yang kemampuan trajektorinya sekitar 14 km, karena motor roketnya hanya 1 (satu) meter. Untuk Roket R-Han 122 B ini pengembangan yang dilakukan dengan menambah panjang motor roket menjadi 2 (dua)

meter sehingga trajectory bisa mencapai 25 km, yang sesuai dengan keinginan TNI AL dengan jarak jangkauan minimum 20 km (PSTA, 2019).

Tujuan utama pengembangan R-Han 122 B mendekati spesifikasi Standar Teknik (SST) roket Grad RM-70 Cekoslovakia. Dari hasil kerjasama Kemhan dengan PT. Pindad melalui konsorsium dapat diwujudkan Roket R-Han 122 B yang nantinya dapat diproduksi massal serta dapat memenuhi munisi Roket RM-70 Grad Artelery Korps Marinir TNI AL.

Kendaraan Peluncur Roket R-Han 122 B adalah Kendaraan peluncur roket laras banyak (Multiple Rocket Launcher System – MRLS) buatan dalam negeri karya anak bangsa. Diharapkan proses peluncuran roket secara otomatis mampu dieksekusi lebih cepat. Mekanisme pengisian roket ke peluncur didesain sedemikian rupa supaya dicapai waktu operasi yang lebih singkat. Sistem peluncur menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) WAGO 750-8206/040-000 XTR sebagai pengontrol utama yang dapat diprogram untuk menyimpan rangkaian instruksi yang menjalankan fungsi-fungsi spesifik seperti: logika, sequence, timing, counting, dan aritmatika.

Persyaratan Roket Balistik yang Digunakan oleh Korps Marinir TNI AL

Selama ini korps Marinir menggunakan roket balistik yang dibuat oleh Excalibur Army Cekoslovakia, yakni RM-70 Grad. Adapun spesifikasi teknis dari RM-70 Grad adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi teknis RM-70 Grad

No	Spesifikasi	Ukuran	Satuan
1	Kaliber	122,4 ± 0,5	Mm
2	Kecepatan awal	700	m/s
3	Jarak tembak maksimum	20,381	M
4	Jarak elevasi diatas kabin	10°-55°	Derajat
5	Kemampuan azimut	202°	Derajat
	- Dari sikap biasa kiri	42°	Derajat
	- Dari sikap biasa ke kanan	160°	Derajat
6	Jumlah tabung peluncur roket	40	Pcs
7	Jumlah tabung peluncur yang dapat diisi secara otomatis	40	Pcs
8	Tinggi penembakan dari pengontrol tabung peluncur	2150	Mm
9	Panjang tabung peluncur	2.996	Mm
10	Peluncur roket		
	Lebar	1.446	Mm
	Tinggi	576	Mm
	Berat	920	Kg
11	Berat pendorong roket	2.311	Kg
12	Berat tabung roket	2.311	Kg
13	Interval waktu satu lapisan (40 tembakan)	30	Detik
14	Interval waktu penembakan satu	18-22	Detik

	salvo		
15	Waktu yang diperlukan untuk mengubah dari siap tembak ke posisi jauh	3	Menit
16	Waktu yang diperlukan untuk mengubah dari posisi gerak ke posisi siap tempur	2,5	Menit
17	Daerah bahaya sekitar roket		
	Semburan langsung tekanan gas gas dengan lebar 16 m	25	M
	Semburan batu-batuan dengan lebar 60 m	150	M

Sumber: Kementerian Pertahanan, 2019

Perbedaan Spesifikasi Roket Balistik

Berdasarkan sejarah roket R-Han 122 B diatas, diketahui bahwa tujuan pemerintah membentuk konsorisiu dan mengembangkan roket RX 1210 menjadi R-Han 122 B adalah untuk memperkuat program seribu roket yang tujuan akhirnya adalah untuk mewujudkan kemandirian industri pertahanan dalam negeri. Adapun data perbedaan persyaratan pengembangan R-Han 122 B dengan roket balistik yang selama ini digunakan oleh Korps Marinir TNI AL adalah sebagai tabel berikut:

Tabel 3. Perbedaan Spesifikasi teknis roket balistik R-Han 122 B dengan RM-70 Grad

No	Spe sifikasi	R-Han 122 B	RM-70 Grad
1	Tipe Roket	Balistik,	Balistik,

		darat ke darat	darat ke darat
2	Tipe Fin	<i>Wrapped Around</i>	
3	Equipment	MLRS RM-70	MLRS RM-70
4	Motor Rocket		
	Kaliber	122 mm	122 mm
	Panjang	2093 mm ± 1,5 mm	2,87 m
	Berat	45,5 ± 0,5 kg	28,5 kg
5	Warhead		
	Tipe	HE	HE
	Berat	17,8 ± 0,2 kg	19,18 kg
	Panjang	561,5 ± 1,5 mm	
6	Integrated		
	Berat	63,3 ± 0,8 kg	66,6 kg
	Panjang	2915 ± 4 mm	2,88 m
	CG	1315 ± 15 mm	
7	Propellan		
	Model	Solid	Solid
	Fuel	Composite base HTPB	Double base solid propellant
	Komposisi	Star and Hollow	
8	Igniter	Pyro Igniter, Tetryl	
9	Kapability	General purpose (aerial, personnel, building)	
		Maximum speed up to 3 mach	2.516 meter/jam
		Maximum distance up to 28 km	20 km

Sumber: Sertifikat R-Han 122 B Nomor IMAA TC AW/Roket 001- 2019

Analisis Kesenjangan Pada Persyaratan Roket Balistik

Perbedaan spesifikasi teknis pada persyaratan roket balistik R-Han 122 B dengan RM-70 Grad menjadi faktor penyebab adanya kesenjangan pada kemampuan roket balistik pada saat digunakan. Peneliti menemukan bahwa perbedaan bahan bakar (propelan) yang digunakan serta tingkat presisi (*flight stability*) memberikan kesenjangan seperti yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. Faktor penyebab dan kesenjangan yang ditimbulkan

Faktor Penyebab	Kesenjangan (akibat)
Bahan Bakar (propelan)	Asap yang ditimbulkan masih tebal
Kemampuan Presisi (<i>Flight stability</i>)	Jatuhnya munisi belum presisi/ masih belum mengumpul (<i>grouping</i>)

Sumber: Diolah Peneliti, 2021

Faktor Bahan Bakar (Propelan)

R-Han 122 B menggunakan propelan jenis composite base HTPB, sedangkan RM-70 Grad menggunakan *double base solid propellant*. Hal ini membuat R-Han 122 B masih mengeluarkan asap yang tebal pada saat diluncurkan, sedangkan RM-70 Grad mengeluarkan asap yang tipis pada saat diluncurkan. Pada proses kimia propelan komposit lebih berasap dikarenakan banyak kandungan karbon (Chaturvedi & Dave, 2019). Dalam

propelan tersebut, strukturnya lebih banyak karbon sebagai pengikat. Sementara itu, berbeda dengan propelan double base yang terdiri dari *nitrogliserin* NG dan *nitrocylicin* NC sebagai pengikatnya.

R-Han 122 B menggunakan propelan komposit HTPB. Penyebab adanya asap pada sisa pembakaran propelan dikarenakan propelan ini termasuk ke dalam jenis propelan heterogen yang memiliki perbedaan bahan dan struktur pada propelan padat komposit, yaitu komposisi propelan dengan fuel dan oxidizer yang dicampur tetapi tidak memiliki ikatan antara keduanya atau disebut *non uniform structure*. Karena tidak memiliki ikatan maka bahan penyusun propelan ini diikat dengan binder yang biasanya memiliki struktur hidrokarbon polymer seperti HTPB.

Propelan komposit pada R-Han 122 B berbasis Ammonium perchlorate yang biasanya menghasilkan asap putih pada saat pembakaran. Hal ini karena salah satu hasil pembakaran HCl nukleasi kondensasi uap air di atmosfer, menghasilkan kabut (Arip & Luthfia, 2014). Asap tersebut tidak diproduksi jika nitrates digunakan, tetapi menurunkan kinerja karena pengurangan impuls

spesifik. Ammonium perchlorate-HTPB adalah kombinasi yang paling umum digunakan karena HTPB dianggap sebagai bahan pengikat yang unggul untuk mencapai kinerja pembakaran yang tinggi serta sifat fisik dan mekanik propelan yang diinginkan. Polimer azida seperti GAP dan BAMO juga digunakan dengan Ammonium perchlorate atau nitrates untuk merumuskan propelan komposit. Penambahan bahan bakar logam seperti Al memungkinkan peningkatan yang signifikan pada suhu nyala api adiabatik propelan komposit. Ketika aluminium digunakan, produk pembakaran mengandung sejumlah besar aluminium oksida (Al_2O_3) di dalam ruang, yang sebagian besar berada dalam fase cair.

Hal ini berbeda dengan RM-70 Grad yang menggunakan propelan padat double base atau disebut *homogeneous propellant* atau propelan homogen, yaitu komposisi propelan yang terdiri dari oxidizer dan fuel secara kimiawi disatukan dan dibentuk menjadi struktur tunggal. Senyawa utama propelan ini salah satunya adalah *nitroglycerin (NG)* dan *nitrocellulose (NC)* dimana *nitrocellulose* adalah senyawa yang digunakan pada komposisi propelan single base tetapi lebih banyak

digunakan pada amunisi senjata api. Nitrocellulose adalah senyawa nitrat cellulose dengan senyawa kimia $C_6H_7.55O_5(NO_2)_{2.45}$ dan $C_6H_7.0006N_{2.9994}O_{10.9987}$ untuk 12.6% dan 14.14% kandungan nitrogen.

Faktor Kemampuan Presisi (*Flight Stability*)

Pada aspek Kemampuan presisi (*flight stability*), berhubungan dengan tingkat kekonsistenan arah roket pada saat diluncurkan, yaitu apakah roket yang diluncurkan tersebut bisa jatuh mengumpul (*grouping*) mengenai sasaran atau tidak. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi ideal dari *flight stability*.

Faktor *pertama* yang mempengaruhi kemampuan presisi atau *flight stability* adalah profil gaya dorong atau *thrust (N)*. Roket bekerja dengan mengubah tenaga panas menjadi tenaga kinetis. Tenaga panas yang timbul berasal dari proses pembakaran di ruang bakar motor roket. Pada proses tersebut menghasilkan gas yang bertemperatur tinggi dan berakumulasi di ruang bakar dan menimbulkan tekanan pembakaran. Gas tersebut sebagai gas pancar yang keluar melalui nosel dengan kecepatan tinggi. Sesuai dengan hukum Newton III,

akibat dari kecepatan gas pancar tersebut mengakibatkan timbulnya gaya dorong yang arahnya berlawanan dengan arah pancaran gas. Semakin besar kecepatan gas pancar keluar nosel akan berakibat makin besar gaya dorong yang dihasilkan. Kecepatan gas pancar yang keluar nosel dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah jenis bahan bakar, temperatur pembakaran, tekanan pembakaran, serta luas kerongkongan nosel.

Faktor *kedua* yang mempengaruhi kemampuan presisi atau *flight stability* adalah dimensi geometri. Salah satu hal yang menjadi pengaruh dimensi geometri pada kemampuan roket untuk terbang adalah ketidaklurusan dan kesimetrisan pada saat pemasangan sirip atau fin terhadap sumbu utama pada roket, sehingga mempengaruhi besarnya gaya hambat atau drag yang terjadi pada saat roket terbang, Hal ini berpengaruh terhadap prestasi terbang yang berdampak tidak presisinya roket atau grouping (Atmadi, 2010). Roket yang bagus adalah memiliki rancangan dimensi geometri yang lurus dan simetris. Selain itu, desain fin/ sirip juga harus dibuat seramping mungkin agar tidak memberikan pengaruh besar yang menghambat roket pada saat terbang.

Faktor *ketiga* yang mempengaruhi kemampuan presisi atau *flight stability* adalah CG atau *center of gravity* yang berpengaruh terhadap gerakan *wobbling* (gerakan konus tidak linier) yang kadang terjadi dalam uji terbang roket balistik (Hoult, 2015). Posisi *center of gravity* atau pusat massa roket yang tidak berada pada sumbu axis simetri roket terjadi karena distribusi massa roket yang tidak simetris. Ketidaktepatan dalam design dan manufaktur, kondisi fisik material yang digunakan dan penempatan komponen-komponen roket yang tidak dirancang dengan baik. Ketika posisi *center of gravity* atau pusat massa roket tidak terletak pada sumbu axis simetri roket bisa mengakibatkan gangguan momen roll, pitch dan yaw pada roket yang memicu gerakan *wobbling* (Karthikeyan & Kapoor, 1990). Oleh karena itu, roket balistik R-Han 122 B perlu dilakukan *static-dynamic balancing* sebelum diuji terbang agar diketahui *center of gravity* atau pusat massa roket apakah berada pada sumbu axis simetris atau tidak.

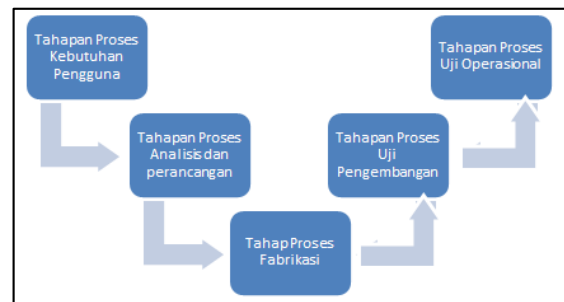
Faktor *keempat* yang mempengaruhi kemampuan presisi atau *flight stability* adalah atmosfer. Pada kegiatan uji dinamik roket, atmosfer berpengaruh sebesar 3% untuk

menyebabkan kegagalan uji coba. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan arah dan kecepatan angin secara rinci di atmosfer. Pada kegiatan uji coba R-Han 122 B dilengkapi dengan penyediaan informasi prakiraan data angin dan pengukuran secara langsung menggunakan radiosonde. Hasil pengamatan radiosonde menunjukkan informasi rinci mengenai perubahan arah dan kecepatan angin yang berpengaruh terhadap hasil uji dinamik roket serta penyusunan tabel tembak (LAPAN, 2020). Hasil pengukuran radiosonde dapat dimanfaatkan pula oleh peneliti PSTA untuk melakukan validasi hasil model WRF dan penelitian terkait lapisan batas atmosfer.

Analisis Pengembangan Roket Balistik R-Han 122 B

Pengembangan roket balistik R-Han 122 B dianalisis berdasarkan tahapan *system engineering*. Tahapan *system engineering* dilakukan menggunakan proses berulang dari sintesis top-down yang terdiri atas pengembangan dan pengoperasionalan *system nyata* yang memenuhi, dalam cara hampir optimal dengan berbagai macam persyaratan teknis (Sadraey, 2013). Secara lebih rinci, tahapan *system*

engineering digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Analisis tahapan *system engineering*

Sumber: Diolah peneliti, 2021

Tahap Analisis Kebutuhan Pengguna

Menurut Korps Marinir TNI AL, persyaratan yang harus terpenuhi dalam roket balistik adalah sebagai berikut:

- 1) Amunisi roket harus fleksibel terhadap jarak tembak sehingga dapat mendukung bantuan tembakan sejak sat manuver masih di garis pantai hingga merebut sasaran terluar tumpuan pantai sejauh 50 km.
- 2) Tersedia amunisi roket dengan jarak jangkauan diatas 100 km guna menghancurkan badan induk gugus tempur amfibi lawan sebelum melakukan pengembangan manuver.
- 3) Amunisi roket harus aman bagi pasukan sendiri baik secara keamanan teknis maupun keamanan taktis.

- 4) Sebagai roket bebas, akurasi dan konsistensi amunisi roket harus teliti dan dapat dihitung secara pasti dengan penyesuaian keadaan cuaca yang terhitung.
- 5) Dapat menggunakan beberapa macam proyektil / amunisi sesuai kaliber roket seperti granat he, granat frag, granat asap, granat kargo, granat fill, dll.

Pengembangan roket R-Han 122 B yang merupakan kebutuhan pengguna (Korps Marinir TNI AL) mendekati spesifikasi Standar Teknik (SST) roket Grad RM-70, yang diharapkan dapat diproduksi massal serta memenuhi munisi Roket RM-70 Grad Artileri Korps Marinir (Yakti, 2017). Roket R-Han 122 B ini hanya menitik beratkan pada pembuatan tabel tembak, yaitu pengambilan data parameter, validasi data sasaran, dan jarak jangkau atau *trajectory*, serta karakteristik yang dimiliki dapat diketahui secara pasti, sebelum diproduksi massal dan di gunakan oleh Artileri Marinir TNI AL. Pengembangan R-Han 122 B dilakukan dengan menambah panjang motor roket menjadi 2 (dua) meter sehingga *trajectory* bisa mencapai 25 km, yang sesuai dengan keinginan TNI AL dengan jarak jangkau minimum 20 km. Pada

sertifikat R-Han 122 B Nomor IMAA TC AW/Roket 001-2019, belum dicantumkan *document requirement* tentang spesifikasi R-Han roket balistik yang diinginkan oleh Korps Marinir TNI AL. Sehingga, belum diketahui seperti apa spesifikasi teknis dari roket balistik yang diinginkan oleh user itu.

Tahap Analisis dan Perancangan atau Decomposition

Tahap *decomposition* ini merupakan tahapan analisis dan perancangan untuk menganalisis desain dan perancangan pada tahapan *system engineering* (Maguire & Niel, 2002). Melalui *decomposition* (analisis dan perancangan) ini dapat diketahui kelengkapan atau ketersediaan dokumen pada masing-masing *system engineering* R-Han 122 B sebagai tabel berikut:

Tabel 5. Daftar kelengkapan dokumen pada tahap analisis dan perancangan

No	Jenis dokumen	Keterangan
1	<i>Technical description</i>	Tersedia
2	Protokol <i>Design dan Analisis</i>	Tersedia
3	<i>Aerodynamic Design dan Analisis</i>	Tersedia
4	<i>Warhead Design dan Analisis</i>	Tersedia
5	Drawing	Tersedia

Sumber: Diolah Peneliti, 2021

Melalui analisis ketersediaan kelengkapan dokumen pada tahapan *decomposition* atau analisis dan

perancangan, maka peneliti menyimpulkan bahwa pada tahapan ini sudah terpenuhi kelengkapan dokumen yang diperlukan, meskipun pada pelaksanaan pengujiannya di lapangan kurang runut/ berurutan secara teknis.

Tahap Proses Fabrikasi

Fabrikasi merupakan suatu proses kreatifitas pembentukan bahan material logam menjadi suatu bentuk roket yang diinginkan sesuai dengan standar desain dan shop drawing yang telah dibuat. Pada tahap ini dilakukan proses produksi dalam skala kecil. Yakni mulai dari 20-25 unit yang dilakukan untuk memenuhi tahapan uji coba produksi R-Han 122 B.

Tahap fabrikasi ini dimulai dari kegiatan pembelian material maupun bahan baku atau komponen roket yang dibutuhkan pada pengembangan R-Han 122 B. pembelian komponen tersebut dilakukan ke Korea. Pada tahun 2019 selain pengembangan roket R-Han122 B yang diproduksi dengan metoda konvensional (*semi free standing*), juga telah dilakukan pengembangan roket R-Han 122 B yang diproduksi dengan metoda *case-bonded*, menggunakan fasilitas lini produksi Hanwha Korea. Tahapan pelaksanaan ini dimulai dengan formulasi propelan, dan liner hingga

ditemukan formulasi yang sesuai berdasarkan hasil uji karakteristiknya, baik untuk karakteristik mekanik, maupun karakteristik balistiknya.

Saat sudah memasuki tahap integrasi, terdapat integrasi antar komponen roket balistik (Nugraha, Navalino, & Jupriyanto, 2020). Dimana komponen yang sudah dibeli tersebut dikombinasikan dan diintegrasikan menjadi satu kesatuan yang dapat dilanjutkan dengan proses produksi menjadi produk jadi. Pada tahap integrasi ini dibuktikan dengan adanya *Check List Integrasi Roket* dengan nomor R-HAN.122B-024 pada tanggal 24 Juni 2018.

Tahap Uji Pengembangan

Setelah R-Han 122 B melalui tahapan *decomposition*, selanjutnya dilakukan tahapan uji pengembangan yang terdiri atas berbagai macam uji protokol sebagaimana disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5. Daftar kelengkapan dokumen pada tahap uji pengembangan

No	Jenis dokumen	Keterangan
1	Protokol Uji Hidrostatis	Tersedia
2	Protokol Uji Igniter	Tersedia
3	Protokol Uji Integrasi	Tersedia
4	Protokol Uji statis	Tersedia
5	Protokol Uji Drop test	Tersedia
6	Protokol Uji Protokol Peluncuran	Tersedia

Sumber: Diolah Peneliti, 2021

Hasil dari pengujian tersebut selanjutnya dilakukan sebagai bahan pertimbangan jika sekiranya masih ada bagian produk yang perlu diperbaiki dan dikembangkan lagi, atau apakah desain bagian produk tersebut sudah fiks dan tidak ada perubahan lagi. Dengan demikian, dapat disimpulkan pada tahapan ini sudah memiliki kelengkapan dokumen yang dibutuhkan dalam *system engineering*.

Tahap Uji Operasional

Tahapan uji operasional ini terdiri atas uji dinamik dan uji statik. Kegiatan konsorsium R-Han 122B meliputi uji dinamik dan uji statik. Pada proyek konsorsium tahun 2018-2019, Kementerian Pertahanan menunjuk PT Pindad sebagai koordinator. PT Pindad telah melakukan beberapa tahapan uji statik dan uji dinamik sejak bulan November 2018. Pada kegiatan uji dinamik sebelumnya, penentuan sudut elevasi dan azimut peluncur roket untuk mencapai titik sasaran hanya mempertimbangkan faktor cuaca di permukaan dan mengabaikan faktor kecepatan dan arah angin pada lapisan atmosfer di atas permukaan. Hasilnya, menurut informasi dari PT Pindad, ketika melakukan uji dinamik pada bulan Maret

2019, terdapat penyimpangan dari titik sasaran roket sampai dengan 700 m. Diduga bahwa sirip atau fin pada pangkal roket pada saat terbang terpengaruh oleh angin sehingga mengubah trayektori roket tersebut.

Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT)

Roket Balistik R-Han 122 B

Pada penelitian ini, penilaian TKT diperoleh melalui triangulasi sumber, yaitu dari BPPT sebagai sumber yang mengeluarkan tools TKT, Kementerian Pertahanan dan LAPAN sebagai Lembaga yang mengembangkan roket balistik R-Han 122 B. Hasil dari audit teknologi roket balistik R-Han 122 B dari BPPT berdasarkan data sekunder yang diperoleh adalah berada di level 7. Informasi tersebut semakin diperkuat dengan adanya pernyataan pada paparan Rancangan Teknokratik RPJMN 2020-2024 yang disampaikan oleh Direktorat Jendral Potensi Pertahanan di bawah Kementerian Pertahanan.

Verifikasi TKT R-Han 122 B dikonfirmasi melalui pendapat expert selaku peneliti senior di LAPAN yang menyatakan bahwa untuk TKT nya saat ini ada di level 7. Level TKT dikatakan terpenuhi apabila keseluruhan parameternya memiliki nilai >80%

(Mazda, 2020). Adapun untuk level 1-7 itu bisa terpenuhi. Sedangkan di level 8 dan 9 itu belum semua indikator-indikatornya terpenuhi. Jika disajikan ke dalam tabel Tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) R-Han 122 B

Level	Parameter	Keterangan
1	Prinsip dasar telah diketahui dan dilaporkan	Terpenuhi
2	Formulasi konsep dan/ atau aplikasi formulasi	Terpenuhi
3	Pembuktian konsep fungsi dan/ atau karakteristik penting secara analitis dan eksperimental	Terpenuhi
4	Validasi komponen/ sub sistem dalam ruang laboratorium	Terpenuhi
5	Validasi komponen/ sub sistem dalam suatu lingkungan yang relevan	Terpenuhi
6	Demonstrasi model atau prototipe sistem/ sub sistem dalam suatu lingkungan yang relevan	Terpenuhi
7	Demonstrasi prototipe sistem dalam lingkungan yang sebenarnya	Terpenuhi
8	Sistem telah melalui pengujian dan demonstrasi dalam lingkungan sebenarnya	Tidak Terpenuhi
9	Sistem benar-benar teruji/ terbukti melalui keberhasilan pengoperasian	Tidak Terpenuhi

Sumber: Diolah peneliti, 2021

Kesimpulan, Rekomendasi dan Pembatasan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka

dapat ditarik kesimpulan bahwa a. R-Han 122 B hasil pengembangan konsorsium belum sesuai dengan roket balistik yang diinginkan oleh Korps Marinir TNI AL dikarenakan terdapat perbedaan pada sisi persyaratannya. Yaitu pada jenis propelan yang digunakan. Propelan R-Han 122 B menggunakan komposit HTPB sehingga menimbulkan asap tebal. Sedangkan roket balistik yang digunakan oleh Korps Marinir TNI AL (RM 70 Grad) menggunakan double base solid propellant sehingga asap yang ditimbulkan tipis. Pada kemampuan presisi (*flight stability*) peluncuran R-Han 122 B belum mengumpul (*grouping*). Pengembangan roket balistik R-Han 122 B belum mengikuti tahapan *system engineering* secara sepenuhnya. Hal ini dikarenakan belum terdapat *document user requirement* pada tahap analisis kebutuhan pengguna. Meskipun demikian, Tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) roket balistik R-Han 122 B adalah berada di level 7, yang artinya demonstrasi prototipe sistem dalam lingkungan yang sebenarnya.

Sebagai rekomendasi maka apabila roket balistik R-Han 122 B akan dikembangkan dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna / Korps Marinir TNI

AL, Maka sebaiknya dilakukan perubahan pada jenis propelannya yaitu menggunakan *double base solid propellant* agar asap sisa pembakaran menjadi tipis. Selain itu diperlukan peningkatan kemampuan flight stability agar pada saat roket diluncurkan bisa grouping serta semua pengembangan tersebut harus mengikuti tahapan system engineering. Selain itu, diperlukan pula pengukuran Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) roket balistik R-Han 122 B oleh peneliti selanjutnya agar didapatkan data primer sehingga hasil penelitian yang diperoleh menjadi lebih lengkap.

Daftar Pustaka

- Arip, S., & Luthfia, H. A. (2014). Propelan dan Teknik Pembuatannya. *Berita Dirgantara*, 15(2), 50-57.
- Atmadi, S. (2010). Pengaruh Ketidaklurusan Dan Ketidaksimetrisan Pemasangan Sirip Pada Prestasi Terbang Roket RX-250- LPN. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 1(2), 1-9.
- Chaturvedi, S., & Dave, P. N. (2019). Solid propellants: AP/ HTPB composite propellants. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(8), 2061-2068.
- Cresswell, J. W. (2016). *Research Desain, Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan Campuran (terjemahan)*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Herjuna, D. (2019). *Desain Konseptual Sistem Artileri Roket Multiple Launch Rocket System Marinir*. Bogor: Universitas Pertahanan.
- Hoult. (2015). Rocket Principles. Rocket; A Teacher's Guide with Activities in Science. *Journal Mathematics and Technology*, 8(2), 99-108.
- Karthikeyan, T. V., & Kapoor, A. K. (1990). *Guided Missiles*. Delhi: Ministry of Defense.
- KEMHAN. (2015). *Buku Putih Pertahanan Indonesia*. Jakarta: Kementerian Pertahanan Republik Indonesia.
- LAPAN. (2020). *Laporan Akuntabilitas Kinerja Pustekroket 2019*. Bogor: LAPAN.
- Maguire, M., & Niel, B. (2002). *User Requirements Analysis*. Canada: Montreal Inc.
- Mazda, C. N. (2020). *Strategi Pengembangan Industri PT INKA terhadap Kesiapan Distribusi Logistik Kewilayahan dalam Mendukung Sistem Pertahanan Negara*. Bogor: Universitas Pertahanan.
- Moleong, L. J. (2011). *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: Remaja Karya.
- Muhaimin, Y. A. (2014). *Bambu Runcing dan Mesiu: Masalah Pembinaan Pertahanan di Indonesia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nugraha, H., Navalino, R., & Jupriyanto, J. (2020). Analisis System Requirement Misil Jarak Sedang Sistem Pertahanan Udara Untuk Pengamanan Objek Vital Nasional

(Studi Kasus Kosekhanudnasi.
Jurnal Pertahanan, 1(3), 16-32.

PSTA. (2019). Peran PSTA LAPAN dalam
Konsorsium Uji Dinamik Roket
Pertahanan (R-Han) 122B.
Antasena, 4(2), 6-8.

Rachmat, A. (2014). *Tantangan dan
Peluang Perkembangan Teknologi
Pertahanan Global Bagi
Pembangunan Kekuatan
Pertahanan Indonesia*. Jawa Barat:
Universitas Jenderal Achmad
Yani.

Sadraey, M. H. (2013). *Aircraft Design A
Systems Engineering Approach*.
United Kingdom: John Wiley Inc.

Yakti, P. D. (2017). *TNI Angkatan Laut
sebagai World Class Navy pada
Strategi Pertahanan dalam
Mewujudkan Poros Maritim Dunia*,
Semarang. Semarang: Universitas
Diponegoro.