

DESAIN KENDARAAN MILITER DENGAN PENDEKATAN SYSTEM ENGINEERING

MILITARY VEHICLE DESIGN WITH SYSTEM ENGINEERING APPROACH

Dyan Herjuna¹, Timbul Siahaan², Triwanto Simanjuntak³

Program Studi Teknologi Persenjataan, Universitas Pertahanan
dyan.herjuna93@gmail.com

Abstrak - Menegangnya kawasan laut China Selatan menjadi urgensi pemerintah Indonesia dalam pertahanan maritim dan teritorial. Menjaga keamanan daerah yurisdiksi nasional laut Indonesia menjadi tugas dari pada TNI Angkatan Laut, salahsatunya adalah upaya pertahanan pantai melalui komando utama satuan Korps Marinir, sebagaimana dalam misi tersebut diperlukan adanya satuan artileri sebagai pendukung operasi dan alutsista berupa *system artillery* yaitu *Multiple Launch Rocket System* yang bertugas memberi bantuan tembak pasukan terdepan, seiring berkembangnya kebutuhan dan ancaman yang berkembang sehingga dibutuhkannya suatu rancangan konseptual desain dalam pembuatan sistem ariteri *Multiple Launch Rocket System* sesuai kebutuhan Pemerintah dan TNI AL sebagai *user*, yang fokus terhadap sistem armamen, mobilitas dan *launcher*, seperti, pemilihan roket dan *propellant* yang sesuai dengan kebutuhan *user*. *Engine*, *chassis* serta *trackling* yang mampu menghasilkan manuver dan kemampuan lintas medan sesuai kebutuhan *user*. Serta sistem *launcher* yang terintegrasi dengan *ground vehicle* guna mendukung efisiensi waktu operasi dan presisi tembakan. Pada penelitian ini menggunakan metode Martin Maguire dan Nigel Bevan dalam pencarian kebutuhan pengguna menggunakan dengan pendekatan *User requirement analysis* untuk melakukan identifikasi kebutuhan pengguna, dan pendekatan sistem engineering Mohammad H. Sadrey dalam pembuatan rancangan konseptual desain, perhitungan dengan MDO (*Multidisciplinary design optimization*) menggunakan *formula weighted-sum methode* untuk mendapatkan kemungkinan konfigurasi dari variasi sub sistem yang telah diberi skor terhadap *objective* dan dilanjutkan mendapatkan konfigurasi optimum dengan *Design Index Maximum*, dimana dari hasil konfigurasi tersebut akan didapatkan sistem artileri yang sesuai dengan kebutuhan *User*.

Kata Kunci: Konseptual Desain, sistem artileri, *Multiple Launch Rocket System*, Pertahanan Pantai, MDO *Multidisciplinary design optimization*, *Design Index*, *Design Requirement and Objective*, *System Engineering*, *User Requirement*.

Abstract - The tension of the South China sea area becomes the urgency of the Indonesian government in maritime and territorial defense. Safeguarding the security of Indonesia's national jurisdiction is the duty of the TNI Angkatan Laut, one of which is coastal safety through the Marine Corps's main unit command, the mission required by artillery units to support operations and artillery systems such as the *Multiple Launch Rocket System* provides assistance in firing front forces. passing the development of needs and defense needed requires conceptual design in making the *Multiple Launch Rocket System* according to the needs of the Government and the Navy as users, which focuses on the armament system, mobility and launchers, such as the selection of rockets and propellants according to user

¹ 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.

needs. Engine, chassis and trackling capable of producing cross-field maneuvers and capabilities according to user needs. System launchers integrated with ground vehicles to support efficiency of operating time and recision of shots. In this study using the methods of Martin Maguire and Nigel Bevan in the search for user needs using the User needs analysis to conduct user needs analysis, and system engineering Mohammad H. Sadrey in making conceptual designs, calculating with MDO (Multidisciplinary design optimization) using a weighted method formula - the amount to get the to configurations that approval of the various sub-systems that have been scored against the objectives to continued agreed with the Maximum Design Index to get optimum configuration, where from the results of the configuration an artillery system will be obtained that matches the user's needs.

Keywords: Conceptual Design, Artillery System, Multiple Launch Rocket System, Coastal Defense, MDO Multidisciplinary design optimization, Design Index, Design Requirement and Objective, System Engineering, User Requirement.

Pendahuluan

Sengketa perbatasan di kawasan Asia Pasifik menjadi fokus pemerintah dalam penyelesaiannya, salah satunya sengketa di Laut Cina Selatan. Kawasan Laut Cina Selatan sangat penting dan strategis bagi kepentingan Indonesia dan masih memiliki potensi sengketa yang belum sepenuhnya dapat diselesaikan. Fakta berdasarkan pengalaman menunjukkan bahwa salah satu penyebab utama terjadinya perang adalah persoalan batas wilayah. Konflik dan krisis yang sedang berlangsung dalam konteks ini dapat meningkatkan terjadinya ancaman tradisional (ancaman belum nyata) apabila manajemen ancaman tidak dilakukan secara tepat. Sehingga diperlukan pembangunan kekuatan pertahanan yang tepat demi mendukung

pertahanan wilayah-wilayah perbatasan Indonesia.

Pembangunan kekuatan pertahanan di daerah perbatasan akan menguatkan posisi Indonesia dalam pengamanan wilayah sengketa sertaantisipasi terkait kemungkinan pelanggaran oleh negara yang bersengketa di area tersebut. Daerah perbatasan seharusnya memiliki pangkalan dan dilengkapi system pertahanan yang mumpuni, karena daerah sengketa sangat rawan dan bersinggungan secara langsung dengan negara lain. Secara langsung atau tidak langsung maka wilayah perbatasan menjadi wilayah ancaman, terkait kemungkinan perebutan wilayah yang tidak terdeteksi oleh pihak Indonesia, contoh nyata adalah illegal fishing yang dilakukan secara terbuka oleh pihak

asing, sehingga merugikan pihak Indonesia⁴.

Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut sebagai alat negara yang menopang sumbu utama pertahanan dan keamanan laut Indonesia. Permasalahan dalam wilayah laut Indonesia menjadi tanggungjawab TNI-AL, termasuk dalam sengketa wilayah⁵. Dalam pertahanan pulau dibutuhkan pertahanan pantai yang kuat, karena pantai sebagai pintu masuk wilayah negara. Guna menghadang atau memukul kembali pasukan militer yang mencoba menduduki suatu pulau, dalam tugasnya ini maka Pasukan Marinir berperan penting guna menyuplai bantuan berupa daya gempur melalui satuan Artileri Marinir. Resimen Artileri Marinir merupakan komando pelaksanaan pasukan Marinir sebagai penyelenggara kekuatan tempur pasukan pendarat unsur-unsur Artileri Korps Marinir guna pelaksanaan operasi amfibi dan anti operasi amfibi, Operasi pertahanan pantai di Pulau-pulau strategis. Artileri Marinir bertujuan untuk memperbesar daya tembak satuan tugas

pertahanan pantai dalam rangka menggagalkan, menghancurkan atau menetralkan operasi amfibi musuh dan mencegah musuh untuk kapal – kapal pengangkut pasukan dan logistik musuh mendaratkan pasukan beserta material tempurnya⁶, serta mengantisipasi penggunaan pantai atau fasilitas lainnya. Dalam upaya menangkal ancaman tersebut maka diperlukan adanya sarana prasarana yang cukup memadai.

Salah satu wahana strategis milik TNI AL adalah MLRS atau *Multiple Launcher Rocket System*, sebagai sarana pertahanan pulau terdepan negara. Dengan kondisi geografis Indonesia yang sedemikian rupa, pertahanan pulau terdepan menjadi urgensi sebagaimana dalam peperangan dimanfaatkan sebagai gerbang masuk pasukan militer. Oleh karena itu kebutuhan senjata MLRS beserta roket untuk pertahanan negara diperlukan dalam jumlah besar. Roket sendiri menjadi salah satu dari 7 program prioritas nasional di bidang alutsista guna memenuhi kebutuhan prioritas user. Menurut buku Kemandirian Pertahanan

⁴ Aprilian Fadya, “Pentingnya Pembangunan Pangkalan Militer Natuna” dalam [http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/163267-\[_Konten_\]_Pentingnya-Hen0001.pdf](http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/163267-[_Konten_]_Pentingnya-Hen0001.pdf), di akses pada tanggal 19 oktober 2018

⁵ Probo Darno Yakti. “TNI Angkatan Laut sebagai World Class Navy pada Strategi Pertahanan dalam Mewujudkan Poros Maritim Dunia”, (Semarang : Gema Keadilan, 2017) Universitas Diponegoro

Republik Indonesia, menyatakan terdapat 7 alutsista strategis yang harus dikembangkan secara mandiri di bawah pembinaan Komite Kebijakan Pertahanan Indonesia (KKIP). Pada butir ke 6, disebutkan bahwa roket menjadi salah satu alutsista strategis yang diprioritaskan kemandiriannya. Penguasaan teknologi roket akan menyempurnakan pertahanan Indonesia dan meningkatkan posisi militer Indonesia dalam percaturan politik internasional.

Selama ini pemenuhan Alutsista tersebut bergantung pada negara lain, dengan membeli Alutsista tersebut dari perusahaan maupun pemerintah luar negeri. Sampai saat ini, kebutuhan roket dari MLRS (*Multiple Launch Rocket System*) berkaliber 122mm TNI Angkatan Laut dan Angkatan Darat masih dipenuhi oleh Avibras, Brazil. Apabila teknologi roket ini dapat dikuasai Indonesia serta diproduksi di dalam negeri maka akan berdampak luas, baik dari segi pertahanan, industri pertahanan, industri komponen pendukung, maupun *deterrent effect* terhadap negara di kawasan Asia Tenggara.

Alutsista tersebut menjadi prioritas bagi user TNI Angkatan Laut dalam memenuhi kebutuhan Artileri Marinir adalah MLRS dengan roket kaliber 122mm sebagai amunisi sistem peluncur roket ganda. Roket tersebut digunakan sebagai kekuatan serang dan pertahanan, serta sebagai *deterrent effect* bagi musuh yang mencoba menyerang, roket menjadi faktor penentu dan dominan yang akan diperhitungkan oleh musuh. Besarnya kekuatan Artileri yang dimiliki suatu pasukan semakin besar pula dominasinya dalam pertempuran, sistem artileri roket ganda yang diadaptasi oleh TNI AL adalah sistem roket MLRS (*Multiple Launch Rocket System*), pemilihan sistem roket ini karena kemampuannya untuk menghancurkan sasaran dalam area tertentu dalam waktu singkat. Salah satu contoh peluncur roket ganda yang memiliki kemampuan *lethality* adalah MBRLs (*Multi Barrel Rocket Launcher system*), buatan Rusia yaitu BM 21 Grad dengan salvo berisikan 40 roket, mempunyai kemampuan daya hancur seluas 600 x 600 meter atau 36 hektare⁶.

Dalam upaya pemenuhan, program pengembangan roket nasional yang

⁶ Characterisation of explosive weapons study, "Annex A – 122 mm BM-21 Multi Barrel Rocket Launcher", Geneva International Centre for

Humanitarian Demining (GICHD) (Geneva, 2017), hlm. 7

sesuai dengan kebutuhan operasional TNI ini dilakukan melalui Balitbang Kemhan dan konsorsium roket yang melibatkan institusi riset, lembaga pendidikan tinggi, industri, serta lembaga pemerintah lainnya, termasuk Kementerian Riset dan Teknologi dan Kementerian Perindustrian. PT Dirgantara Indonesia memegang peranan sebagai ketua konsorsium. Sementara itu Kementerian Pertahanan berperan sebagai koordinator dan supervisi⁷. Kemudian hasil dari konsorsium tersebut adalah Roket pertahanan berkaliber 122mm.

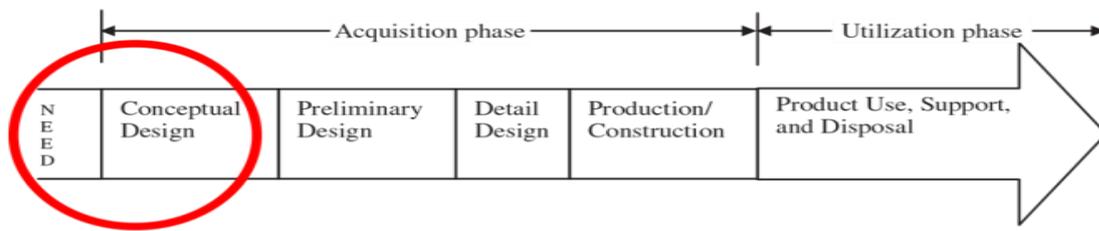
Dengan adanya modernisasi komponen pendukung pada desain dan pembuatan roket, hal ini dapat meningkatkan fungsi dan kemampuan dalam rangka efisiensi Alutsista. Proses *design engineering*, diawali pada fase desain konseptual sebagai gambaran seluruh aspek komponen dari sistem yang akan dibangun, sebagai panduan dalam fase berikutnya yaitu desain awal dan *detail design*. Desain dan pembuatan roket dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan dan fungsi alutsista pertahanan.

Salah satu cara yang ditempuh adalah mendesain dan membuat sistem artileri roket pertahanan pantai yaitu *Multiple Launcher Rocket System*, tujuannya untuk memudahkan dalam pemenuhan kebutuhan komponen, apabila komponen tersebut mengalami kerusakan dan memerlukan penggantian. Kemampuan dalam pembuatan komponen dapat meningkatkan kemampuan Indonesia untuk mengadakan material baru. Kegiatan mendesain ulang aset lama merupakan salah satu solusi guna memenuhi kebutuhan alutsista pertahanan negara dan mengurangi ketergantungan pada luar negeri.

Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode *Mixed method* Penelitian metode campuran adalah desain penelitian dengan asumsi-asumsi filosofis dan metode penyelidikan. Sebagai metodologi, *mixed method* melibatkan asumsi-asumsi filosofis dan analisis data dan serta mencampur antara pendekatan kualitatif dan kuantitatif pada setiap tahapan dalam proses penelitian. Sebagai

⁷ Semmy Tyar, Erlinda M, *TERBANG LANDAS JET TEMPUR KF-X/IF-X*, (Bogor: Universitas Pertahanan, 2017), Hlm.40



Gambar 1. System Life Cycle

Sumber: Mohammad H Sadraey, *Aircraft Design A Systems Engineering Approach*, Wiley, United Kingdom, 2013.

sebuah metode, mixed method berfokus pada pengumpulan, analisis, dan pencampuran data baik kuantitatif dan kualitatif dalam studi tunggal atau dalam serangkaian penelitian.

Sumber data mencakup karakteristik subyek atau obyek yang dianggap tepat untuk menjawab permasalahan penelitian. Sumber data penelitian dapat dikelompokkan dalam dua kategori, yaitu data primer dan data sekunder.

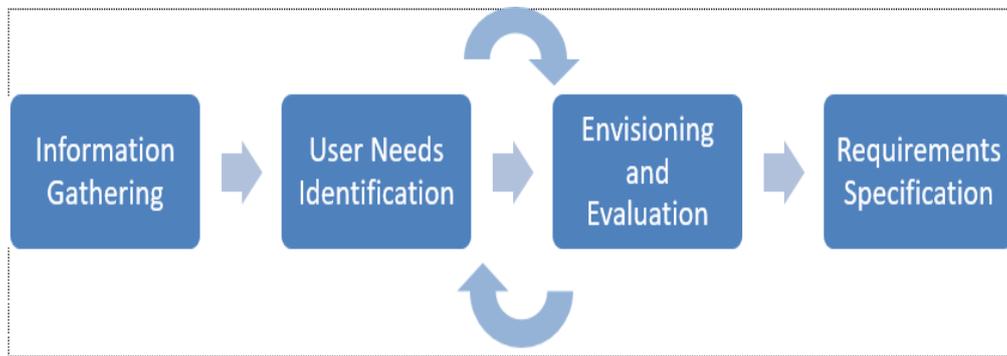
Data primer disebut sebagai data utama yang diperoleh melalui wawancara dengan informan terkait kebutuhan system artileri Pasukan Marinir di kepulauan Natuna, dan data lainnya berupa data spesifikasi system artileri *Multiple Launch Rocket System* yang dimiliki Marinir. Data sekunder pendukung yang digunakan adalah dari data Geografis Natuna, literatur buku, jurnal, penelitian terdahulu, portal resmi

instansi-instansi, kutipan berita media cetak dan online.

Subjek penelitian merupakan sesuatu sangat penting kedudukannya dalam penelitian, subjek penelitian harus ditata sebelum peneliti siap untuk melakukan pengumpulan data⁸. Subjek penelitian dapat berupa benda, hal atau orang. Dengan demikian subjek penelitian pada umumnya manusia atau apa saja yang menjadi urusan manusia. Subjek penelitian yang digunakan Penulis meliputi pihak Regulator, Operator, Akademisi, Praktisi/pakar, dan perorangan yang terkait yang dinilai mampu menjawab rumusan masalah penelitian.

Objek penelitian ini adalah sesuatu yang menjadi pemusatan pada kegiatan penelitian, dengan kata lain adalah segala sesuatu yang menjadi sasaran penelitian (Sugiyono, 2002). Objek penelitian adalah kebutuhan performa sistem artileri

⁸ Suharsimi Arikunto, *Pengembangan Instrumen Penelitian dan Penilaian Program*. (Jakarta : pustaka pelajar, 2010), Hlm. 152



Gambar 2. Proses analisa Requirements
 Sumber: Olahan Penulis, 2019

Multiple Launch Rocket System sesuai area operasi Natuna.

Memahami kebutuhan pengguna merupakan bagian integral dari desain sistem informasi dan sangat penting untuk keberhasilan sistem interaktif. Pada penelitian ini analisa kebutuhan user menggunakan metode *User Requirement Analysis* milik Martin Maguire. Saat ini sudah dipahami secara luas bahwa sistem dan produk yang sukses dimulai dengan pemahaman tentang kebutuhan dan persyaratan pengguna. Sebagaimana ditentukan dalam standar ISO 13407 (ISO, 1999), desain yang berpusat pada pengguna dimulai dengan pemahaman menyeluruh tentang kebutuhan dan persyaratan pengguna. Manfaatnya dapat mencakup peningkatan produktivitas, peningkatan kualitas kerja, pengurangan biaya dukungan dan pelatihan, dan peningkatan kepuasan pengguna. Analisis persyaratan bukanlah proses yang

sederhana⁹. Proses analisa Requirements ditunjukkan pada Gambar 2.

Setelah data pengguna dikumpulkan, *User Requirement* atau kebutuhan pengguna dapat mulai diidentifikasi. Sejumlah metode ada untuk mengidentifikasi kebutuhan tersebut. Survei Pengguna berupa pertanyaan ke sampel populasi pengguna. Proses dapat membantu menentukan kebutuhan pengguna. Ini biasanya digunakan dengan jawaban terbuka, sedangkan responden bebas menjawab sesuai keinginan. Metode ini berguna untuk memperoleh data kuantitatif dan beberapa data kualitatif dari berbagai besar pengguna mengenai apa yang ada atau sistem saat ini¹⁰.

Dalam matematika, istilah optimisasi mengacu pada studi masalah di mana seseorang berusaha untuk meminimalkan atau memaksimalkan fungsi nyata dengan secara sistematis

⁹ Martin Bevan Maguire, "Nigel User Requirements Analysis, *Proceedings of IFIP 17th*

World Computer Congress, Montreal, Canada, 2002.

¹⁰ Ibid.Hal.6

memilih nilai-nilai variabel nyata atau bilangan bulat dari dalam set yang diizinkan. Masalah optimisasi adalah masalah yang membutuhkan penentuan nilai optimal (maksimum atau minimum) dari fungsi yang diberikan, yang disebut fungsi objektif, tunduk pada serangkaian batasan yang dinyatakan, atau kendala, yang ditempatkan pada variabel yang bersangkutan. Dalam proses ini, pertamanya kita perlu menggambarkan masalah optimasi dalam hal fungsi tujuan dan serangkaian kendala. Kemudian, memanipulasi secara aljabar dan mungkin secara grafis menggambarkan ketidaksetaraan, dan memecahkan masalah pemrograman linier dalam dua variabel nyata. Tindakan terakhir adalah menyelesaikan masalah optimisasi menggunakan teknik matematika.

Hasil dan Pembahasan

Kebutuhan Potensi Pertahanan Kementrian Pertahan

Kebutuhan MLRS tidak lepas dari kebutuhan pertahan wilayah terdepan negara Indonesia, dalam konteks ini adalah Natuna. Melihat menegangnya kawasan Natuna menjadi perhatian khusus oleh kementerian pertahanan, urgensi pertahanan saat ini terdapat di

wilayah Natuna. Unit Direktorat Jenderal Potensi Pertahanan dalam hal ini menyarankan teknologi Alutsista pertahanan pantai kepada pengguna atau Tentara Nasional Indonesia sebagai fungsi pertahanan Negara. Dalam wawancara dengan Direktur Jendral Potensi Pertahanan Kementerian Pertahanan, Prof Dr Bondan Tiara Sofyan menyatakan bahwa urgensi saat ini berada di Natuna, tugas pertahanan wilayah terdepan di Natuna oleh TNI AL oleh satuan Korps Marinir perlu didukung alutsista yang mumpuni guna menangkal ancaman dari pihak yang mengancam daerah perbatasan maupun pihak yang berupaya memasuki wilayah Indonesia melalui pintu pantai. Dengan begitu teknologi yang diperlukan adalah teknologi seistem senjata yang dapat dioperasikan Marinir dan dapat digunakan di Natuna.

Kebutuhan Pasuka Marinir

Satuan Batalyon Roket sebagai satuan bantuan tempur dari Pasukan Marinir, adalah pengguna di lapangan. Komandan Batalyon Roket, Letkol Marinir Wahyudi, dalam wawancara menyatakan kemampuan MLRS dibutuhkan satuan bantuan tempur untuk memaksimalkan tugas daripada pertahanan pantai dan

memiliki kapasitas daya gempur dan *mobility* sesuai daerah penugasan.

Dalam pemilihannya, Multiple Launch Rocket System, dinilai memiliki daya pukul yang efektif karena sulit untuk di *intercept*, dan memiliki daya hancur yang luas. Keuntungan lain dari system artillery ini adalah kapasitasnya yang dapat diangkut dan digunakan dari Landing Craft Utility milik TNI AL.

Kriteria armament yang dibutuhkan Menurut Letkol Mar Wahyudi salah satunya adalah roket dengan asap pembakaran yang minim atau tanpa asap ketika sudah ditembakkan, tujuannya adalah agar titik asal penembakan sulit dideteksi lawan. Selain itu dijelaskan kriteria jarak jangkauan yang konsisten dan memiliki *range* tembak yang jauh menjadi prioritas daya gempur, adapun kriteria yang diinginkan seperti Rocket 122 dari MLRS Type 90B buatan Norinco China dengan jarak jangkauan roket mencapai 50km.

Dalam keamanan pengoperasian MLRS, Letkol Mar Hendy menjelaskan dalam bahwa kelemahan roket MLRS pada umumnya termasuk milik Marinir saat ini adalah kerentanan terhadap air atau curah hujan ketika beroperasi di lapangan. Hal tersebut dikarenakan air

yang dapat masuk kedalam igniter dapat merusak sirkuit igniter dan dapat mengakibatkan kegagalan peluncuran roket yang mampu menembakkan diluar perintah disebabkan terjadinya korsleting pada igniter. Sejauh ini kemampuan roket 122mm MLRS yang dimiliki Marini seperti RM 70 Gard dan Vampire hanya mampu menahan curah hujan ringan dengan nilai 5-20mm/day. Sehingga diharapkan kemampuan ketahanan igniter dalam desain roket ini menjadi aspek penting agar roket mampu bertahan dalam cuaca hujan sehingga MLRS dapat beroperasi di cuaca hujan. Dirontokkan oleh Let Mar Hendy adalah kemampuan Rocket San 122mm milik Turki yang dapat beroperasi di kondisi hujan.

Kemudahan penggunaan terhadap kemampuan dan spesifikasi Launcher MLRS adalah dalam penggunaan oleh anggota munisi, dijelaskan Letkol Mar Hendy kesulitan selama ini adalah *loading* roket kedalam launcher, karena membutuhkan anggota munisi yang memiliki postur tinggi, harapan *user* launcher dapat dilepas dan diturunkan untuk di *loading* munisi dari ketinggian yang mudah dijangkau anggota munisi, dan dapat diangkat kembali ke posisi semula dengan dukungan *crane* yang tergabung dalam system MLRS.

Dalam kemampuan *firing*, diinginkan munisi dapat diluncurkan random dengan sejumlah tembakan yang dikehendaki, dan Launcher mampu berputar otomatis dengan sudut sesuai titik target, sehingga perlu terhubung dengan *gps* yang didapat dari *outer guidance* (ground vehicle). Waktu penembakan diinginkan dibawah atau sama dengan 27 detik agar terhindar dari deteksi radar, waktu deteksi radar terhadap suhu yaitu 30 detik.

Kondisi Fisik Natuna

Berdasarkan kondisi fisiknya, Kabupaten Natuna terdiri dari tanah berbukit dan gunung batu. Daratan rendah dan landai pada umumnya terdapat di pinggiran pantai. Kondisi fisik akan berpengaruh dalam desain konseptual MLRS khususnya dalam desain kemampuan *mobility*, dengan kemampuan bergerak dan menerjang di area operasi. Dalam buku putih sanitasi kabupaten Natuna tahun 2014¹¹ menjelaskan Kabupaten Natuna merupakan tanah berbukit dan bergunung batu. Hampir 10% dari wilayah Kecamatan Bunguran Timur dan

Bunguran Barat merupakan daratan rendah serta landai dengan 25% berbukit sampai bergunung, peta kemiringan Natuna ditunjukkan pada Gambar 4.2 Peta Kemiringan Lereng kepulauan Natuna.

Pada umumnya struktur tanah dari tanah podsolik merah kuning tanah dasarnya mempunyai bahan granit, alluvial dan tanah organosol serta gley humus. Kontur kemiringan akan mempengaruhi penentuan desain *chassis* dan *power pack* yang mampu mengoptimalkan pergerakan *Multiple Launch Rocket System*

Curah Hujan Natuna

Curah hujan rata-rata setahun berkisar 193,2 milimeter dengan ratarata kelembaban udara sekitar 90,4% dan temperatur lebih kurang 25,8°C. Data diatas menunjukkan rata-rata curah hujan per hari kabupaten Natuna masuk dalam kategori curah hujan ringan 14,2 dimana batas curah hujan ringan adalah 5-20mm/24jam. Sehingga masih dalam batas aman penggunaan roket dengan igniter tanpa pelindung tahan air.

¹¹ Pemda Kabupaten Natuna, *Buku Putih Sanitasi Kabupaten Natuna tahun 2014*, (Natuna: Pemda, 2014)

Tabel 1. Design Requirement

Design Requirement			
Usability	Performance	Maintainability	Safety
Ukuran yang sesuai untuk dapat diangkut LCU (Landing Craft Utility)	Asap propellant yang tidak pekat	Body bagian propelan dapat dibuka	Igniter yang tahan curah hujan menengah
Launcher yang dapat dilepas	Jarak jangkauan roket di atas 30 km atau sama dengan Type90 B (50km)		
Terdapat Carane untuk mereload launcher	Mampu meluncurkan sejumlah roket yang dibutuhkan		
Berat yang lebih ringan dari RM 70 Grad			
Memiliki outer Guidance atau inner Guidance			

Sumber: Olahan Peneliti, 2019

Design Requirement

Design Requirement atau Desain Kemampuan, pada *Multiple Launch Rocket System* dihasilkan dari studi wawancara, adalah kebutuhan fisik atau fungsional yang ingin dipenuhi sesuai kebutuhan user. Berdasarkan hasil wawancara dengan pengguna dapat dikelompokkan *Requirement* menjadi 4 kebutuhan utama yaitu Kegunaan, Performa, Perawatan dan Keamanan, pengelompokan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Design Objective

Design Objective dalam desain guna mendesain kualitas secara fungsional ataupun non fungsional, yang ditetapkan

dalam standar untuk pertimbangan pengembangan. *Design Objective* bertujuan menentukan karakteristik kinerja yang digunakan dalam persiapan spesifikasi untuk pengembangan atau pengadaan *Multiple Launch Rocket System* sesuai keinginan User.

Tabel 2. Design Objective

Technical Specification	
Design Index to be Minimize	Cost
	Size
	Weight
Design Index to be Maximize	Maintainability
	Killability
	Mobility
	Survivability
	Stealthy
	Producability

Sumber: Olahan Peneliti, 2018

Metode ini merujuk pada metode Moh Sadrey, dengan memaksimalkan dan meminimalkan *Design Index* atau kualitas teknik, sesuai pertimbangan dari *expertise judgment* sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tabel design objective dapat dilihat pada Tabel 2.

Desing Objective pada desain MLRS ini mendapatkan 3 *design index* yang diminimalkan yaitu: *cost*, *size*, dan *weight*, dalam *cost index* atau harga diminimalkan guna menekan biaya, baik pengadaan maupun produksi. Kedua adalah *design size index* atau ukuran berkaitan dengan kapasitas *Landing Craft Utility* yang digunakan untuk membawa MLRS dan *Weight Index* yang di desain seminimal mungkin agar menambah kemampuan gerak di medan operasi.

Pada *design index* maksimal adalah memaksimalkan kualitas guna menunjang tugas pengguna serta penggunaan dan kapasitas produksi. *Maintainability index* atau perawatan, didesain semudah mungkin untuk dapat dirawat dan pemulihan komponen. *Killability Index* atau Daya Gempur perlu dimaksimalkan agar daya serang memiliki kemampuan merusak yang maksimal baik dari daya ledak maupun jarak jangkauan *armament*. *Mobility Index* atau Daya Gerak dimaksimalkan guna pergerakan MLRS

yang mampu memenuhi area lokasi tugas, *Survivability Index* atau Kemampuan Bertahan dimaksimalkan baik pada *Armament* maupun sistem peluncur sebagai kemampuan bertahan untuk menyerang. *Stealthy Index* dimaksimalkan dalam hal kemampuan untuk tidak terlacak antara lain terhindar dari pelacakan lokasi peluncur. Dan *Index Producability* kemaksimalan desain ini guna memenuhi pembuatan dalam negeri.

Tabel 3. Variasi Subsistem

No	Sub-System	Pilihan
1.	Armament	Rocket 122 Range 50km
		Rocket 227 Range 50km
2.	Chassis	Military Tactical Truck
		Tracked Combat Vehicle
3.	Trackling	Tracked
		Whelled 6 x 6
		Whelled 8 x 8
4.	Power Pack	Diesel
		Gasoline
		Electric
5.	Rocket Motor	Double Base
		HTPB
6.	Launcher System	Auto
		Semi Auto
7.	Guidance	Outer Guidance
		Guided-Rocket

Sumber: Olahan Peneliti, 2019

Variasi Subsistem

Berdasarkan pengumpulan informasi baik dari wawancara dan studi literatur, dapat diambil beberapa

kemungkinan konfigurasi dengan variasi kemungkinan sub-sistem sesuai kebutuhan pengguna dan area operasi yang didapatkan dari studi literatur. Ditunjukkan pada Tabel 3. Variasi Subsistem.

Pada tabel Variasi subsistem terdapat 16 sub-sistem, sehingga secara faktorial terhitung dapat terjadi 288 kemungkinan konfigurasi dari 16 pilihan sub-sistem. Untuk membuat konfigurasi dari 288 kemungkinan tersebut akan dilakukan perhitungan matematis menggunakan metode MDO atau multidisciplinary design optimization dengan *weighted-sum method*¹².

Tabel 4. Prosentase Pembobotan

Technical Specification	Priority 100%
Cost	10
Size	10
Weight	15
Maintainability	15
Killability	15
Mobility	15
Survivability	5
Stealthy	5
Producability	10
Total:	100%

Sumber: Olahan Peneliti, 2019

Per point-an Konfigurasi

Untuk mendapatkan kriteria sesuai kebutuhan pengguna, maka diperlukan

prioritas pada objective yang telah ditentukan. memberikan prosentase prioritas dari objective yang didapatkan guna skoring pada konfigurasi. Pembobotan ditampilkan pada Tabel 4.

Untuk memberikan nilai objective terhadap subsistem, maka diperlukan scoring untuk mendapatkan gradient nilai dari setiap variasi sub sistem. Scoring subsistem terhadap objective dinilai berdasarkan pengaruh sub sistem terhadap objective, penilaian oleh Designer dilakukan berdasarkan literatur.

Fungsi dari pada Scoring subsistem sebagai nilai untuk pengkali dengan persentase objective dalam hal ini Design to be maximize dan Design to be Minimize. Untuk mendapatkan prioritas kemampuan sesuai kebutuhan user. Diperlihatkan pada Tabel *Technical Specification Scoring* ditampilkan pada Tabel 5. nilai subsistem terhadap objective, diperlihatkan contoh scoring pada tabel 7. contoh scoring 1 mendapatkan nilai DiMin dan DiMax, hasil dari perkalian scoring subsistem dengan presentasi objective.

¹² Mohammad H Sadraey, *Aircraft Design A Systems Engineering Approach*, (United Kingdom: Wiley, 2013), Hlm. 74

Tabel 5. Skoring Subsistem Terhadap Design Objective

Subsistem	Variant	Cost	Size	Weight	Maintainability	Killability	Mobility	Survivability	Stealth	Producibility
Armament	Rocket 122mm	7	6	6	5	7	7	5	7	7
	Rocket 227mm	8	7	7	5	8	7	5	7	7
Launcher System	Auto	8	6	6	5	9	5	6	3	8
	Semi-Auto	6	6	6	7	6	4	6	3	7
Rocket Motor	Double Base	6	7	6	6	3	7	5	3	7
	Single Base	5	7	6	6	3	5	5	3	7
Chassis	Military Tactical Truck 6x6	5	6	5	6	3	6	5	3	8
	Military Tactical Truck 8x8	6	7	7	6	3	5	5	3	8
	Tracked Combat Vehicle	7	7	8	4	3	3	5	3	7
Power Pack	Gasoline	6	6	7	6	3	6	3	3	5
	Diesel	7	6	7	6	3	8	3	3	5
	Electric	9	5	6	8	3	8	3	3	6
Guidance	GMLRS	8	2	2	4	8	8	7	3	5
	Outer Guidance	6	2	2	6	7	7	6	3	7
Trackling	Tracked	6	7	8	6	2	3	7	3	5
	Wheeled	7	8	6	8	2	8	6	6	8

Sumber: Olahan Peneliti, 2019

Tabel 6. Konfigurasi 1

Amament	Launcher System	Rocket Motor	Chasis	Power Pack	Trackling	Guidance
Rocket 227mm	Auto	Double Base	Military Tactical Truck 8x8	Electric	Wheeled	Other Guidance

Sumber: Olahan Peneliti, 2019

Tabel 7. Skoring Konfigurasi 1

Configuration Skoring									
	Armament	Launcher System	Rocket Motor	Chasis	Powerpack	Trackling	Guidance	Final Score	
Cost	10	8	6	6	7	7	8	480	

Size	10	6	6	7	7	8	8	2	440
Weight	15	6	6	6	7	8	6	2	615
DI Minimized	35	230	210	220	235	270	240	130	1535
Maintability	15	4	7	6	4	6	8	4	585
Killability	15	7	6	3	3	3	2	8	480
Mobility	15	8	4	7	5	5	8	8	675
Survivability	5	5	6	5	5	3	6	7	185
Stealth	5	7	3	3	3	3	6	3	140
Produceability	10	5	7	7	8	5	8	5	450
DI Maximized	65	395	370	350	300	290	410	400	2515

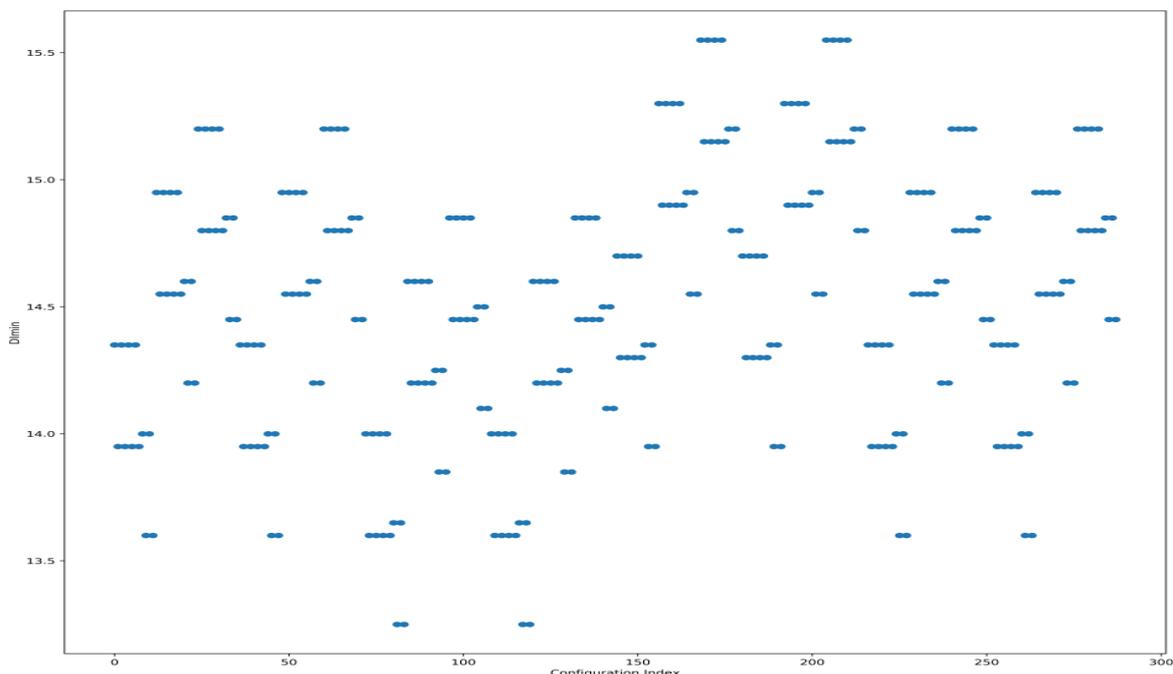
Sumber: Olahan Peneliti, 2019

Optimasi Konfigurasi

Optimasi Konfigurasi bertujuan untuk mengoptimalkan desain pada kinerja, keandalan, perawatan dan efektivitas biaya baik dari pengadaan maupun produksi. Optimasi adalah proses untuk mencapai konfigurasi yang terbaik dari konfigurasi yang ada, dengan

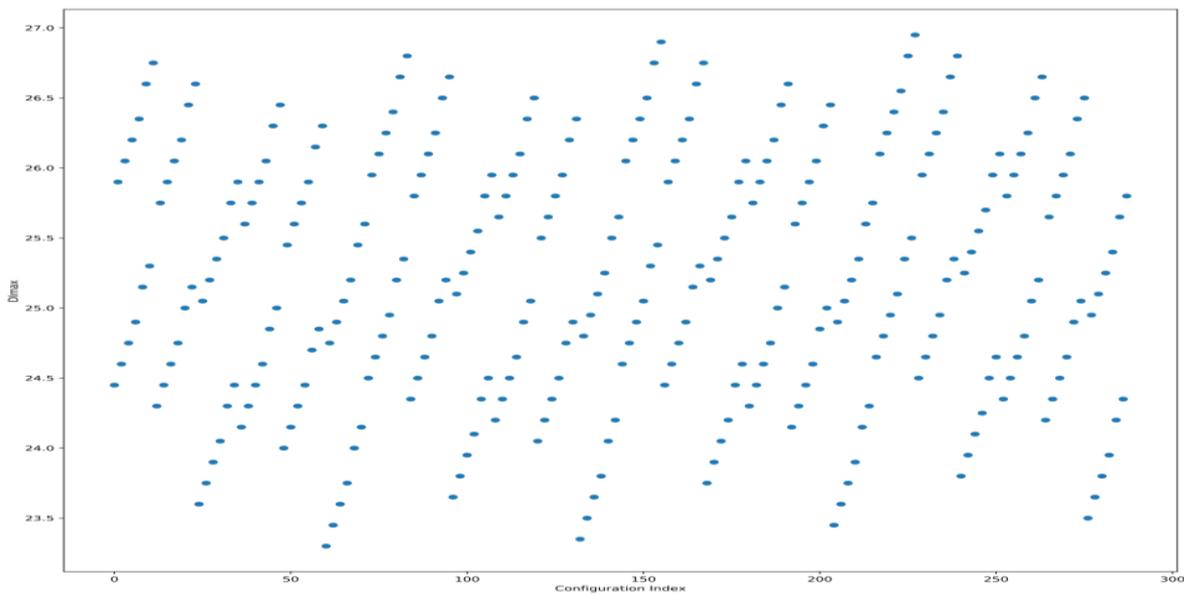
pendekatan MDO atau *Multidisciplinary design optimization*.

Konfigurasi optimum dinilai sesuai dengan kebutuhan pembobotan objective, dengan Design Index Maximal yaitu 65%, dengan demikian konfigurasi optimum adalah konfigurasi dengan DiMax tertinggi. Untuk menghasilkan 288



Gambar 3. Grafik Design Index Minimum

Sumber: Olahan Peneliti, 2019



Gambar 4. Grafik Design Index Maximum
 Sumber: Olahan Peneliti, 2019

Tabel 8. Notasi Konfigurasi

Rocket 122mm	arm1
Rocket 227mm	arm2
Auto	lau1
Semi-Auto	lau2
Double base	rok1
Single Base	rok2
Military Tactical Truck 6x6	cha1
Military Tactical Truck 8x8	cha2
Tracked Combat Vehicle	cha3
Gasoline	pow1
Diesel	pow2
Electric	pow3
GMLRS	gui1
Outer Guidance	gui2
Tracked	tra1
Wheeled	tra2

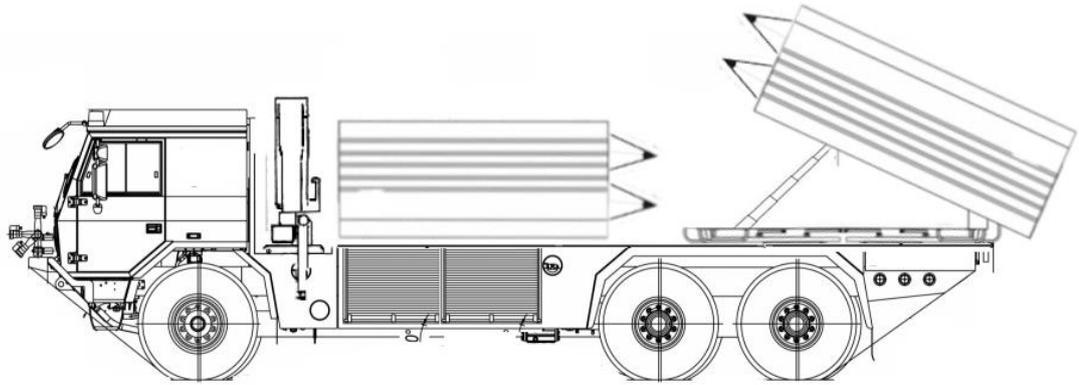
Sumber: Olahan Penulis, 2019

konfigurasi penulis menggunakan software python untuk melakukan permutasi dari 16 varian subsistem guna menghasilkan 288 konfigurasi penilaian scoring subsistem untuk mendapatkan

DiMin dan DiMax setiap konfigurasi dengan metode *weighted-sum method*¹³. Dari proses tersebut didapatkan grafik DiMax vs *Configuration Index* dan DiMin vs *Configuration Index* dari seluruh konfigurasi. Variabel *Configuration Index* berfungsi memetakan point DiMin Dan DiMax Untuk adalah konfigurasi dengan kemampuan optimal dan desain.

Dengan DiMin memiliki weight 35% dan DiMax dengan weight 65%, maka dari kedua grafik diatas dapat dilihat bahwa DiMax tertinggi adalah 26.95, dengan konfigurasi ['arm2', 'lau2', 'rok1', 'cha1', 'pow3', 'gui2', 'tra2'] menggunakan notasi seperti pada Tabel 8, menghasilkan konfigurasi: armament: rocket 227, Launcher: semi auto, Rocket: double base, Chassis: truck 6x6, Engine: electric,

¹³ Mohammad H Sadraey, *loc.cit.*,



Gambar 5. Desain konseptual sistem artileri Multiple Launch Rocket System Marinir
 Sumber: Olahan Peneliti, 2019

Guidance: outerGud, dan Tracking: Whelled.

Desain Optimum

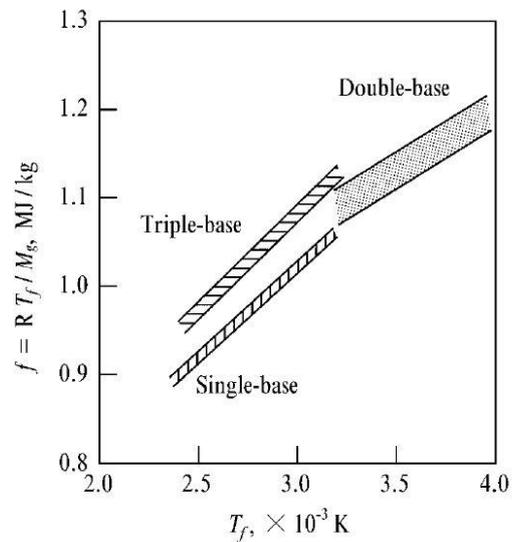
Berdasarkan hasil optimasi konfigurasi, di dapatkan konfigurasi Armament: rocket 227, Launcher: semi auto, Rocket: double base, Chassis: truck 6x6, Engine: electric, Guidance: outerGud, dan Tracking: Whelled yang ditampilkan pada Tabel 9.

Dari hasil konfigurasi optimum didapatkan hasil desain konseptual sistem artileri Multiple Launch Rocket System Marinir berupa MLRS seperti pada Gambar 5 Gambar desain konseptual sistem artileri Multiple Launch Rocket System Marinir.

Analisa Armament

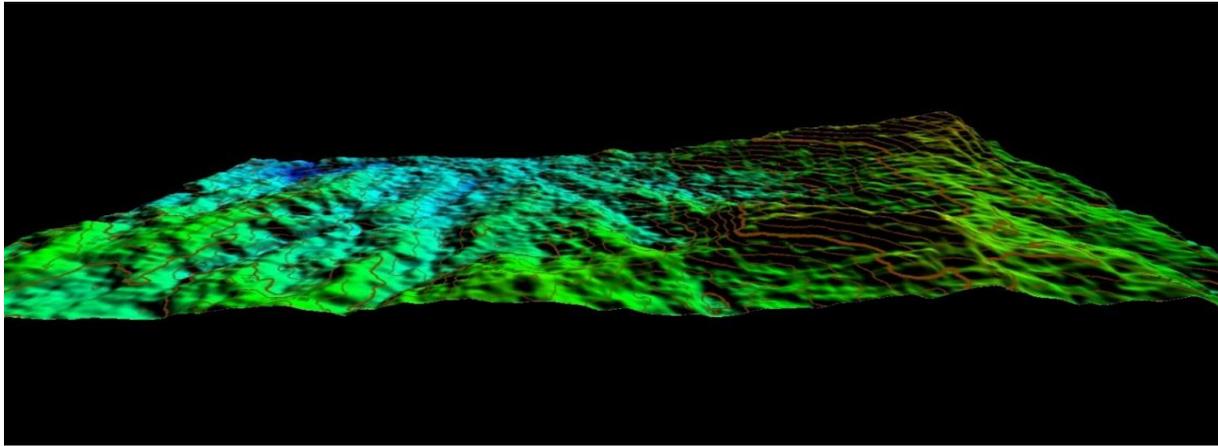
Armament Raket 227mm dengan jarak tembak 50km Launcher auto

dengan panjang 3m dan auto, kecepatan dan ketepatan dalam penembakan



Gambar 6. Energi Thermodynamic single base, double, dan triple-base propellant
 Sumber: Naminosuke Kubota. 2002. Hal 84

Rocket propellant tipe Double base memiliki pembakaran yang lebih baik dibandingkan dengan single base, berdasarkan grafik perbandingan energi single base, double base dan triple base. Double base memiliki energi thermodynamic paling baik. Gambar



Gambar 7. Gambar 3D kontur Natuna
 Sumber: Olahan Peneliti, 2019

perbandingan ditunjukkan pada gambar 4.5 Energi Thermodynamic single base, double, dan triple-base propellant.

Analisa Subsystem Daya Gerak

Pada desain mobility menghasilkan konfigurasi Chassis Tactical Military Truck 6x6 dengan tackling beroda dan bermesin listrik. Berdasarkan hasil pemetaan kontur wilayah Natuna, melihat bahwa Natuna memiliki kontur rata-rata datar (0° - 4°) dan minim kontur yang curam (8° - 16°). Dengan karakteristik tanah podsolik dengan karakter berlempung, berpasir, serta bermedan berbatu dan perbukitan. Seperti disajikan pada gambar 4.5 Gambar 3D kontur Natuna.

Pemilihan kendaraan beroda dinilai tepat karena bobotnya yang lebih ringan dari track, dampaknya torsi lebih maksimal karena beban tarik tidak seberat track, hal ini menyebabkan manuver dan kecepatan kendaraan beroda lebih cepat dari kendaraan tracked, sedangkan kendaraan beroda lebih mudah perawatan dan material komponennya lebih mudah dan lebih sedikit di distribusi dibanding tracked, sehingga kendaraan beroda dinilai sesuai dengan medan Natuna.

Desain chassis menghasilkan Tactical Military Truck 6x6. Sebagai chassis kendaraan beroda. Dibandingkan dengan Tactical Military Truck 8x8, Tactical Military Truck 6x6 memiliki bobot yang lebih ringan, serta sudah memenuhi standardization MIL-T-62514.

Tabel 9. Konfigurasi Optimum

Armament	Launcher	Rocket	Chassis	Engine	Guidance	Trackling
Rocket 227mm	Semi auto	Double base	Truck 6x6	Electric	OuterGud	Whelled.

Sumber: Olahan Penulis, 2019

Melihat kebutuhan tenaga pengangkut tactical truck dengan beban rocket dan launcher, keunggulan torsi adalah utama, torsi sebagai kelebihan mesin listrik adalah kemampuan mencapai torsi maksimal pada rpm 0¹⁴, hal ini yang membuat mesin listrik lebih cepat dalam gerakan awal. Hal ini disebabkan sederhananya sistem transmisi mesin listrik, dibandingkan dengan mesin bakar yang memiliki gear transmisi serta pergerakan as mesin melalui crankshaft, sehingga diperlukan waktu tertentu untuk mencapai torsi tertinggi.

Desain Subsistem Launcher

Sistem launcher menghasilkan desain roket semi auto dan penerima lokasi target melalui outer guidance dari ground vehicle pendukung. Dibanding dengan guidance G-MLRS, roket semi-auto lebih murah. Terlebih penggunaan guidance adalah presisi dari pada tembakan. Dalam analisis ini tujuan roket adalah sebagai pemukul dengan luas serangan tertentu atau area tertentu, sehingga kebutuhan utama adalah

mampu meng-cover area tersebut sebagai daya gempur.

Simpulan

1. *Requirement* sistem artileri *Multiple Launch Rocket System* Pasukan Marinir menghasilkan 10 kebutuhan utama dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a) *Usability*: Sistem Artileri memiliki ukuran yang sesuai dengan kapasitas angkut *Landing Craft Utility*, *Rocket Launcher* yang dapat dilepas, Sistem Artileri yang memiliki *Crane*, dan Sistem Artileri yang memiliki berat total dibawah 25.4 ton (RM 70 GRAD)
- b) *Performance*: Roket dengan asap *propellant* yang tidak pekat, Jarak jangkauan roket hingga 50km, dan mampu meluncurkan roket sesuai kebutuhan.

³² Tobias Gustafsson, dan Anders Johansson, "Comparison between Battery Electric Vehicles and Internal Combustion Engine Vehicles fueled by Electrofuel", *Thesis of*

- c) *Maintainability*: Body rocket bagian *propellant* yang dapat dibuka
 - d) *Safety*: Igniter yang mampu beroperasi dalam medan dengan curah hujan sedang dan tinggi.
2. Konfigurasi optimum sistem artileri Konseptual Desain Multiple Launch Rocket System Marinir didapatkan, Armamen menggunakan Rocket 227, *Launcher* menggunakan sistem semi auto, *Propellant* Roket menggunakan *Double base*, *Chassis* menggunakan Truck 6x6, *Engine* menggunakan Electric, *Guidance* menggunakan OuterGuidance, dan *Trackling* menggunakan Whelled.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka saran yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Kepada peneliti selanjutnya disarankan untuk dapat melanjutkan ke tahap preliminary design wight and sizing dari tiga sub-system yang

telah untuk mendapatkan spesifikasi sesuai kebutuhan.

2. Kepada Pemerintah dan TNI Angkatan Laut dapat menjadi bahan pertimbangan untuk dilakukan penelitian terhadap konseptual design MLRS Marinir guna memenuhi kebutuhan Marinir
3. Untuk meningkatkan kemandirian kualitas pertahanan dan efek daya tangkal suatu negara, perlu adanya kesadaran dari seluruh komponen negara serta masyarakat untuk menciptakan inovasi teknologi alat utama sistem pertahanan secara jangka panjang, mengingat kemajuan teknologi berkembang pesat, sehingga adaptasi terhadap teknologi harus dikembangkan secara baik.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Arikunto, Suharsimi. 2010. *Pengembangan Instrumen Penelitian dan Penilaian Program*. Jakarta : Pustaka Pelajar
- Kubota, Naminosuke. 2002. *Propellants and Explosives – Thermochemistry and Combustion*. WILEY-VCH : London

- Pemda Kabupaten Natuna. 2014. *Buku Putih Sanitasi Kabupaten Natuna*. Riau : Pemda Natuna
- Sadraey, Mohammad. 2013. *Aircraft Design A Systems Engineering Approach*. Wiley. United Kingdom.
- Tyar, Semmy. Erlinda, E . 2017. *TERBANG LANDAS JET TEMPUR KF-X/IF-X*, Universitas Pertahanan. Bogor.
- Yakti, Probo Darno. 2017. *TNI Angkatan Laut sebagai World Class Navy pada Strategi Pertahanan dalam Mewujudkan Poros Maritim Dunia*. Semarang : Gema Keadilan Universitas Diponegoro.

Jurnal

- Characterisation of explosive weapons study. 2017. “Annex A – 122 mm BM-21 Multi Barrel Rocket Launcher”, *Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD)*. Geneva
- Maguire, Martin. Bevan, Nigel. 2002. “User Requirements Analysis“. *Proceedings of IFIP 17th World Computer Congress, Montreal, Canada*. P133-148
- Gustafsson, Tobias. Johansson, Anders. 2015. *Comparison between Battery Electric Vehicles and Internal Combustion Engine Vehicles fueled by Electrofuel*” Department of Energy and Environment, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY , Gothenburg, Sweden.

Artikel / Internet

- Fadya, Aprilian. *Pentingnya Pembangunan Pangkalan Militer Natuna*. Dalam [http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/163267-\[_Konten_\]](http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/163267-[_Konten_])-Pentingnya-Hen0001.pdf, di akses pada tanggal 19 oktober 2018