

ANALISIS MOBILITAS MEDIUM TANK PT. PINDAD PADA DEFORMASI TERRAIN

ANALYSIS of PT. PINDAD MEDIUM TANK'S MOBILITY ON TERRAIN DEFORMATION

Muhammad Abdi Subhanuddin Gilman

Universitas Pertahanan

Indonesia Peace and Security Center, Sentul, Bogor, Indonesia 16810

muhammadabdisgilman@gmail.com

Sovian Aritonang

Universitas Pertahanan

Indonesia Peace and Security Center, Sentul, Bogor, Indonesia 16810

sovian.aritonang@idu.ac.id

Ade Bagdja

Universitas Pertahanan

Indonesia Peace and Security Center, Sentul, Bogor, Indonesia 16810

abagdja@pindad.com

Abstrak – Upaya pengembangan industri pertahanan dilaksanakan untuk memoderenisasi kekuatan militer, salah satunya dengan melakukan pengembangan teknologi pertahanan. Fokus pengembangan teknologi Alpalhankam khususnya *Medium Tank* melibatkan kementerian dan lembaga dengan melakukan *joint development*. Dalam hal ini, PT.Pindad melakukan *joint development Medium Tank* bersama FNSS *Defense System* Turki. Pengembangan *Medium Tank* memiliki tiga kriteria, yakni *survivability*, *fire power*, dan *mobility*. Tujuan dari penelitian ini berfokus pada mobilitas *Medium Tank* mencakup analisis parameter *terrain* dan *Medium Tank* serta analisis interaksi *terrain* dengan *Medium Tank*. Analisis data empiris untuk mendapatkan pengukuran daya dukung tanah dengan *Cone Index* (CI) untuk tanah liat adalah 399,89 kN/m² dan pasir 710,16 kN/m², *Remoulding Cone Index* (RI) adalah 5,5 kN/m², *Rating Cone Index* (RCI) untuk tanah liat adalah 317 kN/m² dan pasir 565 kN/m², perhitungan parameter kendaraan dengan *Nominal Ground Pressure* (NGP) adalah 74,929 kN/m², *Mobility Index* (MI) adalah 72,286, *Mean Maximum Pressure* (MMP) adalah 236,783 kN/m², perhitungan parameter limit kendaraan dengan *Limiting Cone Index* (CI_L) adalah 197 kN/m², *Vehicle Cone Index* (VCI) 1 *passing* adalah 144,066 kN/m² dan 50 *passing* adalah 335,458 kN/m², *Vehicle Limiting Cone Index* (VCI_L) adalah 306,32 kN/m², terakhir pengukuran performa *Medium Tank* dengan *Mobility*

Numeric untuk tanah liat adalah 3,48 beserta pasir adalah 1,414 dan Excess Soil Strength untuk tanah liat pada passing 1 dan 50 adalah 0,522 dan -0,386, hal ini mengisaratkan bahwa Medium Tank tidak dapat atau dapat melewati namun beresiko tertahan dalam melewati terrain yang ditentukan, karena nilai RCI lebih kecil dari VCI. Excess soil strength untuk pasir pada passing 1 dan 50 adalah 0,6565 dan 0,606, hal ini mengisyaratkan bahwa terrain dapat dilewati Medium Tank.

Kata kunci: terrain, Medium Tank, interaksi terrain – Medium Tank

Abstract – Defense industry development efforts is implemented regarding military power modernization, one of it is implemented through defense technology development. Defense and Security Equipment Tools development focus especially Medium Tank is involving ministries and institutions to build join development. In this case, PT. PINDAD is underway Medium Tank join development with Turkey's FNSS Defense System. Medium Tank development has three substances such as survivability, fire power, and mobility. This research focused on mobility of Medium Tank, including terrain parameter analysis and Medium Tank interaction to terrain. As the empirical data analytics to know land carrying capacity measurements towards cone index (CI) for clay is 399,89 kN/m² and for sand is 710,16 kN/m², Remoulding Cone Index (RI) is 5,5 kN/m², Rating Cone Index (RCI) for clay is 317 kN/m² kN/m² and for sand is 565 kN/m², vehicle's parameter calculation towards Nominal Ground Pressure (NGP) is 74,929 kN/m², Mobility Index (MI) is 72,286, Mean Maximum Pressure (MMP) is 236,783 kN/m², vehicle's limit parameter calculation towards Limiting Cone Index (CI_L) is 197 kN/m², Vehicle Cone Index (VCI) 1 passing is 144,066 kN/m² and 50 passing is 335,458 kN/m², Vehicle Limiting Cone Index (VCI_L) is 306,32 kN/m², the last is Medium Tank's performance measurement towards Mobility Numeric for clay is 3,48 with sand is 1,414 and Excess Soil Strength for clay on passing 1 and 50 is 0,522 and -0,386, this requires that the Medium Tank cannot or can pass but is at risk of being stuck in passing the specified terrain, because the RCI value is smaller than VCI. Excess soil strength for sand on passing 1 and 50 is 0,6565 and 0,606, this implies that the terrain can be passed by Medium Tank.

Keywords: terrain, Medium Tank, terrain – Medium Tank interaction

Pendahuluan

Upaya pencapai tujuan nasional dan melindungi kepentingan nasional memunculkan tantangan keamanan. Perkembangan kawasan Asia Pasifik yang sangat dinamis memberi dampak pada permasalahan keamanan. Beberapa negara di kawasan Asia Pasifik telah memodernisasi kekuatan pertahanan, menciptakan situasi yang kompleks dan berbahaya, terutama dikaitkan dengan adanya potensi konflik

yang sedang berlangsung di kawasan, seperti di Laut Cina Selatan. Berkaca dari hal ini Indonesia melakukan modernisasi kekuatan militer yang dengan pengembangan teknologi pertahanan. Pengembangan teknologi pertahanan yang dimaksudkan untuk membangun kemampuan menghasilkan Alat Peralatan Pertahan Keamanan (Alpalhankam) yang

unggul.¹ Sistem pertahanan Indonesia yang menyangkut Alpalhankam menjadi agenda utama dalam menyempurnahkan kekuatan postur pertahanan Indonesia dalam menghadapi berbagai potensi ancaman.² Fokus pengembangan teknologi Alpalhankam dilakukan melalui Industri Pertahanan Nasional dengan melibatkan Pemerintah sebagai regulator.³ Sinergitas ini dikoordinasikan dalam Komite Kebijakan Industri Pertahanan (KKIP) sebagai koordinator perencanaan, perumusan, pelaksanaan, pengendalian, sinkronisasi, dan evaluasi penyelenggara Industri Pertahanan.⁴

Industri Pertahanan yang bergerak dalam pengembangan teknologi Alpalhankam yaitu PT. Pindad yang berfungsi untuk pemenuhan kebutuhan Alpalhankam Pertahanan Indonesia.⁵ Pengembangan tujuh Alpalhankam strategis kementerian pertahanan dalam pemenuhan

MEF memasukan proyek *Medium Tank*.⁶ Proyek *Medium Tank* dalam program tersebut adalah keinginan Kementerian Pertahanan meningkatkan sumber daya manusia dan meningkatkan kemampuan Industri Pertahanan khususnya PT. Pindad untuk merancang sendiri produknya sesuai kebutuhan TNI⁷. Kemampuan *Medium Tank* yang memiliki daya hancur yang mematikan, akurasi dan daya jangkau yang lebih jauh, sistem kontrol yang efektif, kecepatan mobilitas operasional dan taktis yang lebih tinggi serta keunggulan lainnya menjadi syarat pengembangan teknologi Alpalhankam keinginan Kementrian Pertahanan dan khususnya kebutuhan satuan matra darat sebagai pelengkap dan pelindung pasukan infanteri.⁸ Direncanakan proyek *Medium Tank* adalah untuk

¹ Kementerian Pertahanan Republik Indonesia, *Buku Putih Pertahanan Indonesia*, ISBN 978-979-8878-04-6, (Jakarta: Kementerian Pertahanan Republik Indonesia, 2015).

² Yahya A. Muhaimin, *Bambu Runcing dan Mesiu: Masalah Kebijakan Pembinaan Pertahanan Indonesia*, (Yogyakarta: Tiara Wacana, 2008).

³ Ibid

⁴ Undang-Undang No. 16 Tahun 2012 Tentang Industri Pertahanan.

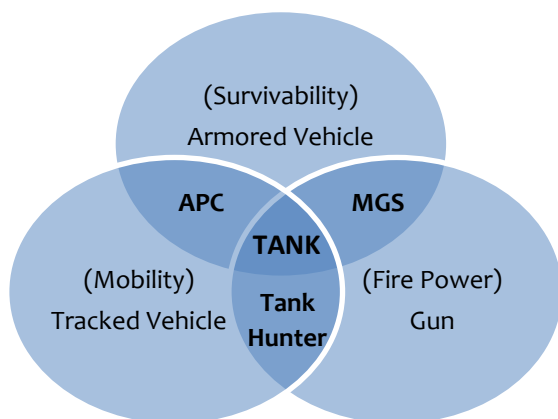
⁵ Ibid

⁶ Kementerian Pertahanan Republik Indonesia, "Menhan Tinjau Perkembangan Pengembangan *Medium Tank* PT Pindad", dalam <https://www.kemhan.go.id/2017/09/18/menhan-tinjau-perkembangan-pengembangan-medium-tank-pt-pindad.html>, 18 September 2017, Diakses pada 20 April 2019.

⁷ PT. Pindad (Persero), "Sarasehan Industri Pertahanan di Pindad, Menhan Tinjau Turret Dalam Mendukung *Medium Tank*", dalam <https://pindad.com/sarasehan-industri-pertahanan-di-pindad-menhan-tinjau-turret-dalam-mendukung-medium-tank>, 18 September 2017, Diakses pada 14 Mei 2019.

⁸ Andi Widjajanto, "Revolusi Teknologi Militer dan Kemandirian Industri Pertahanan Indonesia", *Jurnal Pertahanan*, volume 2, nomor 2, 2012.

modernisasi Tank Ringan uzur AMX-13 buatan Perancis dan juga akan menggantikan Tank Scorpion buatan Inggris yang masih menjadi andalan YonKav TNI AD saat ini. Sehingga nantinya akan menjadi satu Platform Tank yang dapat menghasilkan varian lain selain *Main Battle Tank*, yakni *Light Tank*, *Armored Personnel Carrier (APC)*, *Infantry Fighting Vehicle (IFV)*, *ACV*, *Self Propelled Artillery*, dan *Self Propelled Missile System*. Berikut adalah kriteria yang menjadi bagian dari *Medium Tank* pada gambar 1.



Gambar 1. Kriteria Medium Tank

Sumber : MSI Turkish Defense Review, "Analysis: KAPLAN MT Poised to Become Force Multiplier for Indonesia", dalam <http://www.milscint.com/en/analysis-kaplan-mt-poised-to-become-force-multiplier-for-indonesia/>, 2017.

Pengembangan teknologi *Medium Tank* memiliki tiga kriteria, pertama *Survivability* (Ketahanan) yaitu *Armored*

Vehicle, *Medium Tank* rancangan PT. Pindad dan FNSS memiliki kemampuan pertahanan balistik dan anti ancaman ranjau terkini, seperti sejumlah proteksi canggih sebagai pelindung pasukan. Kedua *Fire Power* (Daya Gempur) yaitu *Gun*, kendaraan lapis baja ini diawaki oleh tiga orang petugas yakni komandan, *driver* dan penembak (*loader*). Untuk persenjataan, *Medium Tank* menggunakan meriam CMI Cockeril 3105 yang terintegrasi dengan Senapan mesin *coaxial* kaliber 7.62 mm. Ketiga *Mobility* (Daya gerak) yaitu *Tracked Vehicle*. Kemampuan gerak, manuvernya lincah dan mampu melakukan *pivot*. Mobilitas merupakan karakteristik penting dari sebuah *Medium Tank*. Seluruh parameter dari tank memberi kemampuan kepada komandan militer untuk memproyeksikan kekuatan ke titik mana pun dalam menjalankan operasi. Karena beragam sifat dan lokasi konflik militer, maka *Medium Tank* seharusnya idealnya dapat beroperasi di atas segala jenis *terrain*. Dalam prakteknya ada batasan tetapi ini harus sesedikit mungkin. Ada beberapa faktor yang dapat membatasi mobilitas *Medium Tank*. Karena *Medium Tank* adalah kendaraan darat, beratnya harus didukung oleh *terrain* di

mana mereka beroperasi. Jika melewati soft terrain, menyebabkan tank tenggelam berlebihan, yang dapat menyebabkan immobilitas. Sumber immobilitas lain adalah hambatan, yang muncul dalam berbagai bentuk. Bentuk parit yang menyebabkan Medium Tank dapat jatuh dan tidak dapat melepaskan diri. Puing – puing perkotaan atau penghalang dari sifat yang mirip. Masalah mobilitas lain oleh rintangan air, yang mungkin cukup dangkal untuk mengaranginya, atau cukup dalam sehingga perlu untuk mendapatkan kemampuan amfibi. Desain suspensi yang tidak sesuai dapat mempengaruhi tekanan tanah ketika kendaraan beroperasi di medan kasar dan kemampuan kendaraan untuk melewati hambatan.

Mobilitas didefinisikan sebagai kemampuan untuk bergerak atau berpindah secara bebas dan mudah. Mobilitas Medium Tank secara khusus didefinisikan sebagai kemampuan untuk bergerak pada terrain tertentu yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan.⁹ Kondisi geografis Indonesia yang beragam meliputi daerah hutan,

⁹ Aby K. George, Harpreet Singh, Macam S. Dattathreya, & Thomas J. Meitzler, "A Fuzzy Simulation Model for Military Vehicle Mobility Assessment", Hindawi Research Article, Vol.2017, 2017.

perkotaan, rawa-rawa, perairan, dan pegunungan merupakan daerah yang sangat bervariasi. Perbatasan Kalimantan memiliki topografi sebagian daerah daratannya berawa – rawa bercampur gambut dan hutan mangrove.¹⁰ Pada perbatasan Papua topografi daerah cukup bervariasi, mulai dari dataran, hingga landai serta berbukit atau gunung 700 meter di atas permukaan air laut. Terdiri dari perbukitan yang terjal, rawa-rawa dan hutan lindung.¹¹ Pentingnya penguasaan terrain untuk mobilitas medium tank, karena ketika menjalankan operasi di daerah perbatasan, mobilitas kendaraan mampu melalui jenis tanah yang bersifat kering, basah, berupa pasir, atau tertutup salju. Jenis – jenis tanah ini didefinisikan sebagai terrain yang berdeformasi. Deformasi terrain adalah perubahan bentuk, posisi, dimensi terrain yang dipengaruhi oleh faktor tekanan dari berbagai arah, yang menjadikan terrain bersifat elastis dan plastis. Konsep dari deformasi terrain ini menjadikan mekanika

¹⁰ Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat, "Gambaran Umum Aspek Geografis Kalimantan Barat", dalam <http://kalbarprov.go.id/info.php?landing=2>, Diakses pada 25 Februari 2019.

¹¹ Pemerintah Provinsi Papua, "Keadaan Topografi Dan Iklim", dalam <https://www.papua.go.id/view-detail-kabupaten-274/Keadaan-Topografi-danIklim.html>, Diakses pada 26 Februari 2019.

tanah adalah faktor untuk mobilitas *Medium Tank*. Selain itu juga perlunya pengembangan untuk menguasai teknologi *track*.¹² *Track* adalah suatu sistem pergerakan kendaraan yang menggunakan roda sebagai penggerak yang berhubungan dengan sabuk. Sabuk yang digunakan biasanya dibuat dari baja yang mengakibatkan gaya gesek di area kontak sabuk dengan *terrain* yang ditempuhnya. Hal ini menimbulkan gaya traksi pada kendaraan yang mengakibatkan kendaraan bergerak maju. Mobilitas *track Medium Tank* PT. Pindad dalam hal ini Industri Pertahanan baru dalam pengembangan Tank atau khususnya kendaraan *track* menjadikan kurangnya pengetahuan tentang teknologi mobilitas tank secara detail,¹³ Penguasaan teknologi *track* tank masih relatif tertinggal dibanding negara maju produsen Alpalhankam lainnya. Disamping itu juga untuk pemenuhan Alpalhankam yang mempunyai standart *North Atlantic Treaty*

Organization (NATO). Mobilitas *track Medium Tank* masih belum dikembangkan utamanya oleh TNI sebagai pengguna, penelitian terhadap mobilitas *track* masih berfokus pada kendaraan pertanian, eksplorasi planet, pertambangan dan konstruksi atau alat berat yang menggunakan tipe *rigid track* dan belum maksimal di bidang pertahanan yang fokusnya adalah *flexible track*, serta sarana dan prasarana untuk penelitian mobilitas *track* tank masih terbatas di Indonesia.

Memahami kondisi *terrain* sangatlah penting, namun faktor utama untuk mobilitas *Medium Tank* juga harus mengevaluasi performa *track*. Performa kendaraan *track* memperhitungkan semua parameter kendaraan desain dan operasional kendaraan *track*, serta karakteristik *terrain*. Berbagai model untuk memprediksi dan mengevaluasi kinerja kendaraan *track* telah dikembangkan. Pengembangan ini berdasarkan metode empiris.¹⁴ Metode ini didasarkan pada hasil uji angka kendaraan *track* yang representatif di berbagai medan yang diminati. Kendaraan yang diukur kinerjanya kemudian berkorelasi

¹² Dani Wardhana, "Ranpur *Medium Tank* untuk memperkuat dan meningkatkan profesionalisme prajurit kavaleri TNI AD", Jurnal Yudhagama, Vol. 37, No. 4, 2017.

¹³ Radhana Dwi Wibowo, "Membuat Tank Tempur Utama (MBT) Sendiri", dalam <http://lembagakeris.net/membuat-tank-tempur-utama-mbt-sendiri/>, 16 Oktober 2016, Diakses pada 20 Februari 2019.

¹⁴ Jo Yung Wong & J Preton-Thomas, "Parametric analysis of tracked vehicle performance using an advanced computer simulation model", 1986.

secara empiris dengan kondisi *terrain*, biasanya diidentifikasi dengan observasi dan pengukuran sederhana. Ini dapat mengarah pada pembentukan skala untuk mengevaluasi mobilitas kendaraan di satu sisi dan lalu lintas medan di sisi lain.¹⁵ Maka akan memberikan hasil untuk tiap parameter yang berinteraksi dan mengetahui kondisi statis dan dinamis medium tank yang bergerak pada *terrain* yang berdeformasi. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah pertama menganalisis parameter *terrain* dan parameter kendaraan terhadap mobilitas *Medium Tank*. Kedua menganalisis interaksi parameter *terrain* dengan parameter kendaraan terhadap mobilitas *Medium Tank*.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif yang dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat *positifisme*, mengumpulkan data menggunakan instrumen peneliti, analisis data bersifat kuantitatif statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan, dapat diklasifikasikan, relatif tetap, konkrit,

teramati, terukur dan hubungan gejala bersifat sebab akibat, sehingga kesimpulan hasil penelitian dapat digeneralisasikan. Penelitian kuantitatif yang dilakukan menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimen yang digunakan sebagai metode untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu dari tanah terhadap kendaraan dalam kondisi tertentu, karena variabel – variabel *terrain* dipilih dan variabel kendaraan dapat mempengaruhi proses perhitungan.

Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahapan dimana peneliti melakukan studi literatur dan studi lapangan terhadap parameter *terrain* dan parameter kendaraan *tracked*. Selain itu juga mengenai penelitian terdahulu dari penelitian *terramechanic*. Literatur yang digunakan berupa buku, jurnal ilmiah, dan tesis mengenai topik yang sedang diteliti.

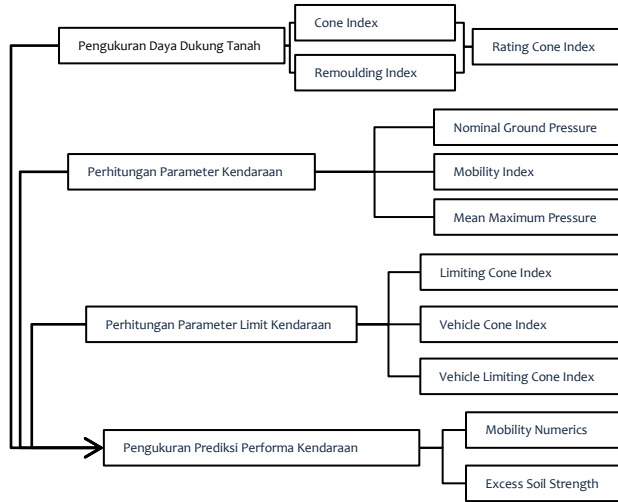
Teknik Analisis Data

Analisis eksperimen digunakan untuk pengujian empiris lapangan terkait parameter yang telah ditentukan untuk mengetahui *Cone Index (CI)*, *Remoulding Index (RI)*, *Rating Cone Index (RCI)*, *Nominal*

¹⁵ Jo Yung Wong, *Theory of ground Vehicle (third edition)*, (Ottawa: Jhon Wiley & Sons, Inc, 2001).

Ground Pressure (NGP), Mean Maximum Pressure (MMP), Mobility Index (MI), Limiting Cone Index (CL), Vehicle Cone Index (VCI), Vehicle Limiting Cone Index (VLCI), Mobility Numerics, dan Excess Soil Strength.

Pada Terramechanics soil diklasifikasikan sebagai, Tanah berbutir halus (Fine – Grained Soils), biasanya disebut "tanah liat" tetapi termasuk lumpur (<0,06 mm), Tanah berbutir kasar (Coarse – Grained Soils), biasanya disebut "pasir" tetapi termasuk kerikil (> 0,06 mm). Berikut adalah gambar klasifikasi tanah.



Gambar 2. Analisis Data

Sumber: Olahan Peneliti, 2019.

Pembahasan

1. Analisis parameter terrain

Tabel 1. Klasifikasi Tanah

Criteria for Assigning Group Symbols and Group Names Using Laboratory Tests				Soil Classification	
				Group Symbol	Group Name
COARSE-GRAINED SOILS More than 50% retained on No.200 Sieve	Gravels More than 50% of coarse fraction on No. 4 Sieve	Clean Gravels Less than 5% fines	$Cu \geq 4$ and $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Well-graded gravel
			$Cu < 4$ and/or $Cc < 1$ or $Cc > 3$	GP	Poorly graded gravel
		Gravels with Fines More than 12% fines	Fines classify as ML or MH	GM	Silty Gravel
			Fines classify as CL or CH	GC	Clayey gravel
	Sands 50% or more of coarse fraction passes No.4	Clean Sands Less than 5% fines	$Cu \geq 6$ and $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Well-graded sand

	sieve		$Cu < 6$ and/or $Cc < 1$ or $Cc > 3$	SP	Poorly graded sand
		Sands with Fines More than 12% fines	Fines classify as ML or MH	SM	Silty sand
			Fines classify as CL or CH	SC	Clayey sand
FINE-GRAINED SOILS 50% or more passes the no. 200 Sieve	Silts and Clays Liquid limit less than 50	Inorganic	$PI > 7$ and plots on or above "A" line	CL	Lean clay
			$PI < 4$ and plots below "A" line	ML	Silt
		Organic	Liquid limit—oven dried < 0.75	OL	Organic clay
			Liquid limit—not dried	OL	Organic silt
	Silts and Clays Liquid limit 50 or more	Inorganic	PI plots on or above "A" line	CH	Fat clay
			PI plots below "A" line	MH	Elastic silt
		Organic	Liquid limit—oven dried < 0.75	OH	Organic clay
			Liquid limit - not dried	OH	Organic silt
HIGHLY ORGANIC SOILS				PT	Peat

Sumber: ASTM International, *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*, Designation: D 2487 – 06, 2000.

Analisis lapangan kuantitatif mendalam tentang lalu lintas tanah melibatkan penggunaan set uji lalu lintas tanah. Jika analisis lapangan tidak memungkinkan, penentuan trafficabilitas dapat dilakukan berdasarkan informasi yang dikumpulkan dari jarak jauh. Langkah pertama dalam analisis lapangan tentang lalu lintas tanah adalah penentuan *Cone Index* (CI) tanah. CI, yang merupakan indikasi kekuatan geser tanah. Kemudian *Remolding Indeks* (RI),

RI adalah rasio kekuatan tanah yang dibentuk ulang dengan kekuatan tanah asli. RI diukur menggunakan peralatan remolding, nilai tipikalnya untuk tanah berbutir, $0,8 \text{ lb/in}^2$ atau $5,5 \text{ kN/m}^2$. Selanjutnya Rating Cone Index (RCI) adalah ukuran kekuatan tanah dihasilkan oleh lalu lintas kendaraan berulang. Ini adalah produk dari rata-rata pembacaan CI dan RI yang diambil pada lapisan tanah yang sama. RCI dihitung untuk lapisan tanah yang ditentukan menjadi kritis

untuk kendaraan yang digunakan dalam operasi. Berikut adalah persamaan yang digunakan.

$$RCI = Ri \times Ci \quad (1)$$

Dimana:

RCI = *Rating Cone Index*

Ci = *Cone Index*

Ri = *Remoulding Cone Index*

Tabel 2. Nilai RCI untuk tanah

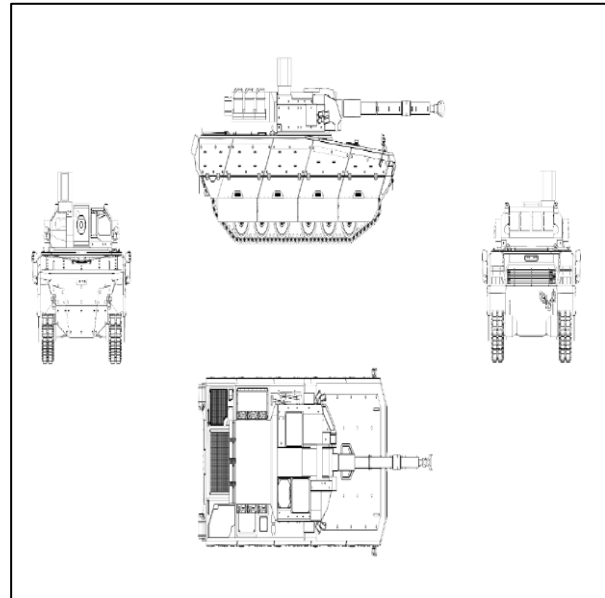
Topografi, Kondisi Kelembaban Tinggi		
Simbol Tipe – Tipe Tanah	RCI (Rentan prediksi)	RCI (Rata – rata)
Tanah Berbutir Kasar	66 – 98 (lb/in ²)	82 (lb/in ²)
SM – SC	455 – 675 (kN/m ²)	565 (kN/m ²)
Tanah Berbutir Halus	26 – 66 (lb/in ²)	46 (lb/in ²)
CL – ML	179 – 455 (kN/m ²)	317 (kN/m ²)

Sumber : olahan peneliti, 2019.

2. Analisis parameter Medium Tank

Analisis Parameter *Medium Tank* meliputi deskripsi *Medium Tank* dan dilanjutkan dengan perhitungan parameter kendaraan dengan *Nominal Ground Pressure (NGP)*, *Mobility Index (MI)*, *Mean Maximum Pressure (MMP)* dan perhitungan parameter limit kendaraan dengan *Limiting Cone Index (CI_L)*, *Vehicle Cone Index (VCI)*, *Vehicle Limiting Cone Index (VCI_L)*. Berikut adalah proyeksi

Medium Tank pada gambar 3, dan spesifikasi teknik *Medium Tank* yang dijelaskan pada tabel 3.



Gambar 3. Proyeksi Medium Tank

Sumber: Laporan PT. Pindad, 2017.

Tabel 3. Spesifikasi Teknik Medium Tank

Data Umum	
Power to Weight Ratio	20 Hp/ton
Engine	Diesel
Transmission	Fully Automatic
Crew	3 (Driver, Gunner, Commander)
Length	7 m
Width	3,2 m
Height Overall	2,7 m
Electrical System	24 v
Suspension System	Torsion Bar
Steering System	Transmission
Powerpack Position	Rear

Sumber: Laporan PT. Pindad, 2017

Nominal Ground Pressure (NGP) adalah parameter tekanan kendaraan terhadap tanah yang dilewati sesuai pengukuran persamaan (2).

$$NGP = \frac{W}{2bl} \quad (2)$$

Dimana:

NGP = Nominal Ground Pressure

W = gross vehicle weight

b = track width

l = nominal length of track on the ground

Tabel 4. Parameter Nominal Ground Pressure

Parameter	Satuan	Nilai	Nilai	Nilai
		MT	AMX-10P	BMP-3
NGP	kN/m ²	75	57	59
W	kN	294,2	142,2	183,38
b	m	0,48	0,425	0,38
l	m	4,09	2,93	4,06

Sumber : olahan peneliti, 2019.

Mobility Index (MI) adalah Parameter yang terkait dengan kinerja kendaraan VCI pada tanah berbutir halus dan kasar dari persamaan (3).

$$MI = \left[\frac{CPF \times WF}{TF \times GF} + WLF - CF \right] EF \times TRF \quad (3)$$

Dimana:

MI = Mobility Index

CPF = Contact Pressure Factor

$$CPF = \frac{W}{2bl}$$

WF = Weight Factor

1,0 (W < 50.000 lb)

1,2 (50.000 lb < W < 69.999 lb)

1,4 (70.000 lb < W < 99.999 lb)

1,8 (W ≥ 100.000 lb)

TF = Track Factor

TF = 0,01 × b

GF = Grouser Factor

1,0 (grousers < 1,5 in high)

1,1 (grousers > 1,5 in high)

WLF = Wheel Load Factor

$$WLF = \frac{W \text{ (lbf)}}{10NA_{shoe}}$$

CF = Clearance Factor

CF = ground clearance / 10

EF = Engine Factor

1,0 (power mass ratio > 10 hp/ton)

1,05 (power mass ratio < 10 hp/ton)

TRF = Transmission Factor

1,0 (hydraulic transmission)

1,05 (manual transmission)

Tabel 5. Parameter Mobility Index

Parameter	Satuan	Nilai MT	Nilai AMX-10P	Nilai BMP-3
MI	-	72	51	60
CPF	lb/in ²	10,868	8,281	8,620
WF	-	1,2	1,0	1,0
TF	in	0,189	0,167	0,1496
GF	-	1,0	1,0	1,0
WLF	lb/in ²	4,857	3,595	3,856
CF	in	1,5748	1,772	1,5748
EF	hp/ton	1,0	1,0	1,0
TRF	-	1,0	1,0	1,0

Sumber : olahan peneliti, 2019.

Mean Maximum Pressure (MMP) adalah Parameter pada persamaan (4) yang terkait dengan *ground* rata-rata tekanan kontak di bawah kendaraan dan digunakan untuk mewakili kinerja potensi tanah lunak.

$$MMP = \frac{1,26W}{2mbe \sqrt{pd}} \quad (4)$$

Dimana:

MMP = *Mean Maximum Pressure*

W = *gross vehicle weight*

m = *number of wheel on one track*

b = *track width*

p = *track pitch*

d = *roadwheel diameter*

e = *track link profile factor footprint-area/pb*

Tabel 6. Parameter Mean Maximum Pressure

Parameter	Satuan	Nilai MT	Nilai AMX-10P	Nilai BMP-3
MMP	kN/m ²	238	165	186
W	kN	294,2	142,2	183,38
m	-	6	5	6
b	m	0,48	0,425	0,38
p	m	0,152	0,135	0,15
d	m	0,60	0,597	0,55
e	-	0,9	0,9	0,95

Sumber : olahan peneliti, 2019.

Limiting Cone Index (CI_L) adalah Parameter batas *Cone Index* dari tanah yang akan dilewati *Medium Tank* yang ditentukan sesuai persamaan (5).

$$CI_L = 0,83 \text{ MMP} \quad (5)$$

Dimana:

CI_L = *Limiting Cone Index*

MMP = *Mean Minimum Pressure*

Tabel 7. Parameter Limiting Cone Index

Parameter	Satuan	Nilai MT	Nilai AMX-10P	Nilai BMP-3
CI _L	kN/m ²	197	137	154
MMP	kN/m ²	238	165	186

Sumber : olahan peneliti, 2019.

Vehicle Cone Index adalah kekuatan tanah minimum diperlukan untuk membuat kendaraan melewati sejumlah lintasan tertentu. Pertimbangan paling

sering diberikan untuk satu pass VCI_1 sesuai persamaan (6) dan lima puluh pass VCI_{50} pada persamaan (7).

$$VCI_1 = 7,0 + 0,2 MI - \frac{39,2}{MI + 5,6} \quad (6)$$

$$VCI_{50} = 19,27 + 0,43 MI - \frac{125,79}{MI + 7,8} \quad (7)$$

Dimana:

VCI = *Vehicle Cone Index*

MI = *Mobility Index*

Tabel 8. Parameter Vehicle Cone Index

Parameter	Satuan	Nilai		
		MT	AMX-10P	BMP-3
VCI_1	kN/m^2	144	114	127
VCI_{50}	kN/m^2	335	269	298
MI	-	72	51	60

Sumber : olahan peneliti, 2019.

Vehicle Limiting Cone Index yang diterangkan pada persamaan (8) adalah kekuatan batas tanah minimum diperlukan untuk membuat kendaraan melewati sejumlah lintasan tertentu.

$$VCI_L = \frac{1,63W}{2mbe\sqrt{pd}} \quad (8)$$

VCI_L = *Vehicle Limit Cone Index*

W = *gross vehicle weight*

m = *number of wheel on one track*

b = *track width*

p = *track pitch*

d = *roadwheel diameter*

e = *track link profile factor footprint-area/pb*

Tabel 9. Parameter Vehicle Limiting Cone Index

Parameter	Satuan	Nilai		
		MT	AMX-10P	BMP-3
VCI_L	kN/m^2	306	213	240
W	kN	294,2	142,2	183,38
m	-	6	5	6
b	m	0,48	0,425	0,38
p	m	0,152	0,135	0,15
d	m	0,60	0,597	0,55
e	-	0,9	0,9	0,95

Sumber : olahan peneliti, 2019.

3. Analisis parameter interaksi terrain – *Medium Tank*

Prediksi Performa Mobilitas adalah cara yang lebih banyak untuk memprediksi mobilitas kendaraan *track*. Metode yang digunakan, yang ingin dicapai dengan mencocokkan persamaan dengan hasil penyelidikan eksperimental.

Mobility Numerics adalah Parameter untuk menggambarkan nilai dari tanah berbutir halus disesuaikan dengan persamaan (9) dan tanah berbutir kasar disesuaikan dengan persamaan (10), sebagai berikut;

$$\pi_{TC} = 11,25 \left[\frac{0,145 RCI}{MMP} \right]^{0,72} \quad (9)$$

Dimana :

π_{TC} = Mobility Numercs Clay
 RCI = Rating Cone Index
 MMP = Mean Maximum Pressure
 $\pi_{TS} = \frac{G(b)^{1,5}}{W}$ (10)
 Dimana :
 π_{TS} = Mobility Numercs Sand
 G = Penetration resistance gradient sand
 W = gross vehicle weight
 b = track width
 l = length of track on ground

Tabel 10. Parameter Mobility Numerics

Parameter	Satuan	Nilai MT	Nilai AMX-10P	Nilai BMP-3
π_{TC}	-	3,48	1,117	1,024
RCI	lb/in ²	46	46	46
MMP	lb/in ²	34	24	27
π_{TS}	-	1,414	1,477	1,637
G	tan 30°	0,557	0,557	0,557
W	lb	66138	31967	41226
b	in	18,897	16,732	14,961
l	in	161,024	115,354	159,841

Sumber : olahan peneliti, 2019.

Excess Soil Strenght adalah Parameter yang menghitung kelebihan kekuatan tanah, yang ditentukan dengan mengurangi vehicle cone index dengan rating cone index dinyatakan dengan persamaan (11) dan (12).

$$\frac{D}{W} (FGS) = 0,6512633 -$$

$$\frac{4,90683}{RCI - VCI_{50} + 7,285463} + 0,02224646$$

(ML, CL, SM) (11)

$$\frac{D}{W} (CGS) = 0,6969994 -$$

$$\frac{5,131209}{RCI - VCI_{50} + 6,99228} + 0,03483978$$

(SC, CH) (12)

Dimana :
 $\frac{D}{W}$ = drawbar coefficient
 RCI = Rating Cone Index soil lb/in²
 VCI₅₀ = Vehicle Cone Index soil lb/in²

Tabel 11. Parameter Excess Soil Strength

Parameter	Satuan	Nilai MT	Nilai AMX-10P	Nilai BMP-3
D/W ₁ (FGS)	-	0,522	0,540	0,533
D/W ₅₀ (FGS)	-	-0,386	0,330	0,196
D/W ₁ (CGS)	-	0,6565	0,661	0,660
D/W ₅₀ (CGS)	-	0,606	0,629	0,620
RCI _{clay}	lb/in ²	82	82	82
RCI _{sand}	lb/in ²	46	46	46
VCI ₁	lb/in ²	20,895	16,507	18,402
VCI ₅₀	lb/in ²	48,654	39,061	43,215

Sumber : olahan peneliti, 2019.

RCI > VCI maka kendaraan dapat melintas lebih dari 50 kali dalam lintasan yang sama, RCI ≥ VCI maka kendaraan dapat melewati 1~2 kali dalam lintasan

yang sama, dan $RCI \leq VCI$ maka kendaraan tidak bisa lewat.

Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yaitu;

1. Analisis parameter *terrain* dan parameter *Medium Tank*

a) Parameter *terrain*

Analisis parameter *terrain* adalah nilai rata – rata dari *Rating Cone Index* (RCI) untuk tanah liat atau tanah berbutir halus adalah 46 lb/in² atau 317 kN/m² dan pasir atau tanah berbutir kasar 82 lb/in² atau 565 kN/m².

b) Parameter *Medium Tank*

Analisis parameter *Medium Tank* meliputi *Nominal Ground Pressure* (NGP), *Mobility Index* (MI), *Mean Maximum Pressure* (MMP), *Limiting Cone Index* (C_L), *Vehicle Cone Index* (VCI) dan *Vehicle Limiting Cone Index* (VCL). *Nominal Ground Pressure* untuk *Medium Tank* 74,929 kN/m², *Mobility Index Medium Tank* adalah 72, *Mean Maximum Pressure Medium Tank* adalah 238 kN/m², *Limiting Cone Index* untuk *Medium Tank* adalah 197 kN/m²,

Vehicle Cone Index Medium Tank untuk *passing 1* adalah 144 kN/m² sedangkan untuk *passing 50* adalah 335 kN/m² dan *Vehicle Limiting Cone Index Medium Tank* adalah 306 kN/m².

2. Analisis interaksi parameter *terrain* dengan parameter *Medium Tank*

Analisis parameter *terrain* – *Medium Tank* meliputi *Mobility Numeric* dan *Excess Soil Strength*. *Mobility numeric* untuk tanah liat atau tanah berbutir halus adalah 3,48 dan untuk pasir atau yang berbutir kasar adalah 1,414. *Excess Soil Strength* untuk tanah liat pada *passing 1* dan 50 adalah 0,522 dan -0,386, hal ini mengisaratkan bahwa *Medium Tank* tidak dapat atau dapat melewati namun beresiko tertahan dalam melewati *terrain* yang ditentukan, karena nilai RCI lebih kecil dari VCI. *Excess soil strength* untuk pasir pada *passing 1* dan 50 adalah 0,6565 dan 0,606, hal ini mengisyaratkan bahwa *terrain* dapat dilewati *Medium Tank*.

Saran

Saran penelitian terdiri atas saran teoritis dan saran praktis. Berikut ini adalah saran untuk penelitian selanjutnya;

1. Saran Teoritis

Saran teoritis yang didapatkan dalam penelitian ini untuk akademisi adalah pengembangan penelitian diharapkan agar dilanjutkan pada proses pembuatan numerik dan simulasi.

2. Saran Praktis

Saran praktis pada penelitian ini diharapkan berguna untuk *Stakeholder* agar dapat mengejar ketertinggalan akan ilmu terramekanik, hal ini didasari karena pengembangan tank sudah dimulai oleh NATO dengan menggunakan *software* pada tahun 1968. Untuk TNI khususnya Kavaleri dan Zeni untuk bersinergi mengembangkan ilmu terramekanik untuk menentukan medan operasi yang akan dilalui ketika terjadi perang darat di wilayah perbatasan.

Daftar Pustaka

Buku

- Muhaimin, Yahya A. 2008. *Bambu Runcing dan Mesiu: Masalah Kebijakan Pembinaan Pertahanan Indonesia*. Yogyakarta: Tiara Wacana.
- Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. 2015. *Buku Putih Pertahanan Indonesia*. ISBN 978-979-8878-04-6. Jakarta: Kementerian Pertahanan Republik Indonesia.

Wong, Jo Yung. 2001. *Theory of ground Vehicle*. Third edition. Ottawa: Jhon Wiley & Sons, Inc

Jurnal

- ASTM International. 2000. "Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)". Designation: D 2487 – 06.
- George, A K, et al. 2017. "A Fuzzy Simulation Model for Military Vehicle Mobility Assessment". *Hindawi Research Article*. Vol.2017.
- Wardhana, Dani. 2017. "Ranpur Medium Tank untuk memperkuat dan meningkatkan profesionalisme prajurit kavaleri TNI AD". *Jurnal Yudhagama*. Vol. 37, No. 4.
- Widjajanto, A. 2012. "Revolusi Teknologi Militer dan Kemandirian Industri Pertahanan Indonesia". *Jurnal Pertahanan*. Vol.2, No.2.
- Wong, Jo Yung & Preton-Thomas, J. 1986. "Parametric analysis of tracked vehicle performance using an advanced computer simulation model".

Website

- Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. 2017. "Menhan Tinjau Perkembangan Pengembangan Medium Tank PT Pindad". Tersedia di <https://www.kemhan.go.id/2017/09/18/menhan-tinjau-perkembangan-pengembangan-medium-tank-pt-pindad.html>. Diakses pada 20 April 2019.
- MSI Turkish Defense Review. 2017. "Analysis: KAPLAN MT Poised to Become Force Multiplier for Indonesia". Terdapat pada <http://www.milscint.com/en>

/analysis-kaplan-mt-poised-to-become-force-multiplier-for-indonesia/. Diakses pada 20 Februari 2019.

Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat. "Gambaran Umum Aspek Geografis Kalimantan Barat". Tersedia di <http://kalbarprov.go.id/info.php?landing=2>. Diakses pada 25 Februari 2019.

Pemerintah Provinsi Papua. "Keadaan Topografi Dan Iklim". Tersedia di <https://www.papua.go.id/view-detail-kabupaten-274/Keadaan-Topografi-danIklim.html>. Diakses pada 26 Februari 2019.

PT. Pindad (Persero). 2017. "Sarasehan Industri Pertahanan di Pindad, Menhan Tinjau Turret Dalam Mendukung Medium Tank". Tersedia di <https://pindad.com/sarasehan-industri-pertahanan-di-pindad-menhan-tinjau-turret-dalam-mendukung-medium-tank>. Diakses pada 14 Mei 2019.

Wibowo, Radhana D. 2016. "Membuat Tank Tampur Utama (MBT) Sendiri". Terdapat pada <http://lembagakeris.net/membuat-tank-tempur-utama-mbt-sendiri/>. Diakses pada 20 Februari 2019.

Peraturan perundang – undangan

Undang – Undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan.