

STUDI ERGONOMI DESAIN KURSI PENUMPANG KENDARAAN TAKTIS MAUNG 4X4 PT. PINDAD BERDASARKAN ANTROPOMETRI PENGGUNA BERBASIS VIRTUAL ENVIRONMENT MODELLING MENGGUNAKAN METODE POSTURE EVALUATION INDEX (PEI)

ERGONOMIC STUDY OF PASSENGER SEAT DESIGN OF MAUNG 4X4 TACTICAL VEHICLE PT. PINDAD BASED ON USER ANTHROPOMETRY BASED ON VIRTUAL ENVIRONMENT MODELING USING POSTURE EVALUATION INDEX (PEI) METHOD

Alran Rony Rinaldho¹, Erzi Agson Gani², Ade Bagdja³

^{1,2,3} PROGRAM STUDI TEKNOLOGI DAYA GERAK, FAKULTAS TEKNOLOGI PERTAHANAN, UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA

¹Alranrony.rinaldho@gmail.com

²erzi.agsongani@gmail.com

³ade.bagdja@gmail.com

Abstrak – Pertahanan negara menjadi salah satu faktor penting dalam menjamin eksistensi dan kelangsungan hidup suatu bangsa dan negara. Dalam rangka membangun suatu sistem pertahanan negara yang kuat tersebut salah satu syarat utamanya adalah terpenuhinya kebutuhan akan alat peralatan pertahanan dan keamanan (Alpalhankam) yang modern, handal dan berdaya saing tinggi secara mandiri. Salah satu Alpalhankam yang mendukung terwujudnya sistem pertahanan negara yang kuat tersebut adalah kendaraan taktis (rantis). Saat ini, paralel dengan proses produksi, PT. Pindad terus melakukan penelitian dan pengembangan untuk menyempurnakan rantis maung 4x4 agar memenuhi terhadap perkembangan teknologi dan tuntutan peningkatan yang ditetapkan oleh TNI dan Kementerian Pertahanan. Namun, selama ini proses desain dan rekayasa rantis maung masih belum secara komprehensif dan optimal memanfaatkan studi ergonomi, baik pada keseluruhan desain dan komponen, termasuk kursi penumpang. Oleh karena itu, perlu untuk dianalisa dan dilakukan penelitian lebih lanjut terkait studi ergonomi dalam mengevaluasi desain kursi penumpang pada kendaraan taktis maung di atas melalui analisis evaluasi postur tubuh dan gerakan tubuh seseorang saat duduk dan berada pada kursi kendaraan tersebut dengan menggunakan bantuan dari *software digital human modeling and simulation* yang dikenal dengan Jack 8.2 dan dibantu menggunakan analisis metode penilaian *posture evaluation index* (PEI). Dari hasil simulasi, maka diperoleh bahwa desain aktual saat ini masih belum ergonomis dan setelah dilakukan perubahan konfigurasi desain maka diperoleh desain ergonomis berdasarkan perhitungan nilai menggunakan metode *posture evaluation index* (PEI) adalah konfigurasi 3 dimana memiliki nilai PEI paling kecil yaitu sebesar 1,1531 untuk persentil 5 dibandingkan dengan perhitungan nilai *posture evaluation index* (PEI) pada konfigurasi 1 (aktual) dan konfigurasi 2.

Kata Kunci: Pertahanan Negara, Kendaraan Taktis, Maung 4x4 PT. Pindad, Kursi Penumpang, Ergonomi, Software Jack 8.2., Metode Posture Evaluation Index

Abstract – National defense is one of the important factors in ensuring the existence and survival of a nation and state. In order to build a strong national defense system, one of the main requirements is the fulfillment of the need for modern, reliable and highly competitive defense and security equipment independently. One of the Alpalhankam that supports the realization of a strong national defense system is a tactical vehicle. Currently, in parallel with the production process, PT. Pindad continues to

carry out research and development to improve the maung 4x4 tactical vehicle in order to meet technological developments and the increasing demands set by the TNI and the Ministry of Defense. However, so far the design and engineering process of the rantis maung has not comprehensively and optimally utilized ergonomics studies, both in the overall design and components, including the passenger seat. Therefore, it is necessary to analyze and conduct further research related to ergonomics studies in evaluating the design of the passenger seat on the above tactical vehicles through an analysis of evaluating a person's body posture and body movements when sitting and in the vehicle seat using the assistance of digital human software modeling and simulation known as Jack 8.2 and assisted by the analysis of the Posture Evaluation Index (PEI) assessment method. From the simulation results, it is obtained that the current actual design is still not ergonomic and after changing the design configuration, an ergonomic design is obtained based on the calculation of the value using the Posture Evaluation Index (PEI) method is configuration 3 which has the smallest PEI value of 1.1531 for 5th percentile compared with the calculation of the posture evaluation index (PEI) in configuration 1 (actual) and configuration 2.

Keywords: National defense, Tactical Vehicle, Maung 4x4 PT. Pindad, Passenger Seat, Ergonomics, Software Jack 8.2., Posture Evaluation Index Method

Pendahuluan

Pertahanan negara menjadi salah satu faktor penting dalam menjamin eksistensi dan kelangsungan hidup suatu bangsa dan negara. Sebagaimana yang diatur dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 8 tahun 2021 tentang kebijakan umum pertahanan negara tahun 2020-2024, Pertahanan negara merupakan segala usaha untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia, dan keselamatan segenap bangsa dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara. Untuk itu, sesuai pasal 6 Undang-Undang No. 3 tahun 2002 tentang Pertahanan Negara, pertahanan negara diselenggarakan melalui usaha membangun dan membina kemampuan,

daya tangkal negara dan bangsa, serta menanggulangi setiap ancaman.

Dalam rangka membangun suatu sistem pertahanan negara yang kuat tersebut salah satu syarat utamanya adalah terpenuhinya kebutuhan akan alat peralatan pertahanan dan keamanan (Alpalhankam) yang modern, handal dan berdaya saing tinggi secara mandiri. Seperti termaktub di dalam Undang-Undang Republik Indonesia No. 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan disebutkan bahwa untuk melindungi segenap bangsa Indonesia dan seluruh tumpah darah Indonesia, serta untuk mempertahankan kedaulatan negara dan keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia, pertahanan dan keamanan negara dilaksanakan melalui sistem pertahanan dan keamanan negara

yang membutuhkan ketersediaan Alpalhankam, serta didukung oleh kemampuan industri pertahanan dalam negeri yang mandiri untuk mencapai tujuan nasional.

Sampai saat ini, penguasaan teknologi pertahanan Indonesia masih relatif tertinggal dibanding negara maju produsen alpalhankam. Penyediaan Alpalhankam belum sepenuhnya bisa didukung oleh kemampuan industri pertahanan secara optimal. Sehingga menyebabkan ketergantungan terhadap luar negeri. Untuk itu, dalam rangka memenuhi kebutuhan Alutsista secara mandiri perlu mendayagunakan dan mengelola segenap potensi dan sumber daya nasional, salah satunya adalah industri pertahanan nasional sebagai suatu sarana dan prasarana nasional.

Salah satu Alpalhankam yang mendukung terwujudnya sistem pertahanan negara yang kuat adalah kendaraan taktis (rantis). Pasal 5 Peraturan Menteri Pertahanan Republik Indonesia No. 4 tahun 2019 tentang pelaksanaan laporan data Alutsista TNI di lingkungan Kementerian Pertahanan dan TNI menyebutkan kendaraan bermotor berjenis taktis merupakan alat utama sistem senjata (Alutsista) yang

mendukung operasional TNI di lingkungan Markas Besar Angkatan Darat. Kendaraan taktis merupakan salah satu kebutuhan kendaraan militer matra darat yang dibutuhkan oleh TNI-AD sebagai bentuk dari doktrin infanteri mekanis untuk menanggulangi dan mengatasi ancaman dan gangguan baik militer maupun non militer di darat (Ahmad, Pasaribu & Sriwarno, 2016).

Dalam rangka memenuhi kebutuhan diatas, PT. Pindad (Persero) sebagai salah satu industri pertahanan nasional sejak 2018 telah mengembangkan kendaraan taktis jenis Maung 4x4, dimana saat ini telah memasuki phase produksi untuk memenuhi kebutuhan Alutsista TNI. Pengembangan dan produksi kendaraan taktis maung 4x4 ini sejalan dengan kebijakan dan komitmen dari Menteri Pertahanan saat ini yang akan terus mendukung upaya dalam peningkatan produksi Alutsista dalam negeri, serta mendukung program penelitian dan pengembangan agar nantinya seluruh hasil produksi kendaraan taktis dalam negeri dapat mandiri secara utuh (Majalah Pindad, 2020).

Pengembangan rantis maung 4x4 produksi PT. Pindad juga dilatar belakangi

oleh inisiatif Komandan Pusat Persenjataan Infanteri (Danpussenif) saat itu, Mayjend. TNI Surowahadi kepada Pindad dan tim desain PT. MSA untuk mengembangkan kendaraan khusus infanteri yang bisa digunakan oleh pasukan untuk operasi, patroli dan menunjang kegiatan harian. Kendaraan ini dirancang sebagai kendaraan standar operasional untuk melalui berbagai medan tempur yang sulit dilalui baik di jalan umum maupun off road. Sebelumnya rantis yang digunakan oleh pasukan infanteri masih menggunakan kendaraan produksi luar yang menuntut anggaran dalam pengadaan yang besar, proses perawatan yang lebih mahal, dan tidak adanya pembeda antara kendaraan yang digunakan oleh sipil dengan militer.

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas, maka pengembangan rantis maung maung 4x4 yang dilakukan PT. Pindad telah sejalan dengan user requirement dari TNI Angkatan Darat khususnya Pussenif untuk memperoleh kendaraan taktis yang sesuai dengan kebutuhan infanteri, dan telah sesuai pula dengan rencana strategis dari Kementerian Pertahanan RI berdasarkan pada peraturan yang ada. Serta telah mempertimbangkan kondisi operasi dan mengikuti kaidah-kaidah proses desain

dan rancang bangun kendaraan militer (military platform design) yang komprehensif.

Saat ini, paralel dengan proses produksi, PT. Pindad terus melakukan penelitian dan pengembangan untuk menyempurnakan rantis maung 4x4 agar memenuhi (comply) terhadap perkembangan teknologi dan tuntutan peningkatan Design Requirement and Objectives (DR&O) yang ditetapkan oleh TNI dan Kementerian Pertahanan. Hal ini juga sejalan dengan values PT. Pindad yang selalu mengedepankan prinsip continuous improvement terhadap produk-produknya sebagai upaya dalam menyeimbangkan peluang dan tantangan sebagai wahana transformasi industri unggulan dalam bidang sistem senjata dan tempa (Oktora, 2017).

Berdasarkan hasil wawancara langsung dengan tim desain PT. Pindad dan Pussenif diketahui bahwa dalam proses desain dan rekayasa rantis maung masih belum secara komprehensif dan optimal memanfaatkan studi ergonomic, baik pada keseluruhan platform dan komponen, termasuk kursi penumpang. Selama ini rancang bangun dan rekayasa kursi penumpang hanya menggunakan tolak ukur umum yang digunakan dalam produksi kursi penumpang dikendaraan

off-road konvensional. Sehingga menimbulkan beberapa masalah utama yakni berpindah ke daya jangkauan dan human mechanic dari sisi ergonomi ketika penumpang duduk di atas kursi tersebut.

Studi ergonomi penting untuk dilakukan karena berdasarkan konsep antropometri tubuh manusia, faktor terbesar dari cedera dan muskuloskeletal disorder adalah kesalahan desain dari suatu sistem. Berdasarkan penelitian yang ada menunjukkan bahwa posisi tubuh, sikap kerja/latihan militer yang tidak tepat dan terlalu lama akan menyebabkan nyeri pada anggota tubuh anggota prajurit dan menimbulkan efek negatif pada kesehatan. Salah satu masalah yang umum dijumpai adalah musculoskeletal disorder atau penegangan otot bagi anggota prajurit yang melakukan gerakan yang sama dan berulang secara terus-menerus (Rudi, dkk, 2018).

Oleh karena itu, perlu untuk dianalisa dan dilakukan penelitian lebih lanjut terkait studi ergonomi dalam mengevaluasi desain kursi penumpang pada kendaraan taktis maung di atas melalui analisis evaluasi postur tubuh dan gerakan tubuh seseorang saat duduk dan berada pada kursi kendaraan tersebut.

Karena berdasarkan penelitian dalam A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related (NIOSH, 1997) menyebutkan bahwa pekerjaan militer merupakan profesi dengan tingkatan yang paling stressful dan dapat memicu gangguan cedera atau muskuloskeletal disorder (MSDs) dari 10 jenis profesi.

Analisa dan evaluasi secara ergonomi dari desain kursi penumpang kendaraan taktis maung 4x4 ini akan menggunakan bantuan dari software digital human modeling and simulation yang dikenal dengan Jack 8.2. Analisa dan evaluasi secara ergonomi ini perlu dilakukan pada tahap/fase awal dari perancangan produk atau pada tahap basic design. Sebab ergonomi merupakan salah satu pengetahuan penting yang harus dipahami pada tahap awal dalam sebuah perancangan, karena terkait dengan layak atau tidaknya pemakaian untuk manusia yang menjadi prioritas utama penggunaan alat (Putra & Waskito, 2020).

Melalui penggunaan software tersebut, maka harapannya akan menjadi nilai tambah baru bagi seorang designer dalam pertimbangannya melakukan rancang bangun dan desain kursi penumpang yang memenuhi prinsip

ergonomi secara komprehensif dari kendaraan taktis maung 4x4 ini. Karena software ini menggambarkan secara real-time bagaimana interaksi antara pengguna dengan sistem desain yang digunakannya melalui berbagai tools yang ada seperti Low Back Anaysis (LBA), Static Strength Prediction (SSP), Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) dan Rapid Upper Limb Assessment (RULA) (Prawiranegara, 2011).

Metode dan desain eksperimen sendiri akan menggunakan metode Posture Evaluation Index (PEI) yang dikembangkan berdasarkan aplikasi dari task analysis toolkit (TAT) yang ada di dalam software Jack 8.2. Metode PEI ini akan mengevaluasi postur kerja manusia pengguna dari sistem yang diteliti yang akan disimulasikan dalam suatu virtual environment dengan bantuan software Jack 8.2 (Prawiranegara, 2011). Hasil dari metode PEI ini berupa angka indeks yang menggambarkan tingkat kenyamanan dan keamanan paling ergonomis dan optimal yang seharusnya di desain melalui berbagai macam konfigurasi desain dari sistem yang diteliti dalam hal ini kursi penumpang kendaraan taktis maung 4x4.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan

memberikan rekomendasi terhadap desain kursi penumpang kendaraan taktis maung 4x4 PT Pindad berdasarkan antropometri pengguna berbasis virtual environment modeling dengan menggunakan metode *posture evaluation index* (PEI).

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan penelitian kuantitatif. Peneliti menggunakan observasi dan wawancara mengenai keadaan dari suatu objek yang diteliti saat sekarang ini. Kemudian melakukan eksperimen berupa simulasi sebagai alat analisis. Simulasi dalam penelitian ini menggunakan bantuan dari *software* Jack 8.2. Dari hasil output yang dikeluarkan oleh *software* Jack ini maka dapat dilakukan analisis ergonomi dengan menggunakan *tool* yang disebut metode *posture evaluation index* (PEI). PEI akan menghasilkan suatu nilai yang dan digunakan untuk menilai kualitas dari postur pengguna dengan menggabungkan nilai dari LBA (*low back analysis*), OWAS (*ovako working posture analysis*), dan RULA (*rapid upper limb assessment*). Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini terutama berupa data input bagi *software* Jack 8.2 karena pengolahan

data akan dilakukan oleh sistem pada software tersebut.

Tahapan awal dari metode penelitian ini adalah dengan membuat lingkungan virtual (virtual environment). Tahapan dalam membuat lingkungan virtual ini dilakukan dengan membentuk model dari lingkungan kerja dalam hal ini adalah model kursi penumpang kendaraan maung 4x4 dengan menggunakan bantuan software Autocad. Selanjutnya objek dari model kursi penumpang tersebut akan diimpor ke dalam software Jack. Selanjutnya adalah memasukkan model manusia digital (virtual human model) ke dalam virtual environment. Model manusia virtual ini akan berperan sebagai operator seperti layaknya di dunia riil.

Untuk membuat virtual human model ini dibutuhkan data antropometri dari pengguna. Software Jack ini memungkinkan untuk memasukkan data antropometri sehingga ukuran virtual human model yang dimasukkan ke dalam virtual environment dapat menggambarkan dan mewakili ukuran manusia yang sesungguhnya.

Setelah simulasi dijalankan, maka akan dilakukan tahap analisis. Analisis pertama yaitu menggunakan tool Static

Strength Prediction (SSP) dari Jack Task Analysis Toolkit (TAT) yang ada di dalam software Jack. Analisis pertama ini akan menentukan apakah pekerjaan yang dilakukan dapat dipertimbangkan dalam analisis selanjutnya, dimana untuk dapat dipertimbangkan masuk ke dalam analisis kedua, nilai SSP yang dikeluarkan oleh software Jack minimal 90%. Analisis kedua adalah menggunakan tool LBA (low back analysis). Melalui analisis kedua ini akan dievaluasi secara nyata beban yang diterima oleh bagian tulang belakang dari virtual human model saat melakukan tugas yang diberikan. Nilai beban yang diterima tersebut tidak boleh melebihi standar NIOSH yaitu sebesar 3400 N.

Analisis ketiga adalah menggunakan tool OWAS (ovako working posture analysis). Analisis ini akan mengevaluasi tingkat kenyamanan dari operator ketika melakukan aktivitas yang diberikan. Output dari OWAS ini adalah rekomendasi perlu atau tidaknya perbaikan postur kerja. Dan analisis keempat yang dilakukan menggunakan tool RULA (rapid upper limb assessment). Analisis ini untuk mengevaluasi kualitas postur tubuh bagian atas operator serta akan mengidentifikasi kerusakan dan

gangguan yang diterima pada tubuh bagian atas tersebut.

Setelah melewati empat tool analisis, maka selanjutnya dilakukan perhitungan nilai PEI. Nilai PEI diperoleh dari penjumlahan nilai ketiga tool sebelumnya yaitu, LBA, OWAS, dan RULA yang dikeluarkan oleh software Jack.

Analisis PEI dilakukan saat diperoleh nilai PEI yang paling kecil sebagai postur paling ergonomis dari operator/pengguna. Hal ini menunjukkan semakin nyaman postur kerja pengguna/operator.

Penelitian ini dilakukan di PT. Pindad (Persero), yang beralamat di Jl. Gatot Subroto, No.517, Kota Bandung, Jawa Barat. Sementara untuk tahap persiapan dan penyelesaian analisa dilakukan di Universitas Indonesia dan PT. Pindad (Persero).

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2021 hingga Januari 2022.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah pria dewasa Indonesia. Sampel pada penelitian ini adalah sampel dari pria dewasa Indonesia dengan rentang tahun 2000 hingga 2018 dan pada rentang usia 20 tahun sampai dengan 47 tahun yang diperoleh dari Perhimpunan Ergonomi

Indonesia yang berkerja sama dengan Laboratorium Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja ITS tahun 2021. Sampel ini diambil sebagai gambaran dari anggota TNI yang menggunakan kendaraan taktis maung 4x4 ini.

Hasil dan Pembahasan Hasil Pengumpulan Data

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh peneliti pada kabin penumpang kendaraan taktis maung 4x4, maka didapatkan hasil bahwa di dalam kabin penumpang kendaraan taktis maung 4x4 tersebut terdiri dari dua kursi penumpang, sabuk pengaman, pegangan tangan yang berada di atas rangka kendaraan dan dipisahkan oleh sebuah sekat yang terletak diantara kedua kursi. Dimensi dan ukuran ruang kabin penumpang serta dimensi dan ukuran kursi penumpang didapatkan melalui pengukuran secara langsung terhadap kendaraan taktis maung 4x4 dan data-data yang sudah ada di arsip data PT. Pindad (Persero). Berikut ini adalah gambar kabin penumpang dan desain kursi penumpang dari kendaraan taktis maung 4x4 beserta dimensi yang sebenarnya (dalam satuan mm).

D18	Lebar bahu bagian atas/shoulder breadth (biacromial)	30.56	37.42	44.27	4.17
D19	Lebar pinggul/hip breadth	28.15	35.79	43.43	4.65
D20	Tebal dada/chest (bust) depth	6.71	22.4	38.1	9.54
D21	Tebal perut/abdominal depth	16.29	24.92	33.55	5.25
D22	Panjang lengan atas/shoulder elbow length	27.78	34.67	41.57	4.19
D23	Panjang lengan bawah/elbow fingertip length	29.64	44.82	60	9.23
D24	Panjang rentang tangan ke depan/upper limb length	51.66	68.53	85.4	10.26
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan/shoulder grip length	50.77	60.25	69.73	5.76
D26	Panjang kepala/head length	11.52	18.05	24.58	3.97
D27	Lebar kepala/head breadth	13.55	17.38	21.2	2.32
D28	Panjang tangan/hand length	15.51	18.8	22.09	2
D29	Lebar tangan/head breadth	8.74	12.68	16.63	2.4
D30	Panjang kaki/foot length	20.9	24.73	28.56	2.33
D31	Lebar kaki/foot breadth	8.13	9.81	11.49	1.02
D32	Panjang rentangan tangan ke samping/span	148.72	170.69	192.65	13.36
D33	Panjang rentangan siku/elbow span	76.03	86.59	97.14	6.42
D34	Tinggi genggaman tangan ke atas dalam posisi berdiri/vertical grip reach (standing)	177.63	207.47	237.31	18.14
D35	Tinggi genggaman ke atas dalam posisi duduk/vertical grip reach (sitting)	106.4	127.23	148.07	12.67
D36	Panjang genggaman tangan ke depan/forward grip reach	60.65	72.88	85.12	7.44
D37	Berat tubuh/body weight (kg)	50	63	89,25	13,19

Sumber: Perhimpunan Ergonomi Indonesia yang berkerja sama dengan Laboratorium Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja ITS, 2021

Lebih lanjut, pada penelitian ini akan diujikan dan dianalisis postur duduk pengguna yang bersinggungan langsung

dengan kursi penumpang kendaraan taktis maung 4x4. Postur duduk aktual pengguna yaitu postur duduk postur

duduk menyender pada sandaran kursi dengan detail ukuran aktual. Sementara konfigurasi postur duduk pengguna yaitu postur duduk postur duduk menyender pada sandaran kursi dengan detail ukuran yang telah disesuaikan secara ergonomi.

Variabel-variabel yang akan diubah dalam pembuatan konfigurasi pada

desain kursi penumpang kendaraan taktis maung 4x4 terhadap persentil 5 dan 95 meliputi tinggi dudukan kursi dan gap antara ujung atas kursi dengan rangka bagian atas kendaraan. Berikut adalah tabel rancangan konfigurasi yang akan diuji pada penelitian ini.

Tabel 2. Konfigurasi pada Desain Kursi Penumpang Kendaraan Taktis Maung 4x4

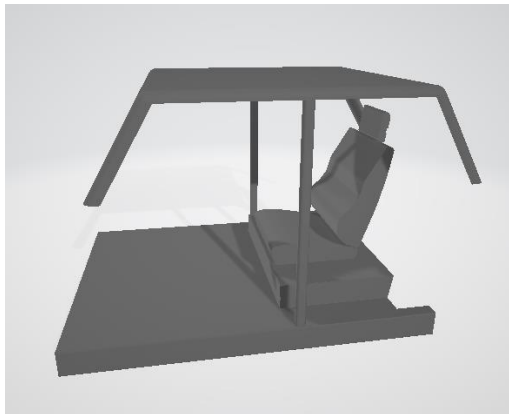
Konfigurasi	Detail Konfigurasi	Persentil	Tinggi Dudukan Kursi	Gap antara ujung atas kursi dengan rangka bagian atas kendaraan	Keterangan
1	1A	5%	145 mm	100 mm	Aktual
	1B	95%	145 mm	100 mm	
2	2A	5%	145 mm	110 mm (+10)	Re-design
	2B	95%	145 mm	110 mm (+10)	
3	3A	5%	135 mm (-10)	100 mm	
	3B	95%	135 mm (-10)	100 mm	

Sumber: Diolah Penulis, 2022

Pengumpulan data berikutnya yaitu dengan melakukan pembuatan *virtual environment*. Dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan *software* Jack 8.2. Namun, untuk bisa menggunakan *software* Jack 8.2 tersebut perlu di persiapkan terlebih dahulu *virtual environment* yang merepresentasikan ukuran di dunia nyata dengan menggunakan bantuan *software* AutoCad. *Virtual environment* yang

dimaksud dalam penelitian ini adalah kabin penumpang dan kursi penumpang kendaraan taktis maung 4x4. Model kabin dan kursi penumpang kendaraan yang telah yang dibuat dengan *software* AutoCad memiliki format (*.dwg) yang merupakan format keluaran dari *software* AutoCad. Untuk dapat membuka model di dalam *software* Jack 8.2, maka model kabin dan kursi penumpang kendaraan yang telah dibuat tersebut harus terlebih

dahulu diubah dalam format (*.stl) dikarenakan software Jack 8.2 hanya bisa membuka file dengan format (*.stl). Berikut adalah model kabin dan kursi penumpang kendaraan dari kendaraan taktis maung 4x4 tersebut.

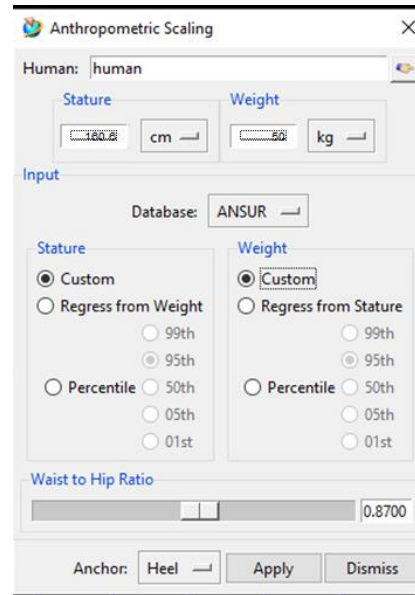


Gambar 2. Tampilan Desain Kabin dan Kursi Penumpang Kendaraan Taktis Maung 4x4
 Sumber: Diolah Penulis, 2022

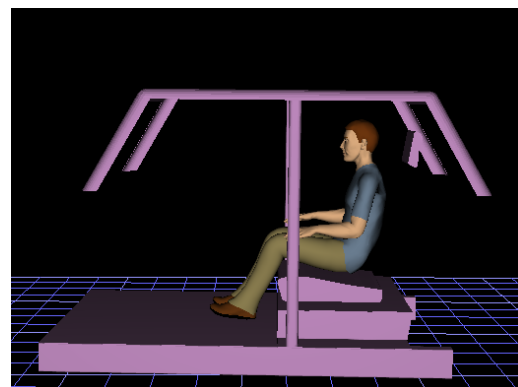
Hasil Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini diawali pada kondisi aktual (Konfigurasi 1) terhadap postur duduk pengguna pada persentil 5 (Konfigurasi 1A) maupun persentil 95 (Konfigurasi 1B).

1. Membuat manusia virtual (*human virtual*) untuk persentil 5 berdasarkan data antropometri yang sudah ada dan menyesuaikan postur manusia virtual tersebut pada posisi duduk menyender pada sandaran kursi. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini:



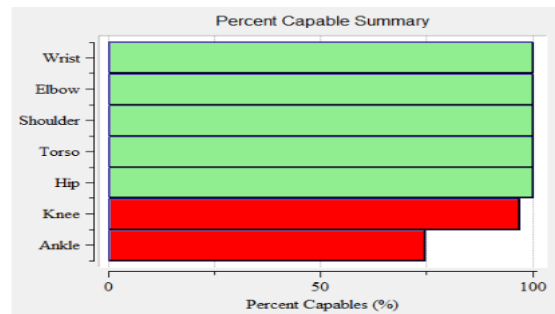
Gambar 3. Memasukkan Data Antropometri Persentil 5
 Sumber: Diolah Penulis, 2022



Gambar 4. Menyesuaikan Posisi Duduk Manusia Virtual pada *Virtual Environment* untuk Persentil 5
 Sumber: Diolah Penulis, 2022

2. Melakukan perhitungan SSP (*Static Strength Prediction*). SSP digunakan untuk memvalidasi apakah postur yang dibuat dapat dikerjakan atau dilakukan oleh populasi lainnya. Dari hasil analisis SSP untuk konfigurasi 1A pada persentil 5, walaupun terdapat 2 kriteria yang berada di bawah 100%,

yang berarti bahwa postur pada konfigurasi 1A tersebut secara yang berarti bahwa postur pada konfigurasi 1A tersebut secara keseluruhan mampu untuk dilakukan oleh 90% populasi.



Gambar 5. Output SSP untuk Persentil 5 Konfigurasi 1A

Sumber: Diolah Penulis, 2022

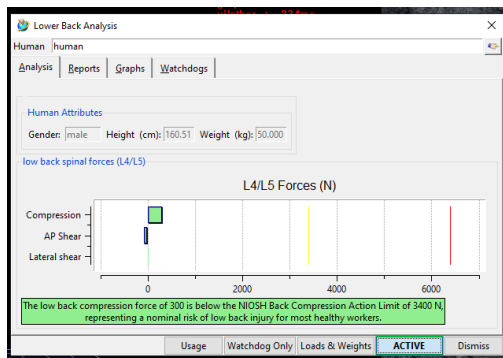
Tabel 3. Capability Summary Chart

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
Wrist	Flex/Ext	0.1	..	..	..	100	0.1	..	..	..	100
	Rad Ulnar Dev	-0.0	..	..	..	100	-0.0	..	..	..	100
	Sup/Pro	0.0	..	..	..	100	0.0	..	..	..	100
	Elbow	-1.3	FLEXN	70.6	17.3	100	-1.3	FLEXN	76.0	18.7	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-1.9	ABDUCT	64.5	15.9	100	-1.8	ABDUCT	68.9	17.0	100
	Rotation Bk/Fd	-2.2	FORWARD	97.8	26.7	100	-2.2	FORWARD	105.0	28.6	100
	Humeral Rot	-0.4	..	..	..	100	-0.4	..	..	..	100
Trunk	Flex/Ext	5.4	FLEXN	194.7	57.2	100					
	Lateral Bending	0.5	LEFT	423.0	95.2	100					
	Rotation	-0.2	..	..	..	100					
	Hip	6.2	FLEXN	178.4	48.7	100	6.2	FLEXN	178.5	48.7	100
	Knee	59.6	EXTEN	169.1	59.2	97	59.7	EXTEN	169.1	59.2	97
	Ankle	89.1	FLEXN	114.2	37.8	75	89.0	FLEXN	113.8	37.6	75

Sumber: Diolah Penulis, 2022

3. Melakukan perhitungan LBA (*Lower Back Analysis*). LBA digunakan untuk melihat seberapa besar beban yang dikenakan atau ditanggung oleh punggung bagian bawah (*Low Back*), bagian punggung L4 dan L5. dikenakan atau ditanggung oleh Berdasarkan hasil analisis dari konfigurasi 1A persentil 5, besar gaya

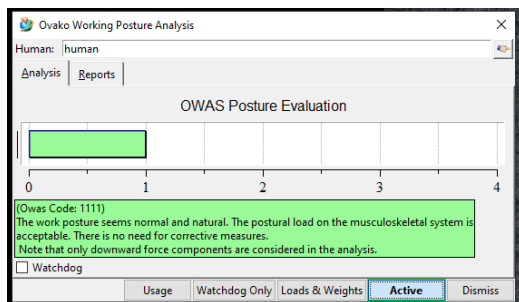
yang diterima oleh punggung bagian bawah adalah sebesar 300 N, masih di bawah batas normal yang diperbolehkan yaitu 3400 N.



Gambar 6. Output LBA untuk Persentil 5 Konfigurasi 1A

Sumber: Diolah Penulis, 2022

- Melakukan perhitungan OWAS (*Ovako Working Analysis System*). Dari hasil analisis modul OWAS dalam *Software Jack 8.2* untuk konfigurasi 1A persentil 5, didapatkan kode OWAS 1111. Kemudian kode OWAS tersebut dikalkulasikan dan menghasilkan skor OWAS sebesar 1 poin.

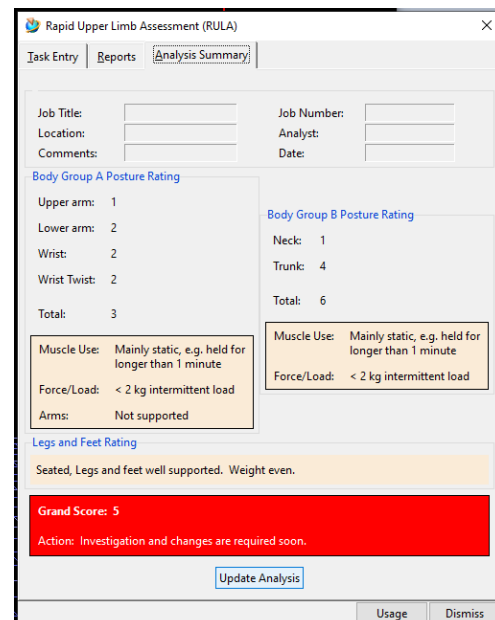


Gambar 7. Output OWAS untuk Persentil 5 Konfigurasi 1A

Sumber: Diolah Penulis, 2022

- Melakukan perhitungan RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*). Dari hasil analisis diperoleh *grand score* RULA dari postur duduk konfigurasi 1A persentil 5 adalah sebesar 5 poin. Poin 5 ini mengindikasikan bahwa postur duduk yang dialami pengguna

adalah postur yang membahayakan kesehatan, dan membutuhkan upaya investigasi serta perbaikan secepatnya.



Gambar 8. Output RULA untuk Persentil 5 Konfigurasi 1A

Sumber: Diolah Penulis, 2022

- Melakukan perhitungan nilai PEI (*Postur Evaluation Index*). *Postur Evaluation Index* (PEI) didapatkan dengan menggabungkan total skor dari ketiga tools sebelumnya, yaitu *Low Back Analysis*, *Ovako Working Posture Analysis System*, *Rapid Upper Limb Assessment*. Setelah sebelumnya memerhatikan nilai dari *Static Strength Prediction* dari postur duduk konfigurasi yang diujikan. Untuk mendapatkan nilai PEI, digunakanlah persamaan yang terdapat pada berikut, yaitu:

$$PEI = l_1 + l_2 + mr.l_3$$

dimana:

$$I_1 = LBA/3400 N$$

$$I_2 = OWAS/4$$

$$I_3 = RULA/7$$

$$mr = \text{amplification factor} = 1,42$$

Rangkuman dari perhitungan PEI dan ketiga tools yang telah disimulasikan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 4. Rangkuman Skor LBA, OWAS, dan RULA

LBA	OWAS	RULA	PEI
300	1	5	1,3524

Sumber: Diolah penulis, 2022

Hasil dari penilaian PEI konfigurasi 1A pada persentil 5 tersebut akan dibandingkan dengan nilai PEI dari konfigurasi-konfigurasi lainnya untuk menentukan konfigurasi mana yang paling optimal secara ergonomis yang ditentukan dari nilai PEI paling kecil. Pengolahan data terhadap konfigurasi-konfigurasi lainnya menggunakan cara yang sama seperti di atas, selanjutnya dapat dilihat hasil dari penilaian PEI semua konfigurasi tersebut pada tabel di bawah ini:

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan PEI Semua Konfigurasi

Konfigurasi	Persentil	SS P > 90 %	LB A (N)	OWAS		RULA						Tota l	PEI		
				Kode	Nilai	Kelompok A			Kelompok B						
						U A	L A	W T	W A	N T	B B				
1A	5%	Ya	300	1111	1	1	2	2	2	3	1	4	6	5	1,3524
1B	95%	Ya	501	1111	1	1	2	2	2	3	1	4	6	5	1,4115
2A	5%	Ya	313	1111	1	1	2	2	2	2	1	4	5	4	1,1534
2B	95%	Ya	502	1111	1	1	2	2	2	2	1	4	5	4	1,209
3A	5%	Ya	312	1111	1	1	2	2	2	2	1	4	5	4	1,1531
3B	95%	Ya	501	1111	1	1	2	2	2	2	1	4	5	4	1,2087

Sumber: Diolah Penulis, 2022

Kesimpulan dan Rekomendasi

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada di atas, maka diperoleh bahwa desain kursi penumpang kendaraan taktis maung 4x4 yang memenuhi prinsip ergonomi berdasarkan pada antropometri pengguna berbasis

virtual environment adalah desain kursi penumpang pada konfigurasi 3. Dimana pada konfigurasi 3A ini diperoleh perhitungan nilai posture evaluation index (PEI) yang paling kecil yaitu sebesar 1,1531 untuk persentil 5 dibandingkan

dengan perhitungan nilai posture evaluation index (PEI) pada konfigurasi 1 (aktual) dan konfigurasi 2. Persentil 5 dipilih karena berdasarkan prinsip ergonomi dan antropometri tubuh manusia, untuk ketinggian kursi sebaiknya mengikuti dan mengakomodir manusia pada persentil 5. Penggunaan persentil 5 ini dapat mengakomodasi keseluruhan populasi dari pada persentil 95. Dimana pada konfigurasi 3 ini desain mengalami perubahan tinggi dudukan kursi yang berkurang sebesar 10 mm dari desain aktual menjadi sebesar 135 mm dan gap antara ujung atas kursi dengan rangka bagian atas kendaraan tetap pada ukuran aktual sebesar 100 mm.

Oleh karena itu, penelitian ini memberikan rekomendasi dan masukan kepada PT. Pindad (persero) sebagai produsen kendaraan taktis maung 4x4 untuk melakukan re-design kursi penumpang mengikuti konfigurasi 3 tersebut.

Daftar Pustaka

Ahmad, Tubagus D.P., Yannes Martinus Pasaribu, Andar Bagus Sriwarno. (2016). Strategi Pengembangan Produk Terintegrasi dan Modular (PPT-M) pada Litbang Desain Rantis Komodo di PT Pindad. *Jurnal Sositologi* : Vol. 15, No 1.

Majalah Pindad. (2020). *Kendaraan Taktis 4x4 Maung*, Vol.9, Edisi September 2020. <https://pindad.com/majalah>. Diakses pada 31 Januari 2022.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). (1997). *A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back*. NIOSH: Centers for Disease Control and Prevention. DHHS (NIOSH) Publication, No. 97-141.

Oktora, Mochamad Yoesdinar. (2017). Komunikasi Pemasaran PT Pindad (Persero) Di Kawasan Asia Tenggara. *Jurnal Kajian Komunikasi*, Volume 5, No. 2, Desember 2017, hlm. 190-201.

Peraturan Menteri Pertahanan Republik Indonesia No. 4 tahun 2019 Tentang Pelaksanaan Laporan Data Alutsista TNI di Lingkungan Kementerian Pertahanan dan TNI.

Peraturan Presiden Republik Indonesia No 8 tahun 2021 Tentang Kebijakan Umum Pertahanan Negara tahun 2020-2024

Perhimpunan Ergonomi Indonesia. (2021). *Antropometri Indonesia-The Largest Anthropometry Data In Indonesia*. Retrieved from <https://pei.or.id/> dan <http://antropometriindonesia.org/> pada 22 Juni 2021.

Prawiranegara, Raden Yoga. (2011). *Analisis Postur Duduk Tentara Indonesia Dan Perancangan Kursi Penumpang Kendaraan Tempur Tipe Apc (Armoured Personnel Carrier) Yang Ergonomis Dalam Virtual Environment* (Skripsi Sarjana). Program Studi Teknik

Industri, Fakultas Teknik,
Universitas Indonesia.

Putra, E.S. and M. A. Waskito. (2020).
Konsep ergonomi kultural
nusantara dalam pendidikan dasar
Desain Produk ITENAS, p.296-297,
Juli-Desember 2020.

Rudi, S. dkk. (2018). Desain dan Analisis
Artificial Exoskeleton pada Prajurit
TNI. Jurnal Optimasi Industri.

Undang-Undang No. 3 tahun 2002
Tentang Pertahanan Negara

Undang-Undang Republik Indonesia
Nomor 16 Tahun 2012 Tentang
Industri Pertahanan.