

Analisis dan Redesain Kursi Pengemudi Truk Pertamina Ditinjau dari Aspek Ergonomi

Agung Tri Febrianto¹, Rifano², Helmi Wibowo³, Sugiyarto⁴

^{1,2,4}Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

³Program Studi Teknologi Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

Email: atep11774@gmail.com¹, rifano1504@pktj.ac.id², helmi.wibowo@pktj.ac.id³, sugiyarto@pktj.ac.id⁴

ABSTRAK

Pengemudi truk tangki PT Pertamina (Persero) menghadapi risiko gangguan muskuloskeletal akibat penggunaan kursi pengemudi yang belum sepenuhnya memenuhi prinsip ergonomi. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat ergonomis kursi pengemudi truk Pertamina berbasis sasis Hino di Fuel Terminal Rewulu serta merumuskan rekomendasi redesain berbasis antropometri. Metode yang digunakan meliputi pengukuran sudut postur dengan goniometer pada 58 responden, kuesioner Nordic Body Map (NBM) dengan skala Likert, serta simulasi software Jack versi 8.4 menggunakan metode Posture Evaluation Index (PEI) yang mengintegrasikan Low Back Analysis (LBA), Ovako Working Posture Analysis System (OWAS), dan Rapid Upper Limb Assessment (RULA). Hasil menunjukkan bahwa sudut torso tidak memenuhi standar rekomendasi, nilai PEI tertinggi sebesar 2,100 dan terendah 1,408, serta keluhan muskuloskeletal terbesar terdapat pada batang tubuh dan leher. Rekomendasi redesain kursi berbasis data antropometri Perhimpunan Ergonomi Indonesia berhasil menurunkan nilai PEI hingga 1,835 pada responden dengan risiko tertinggi, membuktikan bahwa penyesuaian dimensi kursi secara ergonomis efektif meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pengemudi.

Kata kunci: Antropometri, Ergonomi, Kursi Pengemudi, Nordic Body Map, Posture Evaluation Index

ABSTRACT

Pertamina tanker truck drivers face significant risks of musculoskeletal disorders due to driver seats that have not fully complied with ergonomic principles. This study aims to analyze the ergonomic level of the Hino-chassis Pertamina truck driver seat at Fuel Terminal Rewulu and to formulate anthropometry-based redesign recommendations. The methods employed include posture angle measurement using a goniometer on 58 respondents, Nordic Body Map (NBM) questionnaire with Likert scale, and simulation using Jack software version 8.4 through the Posture Evaluation Index (PEI) method integrating Low Back Analysis (LBA), Ovako Working Posture Analysis System (OWAS), and Rapid Upper Limb Assessment (RULA). Results indicate that the torso angle does not meet the recommended standard, with the highest PEI value of 2.100 and the lowest of 1.408, while the most dominant musculoskeletal complaints were found in the trunk and neck regions. The redesigned seat based on Indonesian Ergonomics Association anthropometric data successfully reduced the PEI to 1.835 for the highest-risk respondent, confirming that ergonomic dimensional adjustments effectively enhance driver comfort and safety.

Keywords: Anthropometry, Driver Seat, Ergonomics, Nordic Body Map, Posture Evaluation Index

Pendahuluan

Sektor transportasi darat di Indonesia memiliki peran strategis dalam menopang kelancaran distribusi logistik nasional, termasuk distribusi bahan bakar minyak yang dikelola oleh PT Pertamina (Persero). Truk tangki menjadi tulang punggung operasional distribusi tersebut, dengan pengemudi yang harus menempuh perjalanan jarak jauh secara rutin. Namun, intensitas kerja yang tinggi ini tidak selalu diiringi oleh dukungan fasilitas ergonomis yang memadai, khususnya pada komponen kursi pengemudi. Data Kepolisian Republik Indonesia melalui Pusiknas Polri mencatat bahwa dalam periode Januari hingga Oktober 2025, terdapat 115.435 kasus kecelakaan lalu lintas dengan total korban 175.374 orang, di mana kecelakaan yang melibatkan truk berat atau tronton mencakup 19.745 pengemudi [1]. Faktor kelelahan pengemudi yang dipicu oleh posisi duduk tidak ergonomis dalam durasi berkendara panjang menjadi salah satu penyebab dominan dalam kejadian tersebut, sehingga aspek desain kursi pengemudi menjadi isu krusial yang mendesak untuk diteliti secara ilmiah [2].

Secara konseptual, ergonomi merupakan disiplin ilmu yang mengkaji interaksi antara manusia dengan sistem kerja, peralatan, dan lingkungannya guna menciptakan kondisi kerja yang aman, nyaman, dan efisien [3]. Dalam konteks pengemudi kendaraan berat, penerapan prinsip ergonomi pada desain kursi menjadi faktor determinan yang secara langsung memengaruhi kualitas postur tubuh selama berkendara. Kursi pengemudi yang tidak dirancang sesuai dengan dimensi antropometri penggunaannya akan memaksa pengemudi mempertahankan postur tidak netral dalam waktu lama, yang pada

akhirnya memicu akumulasi beban biomekanik pada segmen tulang belakang, leher, bahu, dan anggota gerak bawah [4]. Kondisi tersebut diperparah oleh paparan getaran kendaraan (*whole-body vibration*) yang dialami pengemudi truk selama perjalanan jarak jauh, sehingga risiko terjadinya *musculoskeletal disorders* (MSDs) menjadi jauh lebih tinggi dibandingkan pekerja yang beraktivitas dalam posisi statis di lingkungan industri konvensional. Oleh karena itu, evaluasi ergonomis berbasis pengukuran postur dan data antropometri lokal menjadi pendekatan yang paling relevan untuk mengidentifikasi dan mengatasi permasalahan tersebut secara sistematis dan terukur [5], [6].

Kelelahan akibat kerja (*work-related fatigue*) yang bersumber dari ketidaksesuaian postur duduk terhadap dimensi kursi dikenal sebagai salah satu pemicu utama *musculoskeletal disorders* (MSDs), yakni gangguan pada sistem otot dan tulang yang berdampak langsung pada kapasitas dan konsentrasi kerja [7]. Studi awal melalui wawancara dengan lima pengemudi di Fuel Terminal Rewulu mengungkapkan bahwa keluhan muskuloskeletal pada area punggung, leher, tangan, dan kaki secara konsisten dialami selama perjalanan jarak jauh, yang mengindikasikan adanya mismatch antara dimensi kursi yang ada dan antropometri pengemudi [8]. Kondisi ini memperkuat urgensi evaluasi ergonomis terhadap kursi pengemudi truk Pertamina berbasis sasis Hino yang saat ini digunakan [9].

Berbagai penelitian terdahulu telah mengeksplorasi evaluasi ergonomis pada postur pengemudi kendaraan berat. Beberapa kajian menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) dan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) untuk mengidentifikasi risiko cedera muskuloskeletal, sementara sebagian lain memanfaatkan data antropometri lokal sebagai dasar perancangan ulang fasilitas kerja [10], [11]. Namun, kajian-kajian tersebut umumnya belum mengintegrasikan simulasi digital tiga dimensi berbasis perangkat lunak ergonomi khusus ke dalam proses evaluasi dan *redesain* kursi pengemudi kendaraan operasional milik perusahaan energi. Kebaruan ilmiah artikel ini terletak pada penerapan metode *Posture Evaluation Index* (PEI) melalui simulasi menggunakan *software* Jack versi 8.4 yang dikombinasikan dengan instrumen *Nordic Body Map* (NBM) dan pengukuran sudut postur menggunakan goniometer, dengan objek spesifik berupa kursi pengemudi truk tangki Pertamina. Pendekatan multi-instrumen ini menghasilkan evaluasi postur yang lebih komprehensif dibandingkan dengan metode observasional konvensional, sekaligus menghasilkan rekomendasi desain yang terverifikasi secara simulatif berdasarkan data antropometri dari Perhimpunan Ergonomi Indonesia [12].

Pendekatan analisis postur berbasis simulasi digital melalui *software* Jack memberikan keunggulan metodologis yang substansial karena memungkinkan evaluasi biomekanik secara *real-time* dengan tingkat akurasi tinggi tanpa mengharuskan subjek penelitian berada dalam kondisi kerja yang berpotensi membahayakan [13]. *Software* Jack mampu merepresentasikan model manusia (*human modelling*) secara tiga dimensi dengan parameter antropometri yang dapat disesuaikan secara individual, sehingga hasil analisis yang diperoleh mencerminkan kondisi nyata secara lebih presisi dibandingkan dengan metode *checklist* observasional [14]. Kombinasi antara metode LBA yang berfokus pada beban tulang belakang, OWAS yang menilai risiko postur kerja secara holistik, dan RULA yang mengkhususkan evaluasi pada anggota tubuh bagian atas dalam satu kerangka PEI menghasilkan indeks ergonomis tunggal yang komprehensif dan mudah diinterpretasikan oleh praktisi maupun pengambil kebijakan di lingkungan industri transportasi. Integrasi metode kuantitatif simulatif ini dengan instrumen keluhan subjektif melalui kuesioner *Nordic Body Map* semakin memperkuat validitas temuan penelitian karena mengakomodasi perspektif objektif dan subjektif secara bersamaan [8].

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah belum diketahuinya tingkat kesesuaian ergonomis kursi pengemudi truk Pertamina terhadap postur tubuh pengemudi, serta belum tersedianya rekomendasi desain ulang (*redesain*) yang didasarkan pada analisis postur terstandar [15]. Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan artikel ini adalah: (1) menganalisis sudut-sudut postur tubuh pengemudi truk Pertamina saat berkendara; (2) mengevaluasi tingkat kenyamanan postur menggunakan metode PEI dengan bantuan *software* Jack; dan (3) memberikan rekomendasi *redesain* kursi pengemudi yang lebih ergonomis berdasarkan data antropometri pengemudi, sehingga dapat berkontribusi pada peningkatan keselamatan dan kenyamanan berkendara jarak jauh [16].

Metode Penelitian

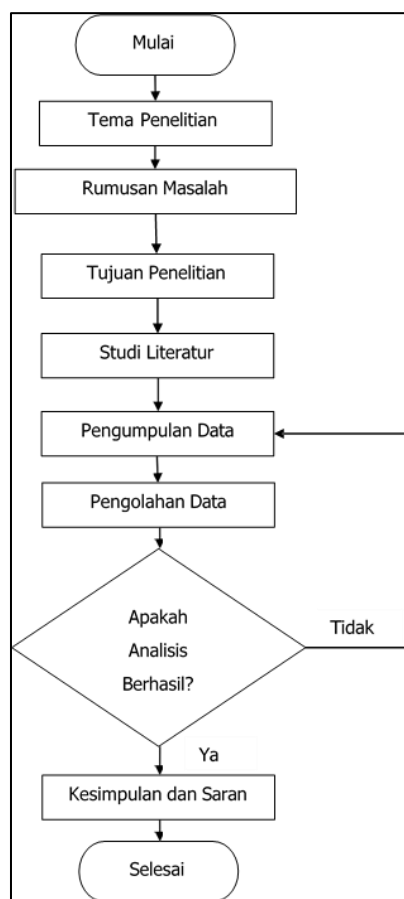
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yaitu metodologi yang berlandaskan pada pengukuran empiris, objektif, dan terstruktur secara sistematis melalui analisis numerik [17]. Objek penelitian adalah kursi pengemudi truk Pertamina berbasis sasis Hino di Fuel Terminal Rewulu, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Populasi penelitian berjumlah 133 pengemudi, dan penentuan jumlah sampel dilakukan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 10%.

Pengumpulan data dilaksanakan melalui tiga teknik, yaitu observasi langsung, dokumentasi, dan kuesioner. Observasi mencakup pengukuran dimensi fisik kursi pengemudi menggunakan meteran, serta pengukuran sudut gerak sendi tubuh pengemudi menggunakan goniometer pada delapan segmen tubuh, meliputi *neck*, *shoulder*, *elbow*, *wrist*, *hip*, *torso*, *knee*, dan *ankle*. Dokumentasi dilakukan dengan merekam postur duduk pengemudi menggunakan kamera yang distabilkan dengan tripod, dengan pengambilan gambar dari sisi kanan untuk memudahkan identifikasi sudut postur. Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) dibagikan kepada 58 responden untuk mengidentifikasi keluhan muskuloskeletal pada 14 segmen tubuh, kemudian diolah menggunakan skala Likert dengan skor 1–4.

Validitas data dalam penelitian ini dijaga melalui beberapa mekanisme kendali kualitas yang diterapkan secara konsisten di setiap tahapan pengumpulan dan pengolahan data. Pada tahap pengukuran sudut postur, seluruh pengambilan

dokumentasi dilakukan dari sisi kanan tubuh pengemudi menggunakan tripod untuk meminimalkan kesalahan sudut pengambilan gambar, sementara pengukuran goniometer dilaksanakan oleh satu orang pengukur yang sama untuk seluruh 58 responden guna menghindari variabilitas antar-pengukur (*inter-rater variability*). Data antropometri yang digunakan bersumber dari Perhimpunan Ergonomi Indonesia melalui portal *antropometriindonesia.org* untuk rentang usia 17–47 tahun, yang dipilih karena representatif terhadap profil demografis pengemudi di lokasi penelitian. Pada tahap simulasi *software Jack*, konsistensi postur dibentuk dengan memasukkan nilai sudut aktual setiap responden secara manual melalui fitur *Human Control*, sehingga model virtual yang dihasilkan benar-benar merepresentasikan kondisi postur masing-masing individu dan bukan generalisasi postur rata-rata. Selain itu, nilai *Static Strength Prediction (SSP)* dipastikan mencapai minimal 90% sebelum analisis LBA, OWAS, dan RULA dijalankan, sebagai prasyarat kelayakan simulasi yang memastikan bahwa model biomekanik yang dianalisis telah memenuhi ambang batas kekuatan otot statis yang dapat diterima secara ergonomis [17].

Data antropometri diperoleh dari Perhimpunan Ergonomi Indonesia (*antropometriindonesia.org*) untuk rentang usia 17–47 tahun, mencakup 13 dimensi tubuh yang relevan. Seluruh data tersebut selanjutnya digunakan untuk membangun *virtual environment* menggunakan perangkat lunak CAD, kemudian diimpor ke *software Jack* versi 8.4 untuk proses simulasi *human modelling*. Evaluasi ergonomis dilakukan menggunakan metode *Posture Evaluation Index (PEI)* yang merupakan agregat dari tiga analisis, yaitu *Low Back Analysis (LBA)* dengan batas toleransi beban tulang belakang sebesar 3.400 N sesuai standar NIOSH, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* untuk menilai kenyamanan postur secara keseluruhan, dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)* untuk mengevaluasi risiko cedera pada anggota tubuh bagian atas. Nilai PEI akhir yang lebih kecil mengindikasikan postur yang lebih ergonomis. Alur penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Hasil

Identifikasi Kursi Pengemudi Truk Pertamina

Identifikasi awal dilakukan melalui observasi dan pengukuran langsung terhadap kursi pengemudi truk Pertamina berbasis sasis Hino di Fuel Terminal Rewulu. Pengukuran menggunakan meteran untuk memperoleh dimensi aktual seluruh

komponen kursi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa panjang alas duduk sebesar 48 cm, lebar alas duduk depan 48 cm, lebar alas duduk belakang 38 cm, dan tebal alas duduk 7 cm. Tinggi sandaran punggung tercatat 60 cm dengan lebar sandaran bawah 48 cm dan lebar sandaran atas 44 cm. Komponen *headrest* memiliki tinggi 19 cm, lebar bawah 29 cm, lebar atas 25 cm, dan tebal 9 cm. Data dimensi lengkap disajikan pada Tabel 1 dan kondisi fisik kursi aktual ditampilkan pada Gambar 1, sementara rekonstruksi tiga dimensi kursi tersebut disajikan pada Gambar 2 sebagai dasar pembuatan *virtual environment* dalam simulasi *software* Jack. Ikutilah aturan pembabakan pada jurnal ini, yaitu 1. Pendahuluan, 2. Metode Penelitian, 3. Hasil dan Pembahasan, 4. Simpulan.

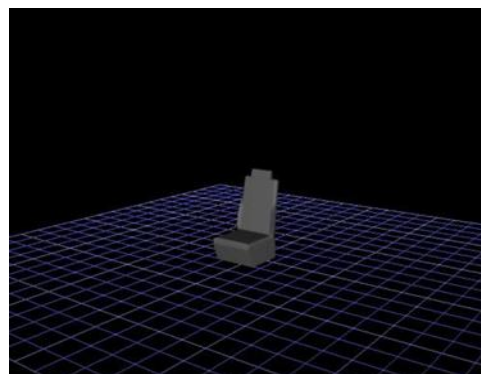
Tabel 1. Dimensi Aktual Kursi Pengemudi

Indikator	Dimensi
Panjang Alas Duduk	48 cm
Lebar Alas Duduk Depan	48 cm
Lebar Alas Duduk Belakang	38 cm
Tebal Alas Duduk	7 cm
Tinggi Sandaran Punggung	60 cm
Lebar Sandaran Punggung Bawah	48 cm
Lebar Sandaran Punggung Atas	44 cm
Tinggi Headrest	19 cm
Lebar Headrest Bawah	29 cm
Lebar Headrest Atas	25 cm

Berdasarkan Tabel 1, kursi pengemudi truk Pertamina memiliki panjang dan lebar alas duduk depan yang sama yakni 48 cm, namun lebar bagian belakang menyempit menjadi 38 cm. Tinggi sandaran punggung tercatat 60 cm dengan lebar bawah 48 cm dan atas 44 cm, sementara komponen *headrest* memiliki tinggi 19 cm dengan lebar bawah 29 cm dan atas 25 cm. Penyempitan dimensi pada bagian belakang alas duduk serta tinggi sandaran yang terbatas mengindikasikan bahwa kursi eksisting belum sepenuhnya mengakomodasi variasi antropometri pengemudi, khususnya pada segmen pinggul dan punggung atas, sehingga berpotensi mengurangi kenyamanan berkendara dalam jangka panjang. Data dimensi ini selanjutnya digunakan sebagai acuan utama dalam pembangunan *virtual environment* pada simulasi *software* Jack, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 2. Kursi Pengemudi Truk Pertamina



Gambar 3. Desain 3D Kursi Pengemudi Truk Pertamina

Pengukuran Sudut Postur Pengemudi

Pengukuran sudut postur dilakukan terhadap 58 pengemudi truk Pertamina menggunakan goniometer. Proses pengukuran mencakup tiga tahapan: pertama, pengemudi diposisikan duduk pada kursi dengan punggung menempel pada sandaran dan kaki menjangkau pedal; kedua, posisi duduk disesuaikan pada kondisi paling nyaman; dan ketiga, sudut postur diukur pada delapan segmen tubuh, yaitu *neck*, *shoulder*, *elbow*, *wrist*, *hip*, *torso*, *knee*, dan *ankle*. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Sudut Postur Pengemudi

No	Nama	Umur	Tinggi	Berat Badan	Neck	Shoulder	Elbow	Wrist	Hip	Torso	Knee	Ankle
1	Narta	46	165	65	22	19	79	163	79	12	120	90
2	Heri P	48	165	65	26	41	103	160	80	9	119	83
3	Tulus	38	165	65	33	13	114	154	103	11	125	102
4	Surya Galih	35	166	77	35	51	146	160	99	10	122	98
5	Bayu	33	175	88	18	22	101	171	84	5	103	92

6	Hendi	32	165	65	25	49	121	162	84	3	118	92
7	Wegi	31	164	90	23	17	116	155	103	13	119	94
8	Wagimin	55	169	73	21	9	106	155	103	14	124	86
9	Trie K	50	165	58	26	32	120	168	100	15	101	90
10	Ludranang	37	154	85	36	55	117	151	81	4	105	91
11	Wahyu Eko	36	169	70	29	52	125	170	88	5	106	95
12	Eka P	42	165	58	11	39	135	162	100	15	120	92
13	Sugeng	50	177	87	30	12	86	163	83	6	107	96
14	Stefanus	22	172	71	23	9	107	150	93	10	109	85
15	Usman	40	160	58	16	32	116	175	88	13	119	88
16	Oni	29	168	73	27	57	102	155	71	12	113	93
17	Ruwet	51	160	58	24	39	115	172	93	5	121	114
18	Poyid	45	170	66	14	36	135	172	98	19	105	90
19	Atek	39	173	79	23	61	160	162	89	9	114	81
20	Dian	22	166	78	22	26	120	171	95	11	111	95
21	Mulyanto	39	163	65	24	31	118	167	97	9	117	93
22	Endri	41	173	54	20	20	111	166	95	13	107	85
23	Ismail	35	164	54	28	45	139	174	100	15	110	82
24	Rohmadi	41	161	65	24	12	82	176	88	7	109	87
25	Suprijanto	50	165	78	26	45	130	168	97	9	125	107
26	Zaenur	30	170	80	31	22	105	170	93	7	116	108
27	Taryono	41	157	60	24	42	118	167	95	6	124	107
28	Afif	23	165	59	22	52	131	160	85	3	113	89
29	Waryono	44	160	62	21	10	98	153	101	15	117	91
30	Agung	46	160	73	25	20	114	150	104	16	118	93
31	ponirin	40	156	56	22	15	120	137	106	16	118	104
32	ranto	52	161	70	24	11	107	161	100	13	117	91
33	wiji	36	170	57	18	42	147	163	101	18	113	91
34	endy sanyoto	51	158	65	31	37	127	171	99	12	111	92
35	nurdin	26	165	95	27	63	135	166	84	9	134	107
36	novian	35	170	86	29	46	135	162	96	8	119	115
37	diky	27	168	66	25	33	120	172	90	5	118	103
38	supriyana	45	165	55	31	9	105	148	97	11	118	101
39	robertus	51	169	69	34	55	164	161	99	12	120	87
40	aldy	29	162	70	24	41	124	166	99	11	109	84
41	joni	27	169	54	25	28	112	176	95	9	120	97
42	iswanta	45	165	57	31	56	123	161	82	6	114	95
43	saban	28	168	53	28	35	127	164	99	12	117	101
44	tenang	42	163	65	32	57	124	173	81	8	120	93
45	hendra	24	160	45	24	34	128	170	103	17	116	92
46	agung y	32	172	78	19	9	115	139	99	13	110	90
47	rischa	33	173	65	21	22	111	169	88	9	96	92
48	didi	38	165	90	25	34	124	163	95	13	109	98
49	agus m	42	175	68	10	22	123	160	93	14	107	93
50	suyani	49	168	64	25	43	139	168	105	18	111	92
51	septyan	32	172	55	13	19	113	172	93	10	107	87
52	yahya	26	169	94	27	45	142	160	95	9	116	93
53	dio	35	167	80	28	55	145	168	94	7	122	99
54	andang	47	167	70	8	25	127	162	104	18	120	92
55	ujang	37	165	62	24	27	124	164	99	13	118	93
56	anjias	29	171	92	26	11	106	148	93	4	123	127
57	amrin	33	160	80	32	64	156	156	96	7	124	98
58	murjiyana	43	165	66	17	45	153	162	104	15	121	113
Rata – Rata		38,02	166,02	69,07	24,29	33,67	121,48	162,83	94,10	10,66	115,26	94,98
Standar deviasi		8,68	4,96	11,91	6,01	16,41	17,69	8,61	7,82	4,15	7,03	8,86

Hasil Kuesioner Nordic Body Map

Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) disebarakan kepada 58 pengemudi truk Pertamina dan semuanya dapat dianalisis. Keluhan tertinggi ditemukan pada bagian batang tubuh dengan total skor 124 dan leher dengan skor 123. Sebaliknya, keluhan terendah terdapat pada siku kiri dengan skor 58. Persentase kategori "agak sakit" paling dominan pada batang tubuh sebesar 55,17%, diikuti oleh leher sebesar 53,45%. Sementara itu, kategori "sakit" tertinggi ditemukan pada leher dan batang tubuh, masing-masing sebesar 29,31%. Kategori "sangat sakit" tidak ditemukan pada bagian manapun. Data rekapitulasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Skor Nordic Body Map

No	Bagian Otot	Total Skor
1	Leher	123
2	Bahu Kanan	61
3	Bahu Kiri	60
4	Batang Tubuh	124
5	Panggul Kanan	72
6	Ankle Kanan	84
7	Ankle Kiri	76
8	Siku Kiri	58

Pembahasan

Analisis Pengukuran Sudut Postur Pengemudi

Perbandingan antara hasil pengukuran dan sudut rekomendasi postur pengemudi mengungkap bahwa tujuh dari delapan segmen tubuh telah memenuhi standar ergonomis. Sudut *neck* rata-rata $24,29^\circ$ berada dalam rentang rekomendasi $33,5^\circ \pm 19,20^\circ$; sudut *shoulder* $33,67^\circ$ masih dalam batas $28,26^\circ \pm 10,2^\circ$; sudut *elbow* $121,48^\circ$ sesuai dengan rekomendasi $121,14^\circ \pm 7,8^\circ$; sudut *wrist* $162,83^\circ$ mendekati rekomendasi $172^\circ \pm 25,8^\circ$; sudut *hip* $94,10^\circ$ sesuai dengan $104,45^\circ \pm 9,8^\circ$; sudut *knee* $115,26^\circ$ sesuai dengan $124^\circ \pm 7,8^\circ$; dan sudut *ankle* $94,98^\circ$ sesuai dengan $98,26^\circ \pm 3,8^\circ$. Namun, sudut *torso* rata-rata hanya $10,66^\circ$ berada jauh di bawah rekomendasi $30,5^\circ \pm 7,6^\circ$, yang berarti batang tubuh pengemudi cenderung terlalu tegak atau kurang condong ke depan secara proporsional. Kondisi ini mengindikasikan bahwa dimensi sandaran punggung kursi eksisting belum mampu menopang postur batang tubuh secara optimal, sehingga berpotensi menimbulkan ketegangan otot punggung selama perjalanan jarak jauh [17].

Simulasi Software Jack

Simulasi ergonomi dilaksanakan menggunakan *software* Jack versi 8.4 melalui tiga tahap utama: pembuatan *virtual environment* berbasis model CAD kursi aktual, pembentukan *virtual human modelling* berdasarkan data antropometri 58 responden, serta pemberian postur kerja secara manual melalui fitur *Human Control*. Ketiga metode analisis, yaitu *Low Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS), dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), dijalankan melalui *Task Analysis Toolkit* (TAT) sehingga menghasilkan penilaian postur secara *real-time*.

Keandalan hasil simulasi dalam penelitian ini turut didukung oleh konsistensi proses pembentukan *virtual environment* yang mengacu sepenuhnya pada dimensi aktual kursi hasil pengukuran lapangan, sehingga model tiga dimensional yang dihasilkan merepresentasikan kondisi nyata kabin pengemudi secara akurat. Penggunaan *software* Jack sebagai platform analisis ergonomi digital memberikan keunggulan berupa kemampuan mengevaluasi interaksi antara model manusia dengan lingkungan kerjanya secara simultan dan terukur, yang tidak dapat dicapai melalui metode observasi visual semata. Proses pembentukan postur pada *virtual human modelling* yang dilakukan secara individual untuk setiap responden juga memastikan bahwa variasi antropometri antar-pengemudi turut terakomodasi dalam analisis, sehingga hasil yang diperoleh tidak hanya berlaku untuk satu profil tubuh tertentu melainkan merepresentasikan keragaman populasi pengemudi truk Pertamina secara keseluruhan [8].

Simulasi Low Back Analysis (LBA)

Hasil LBA terhadap 58 responden menunjukkan seluruh nilai berada di bawah batas toleransi NIOSH sebesar 3.400 N, dengan rentang nilai dari 254 N hingga 615 N. Nilai tertinggi 615 N diperoleh pada responden ke-35 dengan berat badan 95 kg, sedangkan nilai terendah 254 N diperoleh pada responden ke-23 dengan berat badan 54 kg. Temuan ini mengonfirmasi bahwa beban kerja pada tulang belakang pengemudi tergolong dalam kategori risiko rendah dalam kondisi postur berkendara yang dianalisis. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menegaskan bahwa postur duduk statis dalam waktu lama tetap memberikan beban kumulatif pada tulang belakang meskipun nilai absolut masih di bawah ambang batas [7].

Low Back Analysis digunakan untuk mengukur besarnya gaya tekan pada segmen tulang belakang bagian bawah (*lumbar spine*) saat pengemudi berada dalam postur berkendara. Batas aman yang ditetapkan NIOSH adalah 3.400 N. Hasil simulasi terhadap seluruh 58 responden menunjukkan bahwa tidak ada satu pun nilai yang melampaui ambang batas tersebut. Nilai tertinggi diperoleh responden ke-35 sebesar 615 N (berat badan 95 kg), sedangkan nilai terendah tercatat pada responden ke-23 sebesar 254 N (berat badan 54 kg). Hal ini membuktikan bahwa variabel berat badan menjadi faktor

dominan yang memengaruhi besarnya nilai LBA, sementara pengaruh perbedaan sudut postur antar-responden relatif kecil karena pola postur yang cenderung seragam.



Gambar 4. Hasil Analisis LBA

Simulasi *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*

Analisis OWAS mengklasifikasikan postur kerja pengemudi ke dalam empat kategori risiko. Hasil simulasi menunjukkan 26 dari 58 responden memperoleh skor OWAS 1 (tidak ada masalah pada *musculoskeletal disorders*/MSDs, tidak diperlukan perbaikan), sementara 32 responden lainnya memperoleh skor OWAS 2 yang mengindikasikan adanya ketegangan pada sistem muskuloskeletal sehingga diperlukan tindakan perbaikan di kemudian hari. Tidak ada responden yang mencapai kategori 3 atau 4. Kode OWAS yang umum muncul adalah 1111 dan 2111, yang menunjukkan postur punggung lurus, anggota atas bergerak di bawah bahu, serta beban kerja ringan. Temuan ini mengindikasikan bahwa desain kursi eksisting masih memungkinkan terjadinya akumulasi risiko muskuloskeletal pada penggunaan jangka panjang [8].

Proporsi responden dengan skor OWAS 2 yang mencapai 55,17% perlu mendapat perhatian serius meskipun belum masuk dalam kategori berbahaya secara langsung. Pada aktivitas mengemudi jarak jauh yang berlangsung selama berjam-jam secara berulang setiap harinya, akumulasi ketegangan muskuloskeletal akibat postur kategori 2 yang dipertahankan dalam durasi panjang dapat berkembang menjadi gangguan kronis yang jauh lebih sulit ditangani dibandingkan cedera akut. Fenomena ini dikenal sebagai *cumulative trauma disorders (CTDs)*, yakni kondisi di mana paparan ergonomis yang tampak ringan namun berlangsung terus-menerus secara bertahap merusak jaringan otot, tendon, dan sendi. Oleh karena itu, meskipun tidak ada responden yang mencapai kategori OWAS 3 atau 4, temuan ini tetap menegaskan urgensi intervensi desain kursi yang proaktif sebelum gangguan muskuloskeletal berkembang menjadi permasalahan kesehatan kerja yang lebih serius di lingkungan operasional Pertamina Fuel Terminal Rewul [7].

Simulasi *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

Hasil RULA menunjukkan kondisi yang lebih kritis dibandingkan LBA dan OWAS. Dari 58 responden, mayoritas memperoleh skor RULA 7 (kategori risiko sangat tinggi) yang mengharuskan penanganan segera, sedangkan sebagian kecil memperoleh skor 5–6 (risiko tinggi, perlu investigasi dan perbaikan sesegera mungkin). Skor terendah 5 diperoleh pada responden ke-8, ke-29, dan ke-46. Tingginya skor RULA ini terutama disebabkan oleh posisi *torso* yang tidak sesuai dengan rekomendasi dan karakteristik kontraksi otot statis selama mengemudi berlangsung lebih dari satu menit, yang secara langsung meningkatkan risiko cedera pada anggota tubuh bagian atas [17].

Dominasi skor RULA 7 pada 70,69% responden merupakan temuan yang paling kritis dalam penelitian ini dan memerlukan respons intervensi yang bersifat segera. Kondisi ini secara spesifik dipicu oleh kombinasi dua faktor utama, yakni ketidaksesuaian sudut *torso* yang memaksa segmen leher dan punggung atas menanggung beban kompensatoris berlebih, serta karakteristik kontraksi otot statis yang melekat pada aktivitas mengemudi di mana kelompok otot tertentu harus aktif secara terus-menerus tanpa jeda relaksasi yang memadai. Dalam perspektif biomekanika kerja, kontraksi otot statis yang berlangsung lebih dari satu menit secara konsisten diketahui mempercepat onset kelelahan otot dan meningkatkan tekanan intramuskular yang pada akhirnya menghambat sirkulasi darah lokal pada area yang terdampak. Implikasi praktis dari temuan ini adalah bahwa intervensi tidak dapat terbatas hanya pada perbaikan dimensi fisik kursi, tetapi juga perlu mencakup kebijakan manajemen waktu berkendara yang membatasi durasi mengemudi tanpa istirahat guna meminimalkan efek akumulatif dari postur kerja berisiko tinggi tersebut [18].

Perhitungan *Posture Evaluation Index (PEI)*

Nilai PEI dihitung menggunakan formulasi berikut: $PEI = I_1 + I_2 + (I_3 \times mr)$, di mana $I_1 = LBA/3400N$, $I_2 = OWAS/4$, $I_3 = RULA/7$, dan $mr = 1,42$. Hasil perhitungan terhadap 58 responden menunjukkan nilai PEI tertinggi sebesar 2,100 pada responden ke-35 (berat badan 95 kg, LBA 615 N, OWAS 2, RULA 7) dan nilai terendah 1,408 pada responden ke-8 (LBA 492 N, OWAS 1, RULA 5). Nilai PEI yang lebih besar mencerminkan postur yang semakin tidak ergonomis dan risiko keluhan muskuloskeletal yang lebih tinggi. Distribusi nilai PEI selengkapnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan PEI (Representatif)

Pengemudi	Skor Kursi Lama			
	LBA	OWAS	RULA	PEI
Ke-8	492 N	1	5	1,408

Ke-35	615 N	2	7	2,100
Pengemudi		Skor Penurunan Kursi Rekomendasi Perbaikan		
	LBA	OWAS	RULA	PEI
Ke-8	362 N	1	5	1,370
Ke-35	563 N	1	7	1,835

Berdasarkan Tabel 4, terjadi penurunan nilai PEI yang signifikan pada kedua responden representatif setelah dilakukan *redesain* kursi. Responden ke-8 mengalami penurunan PEI dari 1,408 menjadi 1,370, sedangkan responden ke-35 menunjukkan penurunan lebih besar dari 2,100 menjadi 1,835. Penurunan pada responden ke-35 yang lebih substansial dipicu oleh perbaikan nilai OWAS dari kategori 2 menjadi 1, yang berarti postur kerja tidak lagi memerlukan tindakan perbaikan lanjutan. Semakin kecil nilai PEI yang dihasilkan mengindikasikan semakin baiknya kualitas ergonomis postur pengemudi, sehingga kursi hasil *redesain* terbukti lebih unggul secara ergonomis dibandingkan kursi eksisting dan layak direkomendasikan sebagai solusi peningkatan kenyamanan serta keselamatan pengemudi truk Pertamina [19], [20].

Pembahasan Kuesioner Nordic Body Map (NBM)

Analisis kuesioner NBM terhadap 58 responden yang seluruhnya berjenis kelamin laki-laki menunjukkan bahwa keluhan muskuloskeletal paling dominan terpusat pada batang tubuh (skor 124) dan leher (skor 123). Pada kategori "agak sakit", batang tubuh mendominasi dengan persentase 55,17% dan leher 53,45%. Pada kategori "sakit", keduanya masing-masing mencapai 29,31%. Temuan ini secara konsisten berkorelasi dengan ketidaksesuaian sudut *torso* yang ditemukan pada analisis postur, serta tingginya skor RULA yang mengindikasikan tekanan berlebih pada anggota tubuh bagian atas. Area *ankle* kanan juga mencatat keluhan cukup signifikan dengan skor 84, mengindikasikan tekanan pada pergelangan kaki akibat pengoperasian pedal dalam durasi panjang [7], [21].

Secara keseluruhan, pola distribusi keluhan yang teridentifikasi melalui kuesioner NBM membentuk gambaran yang koheren dan saling menguatkan dengan seluruh hasil analisis kuantitatif yang telah dilakukan sebelumnya. Konsentrasi keluhan pada batang tubuh dan leher yang mendominasi skor NBM secara langsung berkorespondensi dengan ketidaksesuaian sudut *torso* pada analisis postur dan tingginya skor RULA pada kedua segmen tersebut, sehingga memperkuat validitas temuan penelitian dari dua perspektif sekaligus, yakni perspektif objektif berbasis simulasi dan perspektif subjektif berbasis persepsi pengemudi. Keselarasan antara data kuantitatif dan kualitatif ini juga mengindikasikan bahwa pengemudi truk Pertamina secara sadar telah merasakan dampak negatif dari desain kursi yang tidak ergonomis dalam aktivitas kerja hariannya, namun belum mendapatkan solusi struktural yang memadai [22]. Temuan ini menjadi landasan empiris yang kuat bagi manajemen Pertamina untuk memprioritaskan evaluasi dan pembaruan standar desain kursi pengemudi sebagai bagian integral dari program keselamatan dan kesehatan kerja (*occupational health and safety*) yang berkelanjutan di seluruh unit operasional distribusi bahan bakar [23].

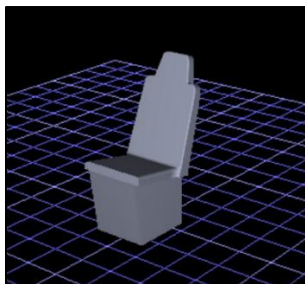
Pembahasan Rekomendasi Kursi Pengemudi

Berdasarkan seluruh hasil analisis, desain ulang kursi pengemudi dilakukan dengan menyesuaikan dimensi terhadap data antropometri Perhimpunan Ergonomi Indonesia. Panjang alas duduk diperpendek dari 48 cm menjadi 44 cm untuk memberikan jarak bebas 3–5 cm dari lipat lutut guna mencegah gangguan sirkulasi darah. Lebar alas ditetapkan 44 cm berdasarkan dimensi lebar pinggul persentil ke-95 (P95). Tinggi sandaran punggung ditingkatkan menjadi 65 cm agar mampu menopang punggung hingga bahu. Lebar sandaran bawah diperluas menjadi 50 cm dan atas 45 cm mengikuti kontur anatomi tubuh. Sudut sandaran ditetapkan 110° dan kemiringan dudukan 10° untuk mendukung postur *torso* yang lebih ergonomis.

Konfigurasi ini terbukti menurunkan nilai PEI: pada responden ke-8 dari 1,408 menjadi 1,370 (turun 0,038), dan pada responden ke-35 dari 2,100 menjadi 1,835 (turun 0,265). Spesifikasi lengkap kursi perbaikan disajikan pada Tabel 5 dan visualisasi desain ditampilkan pada Gambar 4.

Tabel 5. Spesifikasi Kursi Perbaikan

Bagian Kursi	Dimensi
Panjang Alas	44 cm
Lebar Alas Depan	48 cm
Lebar Alas Belakang	44 cm
Panjang Sandaran	65 cm
Lebar Sandaran Bawah	50 cm
Lebar Sandaran Atas	45 cm
Lebar <i>Headrest</i> Bawah	30 cm
Lebar <i>Headrest</i> Atas	22 cm
Kemiringan Dudukan	10°
Sudut Sandaran	110°



Gambar 5. Desain Kursi Perbaikan

Desain ulang kursi pengemudi dilakukan berdasarkan data antropometri Perhimpunan Ergonomi Indonesia untuk rentang usia 17–47 tahun dengan pendekatan persentil ke-95 (P95) guna mengakomodasi pengguna dengan dimensi tubuh terbesar. Panjang alas duduk diperpendek dari 48 cm menjadi 44 cm agar terdapat jarak bebas 3–5 cm dari lipat lutut, mencegah gangguan sirkulasi darah pada paha. Tinggi sandaran ditingkatkan dari 60 cm menjadi 65 cm untuk menopang punggung hingga bahu, sehingga distribusi beban tubuh lebih merata. Sudut sandaran ditetapkan 110° dan kemiringan dudukan 10° untuk mendorong postur *torso* mendekati nilai rekomendasi [24]. Hasil verifikasi menunjukkan penurunan PEI yang signifikan: responden ke-35 mengalami penurunan dari 2,100 menjadi 1,835 (turun 0,265), sementara responden ke-8 dari 1,408 menjadi 1,370 (turun 0,038). Penurunan ini mengonfirmasi bahwa penyesuaian dimensi kursi berbasis antropometri terbukti efektif meningkatkan kualitas ergonomis postur pengemudi truk Pertamina [8], [25].

Simpulan

Penelitian ini berhasil menjawab tujuan yang telah ditetapkan, yaitu menganalisis tingkat ergonomis kursi pengemudi truk Pertamina berbasis sasis Hino di Fuel Terminal Rewulu melalui pendekatan multi-metode yang terintegrasi. Hasil pengukuran sudut postur terhadap 58 pengemudi menggunakan goniometer menunjukkan bahwa tujuh dari delapan segmen tubuh, yakni *neck*, *shoulder*, *elbow*, *wrist*, *hip*, *knee*, dan *ankle*, telah memenuhi standar sudut postur yang direkomendasikan sehingga dinilai ergonomis. Satu-satunya segmen yang tidak memenuhi standar adalah *torso* dengan rata-rata $10,66^\circ$, jauh di bawah rekomendasi $30,5^\circ \pm 7,6^\circ$, yang mengindikasikan bahwa dimensi sandaran punggung kursi eksisting belum mampu menopang batang tubuh pengemudi secara optimal selama berkendara jarak jauh. Temuan ini diperkuat oleh hasil simulasi *software* Jack versi 8.4 yang menghasilkan nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) tertinggi sebesar 2,100 pada responden ke-35 dan terendah 1,408 pada responden ke-8, dengan seluruh nilai *Low Back Analysis* (LBA) berada di bawah batas aman NIOSH 3.400 N, mayoritas skor *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) pada kategori 2 yang mengindikasikan perlunya perbaikan jangka menengah, serta dominasi skor *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) 7 pada 70,69% responden yang mencerminkan risiko cedera anggota tubuh bagian atas dalam kategori sangat tinggi. Kondisi ini selaras dengan hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) yang mengungkap bahwa keluhan muskuloskeletal paling dominan terpusat pada batang tubuh (skor 124) dan leher (skor 123), dengan persentase "sakit" masing-masing mencapai 29,31%, yang secara konsisten mengonfirmasi bahwa kursi pengemudi eksisting belum sepenuhnya memenuhi prinsip-prinsip ergonomi yang dipersyaratkan.

Berdasarkan seluruh temuan tersebut, rekomendasi *redesain* kursi pengemudi yang disusun berdasarkan data antropometri Perhimpunan Ergonomi Indonesia dengan pendekatan persentil ke-95 (P95) terbukti efektif menurunkan nilai PEI secara signifikan. Panjang alas duduk diperpendek menjadi 44 cm, tinggi sandaran ditingkatkan menjadi 65 cm, sudut sandaran ditetapkan 110° , dan kemiringan dudukan 10° , yang secara keseluruhan mendorong postur *torso* mendekati nilai rekomendasi. Hasil verifikasi menunjukkan penurunan PEI pada responden ke-35 dari 2,100 menjadi 1,835 dan pada responden ke-8 dari 1,408 menjadi 1,370, yang membuktikan bahwa penyesuaian dimensi kursi berbasis antropometri mampu meningkatkan kualitas ergonomis postur pengemudi secara terukur. Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa kerangka evaluasi ergonomi terpadu yang dapat diterapkan pada kendaraan operasional industri serupa. Ke depannya, penelitian lanjutan disarankan untuk mengintegrasikan pengujian prototipe fisik kursi hasil *redesain* secara langsung di lapangan, memperluas cakupan populasi ke terminal Pertamina lainnya di Indonesia, serta mempertimbangkan faktor getaran kendaraan (*whole-body vibration*) dan durasi berkendara sebagai variabel tambahan guna menghasilkan rekomendasi desain kursi pengemudi yang lebih komprehensif dan aplikatif.

Daftar Pustaka

- [1] Kepolisian Republik Indonesia, "Statistik Laka Lantas," *Pusiknas Bareskrim Polri*, 2025.
- [2] A. Anggara, Novrikasari, Y. Windusari, H. Hasyim, Syafaruddin, and P. Noviadi, "Postur Mengemudi dan Penggunaan Lumbar support dalam Pencegahan Risiko LBP pada Pengemudi: Literature Review," *Media Publ. Promosi Kesehat. Indones.*, vol. 6, no. 12, pp. 1–12, 2023.

- [3] F. Caputo, G. Di Gironimo, and A. Marzano, "Ergonomic optimization of a manufacturing system work cell in a virtual environment," *Acta Polytech.*, vol. 46, no. 5, 2006.
- [4] S. Debora and A. Suryadi, "Analysis of Cleaning Service Work Postures to Reduce Musculoskeletal Injuries with the Posture Evaluation Index Approach," *J. La Multiapp*, vol. 6, no. 1, pp. 12–22, 2025, doi: 10.37899/journallamultiapp.v6i1.1785.
- [5] D. Putri and M. K. Hidayat, "Analisis Pengukuran Ergonomi Metode ROSA Saat Perkuliahan Daring," *IMTechno J. Ind. Manag. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 115–120, 2022, doi: 10.31294/imtechno.v3i2.1257.
- [6] N. I. P. Putri, "Pengaruh Transportasi Umum Terhadap Perkembangan Antar Wilayah Administrasi di Jakarta," *J. Manaj. Bisnis Transp. dan Logistik*, vol. 8, no. 1, p. 63, 2022, doi: 10.54324/j.mbt.v8i1.1249.
- [7] R. Fahmi, "Gambaran kelelahan dan keluhan muskuloskeletal pada pengemudi bus malam jarak jauh PO . Restu mulya," *Indones. J. Occup. Saf. Heal.*, vol. 4, no. 2, pp. 167–176, 2015.
- [8] D. Pramesti, N. L. P. J. Andini, D. A. K. Raharjo, and A. D. Dwipayana, "Efektivitas Penggunaan Moda Transportasi Umum Dengan Kendaraan Pribadi," *Indones. J. Multidiscip. Soc. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 6–16, 2024.
- [9] R. Rifano and K. Kansayulisa, "Ergonomic analysis of handgrips on Suroboyo bus using the rapid upper limb assessment (RULA) method," *BIS Energy Eng.*, vol. 2, p. V225050, 2025, doi: 10.31603/biseeng.342.
- [10] R. Prabowo and A. Agung, "Disain alat ukur antropometri melalui integrasi metode kansei engineering dan quality function deployment," *Tekmapro J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 14, no. 2, pp. 60–67, 2019.
- [11] A. I. Wahyudianto, "Perancangan Ruang Kemudi Mitsubishi Fuso Fe711bc Kendaraan Mikro Bus Dalam Kampus Universitas Telkom," 2020, [Online]. Available: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/161661/perancangan-ruang-kemudi-mitsubishi-fuso-fe711bc-kendaraan-mikro-bus-dalam-kampus-universitas-telkom.html>
- [12] C. Gregg *et al.*, "Work-Related Musculoskeletal Disorders : A Systematic Review and Meta-Analysis," *J. Clin. Med. Syst.*, vol. 13, 2024.
- [13] E. Ortiz *et al.*, "Evaluation of Technical and Anthropometric Factors in Postures and Muscle Activation of Heavy-Truck Vehicle Drivers: Implications for the Design of Ergonomic Cabins," *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 14, pp. 1–16, 2025, doi: 10.3390/app15147775.
- [14] N. Sabri, N. K. Khamis, M. F. M. Tahir, J. Besar, and D. Abd Wahab, "Impact of Anthropometric Parameters on Pressure Variables for Determining Comfort and Safety of Automotive Seat: A Systematic Review," *Iran. J. Public Health*, vol. 51, no. 2, pp. 240–252, 2022, doi: 10.18502/ijph.v51i2.8678.
- [15] N. K. Khamis, M. Faizal, M. Tahir, and M. Z. Nuawi, "Incorporating Anthropometric Measurement and Pressure Distribution Assessment in Car Seat for Fatigue Management : An Exploratory Ergonomic Analysis," *J. Hum. Centered Technol.*, no. February, pp. 38–44, 2026.
- [16] P. J. Masrudin, Novrikasari, and Y. Windusari, "Analisis Risiko Ergonomi dan Keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) Pekerja Seismik di Provinsi Sumatera Selatan," *Media Publ. Promosi Kesehatan. Indones. (MPPKI)*, vol. 5, no. 3, pp. 1–12, 2022.
- [17] S. W. Purwanza, "Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan Kombinasi," in *Cv. Media Sains Indonesia*, CV. MEDIA SAINS INDONESIA, 2022, p. 254.
- [18] K. S. Krishnan, G. Raju, and O. Shawkataly, "Prevalence of work-related musculoskeletal disorders: Psychological and physical risk factors," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 17, 2021, doi: 10.3390/ijerph18179361.
- [19] S. Saefudin *et al.*, "Peningkatan Keterampilan Menggambar Teknik menggunakan Software CAD untuk siswa SMK," *J. Pengabd. Masy. Tek.*, vol. 6, no. 2, pp. 91–97, 2024, doi: 10.24853/jpmt.6.2.91-97.
- [20] A. Sistarina and S. Kartikasari, "Redesain Tata Ruang dan Kenyamanan Pustakawan dan Pemustaka di Perpustakaan Universitas Airlangga," *J. Perpust. Univ. Airlangga*, vol. 8, no. 2, pp. 80–87, 2018.
- [21] Y. D. R. Montororing and S. Sihombing, "Perancangan Alat Bantu Kerja Dengan Prinsip Ergonomi Pada Bagian Penimbangan Di Pt. Bpi," *J. Inkofar*, vol. volume 1, no. 2, pp. 47–56, 2020.
- [22] G. Kyung and M. A. Nussbaum, "Specifying comfortable driving postures for ergonomic design and evaluation of the driver workspace using digital human models," *Ergonomics*, vol. 52, no. 8, pp. 939–953, Aug. 2009, doi: 10.1080/00140130902763552.
- [23] D. Kusaeri, S. Sudarmono, and D. S. Arina, "Analisis Ergonomi Kursi Santai Multifungsi," *J. Tek. Komputer, Agroteknologi Dan Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 85–93, 2022, doi: 10.56248/marostek.v1i1.22.
- [24] S. P. Ratumanan, Achadiyahani, and A. F. Khairani, "Metode Antropometri Untuk Menilai Status Gizi: Sebuah Studi Literatur," *Heal. Inf. J. Penelit.*, vol. 15, no. 2, p. 4, 2023, [Online]. Available: <https://myjurnal.poltekkes-kdi.ac.id/index.php/hijp/article/view/704>
- [25] Y. Wei and Y. Chen, "Ergonomic Optimization of University Dormitory Furniture: A Digital Human Modeling Approach Using Jack Software," *Sustain.*, vol. 17, no. 1, 2025, doi: 10.3390/su17010299.