

Analysis of Musculoskeletal Disorders in Electric Vehicle Prototype Drivers Using the Nordic Body Map Method

Reyvanda Ayusran^{1*}, Wanda Afnison¹, Irzal¹, Milana²

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

²Department of Automotive Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

*Corresponding author: reyvandaayusran@gmail.com

Received June 13th 2025; Revised July 25th 2025; Accepted August 2th 2025

Abstract

The dwindling availability of fossil-based energy sources has spurred breakthroughs in the evolution of eco-conscious transportation, one of which is manifested in the Indonesian Electric Car Competition (Kompetisi Mobil Listrik Indonesia – KMLI). In this arena, collegiate teams engineer lightweight, single-occupant electric prototype vehicles emphasizing energy thrift. Nonetheless, spatial constraints and performance optimization frequently take precedence over ergonomic design, heightening the likelihood of musculoskeletal strain. This investigation seeks to examine bodily discomforts related to the musculoskeletal system as encountered by the operator of a prototype electric vehicle, employing the Nordic Body Map (NBM) assessment tool. The inquiry adopted a descriptive format via a focused case analysis involving the primary driver from the Megathrust Eco Team representing Universitas Negeri Padang (UNP) in the 2024 KMLI. Post-operation, the participant filled out the NBM form to denote discomfort regions, referencing a Likert-type scale from 1 (no pain) to 4 (extreme pain). The outcomes identified the cervical region, shoulders, dorsum, and lumbar zone as areas with elevated distress, classified under Pain and Intense Pain levels, thus revealing substantial ergonomic concerns. From these insights, it is inferred that the seating layout and cockpit geometry must be reconsidered and fine-tuned according to the driver's anthropometric dimensions to alleviate physical complaints and boost vehicular comfort. The study aspires to aid in fostering electric vehicles that are more attuned to human-centered design, balancing well-being and operational safety.

Keywords: musculoskeletal disorder; ergonomics; electric vehicle; driver; nordic body map

Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Bilah Bawah terhadap Torsi pada Turbin Vortex Menggunakan Komputasi Dinamika Fluida (CFD)

Abstrak

Menipisnya ketersediaan sumber energi berbasis fosil telah mendorong terobosan dalam pengembangan transportasi yang ramah lingkungan, salah satunya diwujudkan melalui Kompetisi Mobil Listrik Indonesia (KMLI). Dalam ajang ini, tim-tim mahasiswa merancang kendaraan *prototipe* listrik satu penumpang yang ringan dan hemat energi. Namun, keterbatasan ruang dan prioritas efisiensi teknis seringkali mengesampingkan aspek ergonomi pengemudi, sehingga meningkatkan potensi terjadinya ketegangan sistem *musculoskeletal*. Studi ini bertujuan untuk menelaah ketidaknyamanan fisik yang berkaitan dengan sistem otot dan rangka yang dialami oleh pengemudi kendaraan *prototipe* listrik, dengan menggunakan instrumen penilaian *Nordic Body Map* (NBM). Penelitian dilakukan secara deskriptif melalui studi kasus terhadap pengemudi utama dari Tim Megathrust Eco Universitas Negeri Padang (UNP) dalam KMLI 2024. Setelah sesi mengemudi, responden mengisi kuesioner NBM untuk menandai area tubuh yang mengalami keluhan, dengan menggunakan skala Likert dari 1 (tidak nyeri) hingga 4 (sangat nyeri). Hasil menunjukkan bahwa area leher, bahu, punggung, dan pinggang menjadi bagian tubuh yang paling terdampak, dikategorikan dalam tingkat Nyeri dan Sangat Nyeri, sehingga menunjukkan adanya risiko ergonomi yang cukup tinggi. Berdasarkan temuan ini, disimpulkan bahwa desain jok dan ruang kendali perlu dievaluasi ulang dan disesuaikan dengan data antropometri pengemudi guna mengurangi keluhan fisik dan meningkatkan kenyamanan berkendara. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan kendaraan listrik yang lebih berpusat pada pengguna, dengan mengutamakan keselamatan dan kesehatan pengemudi.

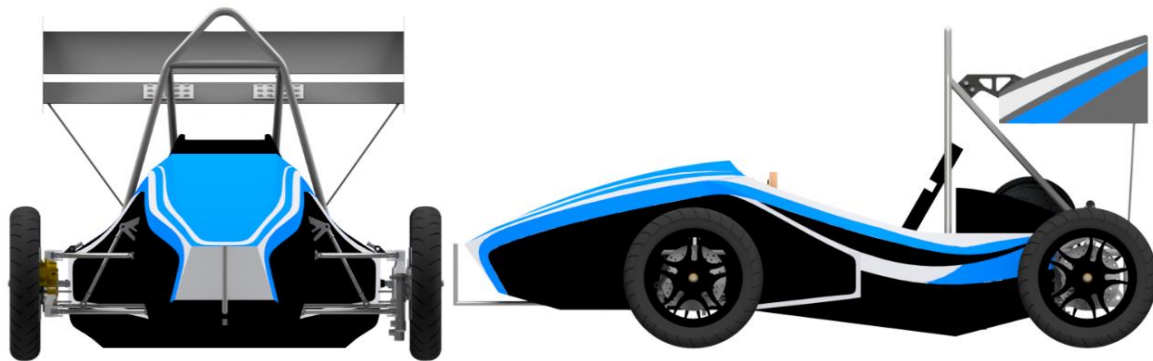
Kata kunci: keluhan muskuloskeletal; ergonomi; kendaraan listrik; pengemudi; *nordic body map*

I. PENDAHULUAN

Peran energi sangat vital dalam mendukung tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan (Khan et al., 2020). Ketersediaan sumber daya energi yang bersandar pada bahan bakar fosil di Indonesia kian menyusut akibat eksplorasi besar-besaran dan keterbatasan dalam penggalan temuan cadangan baru (Fuadilah Habib et al., 2022). Berdasarkan statistik dari Badan Pusat Statistik, kuantitas ekstraksi minyak mentah Indonesia berkurang dari 273,5 juta barel pada tahun 2019 menjadi 259,2 juta barel pada 2020 (BPS, 2022). Di wilayah Indonesia bagian barat, sekitar 90% cadangan minyak dan gas sudah dieksplorasi, meninggalkan sumur-sumur tua yang mayoritas produksinya didominasi oleh air dibandingkan minyak akibat tingginya kadar water cut (Setyono & Kiono, 2021). Di sisi lain, intensitas kebutuhan energi dalam negeri tetap menjulang, sehingga menimbulkan ketergantungan pada pasokan eksternal dan mendorong pencarian opsi energi yang lebih lestari (ESDM, 2024). Pemerintah mengimplementasikan langkah nyata guna menekan ketakbergantungan terhadap bahan bakar fosil melalui percepatan integrasi moda transportasi elektrik berbasis akumulator, sebagaimana tercantum dalam Keputusan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 (Republik, 2019).

Perkembangan kendaraan listrik tidak hanya menekankan efisiensi energi dan minimnya emisi, tetapi juga menuntut kenyamanan dan keselamatan bagi pengemudi (Thawafani et al., 2018). Salah satu bentuk nyata dukungan terhadap inovasi kendaraan listrik ditunjukkan melalui penyelenggaraan Kompetisi Mobil Listrik Indonesia (KMLI), sebuah ajang tahunan yang telah dilaksanakan oleh Politeknik Negeri Bandung sejak tahun 2009 (Direktorat Politeknik Negeri Bandung, 2024). KMLI menjadi wadah bagi mahasiswa perguruan tinggi di Indonesia untuk merancang dan membangun kendaraan listrik satu penumpang yang efisien, ringan, dan inovatif dalam aspek teknis dan desain.

Dalam kompetisi ini, tim berlomba menampilkan kendaraan dengan performa terbaik dari sisi akselerasi, efisiensi, kemampuan tanjakan, serta aspek keselamatan (Direktorat Politeknik Negeri Bandung, 2024). Kendaraan yang ditampilkan umumnya mengusung desain *prototype* dengan konfigurasi minimalis, sehingga aspek kenyamanan ergonomis sering kali belum menjadi perhatian utama dalam tahap awal perancangan. Pengemudi yang duduk dalam posisi statis dengan postur tidak ideal berpotensi mengalami gangguan *musculoskeletal disorders* (MSDs) seperti nyeri leher, bahu, atau punggung bawah akibat distribusi beban tubuh yang tidak merata (Gunev & Iliev, 2021). Fenomena serupa juga ditemukan di sektor pertanian, di mana aktivitas kerja yang dilakukan tanpa memperhatikan prinsip ergonomi berkontribusi terhadap munculnya gangguan pada otot dan rangka tubuh. Keluhan tersebut umumnya berupa rasa sakit yang timbul akibat posisi tubuh yang tidak tepat selama melakukan pekerjaan (Yunika & Safithry, 2023). Tampilan dari mobil listrik *prototype* yang berpartisipasi dalam lomba dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Super Sekip EV-3 Evo (YACARANDA, 2023)

Ergonomi merupakan cabang keilmuan yang menitikberatkan pada interaksi antara individu dan unsur-unsur dalam suatu tatanan kerja, dengan maksud utama untuk mengoptimalkan kenyamanan, proteksi, serta efektivitas dalam pelaksanaan aktivitas. Keilmuan ini memanfaatkan asas, informasi empiris, dan pendekatan sistematis guna menyelaraskan rancangan lingkungan kerja, perlengkapan, serta tanggung jawab kerja dengan potensi dan limitasi yang dimiliki oleh manusia (Radhwa & Danish, 2024). Dalam konteks kendaraan, ergonomi diaplikasikan untuk menyesuaikan desain kursi, setir, pedal, serta ruang kabin agar sesuai dengan proporsi tubuh pengemudi. Ketidaksiharian antara dimensi tubuh dengan desain kendaraan dapat menimbulkan postur duduk yang buruk dan meningkatkan risiko gangguan otot dan rangka (Thawafani et al., 2018).

Gangguan muskuloskeletal merupakan manifestasi rasa nyeri yang muncul pada struktur otot dan kerangka tubuh, yang lazimnya dipicu oleh postur kerja yang tidak selaras dengan prinsip ergonomi serta dilakukan secara repetitif dalam durasi waktu yang berkepanjangan (Tarwaka et al., 2004). Postur kerja yang tidak ergonomis secara signifikan dapat memperbesar peluang timbulnya gangguan pada sistem otot dan rangka tubuh, terutama apabila posisi tersebut dipertahankan dalam waktu lama tanpa penyesuaian (Nooryana et al., 2020). Guna menelaah keluhan ini secara metodologis, pendekatan Nordic Body Map (NBM) diaplikasikan sebagai instrumen penilaian perseptual yang memungkinkan penggambaran wilayah tubuh berdasarkan derajat intensitas ketidaknyamanan yang dialami oleh responden (Zahra & Prastawa, 2023). NBM dikembangkan oleh *Nordic Council of Ministers* dan menyajikan peta tubuh yang dibagi ke dalam 28 segmen area, mulai dari kepala hingga kaki (Wisnuwardana, 2022). Meskipun berbasis persepsi subjektif, metode ini terbukti efektif dalam mengidentifikasi bagian tubuh yang mengalami ketidaknyamanan saat bekerja (Maulidatul Masudha et al., 2024).

Dalam konteks penelitian ini, objek yang dikaji adalah pengemudi kendaraan listrik *prototype* satu penumpang yang dikembangkan oleh Megathrust Eco Team Universitas Negeri Padang. Berdasarkan dokumentasi awal, posisi mengemudi cenderung membungkuk dengan sudut leher yang menunduk, terutama saat menggunakan helm. Postur ini berpotensi meningkatkan risiko keluhan *musculoskeletal* pada bagian tubuh tertentu, terutama jika pengemudi harus bertahan dalam durasi yang cukup lama

selama sesi uji coba atau kompetisi. Visualisasi postur tubuh pengemudi saat mengemudikan kendaraan listrik *prototype* Megathrust Eco Team Universitas Negeri Padang sebagaimana ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Postur Tubuh Pengemudi Mobil Listrik *Prototype*

Kajian ini diarahkan untuk menelaah keluhan *musculoskeletal* yang dirasakan oleh operator kendaraan elektrik purwarupa dengan mengadopsi pendekatan *Nordic Body Map* sebagai perangkat asesmen. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai titik-titik keluhan yang dominan, sebagai bahan evaluasi dalam perancangan ulang kursi pengemudi secara ergonomis. Penelitian ini juga bertujuan untuk mendukung pengembangan desain kendaraan listrik yang lebih manusiawi, dengan memperhatikan kenyamanan dan kesehatan pengemudi selama berkendara.

II. METODE PENELITIAN

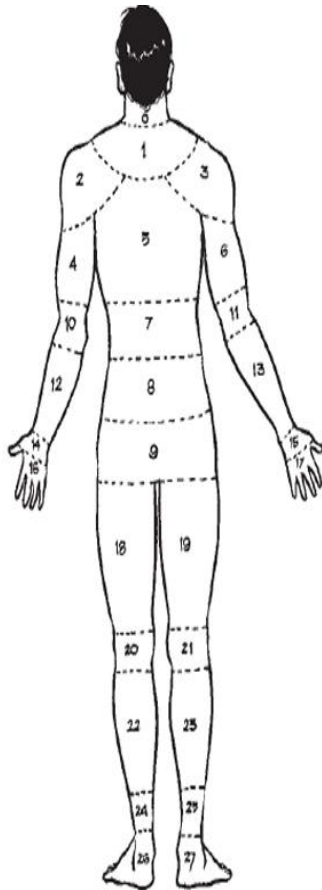
Studi ini mengimplementasikan pendekatan naratif-kualitatif dengan maksud untuk mengeksplorasi dan menginvestigasi keluhan *musculoskeletal* yang dialami oleh pengendali kendaraan listrik purwarupa berkapasitas tunggal selama berlangsungnya pelaksanaan Kompetisi Mobil Listrik Indonesia 2024. Data dihimpun melalui kuesioner *Nordic Body Map*, yang telah diakui keefektifannya dalam mengidentifikasi gejala *musculoskeletal disorders* berdasarkan persepsi subjektif responden terhadap kondisi fisik tubuhnya (Zadry et al., 2017).

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 di lokasi ajang KMLI, yaitu di Politeknik Negeri Bandung. Objek yang digunakan adalah kendaraan listrik *prototype* milik Megathrust Eco Team dari Universitas Negeri Padang. Adapun subjek penelitian adalah satu orang pengemudi utama tim, yang secara langsung mengemudikan kendaraan selama perlombaan berlangsung. Pengambilan data dilakukan segera setelah lomba selesai, saat sensasi ketidaknyamanan masih dirasakan secara nyata oleh responden.

Instrumen pokok yang diaplikasikan dalam riset ini berupa formulir *Nordic Body Map* versi tercetak, yang mencantumkan 28 segmentasi utama tubuh manusia. Partisipan diminta menandai (✓) area tubuh yang dirasakan mengalami gangguan fisik, dengan mengacu pada sistem pengukuran berbasis skala Likert, yakni: A = Tanpa rasa sakit (nilai 1), B = Rasa sakit ringan (nilai 2), C = Rasa sakit sedang (nilai 3), D = Rasa sakit berat (nilai 4).

Tabel 1. Kuesioner *Nordic Body Map* (Zadry et al., 2017)

No	Location	Grade of complain			
		A	B	C	D
0	Strain/tension in the upper cervical region				



1	Strain/tension in the lower cervical region			
2	Ache/constriction in the left deltoid			
3	Ache/constriction in the right deltoid			
4	Soreness/restriction in the proximal left arm			
5	Unease/stiffness in the dorsal area			
6	Soreness/restriction in the proximal right arm			
7	Strain/rigidity in the lumbar region			
8	Discomfort/constriction in the gluteal zone			
9	Unease/stiffness in the posterior pelvis			
10	Aching/tightness in the left humeroulnar joint			
11	Aching/tightness in the right humeroulnar joint			
12	Constriction/fatigue in the distal left arm			
13	Constriction/fatigue in the distal right arm			
14	Tension/discomfort in the left carpal joint			
15	Tension/discomfort in the right carpal joint			
16	Aches/soreness in the left manual extremity			
17	Aches/soreness in the right manual extremity			
18	Tension/pain in the left femoral area			
19	Tension/pain in the right femoral area			
20	Tightness/sensitivity in the left patellar region			
21	Tightness/sensitivity in the right patellar region			
22	Soreness/fatigue in the left gastrocnemius area			
23	Soreness/fatigue in the right gastrocnemius area			
24	Discomfort/rigidity in the left tarsal joint			
25	Discomfort/rigidity in the right tarsal joint			
26	Unease/tension in the left plantar region			
27	Unease/tension in the right plantar region			

Nilai skoring dari masing-masing bagian tubuh kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan total skor individu. Skor tersebut dikategorikan ke dalam tingkat risiko keluhan musculoskeletal berdasarkan klasifikasi berikut:

Tabel 2. Kategori Tingkat Risiko Berdasarkan Akumulasi Skor yang Diperoleh (Dewi, 2020)

Skala Likert	Total Skor individu	Tingkat Resiko	Tindakan Perbaikan
1	28 - 49	Rendah	Belum layak untuk direhabilitasi
2	50 - 70	Sedang	Layak untuk direvisi pada tahap selanjutnya
3	71 - 90	Tinggi	Memerlukan pembedahan dalam waktu dekat
4	91 - 122	Sangat Tinggi	Butuh penataan menyeluruh secara instan

Peralatan pendukung dalam penelitian ini meliputi kendaraan listrik *prototype*, lembar kuesioner NBM, alat tulis, serta dokumentasi visual postur berkendara. Analisis dilakukan secara deskriptif untuk menggambarkan tingkat ketidaknyamanan yang dialami pengemudi berdasarkan hasil pengisian kuesioner.

III. HASIL PENELITIAN

Peneliti meminta satu orang pengemudi utama dari Tim Megathrust Eco Team Universitas Negeri Padang yang mengikuti Kompetisi Mobil Listrik Indonesia 2024 untuk mengisi kuesioner *Nordic Body Map* setelah menyelesaikan sesi berkendara dengan kendaraan listrik *prototype* milik tim. Pengisian dilakukan segera setelah lomba berakhir, dengan tujuan memperoleh penilaian yang aktual terhadap tingkat ketidaknyamanan yang dirasakan pada berbagai bagian tubuh. Responden diminta menilai intensitas rasa sakit pada 28 area tubuh menggunakan skala Likert 1 – 4. Data skor hasil pengisian ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Skor Kuisisioner *Nordic Body Map* Pengemudi Mobil Listrik *Prototype*

No	Lokasi Keluhan	Skor NBM
0	Segmen superior leher	4
1	Segmen inferior leher	4
2	Bahu sisi kiri	3
3	Bahu sisi kanan	3
4	Ekstremitas atas kiri bagian atas	2
5	Segmen posterior batang tubuh	3
6	Ekstremitas atas kanan bagian atas	2
7	Wilayah lumbal	3
8	Area pelvis lateral	2
9	Regio gluteal	2
10	Sendi siku kiri	1
11	Sendi siku kanan	1
12	Lengan distal kiri	1
13	Lengan distal kanan	1
14	Artikulasi karpal kiri	1
15	Artikulasi karpal kanan	1
16	Ekstremitas manual kiri	1
17	Ekstremitas manual kanan	1
18	Femur sisi kiri	2
19	Femur sisi kanan	2
20	Artikulasi genu kiri	1
21	Artikulasi genu kanan	1
22	Gastroknemius kiri	1
23	Gastroknemius kanan	1
24	Sendi pergelangan kaki kiri	1
25	Sendi pergelangan kaki kanan	1
26	Telapak kaki kiri	2
27	Telapak kaki kanan	2
Skor Total		50

Temuan data pada Tabel 3 mengindikasikan bahwa sejumlah segmen tubuh memperlihatkan indeks keluhan yang menonjol, seperti regio servikal atas, regio servikal bawah, pundak sinistra, pundak dekstra, area dorsal, serta pinggang, yang masing-masing memperoleh nilai 3 atau 4. Fakta ini menandakan bahwa zona-zona tersebut mengalami derajat diskomfort yang relatif berat selama aktivitas mengemudi berlangsung. Sebaliknya, beberapa bagian tubuh seperti lengan bawah, sendi pergelangan tangan, dan ekstremitas bawah memperlihatkan nilai yang lebih minim (1–2), yang mencerminkan taraf keluhan yang ringan atau bahkan nihil.

Skor dari seluruh bagian tubuh dijumlahkan untuk mendapatkan total skor akhir, yang digunakan untuk menentukan tingkat risiko keluhan musculoskeletal sesuai klasifikasi yang tercantum dalam Tabel 2 pada metode penelitian. Responden memperoleh total skor sebesar 50, yang diklasifikasikan dalam tingkat risiko menengah atau sedang, sehingga memerlukan tindak lanjut di waktu mendatang.

Untuk memudahkan interpretasi, data keluhan responden juga disajikan dalam bentuk tabel berdasarkan kategori intensitas nyeri pada setiap bagian tubuh. Penyajian ini dimaksudkan untuk menunjukkan distribusi tingkat ketidaknyamanan, dimulai dari kategori Tidak Sakit (TS), Agak Sakit (AS), Sakit (S), hingga Sangat Sakit (SS), sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Skor *Nordic Body Map* Berdasarkan Skala Likert

No	Lokasi keluhan	Tingkat Keluhan			
		TS	AS	S	SS
0	Sensasi ngilu leher bagian atas				✓
1	Sensasi ngilu leher bagian bawah				✓
2	Sensasi ngilu bahu kiri			✓	
3	Sensasi ngilu bahu kanan			✓	
4	Sensasi ngilu lengan atas kiri		✓		
5	Sensasi ngilu punggung			✓	
6	Sensasi ngilu lengan atas kanan		✓		
7	Sensasi ngilu pinggang			✓	
8	Sensasi ngilu bagian bokong		✓		
9	Sensasi ngilu bagian pantat		✓		
10	Sensasi ngilu siku kiri	✓			
11	Sensasi ngilu siku kanan	✓			
12	Sensasi ngilu lengan bawah kiri	✓			
13	Sensasi ngilu lengan bawah kanan	✓			
14	Sensasi ngilu pergelangan tangan kiri	✓			
15	Sensasi ngilu pergelangan tangan kanan	✓			
16	Sensasi ngilu tangan kiri	✓			
17	Sensasi ngilu tangan kanan	✓			
18	Sensasi ngilu paha kiri		✓		
19	Sensasi ngilu paha kanan		✓		
20	Sensasi ngilu lutut kiri	✓			
21	Sensasi ngilu lutut kanan	✓			
22	Sensasi ngilu betis kiri	✓			
23	Sensasi ngilu betis kanan	✓			
24	Sensasi ngilu pergelangan kaki kiri	✓			
25	Sensasi ngilu pergelangan kaki kanan	✓			
26	Sensasi ngilu kaki kiri		✓		
27	Sensasi ngilu kaki kanan		✓		

Merujuk pada hasil pengisian instrumen survei yang tertera dalam Tabel 4, sejumlah segmen tubuh memperlihatkan persentase ketidaknyamanan tertinggi dalam klasifikasi Sangat Nyeri (SS), yang merefleksikan bahwa area tersebut mengalami tingkat ketaknyamanan paling intens dan memerlukan intervensi ergonomis secara lekas. Wilayah tubuh yang tergolong dalam kategori ini mencakup serviks superior dan serviks inferior. Di samping itu, keluhan dalam derajat Nyeri (S) juga terdeteksi pada bahu sisi kiri, bahu sisi kanan, punggung dorsal, serta area lumbal. Temuan ini menyiratkan bahwa sejumlah parameter dalam postur duduk dan konfigurasi kokpit kendaraan listrik *prototype* milik Tim Megathrust

Eco Team Universitas Negeri Padang perlu evaluasi dan direkonstruksi guna meningkatkan kenyamanan serta mereduksi potensi ancaman gangguan sistem *musculoskeletal* pada operator.

IV. PEMBAHASAN

Hasil penelaahan terhadap pengisian instrumen *Nordic Body Map* oleh partisipan, yakni operator utama kendaraan listrik purwarupa berkapasitas tunggal dari Tim Megathrust Eco Team Universitas Negeri Padang, memperlihatkan adanya indikasi gangguan sistem muskuloskeletal pada sejumlah titik tubuh, terutama pada regio servikal atas dan bawah, daerah dorsal, serta zona lumbal. Area-area ini mencatatkan skor tinggi dalam klasifikasi Nyeri (S) maupun Sangat Nyeri (SS), sebagaimana tertera dalam Tabel 4. Fakta ini mengisyaratkan bahwa konfigurasi kabin kemudi, khususnya elemen tempat duduk dan posisi pengendalian, belum sepenuhnya selaras dengan asas ergonomika.

Ketidaknyamanan yang teridentifikasi pada bagian leher dan punggung atas diduga kuat berasal dari postur tubuh yang condong ke depan serta keterbatasan bidang pandang selama mengemudi, khususnya saat pengemudi mengenakan helm. Posisi ini berpotensi memicu ketegangan statis pada otot-otot servikal dan torakal akibat distribusi beban tubuh yang tidak seimbang. Temuan ini sejalan dengan riset Gunev & Iliev (2021), yang menyoroti bahwa konfigurasi duduk yang tidak ergonomis terutama pada kendaraan berukuran kompak dengan ruang gerak terbatas dapat memperbesar risiko disfungsi postural dan ketegangan otot, khususnya pada wilayah leher, bahu, dan punggung (Gunev & Iliev, 2021).

Rasa tidak nyaman yang terjadi pada area bahu, punggung bawah, dan bokong turut merefleksikan potensi ketidakserasian antara proporsi kursi dengan dimensi tubuh pengguna. Ketimpangan ini dapat menimbulkan tekanan yang tidak merata pada permukaan tubuh, sehingga mempercepat munculnya kelelahan otot. Penelitian Suarjana dkk. (2022) mengemukakan bahwa penyesuaian dimensi tempat duduk berdasarkan data antropometrik secara signifikan mampu menurunkan prevalensi keluhan muskuloskeletal hingga 59% (Suarjana et al., 2022).

Berdasarkan paparan temuan tersebut, dapat ditarik inferensi bahwa rancangan kursi serta tatanan ruang kemudi pada kendaraan *prototype* perlu dilakukan evaluasi secara menyeluruh. Upaya rekonstruksi dapat dilakukan dengan menerapkan prinsip-prinsip ergonomika berbasis data antropometri, meliputi penyesuaian tinggi sandaran, sudut kemiringan duduk, posisi pedal, serta tata letak kemudi demi mendukung postur netral dan meminimalisir tekanan statis pada tubuh pengemudi.

Lebih lanjut, meskipun kendaraan listrik *prototype* dirancang dengan orientasi efisiensi dan bobot ringan, aspek kenyamanan dan kebugaran operator juga merupakan elemen krusial yang tak dapat diabaikan. Rasa tidak nyaman saat mengemudi tidak hanya berdampak pada penurunan kapabilitas performa, tetapi juga berimplikasi terhadap potensi gangguan sistem otot-rangka dalam jangka panjang. Oleh sebab itu, temuan dalam studi ini diharapkan mampu memberikan kontribusi sebagai pijakan dalam pengembangan desain kendaraan listrik hemat energi yang lebih antroposentris dan berkelanjutan.

V. KESIMPULAN

Melalui penerapan metode *Nordic Body Map* (NBM), dapat disimpulkan bahwa pengemudi mobil listrik *prototype* satu penumpang dari Tim Megathrust Eco Team Universitas Negeri Padang mengalami keluhan *muskuloskeletal* pada beberapa bagian tubuh, terutama pada leher bagian dan bagian bawah, punggung, dan pinggang. Tingginya intensitas keluhan pada area tersebut menunjukkan bahwa postur mengemudi saat berkendara belum ergonomis dan menimbulkan ketidaknyamanan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh desain kursi dan tata letak ruang kemudi yang belum sepenuhnya disesuaikan dengan karakteristik tubuh pengemudi.

Sebagai tindak lanjut dari temuan ini, disarankan agar tim pengembang kendaraan listrik *prototype* melakukan evaluasi dan perbaikan desain kursi pengemudi berdasarkan prinsip ergonomi dan data antropometri pengguna. Penyesuaian posisi duduk, kemiringan sandaran, serta letak pedal dan kemudi

sangat penting untuk mengurangi risiko keluhan *muskuloskeletal* dan meningkatkan kenyamanan berkendara. Saran ini ditujukan kepada tim perancang kendaraan, dosen pembimbing, serta institusi pendidikan vokasi dan teknik yang terlibat dalam pengembangan kendaraan, agar aspek keselamatan dan kesehatan pengemudi mendapat perhatian yang seimbang dengan efisiensi dan performa teknis kendaraan.

VI. REFERENSI

- BPS. (2022). *Produksi Minyak Bumi dan Gas Alam, 1996-2023*. Badan Pusat Statistik.
- Dewi, N. F. (2020). Identifikasi Risiko Ergonomi dengan Metode Nordic Body Map Terhadap Perawat Poli RS X. *Jurnal Sosial Humaniora Terapan*, 2(2). <https://doi.org/10.7454/jsht.v2i2.90>
- Direktorat Politeknik Negeri Bandung. (2024). Panduan Kompetisi Mobil Listrik Indonesia XIII Tahun 2024. In *Politeknik Negeri Bandung*. <http://kml.polban.ac.id>
- ESDM. (2024). *Wujudkan Kemandirian Energi, Wamen ESDM Dorong Pertamina Tingkatkan Produksi Minyak*. Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Fuadilah Habib, M. A., Kurrotaa'yun Nuriski, W. N., & Zamzami, R. (2022). Be Kepo (Bioetanol Ketela Pohon) Inovasi Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat dan Solusi Sumber Energi Alternatif Terbaharukan. *Equilibrium: Jurnal Pendidikan*, 10(1), 110–123. <https://doi.org/10.26618/equilibrium.v10i1.6618>
- Gunev, D., & Iliev, S. (2021). The basic geometric parameters of the driving position of a battery electric, prototype class vehicle for the Shell Eco-marathon competition. *AIP Conference Proceedings*, 2439(October). <https://doi.org/10.1063/5.0069048>
- Khan, H., Khan, I., & Binh, T. T. (2020). The heterogeneity of renewable energy consumption, carbon emission and financial development in the globe: A panel quantile regression approach. *Energy Reports*, 6, 859–867. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.04.002>
- Maulidatul Masudha, Enik, S., & Rizky, S. (2024). Identifikasi Ergonomi Postur Kerja dengan Metode Nordyc Body Map (NBM) dan Rapid Entire Body Assessment (Reba) di UMKM Mandiri Furnitur Pasuruan. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Sistem Industri*, 3(2), 112–125. <https://doi.org/10.56071/jtmsi.v3i2.1038>
- Nooryana, S., Adiatmika, I. P. G., & Purnawati, S. (2020). Latihan Peregangan Dinamis Dan Istirahat Aktif Menurunkan Keluhan Muskuloskeletal Pada Pekerja Di Industri Garmen. *Jurnal Ergonomi Indonesia (The Indonesian Journal of Ergonomic)*, 6(1), 61. <https://doi.org/10.24843/jei.2020.v06.i01.p08>
- Radhwa, D., & Danish, M. (2024). Meningkatkan Kenyamanan Dan Kesejahteraan Di Tempat Kerja: Peran Ergonomi Dalam Meningkatkan Produktivitas Karyawan. *Jurnal Ekonomi, Manajemen Dan Akuntansi*, 2(5), 671–680.
- Republik, I. P. (2019). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai untuk Transportasi Jalan. In *Sekretariat Negara Republik Indonesia*. <https://doi.org/10.51266/jba.v10i1.360>
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>

- Suarjana, I. W. G., Pomalingo, M. F., Palilingan, R. A., & Parhusip, B. R. (2022). Perancangan Fasilitas Kerja Ergonomi Menggunakan Data Antropometri Untuk Mengurangi Beban Fisiologis. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 10(2), 109–117. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v10i2.17755>
- Tarwaka, Bakri, S. H., & Sudiajeng, L. (2004). *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktifitas* (1st ed.). Uniba Press.
- Thawafani, L., Falah, F. N., Saraswati, C., & Setiyawan, F. C. (2018). *The 8 th University Research Colloquium 2018 Universitas Muhammadiyah Purwokerto Rancangan Ruang Kemudi Menggunakan Ilmu Ergonomi Pada Prototype Mobil Listrik “ ABABIL ” Design of Car Cockpit Using Ergonomic Science on Electricity Car Prototype “ ABABIL .”* 89–96.
- Wisnuwardana, S. G. (2022). Analisis Keluhan Musculoskeletal Disorder Dengan Metode Nordic Body Map Pada Pt. Aimfood Manufacturing Indonesia. *Industrial Engineering Online Journal*, 11(4), 1–4.
- YACARANDA. (2023). *Super Sekip Ev-3 Evo*. <https://yacaranda.sv.ugm.ac.id/>
- Yunika, C., & Safithry, S. (2023). Analisis Postur Kerja Dan Keluhan Musculoskeletal Disorders (Msds) Pada Petani (Studi Literature Riview). *Zahra: Journal of Health and Medical Research*, 3(Oktober), 395–405.
- Zadry, H. R., Fithri, P., Triyanti, U., & Meilani, D. (2017). An ergonomic evaluation of mountaineering backpacks. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(18), 5333–5338.
- Zahra, S. F., & Prastawa, H. (2023). Analisis Keluhan Muskuloskeletal Menggunakan Metode Nordic Body Map (Studi Kasus: Pekerja Area Muat PT Charoen Pokphand Indonesia Semarang). *Industrial Engineering Online Journal* , 12, 1–9.