

Tinjauan Pustaka: Analisis Ergonomi Posisi Berkendara pada Rangka Chopper Berdasarkan Antropometri Pengendara

Gaza Juliyanto, Dan Mugisidi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka
E-mail: gazajuliyanto22@gmail.com

Abstrak

Analisis ergonomi posisi berkendara pada rangka chopper berdasarkan antropometri pengendara sangat penting untuk memastikan kenyamanan dan keselamatan selama berkendara. Studi ini mengkaji kesesuaian dimensi rangka chopper dengan ukuran tubuh pengendara menggunakan data antropometri yang representatif. Dengan metode pengukuran dan perbandingan antropometri, penelitian ini mengidentifikasi ketidaksesuaian geometris pada posisi duduk dan penempatan kontrol yang dapat menimbulkan ketidaknyamanan, kelelahan otot, dan risiko cedera jangka panjang. Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi tempat duduk dan tinggi rangka perlu disesuaikan agar sesuai dengan persentil antropometri pengendara untuk mengoptimalkan postur berkendara yang ergonomis. Penelitian ini memberikan rekomendasi desain ergonomis rangka chopper yang dapat meningkatkan kenyamanan dan mengurangi risiko cedera melalui pendekatan antropometri sebagai referensi teknik desain kendaraan roda dua. Temuan ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan produk sepeda motor chopper yang lebih aman dan nyaman untuk pengguna, serta mendukung standar ergonomi nasional.

Kata Kunci: ergonomi, antropometri, posisi berkendara, rangka chopper, kenyamanan, keselamatan

Abstract

Ergonomic analysis of riding posture on a chopper frame based on rider anthropometry is crucial to ensure comfort and safety during riding. This study examines the suitability of the chopper frame's dimensions with the rider's body size using representative anthropometric data. Through measurement and comparison methods, the research identifies geometric mismatches in seating position and control placement that can cause discomfort, muscle fatigue, and long-term injury risks. The analysis results indicate that seat dimensions and frame height need adjustment to match the rider's anthropometric percentiles to optimize an ergonomic riding posture. This research offers ergonomic design recommendations for chopper frames to enhance comfort and reduce injury risks, using anthropometry as a design reference for two-wheeled vehicles. The findings are expected to guide the development of safer and more comfortable chopper motorcycles, supporting national ergonomic standards.

Keywords: ergonomics, anthropometry, riding posture, chopper frame, comfort, safety

1. PENDAHULUAN

Jumlah penggunaan sepeda motor di Indonesia menunjukkan peningkatan yang signifikan setiap tahunnya. Sepeda motor menjadi moda transportasi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat karena dinilai praktis, efisien, serta mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi jalan dan kepadatan lalu lintas

Seiring dengan bertambahnya jumlah pengguna, sepeda motor tidak lagi hanya berfungsi sebagai alat transportasi, tetapi juga berkembang menjadi bagian

dari gaya hidup dan sarana penyaluran hobi. Banyak pengendara yang menjadikan sepeda motor sebagai media ekspresi diri melalui kegiatan modifikasi, baik berupa perubahan ringan hingga perubahan menyeluruh pada rangka dan komponen kendaraan. Sepeda motor hasil modifikasi tersebut dikenal dengan istilah custom motorcycle namun, kegiatan kustomisasi sepeda motor sempat menimbulkan kekhawatiran di kalangan pengguna, khususnya terkait aspek legalitas dan keselamatan berlalu lintas. Hal ini disebabkan oleh belum adanya regulasi yang secara khusus mengatur kustomisasi kendaraan bermotor, sehingga pengguna khawatir modifikasi

yang dilakukan tidak memenuhi standar kelayakan jalan [1],[2],[3].

Kekhawatiran tersebut mulai terjawab setelah diterbitkannya Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 45 Tahun 2023 tentang Kustomisasi Kendaraan Bermotor, yang memberikan kepastian hukum terkait persyaratan teknis dan keselamatan dalam kustomisasi kendaraan bermotor. Di dunia sepeda motor custom, terdapat beberapa gaya yang umum dikenal, antara lain café racer, British style,

flat track, bobber, dan chopper. Salah satu gaya yang banyak diminati adalah motor chopper. Gaya Chopper pertama kali berkembang di California Selatan pada tahun 1950-an dan semakin populer pada dekade 1960-an, terutama setelah Perang Dunia II, ketika para veteran memodifikasi sepeda motor militer agar lebih ringan dan memiliki performa yang lebih baik [4],[5].

Motor chopper memiliki ciri khas seperti penggunaan tangki bahan bakar minimalis, setang yang lebar, suspensi depan yang panjang, knalpot dengan desain unik, serta rangka yang memanjang dengan suspensi belakang rigid. Meskipun memiliki tampilan yang menarik, motor chopper sering dianggap kurang ergonomis karena posisinya.

Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dan peralatan yang digunakan dalam suatu sistem kerja. Dalam konteks sepeda motor helikopter, ergonomi berkaitan dengan kenyamanan, keamanan, dan kesehatan posisi tubuh pengendara. Oleh karena itu, desain rangka motor chopper perlu disesuaikan dengan aspek antropometri pengguna [5],[6].

Oleh karena itu, desain rangka motor chopper perlu disesuaikan dengan aspek antropometri pengguna, seperti tinggi badan, panjang kaki, dan jangkauan tangan. Penyesuaian desain rangka yang sesuai dengan prinsip ergonomi bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan pengendara selama penggunaan sepeda motor chopper.

2. ERGONOMI DAN POSISI BERKENDARA

Ergonomi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan alat, lingkungan, dan tugas yang dijalankan, dengan tujuan utama menciptakan kondisi yang aman, nyaman, dan efisien. Dalam konteks pengendaraan sepeda motor,

ergonomi sangat menentukan bagaimana pengendara menempati posisi duduk, menyesuaikan lengan, kaki, serta postur tubuh secara keseluruhan saat mengendalikan kendaraan. Postur yang salah bisa menimbulkan berbagai masalah fisik, mulai dari ketegangan otot, nyeri punggung, hingga penurunan konsentrasi yang berpotensi menyebabkan kecelakaan. Oleh sebab itu, penyesuaian postur tubuh dengan komponen motor menjadi hal yang sangat krusial.

Pada sepeda motor, posisi pengendara dipengaruhi oleh beberapa komponen, seperti tinggi jok, posisi setang, dan pijakan kaki tinggi setang yang tidak sesuai dapat memaksa pengendara menunduk atau mengangkat lengan terlalu tinggi, yang masing-masing berisiko meningkatkan ketegangan pada punggung, bahu, dan lengan [7],[8].

Begitu juga dengan tinggi jok: jika terlalu rendah atau tinggi, sudut tubuh pengendara akan menyimpang dari postur alami, memicu kelelahan lebih cepat. Setiap elemen tersebut harus dirancang agar pengendara tetap berada dalam posisi tubuh yang nyaman dan seimbang.

Posisi pijakan kaki juga menentukan kenyamanan berkendara. Pijakan yang terlalu maju atau mundur dapat mengubah sudut lutut dan pinggul, sehingga otot kaki bekerja lebih keras dan sirkulasi darah dapat terganggu. Pada motor chopper, posisi pijakan kaki yang cenderung maju menjadi tantangan tersendiri. Perancangan ergonomis harus menyesuaikan posisi ini dengan panjang tungkai pengendara agar tetap nyaman, terutama saat berkendara jarak jauh [7],[9],[10].

Postur tubuh yang ergonomis tidak hanya mendukung kenyamanan, tetapi juga keselamatan. Posisi tangan, lengan, dan kaki yang tepat membuat pengendara lebih mudah mengoperasikan kontrol motor seperti rem, kopling, dan tuas persneling.

Jika sudut siku terlalu menegang atau lutut terlalu menekuk, pengendara akan lebih lambat merespons saat menghadapi situasi darurat. Penelitian menunjukkan bahwa pengendara dengan postur ergonomis mampu bereaksi lebih cepat dan tetap stabil saat bermanuver [11],[7].

Evaluasi ergonomi posisi berkendara bisa dilakukan melalui beberapa metode. Salah satunya adalah Rapid Entire Body Assessment (REBA), yang menilai tingkat risiko cedera muskuloskeletal berdasarkan sudut tubuh dan interaksi pengendara dengan motor. Penilaian REBA memungkinkan

perancang atau peneliti menentukan apakah konfigurasi motor sudah nyaman atau perlu penyesuaian

Penerapan ergonomi pada sepeda motor modern dapat dilihat pada desain jok dan setang motor sport maupun touring. Motor touring biasanya memiliki jok lebih rendah dan lebar dengan setang yang sedikit mundur, sehingga pengendara bisa duduk tegak tanpa menekuk siku secara ekstrem. Sebaliknya, motor sport menuntut pengendara mencondongkan tubuh ke depan, sehingga tekanan pada pergelangan tangan meningkat. Ini menunjukkan bahwa setiap jenis motor memiliki kebutuhan ergonomi berbeda tergantung pada fungsi dan gaya berkendara [12],[11].

Pengendara yang nyaman secara fisik cenderung lebih fokus, rileks, dan mampu mengantisipasi situasi di jalan dengan lebih baik. Postur yang tidak ergonomis bisa menimbulkan stres, rasa lelah, dan penurunan konsentrasi, sehingga meningkatkan kemungkinan kecelakaan. Oleh karena itu, perancangan ergonomi harus mempertimbangkan keseluruhan pengalaman pengendara, bukan hanya posisi duduk atau sudut sendi.

Prinsip ergonomi dalam posisi berkendara menekankan pentingnya penyesuaian postur tubuh pengendara terhadap desain motor. Pada motor chopper, rangka yang unik menuntut perhatian khusus terhadap tinggi jok, posisi setang, dan pijakan kaki agar pengendara tetap berada dalam posisi ergonomis. Dengan memperhatikan prinsip ergonomi, pengendara dapat berkendara lebih nyaman, efisien, dan aman, sekaligus mengurangi risiko kelelahan atau cedera jangka panjang.

3. ANTROPOMETRI PENGENDARA

Antropometri adalah cabang ilmu yang mempelajari ukuran, bentuk, dan proporsi tubuh manusia dengan tujuan menyesuaikan lingkungan atau alat agar sesuai dengan kemampuan, kenyamanan, dan keselamatan penggunaannya

Dalam perancangan kendaraan roda dua, khususnya sepeda motor tipe chopper, antropometri berperan penting sebagai dasar penentuan dimensi rangka, tinggi jok, posisi setang, dan pijakan kaki agar pengendara dapat mempertahankan postur berkendara yang ergonomis[8],[7]

Data antropometri yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ukuran statis dan dinamis tubuh pengendara. Ukuran statis mencakup tinggi

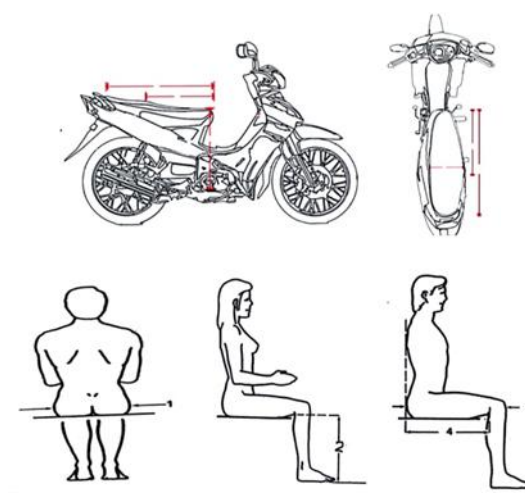
badan, tinggi duduk, panjang lengan, panjang tungkai, dan lebar bahu, sedangkan ukuran dinamis mempertimbangkan sudut gerak tubuh seperti fleksi siku, sudut lutut, dan posisi punggung saat berkendara

Kombinasi kedua data tersebut diperlukan untuk memastikan bahwa posisi berkendara tidak hanya sesuai secara geometris, tetapi juga aman dan nyaman saat motor dioperasikan [7],[10],[9].

3.1 Metode Pengumpulan dan Analisis Data Antropometri

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengukuran langsung dan studi data antropometri sekunder. Pengukuran langsung dilakukan terhadap pengendara menggunakan alat ukur seperti meteran dan penggaris antropometri untuk memperoleh data tinggi badan, panjang lengan, panjang tungkai, dan tinggi duduk. Selain itu, data antropometri pendukung diperoleh dari literatur dan basis data antropometri populasi dewasa Indonesia. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan pendekatan persentil 5, 50, dan 95, di mana:

1. Persentil 5 mewakili pengendara bertubuh kecil,
2. Persentil 50 mewakili ukuran rata-rata, dan
3. Persentil 95 mewakili pengendara bertubuh besar.



Gambar 1 Antropometri Duduk Statis [13].

Pendekatan ini bertujuan agar desain rangka chopper dapat mengakomodasi sebagian besar variasi ukuran tubuh pengendara (Torik, 2016). Selanjutnya, hasil pengukuran antropometri dibandingkan dengan dimensi aktual motor chopper untuk mengevaluasi

kesesuaian posisi jok, setang, dan pijakan kaki [14],[15],[13].

3.2 PENERAPAN ANTROPOMETRI PADA POSISI BERKENDARA

Pada motor chopper, posisi pijakan kaki yang cenderung maju serta setang yang tinggi atau mundur memengaruhi sudut lutut, siku, dan punggung pengendara. Jika dimensi motor tidak sesuai dengan antropometri pengendara, maka dapat terjadi sudut ekstrem pada sendi, yang berpotensi menimbulkan kelelahan otot dan ketidaknyamanan, terutama saat berkendara jarak jauh.

Dengan menerapkan data antropometri, posisi jok dapat ditentukan agar sudut lutut berada dalam rentang ergonomis, sementara jarak jok ke setang disesuaikan dengan panjang lengan pengendara sehingga lengan tidak menegang atau terlalu menekuk. Penyesuaian ini mendukung kontrol kendaraan yang lebih stabil dan responsif, serta mengurangi risiko cedera

4. EFISIENSI DAN TANTANGAN SISTEM

Perancangan motor, khususnya tipe chopper, menuntut integrasi antara data antropometri pengendara dan prinsip ergonomi. Rangka chopper memiliki ciri khas seperti jok rendah, setang tinggi atau mundur, serta pijakan kaki yang maju, yang memengaruhi postur pengendara dan distribusi beban tubuh selama berkendara. Hubungan antara antropometri, ergonomi, dan desain rangka menjadi penting agar posisi pengendara tetap nyaman, aman, dan memungkinkan kontrol optimal

Antropometri menyediakan data kuantitatif mengenai ukuran tubuh pengendara, yang menjadi acuan dalam menentukan dimensi motor. Panjang lengan menentukan jarak ideal antara jok dan setang: jarak terlalu jauh memaksa lengan menegang, jarak terlalu dekat membuat siku menekuk terlalu tajam. Begitu juga panjang tungkai dan tinggi badan memengaruhi sudut lutut dan posisi pijakan kaki. Ketidaksesuaian dimensi tubuh dengan motor berisiko menimbulkan ketidaknyamanan dan potensi cedera jangka panjang [14].

Prinsip ergonomi menekankan penyesuaian postur tubuh agar tetap alami. Sudut ekstrem pada siku, lutut, atau punggung menyebabkan ketegangan otot, nyeri, dan kelelahan. Analisis ergonomi menggunakan metode seperti REBA atau RULA dapat menilai apakah postur pengendara berada dalam rentang aman. Data antropometri menjadi

dasar untuk menyesuaikan dimensi komponen motor agar pengendara tetap ergonomis saat menempati posisi berkendara

Pijakan kaki yang terlalu maju pada chopper dapat membuat lutut menekuk lebih dari 120 derajat, terutama bagi pengendara dengan tinggi di bawah rata-rata. Hal ini mengurangi kenyamanan dan menimbulkan kelelahan otot. Sebaliknya, pengendara tinggi mungkin merasa lutut terlalu lurus, sehingga posisi duduk tegang. Penyesuaian tinggi jok, posisi setang, dan pijakan kaki berdasarkan antropometri membantu menjaga postur tetap ergonomis bagi sebagian besar pengendara.

Ergonomi dan antropometri juga memengaruhi kontrol dan keselamatan. Posisi tangan yang tepat pada setang membuat manuver lebih responsif, sedangkan sudut lutut dan kaki yang sesuai mendukung stabilitas tubuh saat menikung. Atau melewati permukaan jalan tidak rata. Jika motor tidak sesuai dengan ukuran tubuh pengendara, keseimbangan terganggu dan risiko kecelakaan meningkat. Penelitian menunjukkan pengendara dengan postur ergonomis memiliki kontrol yang lebih baik dan kelelahan lebih rendah dibanding pengendara dengan postur non-ergonomis

Motor chopper sering dimodifikasi untuk estetika atau gaya berkendara tertentu. Modifikasi setang atau jok dapat memengaruhi postur pengendara, sehingga perlu evaluasi ergonomi agar modifikasi tidak meningkatkan risiko cedera atau kelelahan. Penyesuaian berbasis antropometri memastikan postur pengendara tetap optimal meskipun terjadi perubahan desain.

Dalam perancangan modern, penggunaan simulasi digital dan pengukuran postur langsung menjadi praktik umum. Data persentil 5–95 digunakan untuk menyesuaikan motor agar sesuai dengan variasi tubuh pengendara. Simulasi CAD atau motion capture memungkinkan evaluasi sudut tubuh, distribusi beban, dan interaksi pengendara dengan motor sebelum pembuatan prototipe fisik, sehingga perbaikan desain lebih mudah dilakukan [11],[10],[7].

Dengan memperhatikan hubungan antropometri, ergonomi, dan desain rangka, motor chopper dapat memberikan posisi berkendara yang nyaman untuk berbagai ukuran pengendara. Aman dari risiko cedera muskuloskeletal. Mendukung kontrol kendaraan yang responsif dan stabil. Mengurangi kelelahan fisik dan mental selama perjalanan. Dengan penelitian

yang lebih lanjut mengenai variasi intensitas dan ukuran tetesan, diharapkan sistem piezoelektrik berbasis curah hujan dapat dikembangkan menjadi solusi energi alternatif yang efisien dan ramah lingkungan, terutama untuk negara beriklim tropis seperti Indonesia [14].

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis ergonomi posisi berkendara pada rangka chopper yang ditinjau dari data antropometri pengendara, dapat disimpulkan bahwa desain rangka dan posisi komponen utama sepeda motor chopper memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kenyamanan, keamanan, dan kelelahan pengendara. Kesesuaian antara dimensi rangka dengan ukuran tubuh pengendara menjadi faktor penting dalam menciptakan postur berkendara yang ergonomis [16].

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penyesuaian tinggi jok, jarak setang, dan posisi footstep yang mengacu pada data antropometri mampu mengurangi sudut postur tubuh yang ekstrem, khususnya pada bagian punggung, lengan, dan kaki. Dengan demikian, risiko kelelahan otot dan ketidaknyamanan saat berkendara dalam waktu lama dapat diminimalkan [7].

Penerapan prinsip ergonomi berbasis antropometri pada perancangan rangka chopper terbukti dapat meningkatkan efisiensi kontrol kendaraan serta memberikan kenyamanan yang lebih optimal bagi pengendara. Oleh karena itu, perancangan sepeda motor chopper sebaiknya mempertimbangkan variasi ukuran tubuh pengendara agar dihasilkan desain yang lebih aman, nyaman, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna [17].

KEPUSTAKAAN

- [1] Hendri Mulyana, Utamy Sukmayu Saputri, Ardin Rozadi, and Lugovaya Nika Vyaceslavovna, "Modeling Low Income Vehicle Ownership in Cibadak District," *Int. J. Eng. Appl. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 38–46, 2021, doi: 10.52005/ijeat.v5i1.58.
- [2] Abdul Kudus Zaini and Andika Ronaldo Arman, "An Analysis of Heterogeneous Traffic Dominated by Motorcycles at Signalized Intersections in Pekanbaru," *J. Pengabd. Masy. dan Ris. Pendidik.*, vol. 3, no. 4, pp. 727–731, 2025, doi: 10.31004/jerkin.v3i4.888.
- [3] A. B. L. Soeod, "Pertukaran Sosial Di Kalangan Penghobi Modifikasi Motor Di Jakarta Selatan," *Socio-political Commun. Policy Rev.*, vol. 2, no. 3, 2025, doi: 10.61292/shkr.237.
- [4] A. C. J. Dywananda and Z. V. Chumaida, "Pengaturan Kendaraan Modifikasi Untuk Difabel dalam Pengoperasian Lalu Lintas dalam Prespektif Hukum Transportasi," *Media Iuris*, vol. 7, no. 1, pp. 51–68, 2024, doi: 10.20473/mi.v7i1.42517.
- [5] A. Rahmadi and M. Mursalin, "Design and Analysis of Chassis Frame for Chopper-Style Motorcycle," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 25, no. 1, pp. 64–76, 2024, doi: 10.23917/mesin.v25i1.3224.
- [6] S. Agius, P. Farrugia, and E. Francalanza, "A decision consequence-based model to understand the phenomena in motorcycle engineering design from a human factor's perspective," *Int. J. Des. Eng.*, vol. 10, no. 1, p. 72, 2021, doi: 10.1504/ijde.2021.113268.
- [7] M. Rafi, Y. H. Putri, E. Muslim, and B. N. Moch, "Analysis of motorcycle design toward female rider based on posture evaluation index (PEI) approached in virtual environment," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1003, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/1003/1/012080.
- [8] A. Anggiana, S. Suharyatun, F. K. Wisnu, and W. Warji, "Jurnal Agricultural Biosystem Engineering Analisis Ergonomika Bagian Penghancur pada Mesin Pencacah Pakan Ternak Multiguna Ergonomic Analysis of The Crushing Part of The Multi-Purpose Chopper," vol. 2023, no. score 5, 2023, doi: <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i3.8037>
- [9] R. D. Scoz *et al.*, "Discomfort, pain and fatigue levels of 160 cyclists after a kinematic bike-fitting method: An experimental study," *BMJ Open Sport Exerc. Med.*, vol. 7, no. 3, pp. 1–7, 2021, doi: 10.1136/bmjsem-2021-001096.
- [10] L. Lundin *et al.*, "Quantifying rider posture variability in powered two- and three-wheelers for safety assessment," *Traffic Inj. Prev.*, vol. 25, no. 7, pp. 956–967, 2024, doi: 10.1080/15389588.2024.2351607.
- [11] E. Barberi, M. Chillemi, F. Cucinotta, and F. Sfravara, "Fast Three-Dimensional Posture Reconstruction of Motorcyclists Using OpenPose and a Custom MATLAB Script," *Sensors*, vol. 23, no. 17, 2023, doi: 10.3390/s23177415.
- [12] M. Dicinta, B. R. Christata, and B. Kristyanto, "Usulan Perbaikan Fasilitas Kerja Ergonomis Berdasarkan Hasil Analisis Metode REBA pada Stasiun Pengemasan

- Bale,” *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 8, no. 3, pp. 2397–2407, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i3.45862.
- [13] Z. Djunaidi and R. Arnur, “Risiko Ergonomi Ketidaksesuaian Desain dan Ukuran Tempat Duduk Sepeda Motor terhadap Antropometri pada Mahasiswa,” *Kesmas Natl. Public Heal. J.*, vol. 9, no. 3, p. 243, 2015, doi: 10.21109/kesmas.v9i3.571.
- [14] I. Kusumadewi, Budiman, and R. Taufiqur Rohman, “Ergonomic Work Facility Design Using Anthropometric Data,” *J. Mech. Manuf.*, vol. 4, no. 1, pp. 23–33, 2025, doi: 10.31949/jmm.v4i1.12570.
- [15] R. K. K. Wibowo, D. Dwilaksana, H. I. D. Puspita, R. P. G. Widityo, and M. Khadafi, “Ergonomic Ship Chair Design for Indonesian People,” *Int. J. Innov. Res. Dev.*, vol. 8, no. 10, pp. 43–48, 2019, doi: 10.24940/ijird/2019/v8/i1/141377-339623-.
- [16] R. Mayangsari, I. Bagus, A. Swarmadika, I. W. Surata, and I. M. Muliarta, “Kajian ergonomi desain tempat duduk sepeda motor ‘ X ’ berdasarkan antropometri pengendara Ergonomic study of ‘ X ’ motorcycle seat design based on rider anthropometry Abstract,” vol. 4, no. 2, pp. 73–79, 2024.
- [17] A. Muthiah et al., “Motorcycle riding posture: A review,” *Ergonomics*, vol. 62, no. 3, pp. 317–330, 2019, doi: 10.1016/j.ergon.2018.12.013.