

Perancangan Prototipe Panel Kontrol Ergonomis Motor Listrik Konversi Yamaha Xeon 125

Bintang Nugraha^{1*}, Muhammad Raissa Nagatarizqy Ferionda², Ahmad Riyadi Swandhani³

¹⁻³Program Studi Desain Produk, Universitas Telkom, Indonesia

E-mail: bintangnugraha@telkomuniversity.ac.id¹, iciko@student.telkomuniversity.ac.id², riyadiswan@telkomuniversity.ac.id³

*Penulis Korespondensi: bintangnugraha@telkomuniversity.ac.id

Abstract. The electric motorcycle conversion program in Indonesia is currently facing the challenge of low user adoption. One of the contributing factors is the design of the upper control panel, which does not adequately consider ergonomic aspects and variations in users' anthropometric characteristics. The main issues include users' difficulty in reaching functional control buttons and an information interface that is not sufficiently intuitive, leading to cognitive confusion. This study aims to optimize the design of the upper control panel for a converted Yamaha Xeon 125 motorcycle by applying a design thinking approach based on ergonomic analysis. The design process followed the Double Diamond model, consisting of the empathize, define, ideate, prototype, and test stages. Data were collected through observations, interviews, and a literature review, which were then synthesized to identify the primary design focus. Solution development employed the SCAMPER method, followed by the creation of a 3D model that was evaluated through simulation software and a physical prototype produced using 3D printing. The simulation results indicate that the maximum thumb deviation angle required to operate the buttons was only 8.05°, equivalent to approximately 53% of the normal physiological range of motion, indicating that the design meets ergonomic criteria. The resulting prototype is expected to serve as a reference for developing more ergonomic control panels and contribute to increasing public acceptance of converted electric motorcycles.

Keywords: 3D Printing; Design Thinking; Electric Motorcycle Conversion; Ergonomic; Rapid Prototyping.

Abstrak. Program konversi sepeda motor listrik di Indonesia saat ini menghadapi tantangan berupa rendahnya minat pengguna. Salah satunya penyebabnya adalah desain panel atas tombol kontrol yang kurang mempertimbangkan aspek ergonomi dan variasi antropometri pengguna. Permasalahan utama yang muncul meliputi kesulitan pengguna dalam menjangkau tombol-tombol fungsional pada tombol kontrol serta ketidaksesuaian antarmuka informasi yang menyebabkan kebingungan kognitif. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain panel kontrol pada sepeda motor Yamaha Xeon 125 hasil konversi dengan menggunakan metode design thinking berbasis analisis ergonomi. Proses perancangan mengikuti model double diamond yang mencakup tahap empathize, define, ideate, prototyping, dan testing. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan kajian literatur, kemudian difokuskan menjadi area perancangan utama. Pengembangan solusi dilakukan dengan metode SCAMPER, serta pembuatan model 3D yang diuji melalui perangkat lunak simulasi dan prototipe fisik menggunakan 3D printing. Hasil simulasi menunjukkan bahwa deviasi sudut maksimal ibu jari untuk mengoperasikan tombol hanya mencapai 8,05°, atau sekitar 53% dari rentang gerak fisiologis normal, sehingga dinilai memenuhi kriteria ergonomis. Prototipe yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi acuan perancangan panel kontrol yang lebih ergonomis untuk mendukung penerimaan masyarakat terhadap motor listrik konversi.

Kata Kunci: Ergonomi; Konversi Sepeda Motor Listrik; Pencetakan 3D; Pemikiran Desain; Prototyping Cepat.

1. LATAR BELAKANG

Di era perkembangan industri yang pesat, terjadi perubahan signifikan yang membawa dampak negatif berupa meningkatnya emisi karbon dari kendaraan bermotor berbahan bakar fosil. Isu sosial mengenai peralihan ke kendaraan listrik muncul sebagai solusi ramah lingkungan yang lebih ekonomis dan efisien dibandingkan transportasi konvensional (Al-Fatih et al., 2024). Kendaraan listrik khususnya sepeda motor listrik, mampu mengurangi polusi dan

biaya operasional jika dibandingkan dengan motor berbahan bakar bensin (Badu et al., 2025). Di samping itu, sepeda motor dianggap sebagai alat transportasi yang dapat diandalkan dalam menjalankan eksplorasi secara fleksibel (Nugraha et al., 2023).

Pemerintah Indonesia menargetkan konversi 150 ribu motor berbahan bakar fosil menjadi motor listrik pada tahun 2024 sebagai bagian dari komitmen mengurangi emisi karbon (Wicaksono, 2023). Namun hingga kini, baru 1% dari target yang tercapai (Al-Farisi, 2024). Studi terdahulu belum secara khusus mengkaji kesesuaian khususnya pada bagian tata letak panel kontrol dengan data antropometri pengguna Indonesia, maupun dampak desain antarmuka terhadap beban kognitif pengendara. Hal ini menunjukkan bahwa program konversi motor listrik masih menghadapi hambatan signifikan yang perlu diidentifikasi dan diatasi secara sistematis.

Beberapa faktor penyebab rendahnya capaian target yaitu kurangnya sosialisasi kepada masyarakat, ketidaknyamanan pengguna terhadap motor konversi, dan kekhawatiran akan biaya perawatan motor. Berdasarkan observasi yang dilakukan, salah satu permasalahan utama yang sering diabaikan adalah desain tombol kontrol motor konversi yang kurang ergonomis dan tidak memperhatikan antropometri pengguna. Masalah ini mengindikasikan bahwa vendor (pelaku kustomisasi) konversi lebih fokus pada aspek teknis tanpa mempertimbangkan pengalaman pengguna secara inklusif.

Pengguna motor listrik konversi, khususnya pada model Yamaha Xeon 125, sering mengeluhkan beberapa hal terkait ergonomi tombol kontrol, seperti posisi tombol penggantian *gearbox* yang sulit dijangkau oleh ibu jari, tidak adanya informasi baterai yang membuat pengguna bingung, serta posisi tombol mundur yang sangat jauh dan tidak intuitif. Ketidaknyamanan ini terjadi karena desain tombol kontrol dilakukan tanpa melalui riset ergonomi mendalam atau analisis antropometri pengguna, sehingga terjadi ketimpangan antara desain visual dan fungsi teknis yang seharusnya terintegrasi dengan baik.

Menurut Saha et al. (2024), peralatan yang didesain ergonomis dan sesuai dengan antropometri pengguna akan meningkatkan kinerja, keselamatan, dan kepuasan pengguna secara keseluruhan. Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat urgensi yang jelas untuk mengoptimalkan desain tombol kontrol melalui pendekatan ergonomi yang terukur dan berbasis data pengguna, tidak hanya mengandalkan keterampilan dan pengalaman yang dimiliki vendor saja. Hingga saat ini, belum terdapat penelitian yang secara khusus mengkaji perancangan panel kontrol motor konversi dengan pendekatan terpadu yang mencakup antropometri, ergonomi kognitif, dan evaluasi biomekanis.

Penelitian ini berkontribusi dalam mengisi celah tersebut melalui pendekatan perancangan yang mengintegrasikan beberapa elemen yang belum pernah diterapkan secara bersamaan pada panel kontrol motor listrik konversi. Pertama, penggunaan data antropometri persentil P5 hingga P95 masyarakat Indonesia sebagai acuan dimensi dan tata letak tombol, sehingga desain yang dihasilkan mengakomodasi variasi fisik pengguna secara representatif. Kedua, penerapan metode *design thinking* dan teknik SCAMPER dalam proses ideasi dapat menjadi solusi desain secara sistematis dan kreatif. Ketiga, validasi desain dilakukan melalui evaluasi biomekanis berbasis simulasi perangkat lunak terhadap parameter gerak ibu jari, sebelum diwujudkan dalam prototipe fisik menggunakan teknologi *3D printing*. Melalui perancangan tombol kontrol yang ergonomis diharapkan dapat menjadikan motor konversi lebih diterima pengguna dan membantu vendor memahami pentingnya ergonomi.

2. KAJIAN TEORITIS

Kendaraan Listrik dan Program Konversi di Indonesia

Pemerintah Indonesia telah menegaskan komitmennya untuk mencapai Net Zero Emission sebelum tahun 2060, sejalan dengan kesepakatan global dalam *Conference of the Parties* (COP) 26 (Pangestu, 2023). Guna mewujudkan komitmen tersebut, pemerintah mengembangkan berbagai strategi mitigasi dari sektor energi, termasuk efisiensi energi dan energi baru terbarukan. Dalam konteks transportasi, program konversi motor berbahan bakar fosil menjadi motor listrik merupakan salah satu inisiatif strategis pemerintah untuk mengurangi emisi karbon dan ketergantungan impor bahan bakar minyak.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menargetkan 150 ribu unit motor konversi dari bahan bakar minyak (BBM) ke listrik di tahun 2024, mengalami peningkatan signifikan dari target sebelumnya (Wicaksono, 2023). Target ini didukung oleh subsidi pemerintah sebesar Rp 7 juta per motor untuk meringankan beban finansial konsumen (Al-Farisi, 2024). Secara ekonomi, konversi motor listrik diharapkan dapat memberikan manfaat signifikan kepada konsumen melalui penghematan biaya operasional, sambil juga memberikan manfaat makroekonomi melalui pengurangan anggaran subsidi BBM dan pengurangan emisi karbon.

Namun, realisasi program konversi motor listrik masih jauh dari target yang ditetapkan. Hingga Mei 2024, kuota subsidi motor listrik tinggal 40 persen dari target 50 ribu unit yang direncanakan (Pristiandaru, 2024). Hal ini mengindikasikan bahwa pencapaian program masih menghadapi tantangan signifikan. Berbagai faktor menjadi hambatan adopsi motor listrik konversi di masyarakat, termasuk kurangnya sosialisasi program kepada calon pengguna,

kekhawatiran terhadap biaya perawatan dan durabilitas kendaraan listrik, serta yang paling krusial adalah ketidaknyamanan pengguna terhadap desain motor konversi. Pelaku konversi cenderung fokus pada aspek teknis mesin tanpa mempertimbangkan pengalaman pengguna secara holistik, sehingga terjadi ketimpangan antara fungsi teknis dan desain *interface* kendaraan.

Ergonomi Desain Produk

Ergonomi adalah disiplin ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan elemen lain dalam suatu sistem, serta menerapkan teori, prinsip, data, dan metode untuk merancang agar kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan dapat optimal (Bortolini et al., 2023). Dalam konteks praktis, ergonomi juga dikenal sebagai *Human Factors Engineering* (HFE), yang merupakan penerapan prinsip-prinsip psikologis dan fisiologis untuk rekayasa dan desain produk, proses, dan sistem (O'Dea et al., 2025).

Ergonomi bertujuan untuk mengurangi kesalahan manusia, meningkatkan produktivitas dan ketersediaan sistem, serta meningkatkan keselamatan, kesehatan, dan kenyamanan dengan fokus khusus pada interaksi antara manusia dan peralatan (Wickens et al., 2014). Dalam perancangan produk, ergonomi memperhatikan kecocokan antara pengguna, peralatan, dan lingkungan dengan menyesuaikan pekerjaan dengan kemampuan dan keterbatasan manusia (Bridger, 2017).

Konsekuensi dari desain yang tidak mempertimbangkan prinsip ergonomi sangat signifikan bagi kinerja dan kesejahteraan pengguna. Desain yang tidak ergonomis dapat menghasilkan ketidaknyamanan fisik (*discomfort*), kelelahan berlebihan (*fatigue*), peningkatan tingkat kesalahan operasional (*error*), dan bahkan risiko keselamatan jangka panjang bagi pengguna (Vigoroso et al., 2025). Oleh karena itu, integrasi ergonomi dalam tahap awal perancangan produk bukan hanya sebagai pertimbangan sekunder, tetapi merupakan persyaratan fundamental untuk menghasilkan sistem dan produk yang aman, efisien, dan memuaskan pengguna.

Rapid Prototyping

Prototyping merupakan tahap krusial dalam proses pengembangan produk karena memungkinkan desainer untuk membuat, menguji, dan menyempurnakan konsep desain sebelum memasuki tahap produksi massal (Hołdaś & Wierzbicka, 2024). Teknologi *3D printing* atau *additive manufacturing*, telah menjadi *game-changer* dalam industri manufaktur modern dengan memberikan kemampuan *rapid Prototyping* yang belum pernah ada sebelumnya. *Rapid Prototyping* adalah kemampuan untuk merancang, memproduksi, dan menguji komponen yang

disesuaikan dalam waktu sesingkat mungkin, di mana desain dapat dimodifikasi tanpa mempengaruhi kecepatan proses pembuatan (Bhardwaj & Ulhe, 2024).

Perkembangan teknologi *3D printing* telah mengalami lonjakan signifikan dalam dua dekade terakhir, dengan meningkatnya aplikasi di berbagai sektor industri mulai dari manufaktur, otomotif, penerbangan, hingga kesehatan. Teknologi ini hadir sebagai solusi inovatif yang mengatasi keterbatasan metode manufaktur tradisional, yang memerlukan waktu berminggu-minggu bahkan berbulan-bulan untuk memproduksi prototipe dan memerlukan investasi besar dalam peralatan khusus.

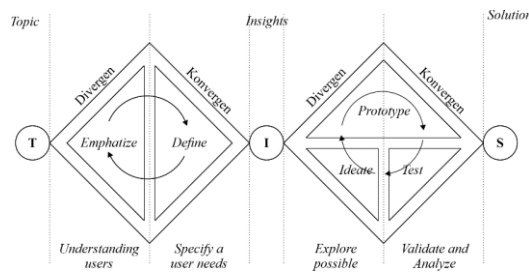
Teknologi *3D printing* mencakup berbagai metode manufaktur aditif yang berbeda-beda, masing-masing dengan karakteristik unik dan aplikasi spesifik. *Fused Deposition Modeling* (FDM) atau *Fused Filament Fabrication* (FFF) adalah salah satu teknologi *3D printing* yang paling terkenal dan terjangkau. FDM bekerja dengan cara ekstrusi material termoplastik melalui *nozzle* yang dipanaskan sambil lapisan demi lapisan dibangun. Material yang digunakan dalam *3D printing* bervariasi tergantung pada teknologi dan aplikasi yang diinginkan. Untuk teknologi FDM, material filamen yang paling umum digunakan adalah PLA (*Polylactic Acid*) dan ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), sementara material elastomer seperti TPE (*Thermoplastic Elastomer*) dan Eflex juga semakin banyak diaplikasikan untuk menghasilkan komponen yang fleksibel (O'Connor, 2025).

Keuntungan *3D printing* untuk *rapid prototyping* sangat signifikan dalam mempercepat pengembangan produk. Dari segi kecepatan, teknologi ini memungkinkan pembuatan prototipe dalam hitungan jam dibanding hari atau minggu dengan metode tradisional, sehingga mempercepat *time-to-market* dan memberikan fleksibilitas dalam perubahan desain selama proses pengembangan. Penelitian menunjukkan bahwa *rapid Prototyping* dapat mengurangi *timeline* pengembangan produk dari berbulan-bulan menjadi minggu, menghemat biaya prototipe sebanyak 2-10 kali lipat, dan memungkinkan pengujian material baru serta geometri komponen yang berbeda-beda (Maurya et al., 2021).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan *design thinking* sebagai kerangka perancangan untuk mengidentifikasi serta menyelesaikan persoalan yang ditemukan dalam proses penelitian. *Design thinking* merupakan sebuah pendekatan pemecahan masalah yang berorientasi pada manusia, sehingga mampu menghasilkan solusi yang tidak hanya menjawab kebutuhan pengguna, tetapi juga relevan, inovatif, dan sesuai dengan konteks permasalahan yang dihadapi (Shoka et al., 2026). Proses perancangan mengikuti lima tahapan *design*

thinking, yaitu *empathize*, *define*, *ideate*, *prototype*, dan *test*. Menurut Brown, *framework* ini efektif dalam memecahkan masalah yang berpusat pada kebutuhan pengguna (Gustiawan & Sitindjak, 2024).



Gambar 1. Tahapan *design thinking*

Sumber: Dokumentasi Penulis.

Empathize dilakukan dengan mengumpulkan data melalui observasi, wawancara, dan kajian literatur yang relevan. Pada tahap ini, peneliti berusaha memahami secara mendalam persepsi, pengalaman, serta kebutuhan pengguna terhadap hasil konversi motor listrik XEON 125. Observasi dilakukan terhadap pengguna motor konversi tersebut untuk memperoleh gambaran empiris mengenai konteks penggunaan secara nyata, khususnya terkait pola interaksi pengguna dengan panel kontrol. Wawancara semi terstruktur dilakukan terhadap 2 partisipan. Partisipan merupakan pengguna aktif motor konversi Yamaha Xeon 125 yang sebelumnya memiliki pengalaman menggunakan motor berbahan bakar bensin, sehingga mampu memberikan perbandingan langsung berdasarkan pengalaman penggunaan kedua jenis kendaraan tersebut. Data hasil wawancara selanjutnya dianalisis secara deskriptif-naratif untuk mengidentifikasi pola keluhan, kebutuhan, dan ekspektasi pengguna terhadap desain panel kontrol. Kajian literatur digunakan sebagai landasan dalam merumuskan parameter desain dan arah pengembangan solusi yang akan diterapkan pada tahap berikutnya.

Pada tahap *define*, peneliti melakukan sintesis terhadap data hasil observasi lapangan dan wawancara dengan pengguna motor konversi. Tujuan tahap ini adalah merumuskan masalah secara terfokus dan sistematis berdasarkan temuan empiris yang diperoleh di lapangan. Data dari studi literatur berfungsi untuk mengklasifikasikan sekaligus memvalidasi permasalahan yang diidentifikasi dari temuan lapangan tersebut. Literatur tersebut juga berperan memperkuat pemahaman terhadap isu ergonomi, kenyamanan, serta efektivitas sistem kendali yang digunakan pada kendaraan hasil konversi.

Tahap *ideation* berfokus pada pengembangan gagasan kreatif berdasarkan hasil sintesis masalah yang telah dirumuskan pada tahap *define*. Dalam tahap ini, peneliti menerapkan teknik SCAMPER untuk menghasilkan berbagai alternatif rancangan melalui gambaran awal. Pendekatan ini digunakan sebagai sarana untuk menstimulasi ide-ide kreatif dengan melakukan

Sumber: Dokumentasi Penulis.

Penelitian ini dimulai dengan pemahaman mendalam terhadap konteks penggunaan nyata melalui observasi langsung dan interaksi dengan pengguna. Dari analisis ini, muncul dua kendala utama sebagai fokus perbaikan. Kendala pertama adalah ergonomi fisik berupa jangkauan kontrol. Pengukuran langsung menggunakan kaliper pada motor asli menunjukkan adanya kesenjangan antara posisi istirahat ibu jari pada genggam stang kemudi dengan tombol-tombol fungsional seperti tombol *gearbox* dan tombol mundur. Jarak ini bervariasi antara 5 cm pada pengguna dengan antropometri P5 hingga 2 cm pada pengguna P95. Berdasarkan data antropometri yang dikumpulkan, rentang jangkauan maksimal ibu jari pengguna berada pada kisaran 3–5 cm dari posisi istirahat. Kondisi ini dapat menyebabkan menurunnya efisiensi dan meningkatnya kemungkinan kehilangan kontrol.



Gambar 3. Antropometri Pengguna dengan P95.

Sumber: Dokumentasi Penulis.



Gambar 4. Antropometri Pengguna dengan P5.

Sumber: Dokumentasi Penulis.

Kedua adalah kendala ergonomi kognitif pada pemahaman informasi yang disajikan pada tombol kontrol. Ditemukan bahwa antarmuka yang ada belum secara efektif menyampaikan informasi secara intuitif dan mudah dipahami oleh pengguna motor listrik, sehingga menimbulkan beban kognitif tinggi dan ketidakpastian dalam penggunaan.

Define

Berdasarkan hasil studi lapangan dan observasi mendalam, penelitian ini merumuskan sejumlah persyaratan desain yang menjadi acuan utama dan kriteria keberhasilan dalam optimalisasi tombol kontrol motor listrik hasil konversi. Perumusan persyaratan ini

mempertimbangkan kebutuhan pengguna dari segi fisik, operasional, dan kognitif, sehingga rancangan yang dihasilkan dapat memenuhi prinsip ergonomi secara menyeluruh.

Persyaratan ergonomi fisik tertuju pada optimalisasi penempatan tombol-tombol fungsional, seperti tombol *gearbox* dan tombol mundur. Kedua tombol tersebut dirancang untuk direlokasi agar berada dalam area jangkauan utama (*primary reach zone*) jari ibu. Penempatan ini memungkinkan pengguna mengoperasikan tombol dengan mudah dan cepat tanpa mengubah posisi genggam tangan pada stang kemudi. Penentuan posisi optimal didasarkan pada data antropometri yang telah diperoleh, guna menyesuaikan dimensi produk dengan variasi ukuran tangan pengguna, sehingga meminimalkan beban biomekanis selama pengoperasian.

Persyaratan operasional mengedepankan aspek keselamatan dengan menuntut desain tombol yang mampu meminimalkan risiko aktivasi tidak sengaja (*accidental activation*), terutama pada tombol mundur yang memiliki potensi bahaya bila tertekan secara spontan. Untuk itu, strategi mitigasi risiko mencakup diferensiasi spasial yang jelas antara tombol *gearbox* dan tombol mundur, serta penerapan umpan balik taktil guna membantu pengguna membedakan fungsi tombol tanpa perlu melihat tombol kontrol.

Persyaratan ergonomi kognitif menuntut perancangan ulang antarmuka informasi tombol kontrol agar lebih relevan dan intuitif bagi ekosistem motor listrik. Hal ini bertujuan mengurangi kebingungan pengguna berdasarkan hasil pengamatan pada tahap *empathize* dan memastikan bahwa informasi disajikan secara jelas dan mudah dipahami. Dengan demikian, desain tombol kontrol mendukung pengambilan keputusan pengguna secara cepat dan aman saat berkendara.

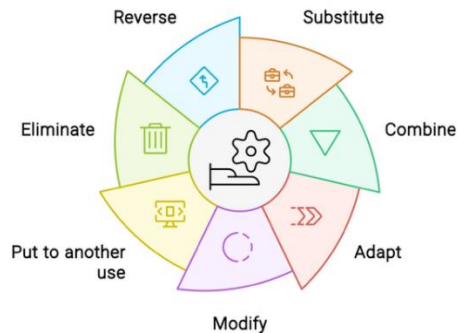
Secara keseluruhan, serangkaian persyaratan desain ini membentuk kerangka kerja ergonomis holistik yang menyatukan aspek fisik, operasional, dan kognitif untuk menghasilkan tombol kontrol motor listrik yang efektif, aman, nyaman, dan *user-friendly*. Pendekatan ini berlandaskan pada pemahaman mendalam terhadap karakteristik dan kebutuhan pengguna, sehingga produk yang dikembangkan benar-benar berpusat pada kebutuhan pengguna.

Ideate

Pada tahap *Ideate*, penelitian ini mengadopsi metode SCAMPER sebagai pendekatan eksploratif untuk menghasilkan variasi desain yang inovatif dan relevan dengan permasalahan yang telah didefinisikan sebelumnya. Metode SCAMPER mengarahkan proses kreatif dengan serangkaian pertanyaan yang memicu evaluasi dan modifikasi solusi eksisting secara sistematis. Dalam konteks penelitian ini, peneliti fokus pada dua aspek SCAMPER, yaitu

Modify dan *Adapt*, untuk mengembangkan solusi desain pada dua aspek utama yang telah dirumuskan pada tahap *define*.

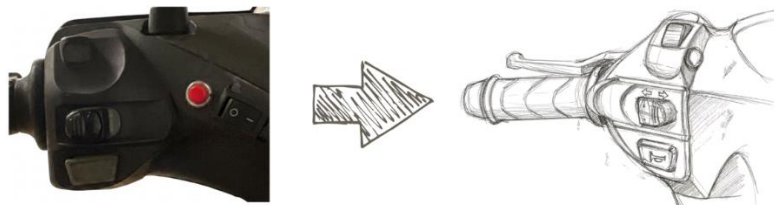
SCAMPER Technique



Gambar 5. Teknik SCAMPER.

Sumber: 6sigma.us.

Aspek *modify* diterapkan dalam perancangan ulang tombol mundur yang diposisikan ulang dengan pengurangan jarak jangkauan sebesar 2 cm dari lokasi semula. Modifikasi ini bertujuan agar tombol tetap dapat diakses dengan mudah oleh ibu jari pengguna, namun memerlukan gerakan yang lebih disengaja sehingga secara signifikan mengurangi risiko tertekan secara tidak sengaja. Dengan melakukan perubahan ini, desain tidak hanya mengakomodasi aspek kenyamanan ergonomis, tetapi juga mengintegrasikan peningkatan faktor keselamatan dalam operasional tombol.



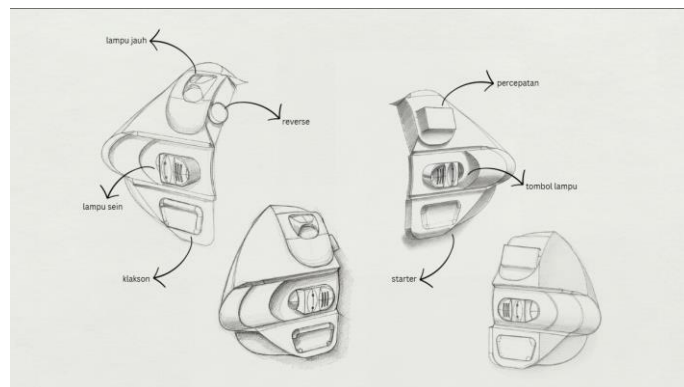
Gambar 6. Sketsa Modifikasi Tombol.

Sumber: Dokumentasi Penulis.

Selanjutnya, *modify* juga diaplikasikan pada penyesuaian posisi tombol *gearbox* yang diubah mendekati area stang kanan, menyesuaikan dengan titik pivot ibu jari pengguna pada persentil ukuran tubuh tengah (P50). Pergeseran ini memfasilitasi aktuasi tombol yang cepat dan presisi selama berkendara tanpa mengganggu fungsi kontrol utama lainnya, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan pengendara. Adaptasi posisi tombol ini didasarkan pada data antropometri yang akurat, memperlihatkan pemahaman dalam menyesuaikan desain dengan kebutuhan fisiologis dan biomekanis pengguna.

Aspek *adapt* dalam penelitian ini dilakukan secara mendalam dengan memfokuskan pada transformasi antarmuka tombol kontrol dari paradigma desain konvensional ke bentuk yang lebih relevan dan sesuai dengan kebutuhan pengendara motor listrik. Adaptasi ini muncul sebagai respons atas temuan *empathize* dan *define* yang mengungkapkan kebingungan pengguna akibat penggunaan indikator bahan bakar tradisional yang tidak tepat untuk motor listrik. Penyesuaian ini bukan sekadar penggantian simbol visual, melainkan melibatkan peningkatan kualitas komunikasi informasi sehingga beban kognitif pengguna dapat diminimalkan.

Salah satu penerapan utama tahap *adapt* adalah penggantian indikator bahan bakar berbasis volume menjadi indikator persentase sisa daya baterai yang disajikan secara jelas dan mudah dipahami. Format informasi ini memberikan nilai kuantitatif yang konkret dan intuitif, memudahkan pengendara dalam pengambilan keputusan terkait pengisian daya secara cepat dan efektif. Selain itu, reorganisasi elemen informasi lainnya pada tombol kontrol dilakukan secara hierarkis dan terpadu untuk mendukung prioritas visual yang efisien, mengurangi distraksi dan meningkatkan kesadaran situasional saat berkendara.



Gambar 7. Sketsa Desain Panel Tombol pada Tombol Kontrol.

Sumber: Dokumentasi Penulis.

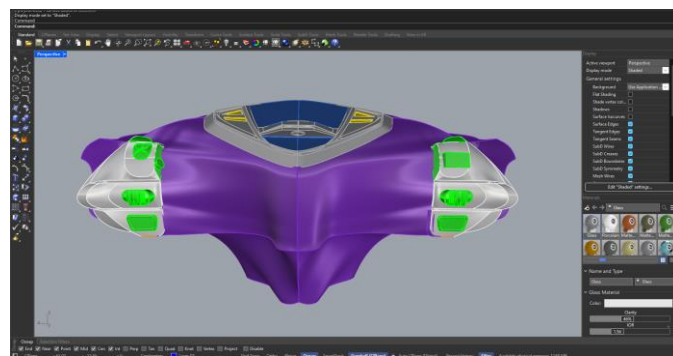
Selain aspek visual dan kognitif, adaptasi juga mempertimbangkan aspek budaya dan kebiasaan pengguna yang sudah terbiasa dengan motor konvensional, sehingga perubahan tidak menimbulkan kebingungan atau resistensi. Evaluasi dan iterasi berdasarkan umpan balik pengguna menjadi bagian penting dalam mengintegrasikan aspek *adapt* ini agar desain yang dihasilkan dapat diterima dengan baik dan efektif dalam memfasilitasi pengalaman berkendara yang aman, nyaman, dan intuitif.

Dengan demikian, integrasi prinsip *modify* dan *adapt* pada tahap ideat menghasilkan solusi desain yang tidak hanya meningkatkan kenyamanan ergonomis dan keselamatan fungsi kontrol tombol, tetapi juga mentransformasikan interaksi pengguna dengan antarmuka tombol

kontrol menjadi lebih intuitif dan kontekstual bagi motor listrik konversi. Pendekatan sistematis ini memungkinkan penciptaan desain yang komprehensif, inovatif, dan sangat sesuai dengan kebutuhan fungsional dan psikologis pengendara motor listrik.

Prototyping

Tahap *Prototyping* menjadi langkah krusial dalam proses perancangan tombol kontrol motor listrik konversi, di mana seluruh persyaratan yang telah ditetapkan dari berbagai sudut pandang ergonomi dan operasional diwujudkan dalam bentuk desain konkrit. Pada tahap ini, pengembangan desain dilakukan dengan pendekatan berbasis data antropometri, memungkinkan penyesuaian dimensi fisik dan tata letak tombol kontrol terhadap keragaman pengguna. Proses perancangan prototipe diawali dengan penyusunan spesifikasi teknis yang mendetail berdasarkan hasil analisis dan pemetaan kebutuhan pengguna, kemudian diterjemahkan ke dalam prototipe digital menggunakan perangkat lunak simulasi dan visualisasi.



Gambar 8. *Digital Prototyping* Tombol Kontrol Atas.

Sumber: Dokumentasi Penulis.

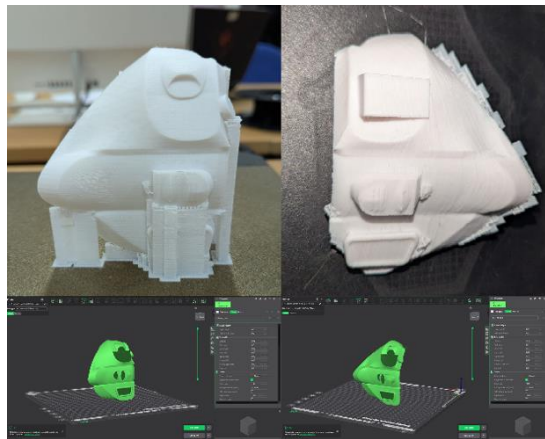
Implementasi relokasi tombol mundur adalah respons langsung terhadap persyaratan ergonomi fisik dan keselamatan yang diidentifikasi pada tahap sebelumnya. Penempatan baru tombol dilakukan dengan pengurangan jarak jangkauan sebesar 2 cm dari posisi semula, sehingga tetap dapat dijangkau dengan mudah oleh ibu jari pengguna namun membutuhkan gerakan yang lebih intensional. Modifikasi ini dirancang untuk mengurangi potensi aktivasi secara tidak sengaja yang dapat berpengaruh pada keselamatan operasional kendaraan, sekaligus meningkatkan kenyamanan pengguna selama pengoperasian.

Desain ulang posisi tombol *gearbox* juga memanfaatkan data antropometri, khususnya pivot ibu jari pada pengguna persentil tengah (P50), sehingga tombol digeser menuju area optimal di stang kanan. Perubahan posisi ini bertujuan memfasilitasi aktuasi tombol dengan cepat dan presisi, serta menjaga fungsi kontrol utama tetap berjalan tanpa gangguan.

Penyesuaian ini menunjukkan pentingnya integrasi kebutuhan biomekanis dalam proses desain, agar perangkat yang dihasilkan tanggap terhadap variasi fisiologis populasi pengguna.

Tahap *Prototyping* dalam penelitian ini juga melibatkan pembuatan model fisik menggunakan teknologi *3D printing* sebagai bagian integral dari proses pengujian dan validasi desain. Dengan memanfaatkan *3D printing*, prototipe tombol kontrol dan tombol-tombol fungsional dapat diproduksi secara cepat dan presisi sesuai spesifikasi teknis yang telah dikembangkan berdasarkan data antropometri pengguna. Pembuatan prototipe fisik ini memungkinkan evaluasi langsung terhadap aspek ergonomis, seperti kenyamanan genggam, kemudahan jangkauan tombol, serta respon sentuhan yang krusial untuk mencegah aktivasi tidak disengaja. Selain itu, model 3D yang dihasilkan juga berfungsi sebagai media komunikasi visual yang efektif dalam diskusi tim desain maupun dengan pengguna akhir.

Menggunakan *3D printing*, elemen-elemen desain seperti tombol mundur yang telah direlokasi dan tombol *gearbox* yang disesuaikan posisi pivot ibu jarinya dapat direalisasikan dalam bentuk fisik dengan material yang mendekati karakteristik aslinya. Pendekatan ini tidak hanya mempercepat iterasi desain, tetapi juga meminimalkan risiko kesalahan produksi saat produksi massal, serta mendukung pengambilan keputusan lebih akurat berdasarkan *feedback* pengguna terhadap prototipe nyata.



Gambar 9. Hasil *3D Printing* Panel Tombol pada Tombol Kontrol.

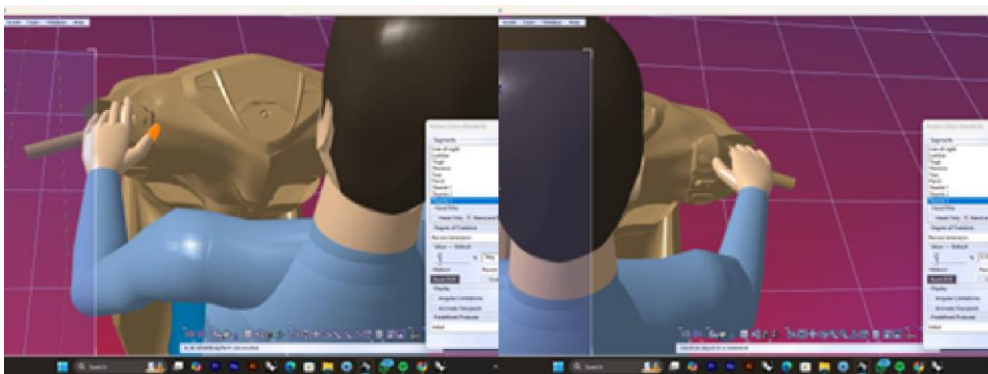
Sumber: Dokumentasi Penulis.

Test

Langkah akhir dalam proses pengembangan desain tombol kontrol motor listrik konversi adalah melakukan evaluasi desain melalui simulasi menggunakan perangkat lunak CATIA 3D yang dilengkapi dengan modul analisis ergonomi. Simulasi dilakukan menggunakan model *dummy* digital yang dikonfigurasi berdasarkan data antropometri tangan hasil pengukuran penelitian ini, yaitu *dummy* P5 yang merepresentasikan pengguna dengan dimensi tangan terkecil dan *dummy* P95 yang merepresentasikan dimensi tangan terbesar.

Postur simulasi dikondisikan sesuai posisi berkendara normal, dengan kedua tangan menggenggam stang kemudi pada posisi netral. Pengujian difokuskan pada aspek biomekanis gerakan ibu jari dalam mengaktifkan tombol-tombol fungsional pada panel kontrol.

Sudut yang diukur dalam simulasi ini didefinisikan sebagai deviasi angular ibu jari antara posisi istirahat (netral pada genggaman stang) dengan posisi saat menekan tombol. Hasil simulasi menunjukkan bahwa deviasi angular maksimal yang diperlukan ibu jari untuk mengaktifkan tombol adalah 8.05° pada sisi kanan dan 7° pada sisi kiri. Angka deviasi ini berada jauh di bawah rentang gerak fisiologis normal sendi *carpometacarpal* (CMC) ibu jari yang umumnya mencapai 15° atau lebih untuk gerakan fleksi (Wei et al., 2023). Dengan kata lain, desain tombol kontrol yang dihasilkan hanya memanfaatkan sekitar 53% dari kapasitas maksimum gerak sendi tersebut.



Gambar 10. Hasil Simulasi Panel Tombol pada Tombol Kontrol.

Sumber: Dokumentasi Penulis.

Kondisi ini mengindikasikan bahwa desain tidak memaksa sendi untuk melakukan gerakan hingga batas ekstrem. Berdasarkan hasil simulasi biomekanis tersebut, desain panel kontrol yang dikembangkan dapat dikatakan memenuhi kriteria ergonomi gerak ibu jari secara simulatif, dengan deviasi angular yang berada dalam zona aman di bawah batas fisiologis. Dengan demikian, tombol kontrol yang telah dirancang dan diuji secara simulatif melalui CATIA 3D ini dapat dikatakan memenuhi kriteria ergonomi, memberikan kenyamanan tinggi bagi pengguna dalam mengoperasikan tombol, serta mendukung keselamatan dan efektivitas berkendara. Dengan demikian, tombol kontrol yang telah dirancang dan diuji secara simulatif melalui CATIA 3D ini dapat dikatakan memenuhi kriteria ergonomi, memberikan kenyamanan tinggi bagi pengguna dalam mengoperasikan tombol, serta mendukung keselamatan dan efektivitas berkendara.

Selain itu, pendekatan simulasi digital ini memungkinkan evaluasi desain sebelum implementasi fisik, menghemat waktu dan biaya pengembangan sekaligus memastikan bahwa produk akhir mampu memberikan pengalaman optimal sesuai kebutuhan pengguna. Oleh

karena itu, tahap *test* ini menjadi konfirmasi validitas desain yang berorientasi pada kesejahteraan fisik pengguna tanpa mengorbankan fungsi dan keamanan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, penelitian ini berhasil mengoptimalkan panel tombol kontrol pada motor konversi Yamaha Xeon 125 dengan pendekatan ergonomi antropometri yang sistematis, memperhatikan rentang pengguna dari persentil 5 hingga persentil 95. Relokasi tombol-tombol fungsional seperti tombol *gearbox* dan tombol mundur dilakukan secara tepat agar berada dalam jangkauan utama ibu jari, sehingga memudahkan pengoperasian tanpa harus melepaskan genggaman kemudi. Pendekatan ini secara signifikan mengurangi beban biomekanis dan menurunkan risiko cedera muskuloskeletal serta meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pengguna saat berkendara.

Evaluasi melalui simulasi digital menggunakan perangkat lunak CATIA 3D mengindikasikan bahwa desain yang dihasilkan memenuhi kriteria ergonomi gerak ibu jari secara simulatif dan berpotensi mengurangi beban biomekanis pada sendi dalam penggunaan jangka panjang. Validasi desain bersifat simulatif dan belum mencakup pengujian empiris terhadap kenyamanan subjektif pengguna, waktu aktuasi, tingkat kesalahan operasional, maupun risiko aktivasi tidak disengaja. Selain itu, data antropometri dikumpulkan dari sampel yang terbatas dan belum sepenuhnya representatif terhadap keseluruhan populasi pengguna motor konversi di Indonesia. Klaim terkait peningkatan keselamatan berkendara dan penerimaan pengguna belum dapat dikonfirmasi tanpa pengujian lapangan yang melibatkan pengguna nyata.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan pengujian empiris dengan melibatkan pengguna aktif motor konversi guna mengukur kenyamanan subjektif, efisiensi operasional, dan tingkat penerimaan desain secara langsung. Pengembangan data antropometri dengan sampel yang lebih besar dan representatif juga diperlukan untuk memperkuat validitas perancangan berbasis P5–P95. Prototipe yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan awal bagi pelaku konversi dan produsen motor listrik dalam mengembangkan panel kontrol yang lebih ergonomis, sebagai bagian dari upaya mendukung program nasional transisi menuju kendaraan ramah lingkungan.

DAFTAR REFERENSI

- Al-Farisi, R. (2024). Realisasi konversi motor listrik di bawah 1.000 dari target 50 ribu. *CNN Indonesia*. <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20240115171930-85-1049818/realisasi-konversi-motor-listrik-di-bawah-1000-dari-target-50-ribu>
- Al-Fatih, N. K., Kartiko, I., Fredric, R., & Safitri, D. A. (2024). Pengembangan kendaraan listrik hemat energi untuk transportasi kota yang ramah lingkungan. *Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang dan Teknik Sipil*, 2(2), 222-227. <https://doi.org/10.61132/konstruksi.v2i2.282>
- Badu, M., Sodikin, S., & Ristanto, I. (2025). Analisis perbandingan penggunaan kendaraan bermotor dan kendaraan motor listrik di wilayah Soloraya tahun 2024 (Studi kasus: Surakarta dan Sukoharjo). *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1), 42. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i1.671>
- Bhardwaj, A. R., & Ulhe, P. (2024). Rapid prototyping technology: A driving force in product design innovation. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12(9), 1001-1002. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.64298>
- Bortolini, M., Botti, L., Galizia, F. G., & Mora, C. (2023). Ergonomic design of an adaptive automation assembly system. *Machines*, 11(9), Article 898. <https://doi.org/10.3390/machines11090898>
- Bridger, R. S. (2017). *Introduction to human factors and ergonomics* (4th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351228442>
- Gustiawan, I. M., & Sitindjak, R. H. I. (2024). Furnitur work from home berbahan olahan sampah plastik untuk hunian sempit. *Productum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan dan Perancangan Produk)*, 7(1), 1-10. <https://doi.org/10.24821/productum.v7i1.4687>
- Hołdaś, K., & Wierzbicka, D. (2024). Prototype tests with users How to plan and conduct them? *Informatyka Ekonomiczna*, 2024(1-2), 26-35. <https://doi.org/10.15611/ie.2024.1-2.03>
- Maurya, N. K., Rastogi, V., & Singh, P. (2021). Feasibility analysis of manufacturing using rapid prototyping: A review. *Materials Today: Proceedings*, 47, 3711-3715. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.799>
- Nugraha, B., Pujiraharjo, Y., & Adiluhung, D. H. (2023). Perancangan sepeda motor elektrik adventure sebagai fasilitas menuju tempat wisata (Studi kasus pada Glamping Lakeside). *E-Proceeding of Art & Design*, 10(5), 7380.
- O'Connor, L. (2025). Comparative analysis of the mechanical properties of FDM and SLA 3D printed components. *Journal of Micromanufacturing*. <https://doi.org/10.1177/25165984251364689>
- O'Dea, A., Sharafkhani, M., Codd, M., Browne, M., O'Connor, P., & Ward, M. E. (2025). Principles for the conduct of human factors/ergonomics in healthcare: A scoping study of the published evidence. *BMJ Open Quality*, 14(2). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-003222>
- Pangestu, M. E. (2023, December 3). *Pemerintah Indonesia tegaskan komitmen wujudkan nol emisi karbon di tahun 2060*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. <https://www.esdm.go.id/>

- Pristiandaru, D. L. (2024). Kuota subsidi motor listrik tinggal 40 persen, target 50.000 unit. *Kompas*. <https://lestari.kompas.com/read/2024/05/30/150000886/kuota-subsidi-motor-listrik-tinggal-40-persen-target-50.000-unit>
- Saha, A. K., Jahin, M. A., Rafiquzzaman, M., & Mridha, M. F. (2024). Ergonomic design of computer laboratory furniture: Mismatch analysis utilizing anthropometric data of university students. *Heliyon*, 10(14), Article e34063. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34063>
- Shoka, M. M., Dwi, A. S., & Sutarya, S. (2026). Perancangan meja kopi minimalis dari limbah triplek dan HPL yang berkelanjutan. *Jurnal Riset Rumpun Seni, Desain dan Media*, 5(1), 566-580. <https://doi.org/10.55606/jurrsendem.v5i1.8891>
- Vigoro, L., Caffaro, F., Tronci, M., & Fagnoli, M. (2025). Ergonomics and design for safety: A scoping review and bibliometric analysis in the industrial engineering literature. *Safety Science*, 185, Article 106799. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106799>
- Wei, Y., Zou, Z., Qian, Z., Ren, L., & Wei, G. (2023). Biomechanical analysis of the effect of finger joint configuration on hand grasping performance: Rigid vs flexible. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 31, 606-619. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3229165>
- Wicaksono, A. (2023). ESDM targetkan 150 ribu unit motor listrik konversi di 2024. *CNN Indonesia*. <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20230320174512-85-927466/esdm-targetkan-150-ribu-unit-motor-listrik-konversi-di-2024>
- Wickens, C. D., Gordon, S. E., & Liu, Y. (2014). *An introduction to human factors engineering* (2nd ed.). Pearson Education Limited.