

## **EVALUASI HEURISTIK ERGONOMI ANTARMUKA KIOSK LAYAR SENTUH RAKSASA BERBASIS LOCAL-FIRST UNTUK PELATIHAN INDUSTRI**

**Zahraan Dzakii Tsaqiif<sup>1</sup>, Khadijah<sup>2</sup>, Amirin<sup>3</sup>, Charmiyanti Nurkencana Aju<sup>4</sup>,  
Mochamad Sanwasih<sup>5</sup>, Marastika Wicaksono Aji Bawono<sup>6</sup>, Nur Choiriyati<sup>7</sup>**  
Program Studi Teknologi Rekayasa Multimedia, Teknologi Rekayasa Mekatronika, Fakultas  
Teknologi Sains dan Informasi, Universitas Boash<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>  
e-mail: [nadanadiya26@gmail.com](mailto:nadanadiya26@gmail.com)

Diterima: 12/9/2026; Direvisi: 1/10/2026; Diterbitkan: 6/10/2026

### **ABSTRAK**

Kebutuhan media pelatihan industri di lingkungan bengkel kerja menuntut sarana presentasi yang mampu menampilkan simulasi sistem Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing (MEP) serta Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) secara terpusat dan tidak lagi bergantung pada berkas presentasi yang tersebar di berbagai perangkat instruktur. Kondisi tersebut melatarbelakangi kebutuhan kios interaktif (interactive kiosk) berbasis Interactive Flat Panel (IFP) berukuran 65-86 inci sebagai pustaka digital terpusat di ruang pelatihan. Antarmuka presentasi maupun aplikasi web standar yang lazim digunakan selama ini dirancang untuk layar berukuran kecil sehingga kurang mempertimbangkan aspek ergonomi jangkauan tangan pengguna pada layar raksasa. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi antarmuka kios interaktif berbasis arsitektur local-first yang mempertimbangkan jangkauan fisik pengguna serta kompromi format rendering multimedia. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan pendekatan prototyping, dilanjutkan evaluasi kualitatif deskriptif melalui evaluasi heuristik berdasarkan standar desain layar sentuh serta pengujian emulasi sentuh (touch emulation testing), mengingat keterbatasan ketersediaan perangkat panel akhir untuk pengujian langsung kepada pengguna. Dari hasil pengujian, terbukti bahwa memosisikan menu navigasi (*Dock Menu*) di bagian bawah layar sangat membantu pengguna. Dipadukan dengan ukuran tombol minimal 48x48 piksel dan *keyboard* virtual yang ukurannya bisa diubah-ubah (skala 0,7 hingga 1,15), desain ini secara signifikan mampu menekan risiko salah pencet maupun kelelahan akibat jangkauan tangan yang terlalu jauh. Selain itu, riset ini juga menemukan adanya kendala teknis saat merender *file* presentasi (.pptx) pada sistem *offline* berbasis *open-source*. Terdapat sebuah *trade-off*: penggunaan *engine* PDF memang menjaga tata letak visual tetap rapi, tetapi mengorbankan efek animasi. Sebaliknya, *engine* OOXML mampu menjalankan animasi, tetapi rawan membuat susunan tata letak menjadi berantakan. Simpulan penelitian menegaskan bahwa desain ergonomi layar besar berhasil diimplementasikan, tetapi keberhasilan operasionalnya tetap membutuhkan literasi pengguna terhadap kompromi format presentasi yang dipilih.

**Kata Kunci:** Kios Interaktif, Ergonomi Antarmuka, Evaluasi Heuristik, Layar Sentuh Raksasa, Pelatihan Industri

### **ABSTRACT**

The need for industrial training media in workshop environments requires presentation tools capable of centrally displaying Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) and Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) system simulations, eliminating the reliance on presentation files scattered across multiple instructor devices. This condition underlies the need for an interactive kiosk based on a 65-86 inch Interactive Flat Panel (IFP) as a centralized digital

library in the training room. Standard presentation and web interfaces commonly used are designed for small screens, thus lacking consideration for the ergonomics of user reach on giant displays. This study aims to design and evaluate a local-first interactive kiosk interface that considers users' physical reach and multimedia rendering format trade-offs. The method used is Research and Development (R&D) with a prototyping approach, followed by a descriptive qualitative evaluation through heuristic inspection based on touchscreen design standards and touch emulation testing, given the limited availability of the final panel device for direct end-user testing. The test results prove that positioning the navigation menu (Dock Menu) at the bottom of the screen significantly assists users. Combined with a minimum button size of 48x48 pixels and a scalable virtual keyboard (0.7 to 1.15 scale), this design effectively minimizes the risks of fat-finger errors and fatigue caused by excessive arm reach. Additionally, this research identified technical constraints when rendering presentation files (.pptx) on an open-source offline system. There is a trade-off: using a PDF engine maintains clean visual layouts but sacrifices animation effects. Conversely, the OOXML engine runs animations but is prone to layout degradation. The study concludes that the large-screen ergonomic design was successfully implemented; however, its operational success still requires user literacy regarding the chosen presentation format trade-offs.

**Keywords:** *Interactive Kiosk, Interface Ergonomics, Heuristic Evaluation, Giant Touchscreen, Industrial Training*

## PENDAHULUAN

Fasilitas *training* di area bengkel industri saat ini butuh media penyajian yang mampu memutar simulasi sistem teknis dengan lancar. Media tersebut tidak hanya harus tajam secara visual, tetapi idealnya juga mudah dioperasikan secara mandiri oleh instruktur dan peserta. Khusus untuk pelatihan MEP (*Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing*) dan HVAC, materinya cukup rumit karena memuat video animasi cara kerja mesin hingga pembedahan skema instalasi. Oleh karena itu, dibutuhkan layar presentasi berukuran raksasa agar seluruh peserta dapat melihat detail materi dengan jelas secara bersamaan. Kebutuhan ini mendorong adopsi Interactive Flat Panel (IFP) berukuran 65 hingga 86 inci sebagai pengganti proyektor maupun monitor konvensional pada ruang pelatihan bengkel kerja industri, sebagaimana ditunjukkan pada studi kasus pengembangan Ruang Workshop dan Training Centre PT. Maxon Prime Technology, yang merancang ruang simulasi Fire Suppression System, Building Management System (BMS), Ultrasound Filtration, hingga sistem Variable Refrigerant Flow (VRF) sebagai bagian dari fasilitas pelatihan berbasis simulasi langsung.

Salah satu persoalan mendasar yang melatarbelakangi kebutuhan pengembangan sistem ini adalah desentralisasi dokumen pelatihan. Di lapangan, materi seperti modul presentasi hingga dokumen standar instalasi sering kali terpencar di laptop masing-masing divisi (Engineering, HSE, QC, CX, maupun HRD). Kondisi ini kerap memicu munculnya dokumen versi ganda, keterlambatan pembaruan materi, sampai repotnya keharusan untuk selalu menyediakan laptop instruktur saat sesi pelatihan akan dimulai. Kondisi ini menegaskan urgensi hadirnya satu titik akses terpusat berupa pustaka digital (*digital library*) yang dapat diakses langsung melalui layar sentuh di ruang pelatihan tanpa memerlukan perangkat perantara.

Namun demikian, migrasi dari perangkat presentasi konvensional menuju kios layar sentuh raksasa tidak dapat dilakukan dengan sekadar menampilkan antarmuka web atau aplikasi presentasi standar pada layar berukuran besar. Masalahnya, kebanyakan desain aplikasi *office* atau web standar dibuat khusus untuk perangkat kecil seperti laptop atau tablet (13-15 inci).

Pada perangkat tersebut, pengguna bisa menyentuh seluruh ujung antarmuka hanya dengan pergerakan santai dari pergelangan tangan. Ketika antarmuka semacam itu ditampilkan langsung pada panel 65-86 inci tanpa penyesuaian, elemen kontrol yang semula berada pada posisi mudah dijangkau berubah menjadi area yang secara fisik sulit dijangkau oleh pengguna yang berdiri di depan panel, khususnya instruktur yang harus berinteraksi dengan kios sambil tetap menghadap peserta pelatihan. Jika UI standar ini dipaksakan ke layar raksasa, pengguna harus terus-menerus mengangkat tangan tanpa tumpuan, yang pada akhirnya memicu kelelahan otot lengan atau *gorilla arm syndrome* (Hansberger et al., 2017). Di sisi lain, desain tombol kecil yang dipaksa tampil di panel besar sering kali membuat pengguna salah pencet (*fat-finger error*) akibat perbedaan tingkat kerapatan piksel (Zhang, 2025). Kesenjangan (gap) inilah yang menjadi persoalan utama penelitian ini: belum tersedianya rancangan antarmuka kios pelatihan industri yang secara eksplisit mempertimbangkan ergonomi jangkauan fisik pengguna berdiri pada layar sentuh berukuran raksasa, sekaligus mengakomodasi keragaman format berkas presentasi pelatihan (PDF, video, gambar, dan terutama berkas PowerPoint/.pptx yang menjadi format dominan materi pelatihan teknis).

Sisi kebaruan penelitian ini mencakup dua hal utama. Pertama, kami merancang tata letak *Dock Menu* agar menetap di bawah layar sehingga ramah terhadap jangkauan fisik pengguna yang berdiri. Desain ini mengacu pada standar postur kerja ISO 9241-5:2024 (ISO, 2024), sekaligus menerapkan ukuran batas aman tombol sentuh mengikuti anjuran Harley (2019). Kedua, penerapan arsitektur perangkat lunak *local-first*, yaitu pendekatan yang menempatkan sistem berkas lokal sebagai sumber kebenaran utama tanpa bergantung pada basis data relasional maupun konektivitas jaringan (Kleppmann et al., 2019), sebagai respons langsung terhadap persoalan desentralisasi dokumen yang telah diuraikan sebelumnya. Arsitektur ini sekaligus memunculkan kompromi teknis tersendiri dalam hal *rendering* berkas presentasi luring yang menjadi salah satu temuan penting dalam pembahasan penelitian ini. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi konseptual maupun praktis bagi pengembangan media pelatihan industri berbasis layar sentuh raksasa.

## METODE PENELITIAN

Metode yang diaplikasikan dalam riset ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan alur *prototyping*. Model ini dipilih karena memungkinkan siklus desain, pembuatan purwarupa, hingga pengujian berjalan secara lincah dan berulang tanpa harus menunggu tahapan produksi massal selesai. Penelitian ini dilaksanakan secara terencana dalam periode waktu definitif, yaitu mulai dari bulan Januari hingga Mei 2026. Secara garis besar, alur penelitian terbagi ke dalam empat tahapan utama. Tahapan dimulai dari menganalisis konten yang dibutuhkan di ruang pelatihan, merancang arsitektur sistem *local-first* berbasis Electron dan React tanpa basis data relasional, membangun purwarupa fungsional di lingkungan *desktop*, dan diakhiri dengan evaluasi mendalam terhadap aspek antarmuka. Subjek pada penelitian ini adalah artefak rancangan antarmuka (interface design artifact) itu sendiri, bukan pengguna akhir secara individual. Untuk tahap saat ini, uji kuantitatif secara langsung kepada pengguna belum dilakukan. Alasannya murni karena unit layar raksasa 65-86 inci tersebut masih dalam tahap instalasi dan belum terpasang permanen di *Training Room*. Alhasil, observasi lapangan terkait cara instruktur memencet layar belum memungkinkan untuk dieksekusi.

Sebagai gantinya, evaluasi antarmuka dilakukan secara kualitatif deskriptif melalui dua teknik inspeksi analitis. Pertama, evaluasi heuristik (*heuristic evaluation*), yaitu evaluasi yang dilakukan secara mandiri oleh peneliti terhadap purwarupa antarmuka dengan merujuk pada standar spesifik ergonomi layar sentuh. Fokus evaluasi ini ada dua. Pertama, mengecek apakah

ukuran tombol sudah sesuai dengan batas minimal yang dianjurkan oleh Harley (2019). Kedua, memastikan antarmukanya ramah terhadap postur tubuh pengguna saat berdiri, yang merujuk pada regulasi ISO 9241-5:2024 (ISO, 2024). Evaluasi dilakukan dengan meninjau silang (*cross-checking*) setiap modul antarmuka (*Main Menu*, *Content Viewer*, papan ketik pada layar, dan panel admin) terhadap pedoman ergonomi tersebut.

Kedua, pengujian emulasi sentuh (*touch emulation testing*) dilakukan menggunakan mode emulasi perangkat sentuh pada Chromium DevTools yang disandingkan dengan simulasi dimensi fisik panel 65-86 inci, guna memperkirakan rasio antara ukuran target antarmuka dalam satuan piksel logis terhadap ukuran fisik dalam satuan milimeter pada resolusi panel produksi. Langkah teknis ini sengaja dilakukan untuk memastikan *class* utilitas dari Tailwind CSS (seperti ukuran *h-24* atau *h-12*) tidak meleset saat dicetak ke layar fisik. Sebab, perbandingan skala piksel terhadap milimeter pada panel raksasa tentunya sangat berbeda dengan monitor standar. Data hasil evaluasi heuristik dan pengujian emulasi sentuh selanjutnya dianalisis secara deskriptif dengan mengelompokkan temuan berdasarkan komponen antarmuka (tata letak, dimensi target sentuh, dan sistem rendering multimedia) untuk kemudian dimaknai pada bagian Hasil dan Pembahasan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

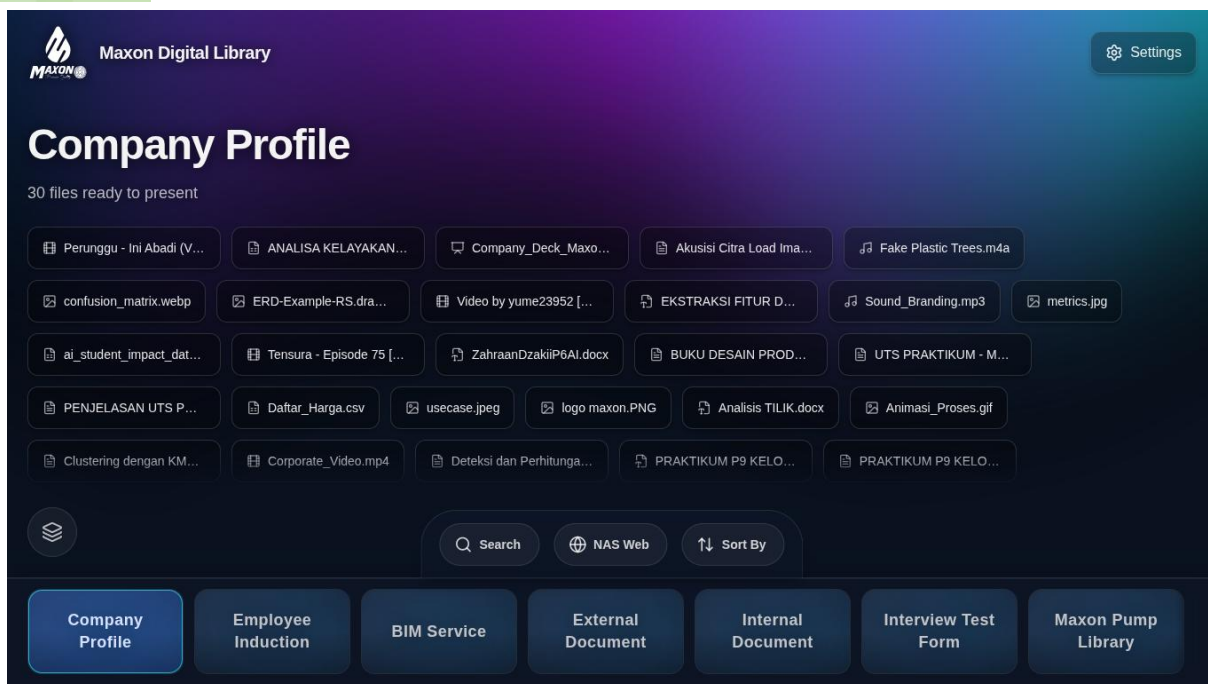
### Hasil

Purwarupa antarmuka kios yang kami kembangkan menerapkan struktur tata letak *flex-column* penuh, terdiri dari tiga lapisan utama: *Top Bar* di bagian atas, area *preview* konten di tengah, dan *Dock Menu* di bagian bawah layar. *Top Bar* memuat elemen identitas (logo) dan tombol pengaturan (*settings*) berukuran 48 piksel yang membuka panel admin. Area *preview* menampilkan pratinjau kategori konten aktif beserta jumlah berkas yang tersedia. *Dock Menu* sendiri berisi kumpulan *chip* kategori yang bisa digulir horizontal, dilengkapi indikator *fade* di kedua ujung area gulir untuk menandai adanya konten tambahan di luar area pandang.

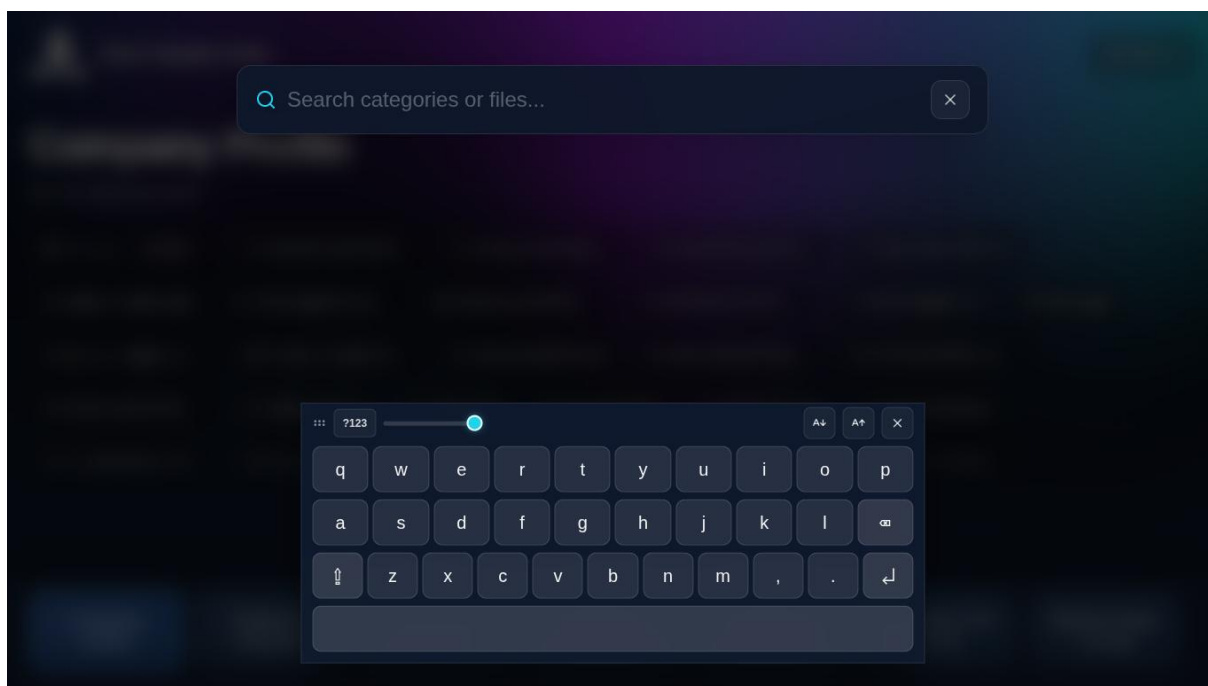
Setiap *chip* kategori pada *Dock Menu* berukuran 96×176 piksel. Status aktifnya ditandai efek *glow*, warna latar dan bayangan yang diturunkan otomatis dari warna kategori yang dikonfigurasi administrator. Begitu satu *chip* kategori dipilih, area *preview* menampilkan daftar berkas dalam bentuk kartu-item yang bisa digulir vertikal. Tiap kartu memuat ikon sesuai jenis berkas (PDF, video, gambar, HTML, spreadsheet, Word, atau PowerPoint) beserta nama berkas yang sudah disaring dari karakter ilegal sistem berkas.

Semua elemen kontrol interaktif pada purwarupa seperti tombol pengaturan, tombol navigasi sebelumnya/berikutnya pada penampil konten, kotak centang pada panel admin, sampai penggeser warna kategori, semuanya mengikuti standar target sentuh minimum 48×48 piksel. Kami menerapkan standar ini secara konsisten ke seluruh komponen antarmuka, termasuk elemen yang secara visual tampak kecil. Area sentuhnya tetap diperluas hingga memenuhi ambang tersebut, meskipun representasi visualnya lebih kecil.

Untuk kebutuhan mengetik di layar sentuh tanpa *keyboard* fisik, purwarupa menyediakan *keyboard* pada layar (*on-screen keyboard*/OSK). *Keyboard* ini bisa digeser bebas ke posisi mana pun lewat gagang seret di bagian atas, dan bisa diskalakan pada rentang 0,7 hingga 1,15 kali ukuran dasar, dengan penambahan 0,05 per langkah. Pada skala dasar, tinggi tiap tuts adalah 52 piksel dengan lebar total papan ketik 704 piksel. Di skala minimum, tinggi tuts turun jadi 36,4 piksel; di skala maksimum naik jadi 59,8 piksel, dengan lebar maksimum dibatasi 90% dari lebar *viewport* layar. Berdasarkan pernyataan tersebut ditampilkan pada gambar 1 dan 2.



**Gambar 1. Tata letak antarmuka utama dengan Dock Menu pada area Bawah Layar**



**Gambar 2. Papan ketik pada layar (On-Screen Keyboard) yang dapat digeser dan diskalakan. 1**

Dari sisi arsitektur sistem, purwarupa ini dibangun di atas prinsip *local-first*: seluruh konten pelatihan disimpan sebagai berkas pada struktur folder sistem berkas lokal yang terorganisasi per kategori, tanpa basis data relasional. Konfigurasi sistem, riwayat pembukaan berkas, dan frekuensi akses disimpan di berkas terpisah yang diindeks memakai *inode* berkas, jadi tetap valid meski nama berkas diubah administrator. Perubahan pada struktur folder

dipantau langsung memakai pustaka pemantauan berkas, dengan mekanisme *debounce* 400 milidetik untuk mencegah pembaruan antarmuka berlebihan saat berkas berubah beruntun.

Untuk menayangkan berkas presentasi PowerPoint (.pptx) yang merupakan format dominan materi pelatihan teknis, sistem menerapkan jalur pemrosesan latar belakang yang bisa dikonfigurasi administrator lewat dua mode prioritas *render engine*. Mode prioritas PDF mengonversi berkas .pptx menjadi PDF memakai mesin LibreOffice sebelum ditampilkan. Mode prioritas OOXML menayangkan berkas .pptx secara *native*, lengkap dengan animasi dan transisinya. Proses konversi berjalan sebagai optimalisasi latar belakang yang dipantau (*polling*) hingga 30 kali dalam rentang 30 detik, sebelum sistem otomatis beralih ke *engine* cadangan kalau *engine* utama gagal menghasilkan keluaran.

Tabel 1 merangkum parameter desain ergonomi yang diterapkan pada purwarupa antarmuka kios beserta dimensi teknis dan justifikasi fungsionalnya.

**Tabel 1. Parameter Desain Ergonomi Antarmuka Kiosk Layar Besar**

| No. | Elemen Antarmuka                       | Parameter/Kelas Desain                           | Dimensi Terukur    | Justifikasi Ergonomi                                                     |
|-----|----------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Tombol Pengaturan (Top Bar)            | Kelas Tailwind h-12                              | 48 px (tinggi)     | Ambang minimum target sentuh untuk mencegah fat-finger error             |
| 2   | Chip Kategori (Dock Menu)              | Kelas Tailwind h-24 min-w-44                     | 96 x $\geq 176$ px | Target frekuensi tertinggi; dimensi paling lapang untuk sentuhan berdiri |
| 3   | Tombol Navigasi Utama (Bottom Nav)     | Kelas Tailwind h-14 w-14                         | 56 x 56 px         | Navigasi antarhalaman/slide saat presentasi berlangsung                  |
| 4   | Tuts Papan Ketik pada Layar (OSK)      | Skala 0,7x–1,15x dari dasar 52 px                | 36,4–59,8 px       | Adaptasi terhadap variasi jangkauan dan preferensi pengguna              |
| 5   | Lebar Wadah OSK                        | 44rem, maksimum 90vw                             | 704 px (dasar)     | Menjaga keterjangkauan tuts terjauh dari titik sentuh awal               |
| 6   | Bidang Input Panel Admin               | Kelas Tailwind h-11                              | 44 px (tinggi)     | Kompromi kepadatan informasi dan kemudahan sentuh pada mode admin        |
| 7   | Kotak Centang/Penggeser Warna Kategori | Area sentuh diperluas dari elemen visual h-6 w-6 | $\geq 48$ px       | Presisi seleksi warna tanpa memicu kesalahan sentuh                      |

Dari Tabel 1 terlihat bahwa semua elemen kontrol interaktif berada pada atau di atas ambang 48 piksel. Dimensinya bervariasi, disesuaikan dengan frekuensi penggunaan dan konteks interaksi masing-masing elemen. Elemen dengan frekuensi interaksi tertinggi seperti *chip* kategori pada *Dock Menu* dirancang paling lapang, sementara elemen yang lebih jarang dipakai seperti bidang input pada panel admin tetap dipertahankan di ambang minimum 44–48 piksel.

Evaluasi heuristik terhadap purwarupa menemukan bahwa prinsip ergonomi penempatan elemen navigasi di area bawah layar dipertahankan konsisten di seluruh *state* antarmuka, baik itu *Dock Menu* pada *Main Menu*, maupun *BottomNavBar* dan *FloatingNavButtons* pada *Content Viewer*. Desain ini memastikan instruktur tidak perlu mengubah posisi berdiri atau menjangkau area atas layar secara berlebihan di setiap mode operasi. Evaluasi juga menemukan bahwa mekanisme *unmount* penuh (*hard-unmount*) pada elemen *iframe* HTML, saat pengguna kembali ke Menu Utama, efektif mencegah akumulasi penggunaan memori pada sesi kios yang berjalan lama tanpa *restart*, temuan yang relevan mengingat kios ini memang dirancang beroperasi terus-menerus di ruang pelatihan.

## **Pembahasan**

### **Penempatan Dock Menu pada Area Bawah Layar**

Kenapa navigasi utama (*Dock Menu*) kami tempatkan konsisten di bagian bawah panel, bukan di atas seperti lazimnya aplikasi desktop atau web konvensional? Jawabannya berangkat dari karakteristik fisik pengguna yang berdiri di depan panel 65-86 inci. Pada panel seukuran itu, tepi atas layar bisa berada di ketinggian 190-200 sentimeter dari lantai, tergantung instalasi dudukan (*mounting*) jauh di luar zona jangkauan nyaman bagi sebagian besar pengguna dewasa yang berdiri, termasuk instruktur dengan tinggi badan rata-rata populasi Indonesia. Interaksi berulang yang memaksa pengguna mengangkat lengan mendekati atau melampaui bahu tanpa penopang terbukti memicu kelelahan otot lengan, bahu, dan leher, kondisi yang dikenal sebagai *gorilla arm syndrome*. Hansberger et al. (2017) mengevaluasi interaksi gestur berkepanjangan pada layar vertikal dan mendapati bahwa posisi lengan terangkat setinggi bahu adalah postur paling melelahkan dibandingkan postur interaksi lainnya.

Karena itu kami menempatkan elemen navigasi berfrekuensi tinggi, *chip* kategori, tombol pencarian, kontrol navigasi konten, secara konsisten di rentang ketinggian bawah panel, lebih dekat ke zona jangkauan nyaman *standing reach*. Desain ini selaras dengan prinsip tata letak ruang kerja dan persyaratan postural pada ISO 9241-5:2024, yang menekankan pentingnya mempertimbangkan postur pengguna, duduk, berdiri, atau kombinasi keduanya dalam merancang tata letak perangkat interaktif, demi kenyamanan dan mengurangi risiko gangguan fisik (ISO, 2024). Pendekatan ini meminimalisir kebutuhan akan gerakan mikro yang repetitif pada area layar yang sulit dijangkau, sehingga meningkatkan akurasi interaksi pengguna secara signifikan (Pooripanyakun et al., 2023; Vizcarra et al., 2026).

Konsistensi penempatan ini juga berlaku di seluruh *state* antarmuka: baik *Dock Menu* di Menu Utama maupun *Bottom Nav Bar* di Penampil Konten. Instruktur jadi tidak perlu membangun ulang model mental posisi kontrol, atau menjangkau area atas yang sebenarnya tidak perlu, setiap kali terjadi transisi mode operasi selama sesi pelatihan berlangsung. Implementasi desain ini juga selaras dengan prinsip *reduce short-term memory load*, yang memastikan pengguna dapat berinteraksi dengan beban kognitif minimal selama navigasi berlangsung (Fatah, 2020). Selain itu, penataan elemen yang terpusat di area bawah layar secara teknis mengoptimalkan efisiensi gerakan jempol pengguna perangkat mobile, yang berkontribusi pada penurunan kelelahan otot saat sesi interaksi durasi panjang (Kurniawan et al., 2025; Mishra et al., 2025; Nasution et al., 2025; Rafif et al., 2026; Zieher & Probst, 2024).

### **Rasionalisasi Ukuran Target Sentuh Minimum 48 Piksel**

Ambang 48×48 piksel sebagai dimensi minimum semua elemen interaktif bukan angka yang kami pilih sembarangan. Angka ini berakar pada Fitts's Law dalam interaksi manusia-komputer: waktu yang dibutuhkan untuk menjangkau dan mengaktifkan target berbanding lurus dengan jarak tempuh, dan berbanding terbalik dengan ukuran target itu sendiri. Pada interaksi sentuh, target yang terlalu kecil dibanding luas kontak ujung jari (biasanya 8-10 milimeter)

meningkatkan kemungkinan pengguna menyentuh area di luar target yang dimaksud, yang lazim disebut *fat-finger error*. Harley (2019) merekomendasikan target sentuh minimum sekitar 1×1 sentimeter untuk mendukung waktu seleksi yang memadai dan mencegah kesalahan semacam ini, rekomendasi yang sejalan dengan berbagai pedoman desain platform lain yang mengarah ke ambang serupa. Dalam konteks pengujian kinerja perangkat input, penggunaan standar ISO 9241 memberikan kerangka evaluasi kuantitatif yang solid untuk mengukur efektivitas target tersebut melalui prosedur pengujian seperti *Fitts' one-direction tapping test* (Attia et al., 2024; Fallah & MacKenzie, 2025; Quita & Widodo, 2018; Yamanaka & MacKenzie, 2026).

Urgensi penerapan ambang ini justru lebih tinggi di panel 65-86 inci dibanding perangkat genggam biasa. Ada dua alasan. Pertama, jarak tempuh (*amplitude*) pergerakan tangan di panel raksasa jauh lebih besar dibanding di *smartphone* atau tablet. Sesuai Fitts's Law, akurasi pergerakan akhir menuju target jadi menurun, dan variabilitas titik sentuh meningkat. Zhang (2025) mengkarakterisasi performa akuisisi target dengan dominasi amplitudo pada layar sentuh format besar, dan menegaskan bahwa model Fitts's Law konvensional perlu disesuaikan untuk konteks ini, performa pengguna lebih dipengaruhi jarak tempuh dibanding ukuran target itu sendiri. Kompensasi lewat perbesaran ukuran target jadi strategi mitigasi yang relevan.

Kedua, kerapatan piksel di panel besar umumnya lebih rendah dibanding perangkat genggam, meski resolusi keluarannya tinggi. Artinya nilai piksel logis pada kelas CSS (misalnya h-12 atau h-24) perlu divalidasi ulang terhadap ukuran fisik aktual dalam satuan milimeter, lewat pengujian emulasi sentuh. Tujuannya memastikan nilai piksel yang ditetapkan di tingkat kode benar-benar berpadanan dengan target sentuh yang ergonomis di perangkat keras produksi, bukan sekadar memenuhi angka nominal di satuan piksel logis. Untuk mengantisipasi tantangan ini, kami mengintegrasikan mekanisme kalibrasi dinamis yang menyesuaikan densitas layar dengan *pointer offset*, sehingga presisi interaksi tetap terjaga meskipun target berada di area perifer layar yang rentan terhadap distorsi sudut pandang (Dhruv et al., 2025; Lei et al., 2023; Li et al., 2022; List & Kipp, 2019; Zhang, 2025).

### **Kebermanfaatan Keyboard pada Layar yang Dapat Diskalakan**

*Keyboard* pada layar yang bisa digeser bebas dan diskalakan pada rentang 0,7 hingga 1,15 kali ukuran dasar ini menjawab dua sumber variabilitas pengguna kios pelatihan. Sumber pertama, keragaman fisik pengguna. Kios ini tidak cuma dipakai instruktur internal, tapi juga peserta CSR eksternal, kandidat yang menjalani tes wawancara praktik, dan karyawan baru dalam sesi induksi masing-masing punya jangkauan tangan dan preferensi ukuran tampilan yang berbeda. Sumber kedua, variasi posisi berdiri pengguna terhadap panel. Posisi *keyboard* yang tetap di satu titik berisiko berada di luar jangkauan nyaman bagi pengguna yang berdiri di sisi kiri atau kanan panel yang lebar.

Kemampuan menggeser posisi *keyboard* di layar efektif memindahkan beban penyesuaian jangkauan dari tubuh pengguna ke antarmuka itu sendiri. Ini sejalan dengan prinsip ergonomi umum: penyesuaian sebaiknya ada di sisi sistem, bukan menuntut pengguna mengubah postur tubuhnya. Kami juga memakai animasi berbasis fisika lewat Framer Motion untuk perpindahan posisi dan skala *keyboard*, dibanding animasi bergaya kaku berbasis durasi tetap. Pilihan ini relevan secara persepsi ergonomis karena memberi *feedback* gerak yang terasa responsif terhadap kecepatan interaksi seret pengguna. Hasilnya, jeda persepsi antara aksi sentuh dan respons visual berkurang, penting di layar besar yang secara fisik butuh waktu propagasi sinyal sentuh relatif lebih panjang dibanding perangkat genggam.

### Arsitektur Local-First sebagai Solusi Desentralisasi Dokumen

Pemilihan arsitektur *local-first* menempatkan sistem berkas lokal, bukan basis data relasional bertingkat server, sebagai satu-satunya sumber kebenaran, perlu dikaitkan kembali ke persoalan yang sudah dijelaskan di Pendahuluan: desentralisasi dokumen pelatihan lintas divisi. Prinsip *local-first* menekankan bahwa salinan utama data semestinya ada di perangkat pengguna. Ini memungkinkan sistem tetap berfungsi penuh tanpa konektivitas jaringan, sekaligus mengembalikan kepemilikan data ke pengguna, bukan ke penyedia layanan pihak ketiga (Kleppmann et al., 2019). Di kios pelatihan bengkel industri yang sering beroperasi di lingkungan dengan konektivitas jaringan tidak selalu stabil, prinsip ini memastikan konten pelatihan tetap bisa diakses tanpa bergantung pada koneksi ke server pusat atau basis data eksternal.

Konsekuensinya, model administrasi konten jadi lebih sederhana. Staf ruang pelatihan yang tidak punya latar belakang teknis administrasi basis data bisa menambah, menghapus, atau memperbarui materi pelatihan semudah menyalin atau menghapus berkas di folder kategori terkait. Sistem otomatis mendeteksi perubahan lewat pemantauan berkas dan memperbarui tampilan antarmuka, tanpa perlu intervensi manual lebih lanjut. Struktur folder kategori pada sistem berkas juga langsung merefleksikan struktur organisasi konten yang sudah dipetakan di tahap analisis kebutuhan, pembagian berdasarkan divisi fungsional (Engineering, HSE, QC, CX, HRD). Administrator jadi bisa memelihara materi pelatihan dengan model mental yang sudah familiar bagi mereka, tanpa perlu mempelajari skema basis data atau antarmuka manajemen konten yang lebih rumit.

### Limitasi dan Kompromi (Trade-off) Rendering Berkas PowerPoint

Kejujuran akademis menuntut kami mengungkapkan keterbatasan mendasar yang kami temukan pada arsitektur *rendering* berkas presentasi (.pptx), salah satu temuan penting sekaligus batasan operasional sistem ini. Sebagai sistem *offline* yang dibangun di atas komponen perangkat lunak *open-source*, sistem ini tidak punya akses ke mesin *rendering proprietary* Microsoft PowerPoint. Akibatnya, penayangan berkas .pptx bergantung pada dua jalur alternatif, dan masing-masing membawa kompromi sendiri.

Jalur pertama, prioritas *engine* PDF, mengonversi berkas .pptx menjadi PDF lewat *engine* LibreOffice sebelum ditayangkan sebagai gambar per halaman di penampil PDF. Pendekatan ini menghasilkan fidelitas visual yang relatif tinggi dan konsisten terhadap tata letak asli wajar, karena PDF pada dasarnya representasi statis dari tata letak halaman yang sudah dibekukan. Tapi konsekuensinya langsung terasa: seluruh elemen dinamis pada berkas asli hilang. Animasi transisi antar-elemen, animasi masuk/keluar objek, tautan *hyperlink* interaktif semuanya lenyap. Padahal di materi pelatihan MEP/HVAC, elemen-elemen ini sering dipakai untuk menjelaskan urutan operasi (*sequence of operation*) suatu sistem. Contohnya animasi bertahap yang menunjukkan aliran fluida pada sistem *chilled water* tertutup, atau tahapan aktivasi katup pada sistem pemadam kebakaran berbasis gas.

Jalur kedua, prioritas *engine* OOXML, menayangkan berkas .pptx secara *native* memakai *engine rendering* berbasis format Office Open XML. Animasi, transisi, dan tautan interaktif tetap sesuai rancangan aslinya. Tapi spesifikasi format OOXML punya kompleksitas tinggi, dan implementasi *engine rendering open-source* tidak selalu mereplikasi seratus persen perilaku *engine rendering proprietary* Microsoft. Jalur ini jadi berisiko mengalami degradasi tata letak pergeseran posisi elemen, jenis huruf pengganti yang tidak pas, atau perubahan pada objek tersemat. Risiko ini makin terasa pada berkas presentasi dengan tata letak kompleks atau elemen grafis kustom, seperti yang banyak ditemukan pada berkas presentasi teknis hasil konversi dari perangkat lunak *Computer-Aided Design* (CAD) maupun diagram skematik.

Sistem yang kami kembangkan berupaya memitigasi kompromi ini lewat dua mekanisme: penetapan prioritas *engine* yang bisa dikonfigurasi administrator sesuai karakteristik dominan konten pelatihan, dan mekanisme cadangan otomatis yang beralih ke *engine* alternatif kalau *engine* prioritas gagal menghasilkan keluaran setelah periode pemantauan tertentu.

Tapi kedua mekanisme ini tidak menghilangkan kompromi mendasar antara *visual fidelity* dan *animation fidelity*. Keduanya cuma memindahkan keputusan *trade-off* dari tingkat sistem ke tingkat kebijakan administrasi konten. Dengan kata lain, keberhasilan operasional sistem di aspek ini pada akhirnya bergantung pada literasi pengguna, khususnya staf yang menyusun materi pelatihan dalam memilih *engine* render yang sesuai karakteristik tiap berkas. Materi berupa skema instalasi statis dan dokumen prosedural sebaiknya diprioritaskan pada mesin PDF demi konsistensi visual. Sementara materi yang secara substantif bergantung pada animasi penjas urutan operasi sebaiknya diprioritaskan pada mesin OOXML dengan tata letak yang disederhanakan, untuk meminimalkan risiko degradasi.

Temuan ini sejalan dengan pengamatan umum di ranah interoperabilitas dokumen *open-source*: upaya mereplikasi spesifikasi format *proprietary* secara penuh selalu membawa kompromi antara cakupan fitur yang didukung dan tingkat kesetiaan hasil keluaran. Implikasinya bagi pengembangan sistem pelatihan industri berbasis kios luring serupa adalah pentingnya menyertakan panduan penyusunan konten (*content authoring guideline*) sebagai bagian dari dokumentasi sistem, bukan memperlakukan persoalan ini semata sebagai keterbatasan teknis yang harus diselesaikan penuh di tingkat kode program.

### **Relevansi Temuan terhadap Konteks Pelatihan Industri yang Lebih Luas**

Fokus utama penelitian ini memang berada pada lingkup pelatihan teknis di bengkel kerja perusahaan, bukan pada pendidikan vokasi formal seperti SMK atau Politeknik. Namun, tantangan yang dihadapi sebenarnya sangat mirip, yaitu bagaimana menyajikan materi berbasis praktik secara efektif. Oleh karena itu, riset dari ranah pendidikan vokasi tetap sangat relevan untuk dijadikan rujukan perbandingan.

Sebagai contoh, Khoirunnisa et al. (2025) menyoroti perlunya media digital dalam pendidikan vokasi yang sesuai dengan kondisi fisik ruang praktik, bukan sekadar memindahkan isi buku cetak ke dalam layar. Kebutuhan ini sama persis dengan apa yang dihadapi oleh instruktur di ruang pelatihan industri pada penelitian ini. Pada penelitian sebelumnya terkait media pembelajaran interaktif untuk bidang teknik otomotif dan HVAC (Vernando et al., 2024), fokus utamanya masih sebatas pada pembuatan konten materi. Aspek kenyamanan pengguna (ergonomi) saat berinteraksi dengan layar presentasi berukuran raksasa justru belum banyak disentuh, baik di lingkungan sekolah vokasi maupun di industri.

Di sisi lain, riset tentang antarmuka *kiosk* layar sentuh sebenarnya sudah banyak dilakukan, tetapi umumnya terbatas untuk minimarket atau layanan publik (Kim et al., 2023; Kusumawati et al., 2020). Penggunaan *kiosk* di tempat umum seperti itu biasanya hanya memakan waktu interaksi yang singkat oleh satu orang. Kondisi ini sangat berbeda dengan *kiosk* pelatihan industri yang mengharuskan instruktur berdiri dan mengajar dalam waktu lama di depan banyak peserta. Karena perbedaan durasi penggunaan inilah, desain antarmuka *kiosk* untuk presentasi harus benar-benar memperhitungkan kenyamanan postur dan jangkauan tangan jangka panjang, bukan sekadar asal mudah ditekan sesaat.

### **KESIMPULAN**

Penelitian ini berhasil merancang dan mengevaluasi antarmuka kios interaktif berbasis *local-first* untuk kebutuhan pelatihan industri di bengkel kerja. Fokusnya ada di dua persoalan utama: desentralisasi dokumen pelatihan lintas divisi, dan ketidaksesuaian ergonomi antarmuka

standar terhadap layar sentuh raksasa berukuran 65-86 inci. Lewat evaluasi heuristik dan pengujian emulasi sentuh, kami menemukan bahwa penempatan elemen navigasi secara konsisten di area bawah layar (seperti *Dock Menu* dan navigasi penampil konten), penerapan dimensi target sentuh minimum 48×48 piksel di seluruh elemen interaktif, serta *keyboard* pada layar yang bisa digeser dan diskalakan pada rentang 0,7-1,15 kali ukuran dasar, bersama-sama membentuk sistem ergonomi yang koheren. Sistem ini menekan risiko kelelahan lengan (*gorilla arm syndrome*) dan kesalahan sentuh (*fat-finger error*) pada konteks interaksi berdiri jangka panjang.

Tapi keberhasilan implementasi ergonomi antarmuka ini tidak otomatis menjamin keberhasilan operasional sistem secara keseluruhan. Penelitian ini juga mengungkap bahwa arsitektur *rendering* berkas presentasi PowerPoint pada sistem *offline* berbasis perangkat lunak *open-source* membawa kompromi mendasar antara *visual fidelity* (*engine* PDF) dan *animation fidelity* (*engine* OOXML), kompromi yang tidak bisa dihilangkan sepenuhnya di tingkat rekayasa perangkat lunak. Implikasinya, keberlanjutan operasional sistem bergantung pada literasi penyusun konten pelatihan dalam memilih *engine* render yang sesuai karakteristik tiap materi. Panduan penyusunan konten jadi kebutuhan yang sama pentingnya dengan perancangan antarmuka itu sendiri. Penelitian lanjutan disarankan melakukan pengujian kuantitatif ke pengguna akhir lewat pengukuran System Usability Scale (SUS) maupun pemantauan pola jangkauan tangan secara langsung setelah unit Interactive Flat Panel produksi terpasang permanen di Training Room. Ini penting untuk memvalidasi temuan evaluasi heuristik pada penelitian ini terhadap perilaku pengguna aktual di lapangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Attia, S., El-Degwy, A., & Attia, M. (2024). Usability and fitness testing for building performance simulation tools. *Journal of Building Performance Simulation*, 17(4), 460–479. <https://doi.org/10.1080/19401493.2024.2341089>
- Bhatt, D., Amanat, U., Charles-Olivier, D.-C., Delamare, W., & Hasan, K. (2025). *Exploring pointer enhancement techniques for target selection on large curved display*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2511.01826>
- Fallah, S., & MacKenzie, I. S. (2025). LeapBoard: Integrating a Leap Motion Controller with a physical keyboard for gesture-enhanced interactions. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 19(4), 331–343. <https://doi.org/10.1007/s12193-025-00461-4>
- Fatah, D. A. (2020). Evaluasi usability dan perbaikan desain aplikasi mobile menggunakan usability testing dengan pendekatan Human-Centered Design (HCD). *Rekayasa*, 13(2), 130–143. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i2.6584>
- Hansberger, J. T., Peng, C., Mathis, S. L., Areyur Shanthakumar, V., Meacham, S. C., Cao, L., & Blakely, V. R. (2017). Dispelling the gorilla arm syndrome: The viability of prolonged gesture interactions. In S. Lackey & J. Chen (Eds.), *Virtual, Augmented and Mixed Reality* (pp. 505–520). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-57987-0\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57987-0_41)
- Harley, A. (2019). *Touch targets on touchscreens*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/touch-target-size/>
- International Organization for Standardization. (2024). *Ergonomics of human-system interaction—Part 5: Workstation layout and postural requirements* (ISO Standard No. 9241-5:2024). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-5:ed-2:v1:en>
- Khoirunnisa, N., Hidayat, J., Saefullah, M. Z., & Wardoyo, S. (2025). Pengaruh transformasi digital terhadap pengajaran berbasis praktik di pendidikan vokasi. *Jurnal*

- Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1), Article 5669.  
<https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5669>
- Kim, Y., Kim, K., & Lee, J. (2023). Usability evaluation of kiosks for visually impaired college students. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 60(1), 1016–1018. <https://doi.org/10.1002/ptra2.930>
- Kleppmann, M., Wiggins, A., van Hardenberg, P., & McGranaghan, M. (2019). Local-first software: You own your data, in spite of the cloud. *Proceedings of the 2019 ACM SIGPLAN International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software, Onward! 2019*, 154–178. <https://doi.org/10.1145/3359591.3359737>
- Kurniawan, I. A., Hardiyanti, D. Y., Putra, P., Oktadini, N. R., Meiriza, A., & Sevtiyuni, P. E. (2025). Pemanfaatan Floating Actions Button (FAB) dalam perancangan user interface pada sistem informasi akademik Universitas Sriwijaya. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(6), 9692–9701. <https://doi.org/10.36040/jati.v9i6.15628>
- Kusumawati, R. E., Muslim, E., & Nugroho, D. (2020). Usability testing on touchscreen based electronic kiosk machine in convenience store. *AIP Conference Proceedings*, 2227(1), Article 040027. <https://doi.org/10.1063/5.0000982>
- Lei, Y., He, S., Khamis, M., & Ye, J. (2023). An end-to-end review of gaze estimation and its interactive applications on handheld mobile devices. *ACM Computing Surveys*, 56(2), Article 34. <https://doi.org/10.1145/3606947>
- Li, L., Fang, Z., Jia, W., & Zhang, F. (2022). Hierarchical pointing on distant displays with smart devices. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39(19), 3859–3874. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2108559>
- List, C., & Kipp, M. (2019). Is bigger better? A Fitts' law study on the impact of display size on touch performance. In D. Lamas, F. Loizides, P. Ndayizigamiye, C. Stephanidis, & M. Kurosu (Eds.), *Human-Computer Interaction – INTERACT 2019 (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 11747, pp. 669–678)*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29387-1\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29387-1_39)
- Mishra, S., Guleria, A., & Parikh, M. (2025). Reducing cognitive load in UI design. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 13(3), 2744–2746. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.67917>
- Nasution, Z. L., Gimnastiar, A., Ramadhan, M. W., & Abdillah, R. (2025). Memahami faktor psikologis dan fisiologis dalam mendesain UI yang ramah pengguna. *Neptunus: Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 3(2), 43–50. <https://doi.org/10.61132/neptunus.v3i2.784>
- Pooripanyakun, M., Wodehouse, A., & Mehnen, J. (2023). The role of interface configuration on performance accuracy in eyes-free touchscreen interaction. *Universal Access in the Information Society*, 24(1), 393–408. <https://doi.org/10.1007/s10209-023-01057-z>
- Quita, R. M., & Widodo, R. B. (2018). A mathematical proof concerning the geometrical aspect of very low index of difficulty in multidirectional tapping task of the ISO 9241 - Part 411. *MATEC Web of Conferences*, 164, Article 01036. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816401036>
- Rafif, M. I., Sahputra, R. Z., & Lubis, A. A. F. (2026). Development of the SIELIN application (integrated e-learning system) as means of educational media for drugs prevention



- for teenagers. *EDUCATIONAL: Jurnal Inovasi Pendidikan & Pengajaran*, 6(3), 1806–1815. <https://doi.org/10.51878/educational.v6i3.11742>
- Vernando, R., Andrizal, Basri, I. Y., & Hidayat, N. (2024). Pengembangan video pembelajaran mata kuliah teknologi pengkondisian udara di laboratorium Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. *JTPVI: Jurnal Teknologi dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, 2(3), 307–318. <https://doi.org/10.24036/jtpvi.v2i3.183>
- Vizcarra, A., Quiroz, G., & Cornejo, J. M. (2026). The impact of user interface and experience (UI/UX) design on visual ergonomics: A technical approach for reducing human error in industrial settings. *Designs*, 10(1), Article 8. <https://doi.org/10.3390/designs10010008>
- Yamanaka, S., & MacKenzie, I. S. (2026). *Normalizing speed-accuracy biases in 2D pointing tasks with better calculation of effective target widths*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2602.04432>
- Zhang, X. (2025). Characterizing amplitude-dominated performance: A refinement of Fitts' law for target acquisition on large-format touchscreens. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 9(ISS), 210–232. <https://doi.org/10.1145/3773067>
- Zieher, T., & Probst, K. (2024). Usability optimization for mobile menu design: An empirical study of hand grips and user preferences. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 8(MHCI), Article 203, 1–19. <https://doi.org/10.1145/3676508>