

PERKEMBANGAN KONSEP USER EXPERIENCE DALAM TEKNOLOGI PERTAHANAN MODERN: STUDI LITERATUR

Dascha Abhista Wachnata, IB Putra Jandhana, Sovian Aritonang

Industri Pertahanan, Universitas Pertahanan Indonesia

Kawasan IPSC Sentul, Sukahati, Kec. Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

dascha.wachnata.dw@tp.idu.ac.id

ABSTRAK

Dalam konteks teknologi pertahanan modern, konsep pengalaman pengguna (user experience, UX) tidak hanya berfokus pada aspek kegunaan (*usability*), tetapi juga mencakup faktor emosional dan strategis yang berdampak pada efektivitas operasional serta keselamatan personel militer. Implementasi UX di bidang ini menghadapi tantangan berupa tingginya beban kerja kognitif, kompleksitas antarmuka, serta kebutuhan akan transparansi dan akuntabilitas pada sistem kecerdasan buatan (AI) otonom. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan konsep UX tersebut melalui studi literatur sistematis. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan UX dalam sistem pertahanan telah berevolusi dari sekadar orientasi fungsional menjadi pendekatan holistik yang mempertimbangkan aspek *trust*, *satisfaction*, *safety*, *fairness*, dan *accountability*. Berbagai pendekatan desain, termasuk *Design Thinking*, *User-Centered Design*, dan konsep *Meaningful Human Control*, telah diterapkan untuk memastikan keselarasan antara teknologi canggih dan kebutuhan kognitif pengguna. Temuan studi ini menegaskan bahwa desain UX yang efektif berkontribusi pada pengurangan risiko, percepatan pengambilan keputusan, dan peningkatan kesiapan operasional. Implikasinya, perancang sistem pertahanan perlu mengintegrasikan prinsip UX sejak tahap awal pengembangan untuk mendukung inovasi teknologi yang selaras dengan prinsip-prinsip etika militer.

Kata kunci : *User Experience, Teknologi Pertahanan Modern, Human-Centered Design, Kecerdasan Buatan (AI), Design Thinking, Meaningful Human Control*

1. PENDAHULUAN

Era globalisasi menuntut percepatan transformasi teknologi, termasuk dalam konteks teknologi pertahanan. Implementasi teknologi kompleks seperti kecerdasan buatan (AI), drone otonom dan *Internet of Things* (IoT) dalam militer dirancang untuk meningkatkan efisiensi operasional [1]. Untuk memastikan efektivitasnya, desain pengalaman pengguna atau *user experience* (UX) menjadi salah satu elemen penting dalam pengembangan sistem pertahanan modern. Menurut [2], *user experience* (UX) adalah bagaimana pengalaman (*experience*) pengguna dalam berinteraksi dengan suatu produk atau layanan, serta seberapa efisien interaksi pengguna dengan produk tersebut. Dalam perkembangan teknologi secara umum, UX yang dirancang dengan baik dapat berkontribusi pada keberhasilan bisnis dan adopsi teknologi.

Dalam konteks pertahanan, UX merujuk pada persepsi pengguna terhadap interaksi mereka dengan teknologi yang digunakan dalam operasi militer. Pengalaman pengguna (UX) telah menjadi faktor krusial dalam perancangan teknologi pertahanan modern, di mana sistem yang kompleks menuntut antarmuka yang intuitif demi memastikan keberhasilan operasional. Berbeda dengan aplikasi komersial, penerapan UX pada sistem pertahanan modern menghadapi tantangan yang lebih kompleks. Teknologi pertahanan beroperasi dalam lingkungan berisiko tinggi, di mana kemudahan penggunaan secara langsung berdampak pada hasil misi dan keselamatan manusia. Kemajuan dalam teknologi

seperti kecerdasan buatan (AI), *augmented reality* (AR), dan perangkat *wearable* telah membentuk ulang UX dalam dunia pertahanan, dengan menekankan desain berpusat pada manusia untuk mengurangi beban kognitif dan meningkatkan pengambilan keputusan.

Integrasi prinsip pengalaman pengguna (UX) ke dalam teknologi pertahanan modern merupakan transformasi mendasar dalam perancangan desain, pengoperasian, dan evaluasi sistem militer. *User experience* yang secara tradisional berakar pada interaksi manusia-komputer (*human-computer interaction/HCI*), menekankan pada aspek kegunaan, efisiensi, dan kepuasan pengguna. Dalam konteks pertahanan, di mana sistem seperti kendaraan udara tak berawak (UAV), antarmuka komando dan kontrol, serta *augmented reality* (AR) memainkan peran kunci dalam keberhasilan misi. Penerapan prinsip UX memastikan keselarasan teknologi canggih dengan kebutuhan kognitif dan operasional manusia. Seiring dengan pesatnya evolusi teknologi pertahanan yang didorong oleh kemajuan kecerdasan buatan (AI), robotika, dan antarmuka imersif, peran UX menjadi semakin penting untuk meningkatkan kinerja operator dan mengurangi tingkat kesalahan dalam lingkungan berisiko tinggi.

Implementasi prinsip UX ke dalam sistem pertahanan bukan hanya soal kemudahan penggunaan, tetapi tentang mengoptimalkan kinerja manusia dalam kondisi ekstrem. Peran penting UX dalam teknologi pertahanan terletak pada kemampuannya untuk menghubungkan sistem kompleks dengan kebutuhan

operator manusia. Kompleksitas operasional militer yang tinggi menuntut antarmuka tetap dapat diandalkan dalam kondisi tekanan tinggi. Studi oleh [3] menunjukkan bahwa *user experience* yang buruk, secara signifikan berdampak negatif pada penggunaan sistem, dimana personel militer tidak dapat memanfaatkan sistem secara optimal yang berpengaruh langsung pada efektivitas operasional. Penelitian oleh Zhang et al. [4] mengungkapkan bahwa desain antarmuka pada sistem kendali UAV militer yang tidak optimal karena dirancang tanpa pendekatan yang sistematis dan objektif dapat menyebabkan peningkatan beban kerja kognitif, kesalahan operasional, dan potensi kecelakaan. Dari penelitian ini, beberapa organisasi pertahanan dunia mulai mengadopsi kerangka kerja UX untuk menstandarisasi kegunaan sistem, mencerminkan kecenderungan global menuju desain yang berorientasi pada manusia dalam aplikasi militer.

Oleh karena itu, desain UX yang efektif dalam sistem pertahanan sangat penting untuk menghadapi kompleksitas pertahanan modern. Selain dapat meningkatkan kinerja dan keselamatan personel militer, UX yang efektif dapat memastikan efisiensi penggunaan teknologi di lapangan. Desain UX yang efektif dapat memperpendek durasi pelatihan, meningkatkan kesadaran situasional, dan mengoptimalkan hasil misi. Pendekatan UX yang efektif juga dapat meningkatkan kolaborasi teknologi antar angkatan dan negara, serta mempercepat pengambilan keputusan di medan perang. Penerapan UX dalam sistem pertahanan memerlukan pemahaman kebutuhan untuk menyesuaikan desain dengan lingkungan operasional yang kompleks, dinamis dan terbatas.

Namun meskipun penggunaan UX semakin meluas, penerapan teknologi ini ke dalam sistem pertahanan menghadapi sejumlah kendala. Tantangan tersebut meliputi keseimbangan antara persyaratan keamanan dan kegunaan, akomodasi terhadap keragaman pengguna (seperti prajurit dengan tingkat keahlian teknis yang bervariasi), serta adaptasi metode UX yang awalnya dikembangkan untuk konsumen ke dalam konteks misi kritis. Dua isu utama yang masih diperdebatkan adalah sejauh mana kerangka kerja UX yang terstandarisasi dapat memenuhi kebutuhan spesifik sistem pertahanan, dan implikasi etis dari pengutamaan efisiensi pengguna dalam teknologi yang dirancang untuk operasi mematikan. Perdebatan ini menggarisbawahi pentingnya kajian terhadap perkembangan UX dalam konteks pertahanan.

Studi literatur mengenai perkembangan konsep UX dalam teknologi pertahanan menjadi penting untuk memahami tren, tantangan, serta peluang. Penelitian ini bertujuan untuk menelusuri perkembangan konsep UX dalam teknologi pertahanan modern serta memberikan gambaran mengenai evolusi konsep UX dalam konteks pertahanan dan implikasinya terhadap pengembangan sistem di masa depan. Studi ini memberikan kontribusi pada bidang ini dengan

menyediakan basis pengetahuan yang terkonsolidasi bagi para peneliti dan praktisi untuk mendukung perancangan sistem dan pengembangan kebijakan di masa depan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Istilah *user experience* pertama kali diperkenalkan oleh Don Norman pada tahun 1990an, menekankan definisi UX sebagai segala aspek pengalaman pengguna yang tidak hanya terbatas pada antarmuka pengguna tetapi meliputi emosi, persepsi, psikologis, serta perilaku. Terdapat beberapa metodologi utama dalam pengembangan UX, antara lain *Design Thinking*, *Lean UX*, *Agile UX*, *Human-Centered Design (HCD)*, dan *User-Centered Design (UCD)* [5]. Teknologi pertahanan modern memiliki kompleksitas sistem tinggi, yang memiliki fokus agar tetap optimal meskipun dalam kondisi tekanan tinggi, seperti situasi perang. Dalam konteks pertahanan, UX meliputi desain antarmuka pengguna dan interaksi manusia-komputer, yang mendukung efektivitas operasional militer. Konteks penggunaan militer sangat kompleks dan dinamis, sehingga kegagalan sistem tidak hanya menyebabkan frustrasi, tetapi dapat berakibat fatal dan membahayakan misi. UX dalam pertahanan menghadapi tantangan unik seperti kelebihan informasi, beban kognitif tinggi, stres, dan kebutuhan untuk pengambilan keputusan cepat di bawah ketidakpastian.

Konsep *user experience* (UX) dalam teknologi pertahanan modern mengalami perkembangan signifikan seiring dengan kemajuan kecerdasan buatan (AI), virtual reality (VR), serta *human-computer interaction* (HCI). Penelitian oleh Zhang et al. [4] menunjukkan bahwa desain antarmuka UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang efektif seperti Modified GEDIS-UAV dan penggunaan *eye-tracking* sebagai metode evaluasi UX dapat menurunkan *cognitive workload operator*. Penelitian Harris et al. [6] menemukan bahwa VR efektif untuk pelatihan pengambilan keputusan militer, meskipun perlu pengujian validitas sebelum implementasi operasional. Hal ini mendukung paradigma UX modern yang tidak hanya menilai kegunaan (*usability*) antarmuka, tetapi juga efektivitas transfer pelatihan dan pembelajaran keputusan dalam situasi tempur.

Dalam konteks *wearable device* militer, Li dan Lu [7] merancang perangkat untuk monitoring tanda vital personel, yang terintegrasi dengan model klasifikasi AI. Implementasi UX pada *wearable* militer mendukung kebutuhan akan desain interaksi yang akurat dalam kondisi lapangan yang menuntut. Selanjutnya penelitian oleh Razzak dan Islam [8] mengidentifikasi bahwa faktor *usability* aplikasi militer meliputi dukungan *chain of command*, bobot perangkat, dan risiko kesehatan spesifik pada konteks militer. Penelitian ini menekankan bahwa faktor *usability* di aplikasi sipil mungkin tidak memadai untuk aplikasi militer karena perbedaan konteks penggunaan, risiko, serta pengguna.

Penelitian oleh Park et al. [9] menekankan pentingnya *explainable AI* dalam meningkatkan UX sistem pertahanan AI, dengan faktor *trust*, *accountability*, dan *fairness* sebagai indikator utama. Lebih lanjut, Baeza et al. [10] menekankan integrasi AI dalam komunikasi taktis untuk meningkatkan *situational awareness* dan otonomi keputusan. Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam sistem pertahanan memungkinkan pemrosesan data dalam jumlah besar, namun hal ini menimbulkan tantangan baru seperti bagaimana membangun kepercayaan memastikan transparansi dalam proses pengambilan keputusan [9][10].

Dan selanjutnya penelitian oleh Jonsson [3] melalui studi pada sistem *Airborne Early Warning and Control* (AEW&C) menunjukkan bahwa *interface* yang kompleks tanpa mempertimbangkan UX menyebabkan frustrasi operator dan penurunan pemanfaatan fitur sistem. Pendekatan *user-centered design* yang diterapkan dalam penelitian ini menghasilkan *prototipe* antarmuka baru yang lebih intuitif, menekankan pentingnya keseimbangan antara kompleksitas sistem dengan kegunaan.

Secara keseluruhan, literatur menunjukkan bahwa perkembangan UX dalam teknologi pertahanan modern bergerak dari berkembang dari fokus fungsional menjadi integrasi *usability*, *cognitive workload*, *trust*, dan *explainability* untuk mendukung keselamatan personel dan efektivitas operasional. Hal ini mengindikasikan perlunya desain UX berbasis pendekatan multidisiplin dalam pengembangan sistem pertahanan masa depan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi literatur sistematis. Pendekatan ini dipilih untuk mengeksplorasi, mengidentifikasi, dan mensintesis perkembangan konsep *user experience* (UX) dalam teknologi pertahanan modern secara mendalam dan komprehensif. Studi literatur sistematis memungkinkan peneliti untuk meninjau berbagai literatur akademik, laporan penelitian, dan artikel ilmiah guna pemahaman yang terstruktur mengenai perkembangan UX dalam konteks sistem pertahanan.

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah perumusan fokus dan pertanyaan penelitian, yaitu “Bagaimana perkembangan konsep UX dalam teknologi pertahanan modern dan apa implikasinya terhadap desain sistem di masa depan?”. Penetapan fokus penelitian dilakukan untuk memastikan proses pencarian literatur relevan dan terarah.

Langkah kedua adalah pencarian literatur menggunakan kata kunci spesifik, antara lain: “*user experience defense*”, “*military UX design*”, “*human-machine teaming UX*”, dan “*AI defense UX*”. Pencarian dilakukan pada basis data ilmiah terkemuka, termasuk Scopus, IEEE Xplore, SpringerLink, dan Google Scholar, guna memperoleh literatur yang komprehensif dan kredibel. Kriteria inklusi yang

diterapkan meliputi: (i) artikel yang membahas UX terkait sistem pertahanan, (ii) diterbitkan dalam rentang 5 tahun terakhir, dan (iii) dipublikasikan pada jurnal bereputasi atau prosiding terindeks. Sedangkan kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak relevan dengan *user experience*, *human-machine*, teknologi pertahanan modern, atau tidak memenuhi standar kualitas akademik.

Langkah ketiga adalah seleksi literatur berdasarkan judul dan abstrak, dilanjutkan dengan telaah penuh (*full-text review*) untuk menentukan relevansi dan kontribusi setiap literatur terhadap penelitian. Proses ini menghasilkan kumpulan artikel terpilih yang dianalisis lebih lanjut. Untuk memastikan validitas data, dilakukan triangulasi sumber dengan membandingkan temuan dari berbagai disiplin ilmu seperti *human-computer interaction*, *cognitive psychology*, dan *defense technology studies*. Pendekatan triangulasi ini penting untuk menghindari bias interpretasi dan memastikan bahwa simpulan yang dihasilkan memiliki basis argumen yang kuat secara ilmiah.

Langkah keempat adalah ekstraksi data dari literatur terpilih. Informasi yang diekstraksi mencakup tujuan penelitian, temuan utama terkait UX, serta implikasi desain bagi sistem pertahanan. Data tersebut kemudian dikategorikan berdasarkan tema-tema utama yang muncul dalam literatur, seperti UX pada sistem AI pertahanan, UX pada UAV, UX pada *wearable military devices*, dan UX pada C4ISR.

Langkah kelima adalah sintesis dan analisis tematik. Peneliti mengelompokkan temuan dalam tema besar dan menganalisis hubungan antar konsep yang muncul, serta tren evolusi fokus UX dari pendekatan fungsional, emosional, hingga strategis dalam teknologi pertahanan. Analisis dilakukan secara deskriptif-naratif untuk memahami bagaimana integrasi UX dalam desain sistem pertahanan mendukung efektivitas operasional, keselamatan personel, dan akuntabilitas keputusan militer.

Langkah terakhir adalah penyusunan laporan hasil studi literatur dalam bentuk artikel ilmiah terstruktur, mencakup pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan. Peneliti memastikan bahwa semua data yang dikutip memiliki referensi jelas sesuai kaidah akademik untuk menjaga integritas ilmiah penelitian.

Dengan metode studi literatur sistematis, diharapkan penelitian dapat memberi kontribusi teoretis dan praktis dalam pengembangan UX teknologi pertahanan modern, serta menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang mengevaluasi implementasi UX dalam konteks operasional militer yang nyata.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep *user experience* berkembang seiring berjalannya waktu, di mana pengalaman pengguna tidak terbatas pada saat interaksi berlangsung, tetapi juga meliputi fase sebelum dan setelah penggunaan. *User experience* dalam konteks pertahanan

menggambarkan bagaimana personel militer dapat mengoperasikan sistem pertahanan modern secara akurat dan aman. Perkembangan teknologi pertahanan modern meliputi berbagai bidang, mulai dari sistem persenjataan, pemantauan hingga infrastruktur komunikasi. Untuk memastikan efektivitas penggunaan teknologi tersebut, UX menjadi faktor strategis yang berkontribusi langsung pada efektivitas misi, pengurangan risiko, serta peningkatan kecepatan dan akurasi pengambilan keputusan di lingkungan yang kompleks dan dinamis. Perkembangan konsep UX dalam teknologi pertahanan modern telah mengalami transformasi dalam dekade terakhir.

4.1. Perkembangan Temporal UX dalam Sistem Pertahanan

Perancangan sistem pertahanan awalnya lebih berfokus pada performa teknis dan fungsi dasar daripada pengalaman pengguna (UX). Pada masa awal penerapan teknologi informasi dalam militer (pertengahan abad ke-20), antarmuka dan sistem dikembangkan dengan penekanan pada kinerja dan keandalan di lingkungan operasional yang sering kali mengorbankan aspek kemudahan pengguna. Namun, sejak 1980-an, konsep *usability* mulai diterima sebagai salah satu indikator utama kualitas sistem komputer. Standar internasional seperti ISO 9241-11 mendefinisikan *usability* sebagai tingkat efektivitas, efisiensi, dan kepuasan yang dicapai pengguna. Prinsip *human-computer interaction* (HCI) dan desain berpusat pengguna mulai digunakan dalam berbagai pengembangan aplikasi sipil.

Namun, adopsi pendekatan desain berpusat pengguna dalam lingkungan militer cenderung lebih lambat. Selama bertahun-tahun, penelitian *Human-Computer Interaction* (HCI) dalam konteks militer relatif terabaikan. Hal ini menciptakan dampak signifikan terhadap efektivitas sistem pertahanan modern. Sistem yang dirancang dengan fokus utama pada performa teknis dan kapabilitas fungsional seringkali mengabaikan aspek user *burden*, mengakibatkan antarmuka yang kompleks dan beban kerja berlebih pada operator. Studi kasus pada sistem *Airborne Early Warning and Control* (AEW&C) mengungkapkan bahwa operator menghadapi tantangan berupa *information overload*, antarmuka yang sulit disesuaikan, dan tingginya beban kognitif yang berujung pada penurunan kinerja [4].

Baru dalam dekade terakhir, militer mulai menyadari bahwa pengalaman pengguna yang optimal bukan hanya soal kenyamanan, tetapi juga faktor penentu efektivitas dan keselamatan operasional. Seiring waktu, perhatian terhadap UX dalam teknologi pertahanan terus meningkat. Penelitian [8] mengidentifikasi faktor *usability* spesifik untuk sistem militer, termasuk aspek seperti dukungan terhadap rantai komando, integrasi dengan peralatan sistem, bobot perangkat, serta potensi risiko kesehatan. Faktor-faktor ini menandai pergeseran paradigma dari sekadar memastikan sistem dapat digunakan (*usable*)

menuju desain yang mendukung kebutuhan operasional secara menyeluruh.

Perkembangan konsep UX dalam pertahanan telah mengalami transformasi signifikan. Pada periode hingga 1980-an, fokus utama terletak pada fungsi dan kinerja teknis, dengan pengguna yang harus menyesuaikan diri melalui pelatihan, tanpa mempertimbangkan kenyamanan. Pada era 1990-an hingga 2000-an, prinsip *Human-Computer Interaction* (HCI) mulai diterapkan, dengan penekanan pada *usability*. Sistem pertahanan mulai mengadopsi antarmuka grafis dan otomasi, namun sering kali tanpa penyesuaian terhadap kebutuhan militer. Sejak 2010-an, UX diakui sebagai faktor krusial dalam keberhasilan sistem pertahanan. Penelitian UX/HCI militer berkembang pesat, meliputi identifikasi faktor *usability* khusus militer, desain interaksi untuk sistem otonom, serta penerapan teknologi canggih seperti kecerdasan buatan, *augmented reality*, dan perangkat *wearable*. Perkembangan paradigma UX dalam sistem pertahanan menunjukkan pergeseran dari adaptasi pengguna terhadap mesin menjadi desain sistem yang menyesuaikan kebutuhan prajurit, guna meningkatkan efektivitas operasional, kecepatan pengambilan keputusan, serta keamanan personel militer.

4.2. Pendekatan UX di Berbagai Sistem Pertahanan

Implementasi *user experience* (UX) dalam teknologi pertahanan memerlukan pendekatan yang disesuaikan dengan karakteristik spesifik setiap jenis sistem. Sistem pertahanan memiliki tantangan UX yang unik, mulai dari simulasi pelatihan hingga sistem berbasis kecerdasan buatan.

4.2.1 Sistem Pelatihan dan Simulasi Virtual

Teknologi realitas virtual (VR) dan *augmented reality* (AR) telah diadopsi sebagai medium pelatihan militer untuk meningkatkan *situational awareness* dan kemampuan pengambilan keputusan. Penelitian [6] menunjukkan bahwa pendekatan UX dalam simulasi pelatihan memprioritaskan *immersiveness* dan *fidelity* simulasi. Penelitian ini mengungkapkan bahwa pelatihan menggunakan VR menghasilkan kinerja pengambilan keputusan yang sebanding dengan latihan langsung. Aspek kunci dalam desain UX simulasi mencakup kenyamanan fisik pengguna, antarmuka interaksi yang natural, dan mekanisme umpan balik *real-time* yang memungkinkan pembelajaran dari kesalahan tanpa konsekuensi nyata.

4.2.2 Sistem Kendaraan Tak Berawak

Kontrol sistem *unmanned aerial vehicle* (UAV) menuntut fokus UX pada antarmuka kendali intuitif dan minimisasi beban kognitif operator. Penelitian [4] menekankan bahwa desain antarmuka UAV yang tidak prinsipil, seperti skema warna yang tidak sesuai dan simbologi yang membingungkan, menjadi sumber penurunan performa operator, terutama dalam kondisi beban kerja tinggi. Pendekatan UX yang efektif

mengoptimalkan transfer informasi, meminimalkan beban kognitif serta mengurangi durasi pelatihan yang diperlukan. Dalam konteks *supervisory control*, antarmuka harus mendukung pengguna dalam memantau data sensor, membuat keputusan taktis, dan berkolaborasi dengan otomatisasi. Oleh sebab itu, pendekatan UX di domain UAV menekankan prinsip desain *human-centered*, yaitu merancang sesuai *workload* pengguna, dengan fitur tampilan ringkas namun detail. Penelitian terkini bahkan mengusulkan kerangka evaluasi kuantitatif untuk mengaitkan fitur desain antarmuka UAV dengan *cognitive workload* operator, sehingga perancangan dapat lebih terukur dan *user-centric*.

4.2.3 Perangkat Wearable Militer

Kategori lain adalah perangkat *wearable* dan sistem individu prajurit (seperti perangkat pemantau kesehatan, kacamata AR, sensor di seragam). Pendekatan UX di sini berkaitan erat dengan desain produk yang nyaman dipakai dalam aktivitas prajurit. Studi [7] mengidentifikasi bahwa UX untuk perangkat *wearable* militer berfokus membantu prajurit merasakan lingkungan eksternal dengan lebih baik, memproses informasi lebih efisien, dan menjaga komunikasi yang *seamless* antar tim tanpa menimbulkan beban tambahan. Beberapa prinsip UX pada *wearable* militer antara lain kemudahan (antarmuka sederhana dan dapat dioperasikan di situasi darurat), ergonomi optimal, keandalan data dengan akurasi diatas 99%, dan kemampuan interoperabilitas dengan jaringan taktis.

4.2.4 Sistem C4ISR

Sistem Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance (C4ISR) menekankan penyajian informasi kompleks tanpa membebani kognitif pengguna. Penelitian [8] mengembangkan kerangka evaluasi sistem komunikasi medan perang yang mengintegrasikan faktor *usability* konvensional dengan kebutuhan militer spesifik. Faktor-faktor kunci meliputi dukungan terhadap struktur hierarki komando, optimalisasi penempatan perangkat pendukung, pertimbangan mobilitas, dan aspek keamanan kesehatan. Pendekatan UX militer di domain ini sering melibatkan perancangan partisipatif dengan melibatkan *end-user* personel militer dalam proses desain, agar kebutuhan mereka terwakili. Dengan demikian, sistem informasi pertahanan dapat dirancang sesuai skenario operasional sekaligus mudah digunakan di bawah tekanan tinggi.

4.2.5 Sistem Berbasis Kecerdasan Buatan dan Otonom

Sistem AI dalam pertahanan menghadapi tantangan transparansi dan kepercayaan pengguna. Oleh karena itu, pendekatan UX untuk sistem berbasis AI di pertahanan saat ini sangat menekankan konsep *explainable AI* (XAI) dan transparansi sistem.

Pendekatan konkret yang dilakukan adalah menghadirkan penjelasan yang dapat dipahami pengguna atas output AI, meningkatkan kontrol pengguna terhadap AI, serta memastikan AI bekerja andal sesuai ekspektasi domain. Penelitian [8] mengembangkan kerangka evaluasi UX khusus untuk sistem AI yang mencakup sembilan faktor: *satisfaction*, *safety*, *controllability*, *trust*, *causality*, *fairness*, *efficiency*, *accountability*, dan *explainability*. Temuan ini menggarisbawahi bahwa UX untuk sistem AI pertahanan mencakup kombinasi aspek *funksional* (efisiensi, kendali), *emosional* (kepercayaan, kepuasan, rasa aman), dan *strategis/etik* (akuntabilitas, keadilan). Selain itu, pendekatan UX pada sistem otonom militer perlu *mencakup* desain interaksi yang membangun kepercayaan secara bertahap, seperti pemberian umpan balik, jaminan prediktabilitas, dan pelibatan pengguna dalam *loop* keputusan untuk hal-hal krusial.

Secara keseluruhan, pendekatan UX di berbagai sistem pertahanan mengharuskan penyesuaian dengan karakteristik. Meski prinsip dasarnya sama, implementasinya bisa berbeda: UX pelatihan fokus pada realisme dan kenyamanan, UX UAV pada beban kognitif dan *situational awareness*, UX *wearable* pada ergonomi, UX sistem komando pada kesesuaian hierarki dan interoperabilitas, serta UX AI pada transparansi, kepercayaan, dan tanggung jawab. Semua pendekatan ini bertujuan meningkatkan kinerja manusia dalam sistem pertahanan melalui desain yang sesuai kebutuhan personel dan tuntutan misi.

4.3. Kerangka Konseptual Implementasi UX dalam Desain Sistem Pertahanan

Para peneliti telah mengembangkan berbagai kerangka konseptual untuk menjembatani teori UX dengan praktik rekayasa sistem militer, mengakomodasi kompleksitas dan risiko tinggi yang terlibat.

4.3.1 Kerangka Faktor Usability Militer

Penelitian oleh Razzak dkk. [8] mengusulkan kerangka komprehensif yang mengidentifikasi 14 faktor *usability* militer sebagai metrik evaluasi dan panduan desain. Kerangka ini mentranslasikan konsep seperti "*chain of command supportive*" menjadi prinsip desain, termasuk modul otorisasi hierarki dan diferensiasi tampilan sesuai level pengguna. Validasi dilakukan melalui evaluasi prototipe *battlefield communication system*, mendemonstrasikan aplikabilitas langsung kerangka teoritis untuk meninjau desain praktis.

4.3.2 Kerangka Evaluasi Antarmuka UAV

Penelitian oleh Zhang et al. [4] mengembangkan sebuah kerangka riset terstruktur untuk menghubungkan fitur-fitur desain antarmuka UAV dengan beban kognitif operator. Kerangka ini lahir dari tinjauan literatur tentang desain kendali UAV dan metode evaluasi yang ada, lalu disusun menjadi

langkah-langkah sistematis. Inti kerangka adalah menetapkan hubungan kuantitatif antara elemen antarmuka dengan tingkat *workload* atau kinerja misi. Kerangka ini memungkinkan evaluasi proaktif terhadap potensi *overload* sebelum implementasi penuh, menggunakan metrik seperti NASA-TLX dan biometrik. Secara keseluruhan, kerangka ini dapat dijadikan panduan analisis tugas dan desain kognitif khusus untuk sistem UAV, dan dapat disesuaikan pada sistem tak berawak lain.

4.3.3 Prinsip *Meaningful Human Control* (MHC)

Studi oleh Diggelen et al. [11] mengedepankan MHC sebagai kerangka konseptual untuk sistem pertahanan berbasis AI dan otonomi. Tiga prinsip utama meliputi: (1) MHC sebagai tujuan desain primer sejak perencanaan, (2) pertimbangan MHC dalam seluruh aspek *socio-technical system*, dan (3) implementasi MHC secara longitudinal dari perancangan hingga operasi *real-time*. Kerangka ini diimplementasikan melalui pola desain tim untuk mengatur bagaimana membagi tugas antara manusia dan agen otonom dalam skenario militer, dengan manusia tetap memegang kendali. Kerangka ini semakin relevan di era senjata otonom dan sistem AI militer, di mana ada kekhawatiran tentang dehumanisasi perang.

4.3.4 Kerangka Evaluasi UX pada Sistem AI

Selain kerangka desain, terdapat pula kerangka evaluasi khusus untuk UX sistem cerdas. Penelitian oleh Park et al. [9] mengembangkan instrumen evaluasi kuantitatif yang mengidentifikasi faktor-faktor UX spesifik AI dan menyusun *tool* penilaian yang telah divalidasi secara statistik. Kerangka ini berfungsi sebagai panduan perbaikan desain dan standar perbandingan sistem AI. Demonstrasi pada sistem pertahanan berbasis AI menunjukkan efektivitas kerangka dalam mengidentifikasi area perbaikan dan mengukur peningkatan UX secara empiris. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya metode evaluasi UX yang terstandarisasi dalam militer, sehingga subjektivitas dapat dikurangi dan fokus perbaikan menjadi jelas berdasarkan data. Kerangka ini melengkapi kerangka desain (seperti MHC atau faktor *usability*) dengan memberikan umpan balik tentang apakah tujuan UX tercapai.

Kerangka konseptual yang ada mencerminkan pendekatan multi-level dalam penerapan UX, dari level mikro (*usability* dan antarmuka sistem spesifik seperti UAV) hingga level makro (prinsip *Meaningful Human Control* dan pedoman etika AI). Misalnya, dalam merancang sistem kendali drone otonom, tim dapat menggabungkan kerangka *usability* untuk kebutuhan fisik dan kontekstual, model *workload*-UAV untuk mengelola beban kognitif, prinsip MHC untuk memastikan kontrol manusia atas keputusan kritis, serta pedoman HCI guna menjamin transparansi dan kepercayaan terhadap AI. Pendekatan berlapis ini membantu perancangan UX yang komprehensif,

mencakup kenyamanan, efektivitas, keamanan, dan akuntabilitas di seluruh siklus hidup sistem pertahanan.

4.4. Evolusi Fokus UX: Integrasi Pendekatan Fungsional, Emosional, dan Strategis

Fokus desain UX dalam teknologi pertahanan telah berkembang dari pendekatan fungsional menuju aspek emosional dan strategis. Pada tahap awal, UX difokuskan pada efisiensi dan efektivitas penggunaan sistem, misalnya antarmuka UAV dirancang untuk menurunkan beban kerja dan kesalahan [9]. Penelitian di era 1990an banyak berfokus pada domain ini, seperti bagaimana tampilan *head-up display* di pesawat tempur dapat meningkatkan akurasi pilot, atau bagaimana otomasi dapat mengurangi *workload*. Bahkan hingga kini, faktor fungsional tetap menjadi faktor utama dimana setiap sistem pertahanan harus terlebih dahulu *usable* dari sudut pandang praktis.

Namun, seiring waktu, dimensi afektif seperti *trust*, *satisfaction*, dan *mental workload* juga mulai diperhatikan karena pengalaman emosional pengguna terbukti memengaruhi adopsi dan kinerja sistem. Inilah sebabnya pada studi oleh Park et al. [9], faktor seperti *trust*, *satisfaction*, bahkan *safety* (rasa aman) diukur dan diupayakan meningkat. *Safety* dalam konteks UX berarti pengguna merasa sistem aman baik secara fisik maupun secara informasi. Kepuasan (*satisfaction*) dapat diartikan sebagai perasaan bahwa sistem membantu tugas dengan baik. Aspek emosional UX juga mencakup upaya mengurangi stres dan beban mental pengguna. Hal ini tercermin dalam penggunaan metrik evaluasi subjektif, termasuk pengukuran *perceived trust*, *mental workload*, dan *situation awareness*.

Tahap terkini menunjukkan pergeseran menuju pendekatan strategis-holistik, yang mempertimbangkan kesesuaian UX dengan nilai-nilai organisasi, prinsip etika, serta efektivitas jangka panjang. Pada sistem AI militer, keadilan (*fairness*) dan akuntabilitas adalah contoh aspek strategis. Keadilan berkaitan dengan apakah algoritma AI berperilaku bias atau diskriminatif. Akuntabilitas menyangkut siapa yang bertanggung jawab atas keputusan sistem. Aspek strategis lain adalah dukungan terhadap struktur dan tujuan organisasi. Desain antarmuka dalam konteks militer seharusnya mendukung aliran informasi hierarkis, meminimalkan risiko kesehatan personel, serta meningkatkan interoperabilitas. Selain itu, UX militer kini mencakup pengalaman kolektif, karena antarmuka yang buruk pada satu titik dapat memengaruhi efektivitas seluruh unit. Fokus strategis UX beralih dari sekadar antarmuka individual menuju ekosistem pengalaman yang mendukung keputusan terpadu dan efektivitas misi secara menyeluruh [9].

Dengan demikian, integrasi pendekatan fungsional, emosional, dan strategis dalam UX pertahanan menciptakan sistem yang tidak hanya *usable*, tetapi juga dipercaya, mendukung misi

organisasi, dan berlandaskan nilai etik. Pendekatan menyeluruh ini penting untuk memastikan bahwa sistem tetap selaras dengan kebutuhan operasional, kesejahteraan personel, dan tanggung jawab moral militer di era digital.

4.5. Implikasi untuk Pengembangan Sistem Pertahanan Masa Depan

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa UX telah berevolusi dari atribut opsional menjadi komponen penting dalam pengembangan sistem pertahanan. Dengan melibatkan HCI/UX, menganalisis kebutuhan pengguna militer, dan merancang desain sesuai konteks operasional, UX menjadi elemen strategis dalam teknologi pertahanan modern. Perancang sistem perlu mengadopsi metode seperti *design thinking*, *user-centered design*, dan *agile UX*, yang tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis tetapi juga dimensi kognitif, emosional, dan etis dalam penggunaan teknologi.

Pengembangan sistem pertahanan ke depan akan mengandalkan kerangka evaluasi UX yang lebih sistematis. Militer dapat mengadopsi faktor *usability* khusus sebagai standar evaluasi. Selain itu kerangka evaluasi UX AI yang dikembangkan oleh [9] dapat menjadi tolok ukur peningkatan sistem otonom, termasuk aspek *trust* dan *explainability*. Dengan pendekatan berbasis data, evaluasi UX menjadi lebih objektif dan terukur. Uji *usability* dengan personel dalam simulasi juga diperkirakan menjadi prasyarat peluncuran sistem baru, sejalan dengan kebutuhan validasi ketat di lingkungan militer [9].

Penggunaan simulasi dan lingkungan virtual semakin krusial dalam merancang UX yang aman dan efektif untuk sistem otonom. Simulasi memungkinkan pengujian sistem tanpa risiko dunia nyata. Perancang dapat memanfaatkan VR/AR untuk menguji interaksi pengguna dalam skenario realistis, misalnya pelatihan kendali drone. Pendekatan ini mempercepat siklus iterasi UX dan menghasilkan solusi yang lebih optimal sebelum implementasi [10].

Isu seperti aspek transparansi, kontrol, dan akuntabilitas akan muncul seiring penerapan AI dan sistem otonom. Konsep *meaningful human control* harus menjadi prinsip fundamental dalam pengembangan sistem pertahanan untuk memastikan penggunaan teknologi sesuai dengan hukum humaniter internasional. Selain itu, UX militer masa depan harus menggunakan pendekatan *compliance by design*. Artinya, sistem dirancang agar pengguna mematuhi aturan dan mencegah tindakan berisiko. Tantangan etika dan regulasi menuntut desainer UX untuk menyeimbangkan inovasi dengan kepatuhan, menjadikan UX yang etis sebagai elemen krusial teknologi pertahanan [10].

UX sistem pertahanan perlu adaptif terhadap lingkungan dinamis. Antarmuka harus dapat menyesuaikan peran, beban kerja, dan preferensi kognitif dengan tujuan peningkatan kinerja. Selain itu, adopsi inovasi sipil seperti AR atau *voice assistant*

akan memperkaya UX militer. Dalam penelitian [10], kolaborasi riset sipil-militer akan menjadi kunci untuk mengembangkan UX pertahanan yang responsif dan berstandar global.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan, disimpulkan bahwa *user experience* (UX) dalam pertahanan modern telah berevolusi dari fokus fungsional (kinerja teknis dan keandalan) menjadi integrasi aspek emosional dan strategis. Seiring munculnya desain berpusat pengguna dan teknologi canggih (seperti AI, UAV, C4ISR, wearable), UX kini dipandang sebagai komponen strategis untuk meningkatkan efektivitas operasional, keselamatan personel, dan akuntabilitas keputusan militer. Pendekatan UX modern menggabungkan faktor fungsional (efisiensi, kegunaan, beban kognitif rendah), emosional (kepercayaan, kepuasan, rasa aman), dan strategis (akuntabilitas, compliance) sejak tahap desain. Penerapan kerangka seperti *meaningful human control*, faktor *usability* militer, serta evaluasi UX sistem AI menegaskan pentingnya desain yang *usable*, mendukung hierarki komando, dan sesuai etika militer.

Penelitian selanjutnya perlu mengevaluasi UX dalam operasi lapangan nyata dan menetapkan standar nasional UX pertahanan sesuai kebutuhan personel. Integrasi *design thinking*, *user-centered design*, VR/AR, serta evaluasi AI sejak tahap awal desain diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dan meminimalkan risiko. Kajian etis dan regulasi penggunaan AI serta sistem otonom juga krusial agar desain UX tidak hanya berfokus pada kecepatan dan efisiensi, tetapi tetap selaras dengan prinsip humanistik serta hukum humaniter internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sepriadi, B. (2024). *INTEGRASI TEKNOLOGI MILITER MODERN UNTUK STRATEGI PERTAHANAN INDONESIA*. Badan Penelitian Dan Pengembangan Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. <https://www.kemhan.go.id/balitbang/2024/12/10/integrasi-teknologi-militer-modern-untuk-strategi-pertahanan-indonesia.html>
- [2] Quaresma, M., Soares, M. M., & Correia, M. (2022). UX Concepts and Perspectives – From Usability to User-Experience Design. *Handbook of Usability and User Experience*, 3–16. <https://doi.org/10.1201/9780429343513-2>
- [3] Jönsson, J. (2023). Navigating through Frustrations: A User-Centered Approach to Enhancing Airborne Early Warning and Control System Operator Experience. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-506216>
- [4] Zhang, W., Liu, Y., & Kaber, D. B. (2024). Effect of interface design on cognitive workload in unmanned aerial vehicle control. *International Journal of Human-Computer Studies*, 189,

103287.
<https://doi.org/10.1016/J.IJHCS.2024.103287>
- [5] Sulianta, F. (2025). *UX UI Design*.
<https://www.researchgate.net/publication/389381931>
- [6] Harris, D. J., Arthur, T., Kearse, J., Olonilua, M., Hassan, E. K., de Burgh, T. C., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2023). Exploring the role of virtual reality in military decision training. *Frontiers in Virtual Reality*, 4, 1165030.
<https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1165030>
- [7] Li, F., & Lu, L. (2025). Exploration of human-computer interaction and product design of wearable weaponry based on digital technology. *Journal of Combinatorial Mathematics and Combinatorial Computing*, 127a, 765–776.
<https://doi.org/10.61091/jcmcc127a-044>
- [8] Razzak, M. A., & Islam, M. N. (2020). Exploring and Evaluating the Usability Factors for Military Application: A Road Map for HCI in Military Applications. *Human Factors and Mechanical Engineering for Defense and Safety*, 4(1).
<https://doi.org/10.1007/s41314-019-0032-6>
- [9] Park, S., Kim, H. K., Park, J., & Lee, Y. (2023). Designing and Evaluating User Experience of an AI-Based Defense System. *IEEE Access*, 11, 122045–122056.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3329257>
- [10] Baeza, V. M., Parada, R., Salor, L. C., & Monzo, C. (2025). AI-Driven Tactical Communications and Networking for Defense: A Survey and Emerging Trends.
<https://arxiv.org/abs/2504.05071v1>
- [11] Diggelen, J. van, Bosch, K. van den, Neerincx, M., & Steen, M. (2023). Designing for Meaningful Human Control in Military Human-Machine Teams, in *Research Handbook on Meaningful Human Control of Artificial Intelligence Systems*. Edward Elgar Publishing.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.11892>