

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu secara konsisten menunjukkan adanya kesenjangan kritis antara tingginya performa algoritma kecerdasan buatan (AI) yang ditunjukkan melalui metrik evaluasi teknis dan rendahnya tingkat adopsi serta pemanfaatannya dalam praktik klinis nyata seperti pada table 2.1 Kesenjangan ini umumnya disebabkan oleh keterbatasan transparansi dan interpretabilitas model AI, sehingga tenaga medis kesulitan memahami dasar pengambilan keputusan yang dihasilkan oleh sistem tersebut. Selain itu, desain interaksi pengguna yang kurang intuitif dan tidak selaras dengan alur kerja klinis juga menjadi hambatan signifikan, karena sistem AI sering kali tidak mendukung kebutuhan praktis dokter dalam pengambilan keputusan yang cepat, akurat, dan dapat dipertanggungjawabkan. Akibatnya, meskipun algoritma AI menunjukkan kinerja yang menjanjikan dalam lingkungan eksperimental, tingkat kepercayaan, penerimaan, dan integrasi ke dalam praktik klinis masih relatif rendah.

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu

Keterangan	Isi
judul	Explainability and AI Confidence in Clinical Decision Support Systems: Effects on Trust, Diagnostic Performance, and Cognitive Load in Breast Cancer Care
penulis	O. Asan
tahun	2025
methodology	<i>Interrupted time series design</i> , eksperimen berbasis aplikasi web melibatkan 28 profesional medis, evaluasi berpusat pada pengguna ( <i>user-centered experiment</i> ).

Keterangan	Isi
Masalah dan hasil	Sifat AI yang "kotak hitam" menghambat kepercayaan dokter dalam diagnosis kanker payudara. Hasil: Skor kepercayaan AI tinggi meningkatkan <i>trust</i> namun memicu <i>overreliance</i> ; fitur <i>explainability</i> sangat membantu pemahaman namun dapat meningkatkan beban kognitif jika tidak dirancang dengan hierarki informasi yang tepat.
judul	Assessing Usability of Clinical Decision Support System: Heuristic Evaluation
penulis	J. Cho et al.
tahun	2022
methodology	<i>Heuristic evaluation</i> menggunakan 10 Heuristik Nielsen, melibatkan 6 pakar informatika kesehatan ( <i>nursing</i> dan <i>non-nursing</i> ).
Masalah dan hasil	CDSS sering kali gagal karena antarmuka tidak selaras dengan kebutuhan kognitif klinisi. Hasil: Rerata tingkat keparahan masalah usability mencapai skor 2,00 (masalah mayor). Prinsip " <i>User Control and Freedom</i> " dan " <i>Error Prevention</i> " diidentifikasi sebagai aspek yang paling membutuhkan perbaikan pada sistem.
judul	Improving the Accuracy of a Clinical Decision Support System for Cervical Cancer Screening and Surveillance
penulis	K. Wagholikar et al.
tahun	2017
methodology	Analisis data terhadap 393 pasien, penggunaan <i>Natural Language Processing</i> (NLP) untuk ekstraksi variabel, integrasi pedoman klinis ASCCP terbaru pada sistem CDSS.

Keterangan	Isi
Masalah dan hasil	Rendahnya akurasi rekomendasi sistem awal untuk kasus kanker serviks. Hasil: Akurasi rekomendasi sistem meningkat secara signifikan dari 84% menjadi 93% melalui penyempurnaan algoritma analitik dan sinkronisasi pedoman medis yang lebih transparan.
judul	Assessment of End User Computing Satisfaction (EUCS) of Electronic Hospital Management Information System (eHMIS)
penulis	Lady Reading Hospital Researchers
tahun	2024
methodology	<i>Descriptive cross-sectional study</i> , kuesioner model EUCS dengan 5 dimensi (CAFET) pada 142 responden spesialis/konsultan.
Masalah dan hasil	Keberhasilan implementasi sistem informasi rumah sakit digital sering kali rendah di negara berkembang. Hasil: 91,54% responden puas dengan dimensi <i>Content</i> , namun dimensi <i>Accuracy</i> dan <i>Ease of Use</i> (kemudahan penggunaan) hanya mencapai tingkat kepuasan sekitar 50%, menunjukkan perlunya perbaikan pada interaksi sistem.
judul	<i>Heuristic evaluation of the SAD XAI dashboard for sepsis-associated delirium</i>
penulis	SHTI Research Group (Univ-Lille)
tahun	2025
methodology	<i>Heuristic evaluation</i> menggunakan daftar periksa Nielsen yang diadaptasi khusus untuk <i>Explainable AI</i> (XAI), melibatkan 3 pakar faktor manusia.

Keterangan	Isi
Masalah dan hasil	Kurangnya transparansi dalam dashboard analitik AI-CDSS untuk pengambilan keputusan cepat. Hasil: Mengidentifikasi masalah kritis pada urutan tindakan ( <i>sequences of actions</i> ) dan penggunaan ikon non-standar. Penelitian menyarankan penguatan aspek transparansi metadata untuk membangun kepercayaan dokter.

Permasalahan utama yang diidentifikasi adalah sifat "kotak hitam" (*black-box*) dari model pembelajaran mesin yang memicu krisis kepercayaan di kalangan dokter, di mana hanya 15-17% individu yang mempercayai diagnosis AI setara dengan pakar manusia. Selain itu, desain antarmuka yang buruk sering kali memicu fenomena *alert fatigue*, di mana volume peringatan yang tidak relevan menyebabkan tingkat pengabaian (*override*) oleh dokter mencapai angka sangat tinggi, yakni 90% hingga 96% [16], [24]. Kegagalan ini menunjukkan bahwa akurasi matematis saja tidak cukup untuk menjamin keberhasilan sistem medis tanpa adanya jembatan visual yang selaras dengan alur kerja klinis [13], [14], [16].

Metodologi *Heuristic Evaluation* (HE) menggunakan 10 Heuristik Nielsen terbukti menjadi instrumen paling efektif dan efisien dalam mengidentifikasi hambatan usability tersebut pada fase pra-implementasi. Studi menunjukkan bahwa inspeksi yang dilakukan oleh 3-5 pakar usability mampu menangkap 74% hingga 87% masalah antarmuka sebelum sistem diluncurkan secara luas. Dalam konteks klinis, penerapan heuristik seperti "*Visibility of System Status*" dan "*Error Prevention*" terbukti dapat mereduksi tingkat kesalahan medis secara signifikan dan menurunkan beban kognitif tenaga kesehatan [17], [20], [21], [23]. Evaluasi heuristik memberikan wawasan mendalam yang sering kali terlewatkan dalam pengujian fungsional biasa, terutama terkait dukungan untuk proses berpikir Sistem 2 (deliberatif/analitis) yang sangat krusial dalam pengambilan keputusan onkologi yang kompleks [15].

Hasil dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa integrasi antara analitik prediktif dan prinsip usability menghasilkan dampak klinis yang nyata. Sebagai contoh, penyempurnaan sistem CDSS kanker serviks melalui pembaruan pedoman medis yang lebih transparan berhasil meningkatkan akurasi rekomendasi dari 84% menjadi 93%. Di sisi lain, penggunaan *Explainable AI* (XAI) yang divisualisasikan melalui heatmap seperti Grad-CAM telah terbukti meningkatkan kepercayaan dokter secara substansial karena memungkinkan mereka untuk memvalidasi alasan morfologis di balik prediksi "ganas" atau "benigna" secara langsung[9], [25]. Temuan ini memperkuat urgensi penggunaan heuristik sebagai pedoman wajib untuk memastikan bahwa fitur transparansi tersebut diimplementasikan secara intuitif dan tidak justru menambah beban kerja mental dokter[26].

Untuk mengukur keberhasilan implementasi secara holistik, penggunaan model *End-User Computing Satisfaction* (EUCS) melalui dimensi CAFET (*Content, Accuracy, Format, Ease of Use, dan Timeliness*) memberikan benchmark kuantitatif yang akurat. Studi kepuasan pada sistem informasi rumah sakit modern mengungkapkan bahwa meskipun dimensi isi (*Content*) sering kali memuaskan (di atas 90%), dimensi kemudahan penggunaan (*Ease of Use*) dan akurasi interaksi sering kali memiliki skor rendah jika aspek heuristik diabaikan[21], [22], [23]. Hal ini membuktikan bahwa strategi pengembangan AIRA yang menggabungkan pendekatan heuristik Nielsen dengan pengujian UAT dan EUCS sangatlah relevan untuk menjamin bahwa platform tidak hanya unggul secara teknis, tetapi juga memberikan pengalaman pengguna yang positif dan hasil kesehatan pasien yang lebih aman serta terpercaya.

## **2.2 Web Prototyping**

### **2.1.1 Konsep Web Prototyping dan Pemanfaatan Figma**

Implementasi *Prototyping* adalah fase fundamental dalam *Software Development Life Cycle* (SDLC), yang bertujuan untuk menciptakan simulasi atau versi sampel fungsional dari produk akhir[27], [28]. fungsi utamanya

dalam konteks *User Experience* (UX) adalah untuk memvalidasi ide, menguji *user flows*, dan mengidentifikasi *user pain points* sebelum sumber daya dialokasikan untuk pengembangan penuh. proses ini sangat penting untuk mengoptimalkan pengalaman pengguna (*user experience*) di tahap desain awal, memitigasi risiko kegagalan implementasi akibat asumsi desain yang keliru[29], [30].

Pemanfaatan Figma dalam *Web Prototyping* memungkinkan desainer untuk mengubah desain statis menjadi versi yang *interaktif* dan *clickable*, menyajikan konsep desain yang lebih nyata (*tangible*) kepada *stakeholders* dan pengembang. figma memfasilitasi simulasi interaksi pengguna, transisi layar, dan animasi yang kompleks. Fitur-fitur seperti penambahan elemen *clickable*, *hotspots*, *transitions*, serta simulasi *overlays* dan *modals* yang sangat relevan untuk menampilkan notifikasi atau *pop-up* peringatan interaksi dalam sistem klinis memastikan *prototype* yang dihasilkan memiliki fidelitas tinggi[31], [32], [33].

Keunggulan utama Figma terletak pada kemampuan kolaborasinya yang unggul, menjadikannya *full-stack communication tool*. *Interactive prototypes* memfasilitasi komunikasi yang lebih efektif antara desainer, *developer*, dan *stakeholders*, memberikan demonstrasi visual yang jelas tentang cara kerja desain[32]. kemampuan *permission-based sharing* Figma memungkinkan tim berbagi tautan spesifik ke *file*, halaman, atau *frame* tertentu, memastikan semua pihak memiliki *alignment* desain *real-time*[34].

Dalam lingkungan pengembangan yang bergerak cepat, Figma mendukung *faster iterations* dan *easy user testing*. kemampuan untuk dengan cepat membuat dan menguji variasi desain yang berbeda sangat berharga[32], [33], [35]. khususnya dalam pengembangan *Clinical Decision Support System* (CDSS), *prototype* interaktif berfungsi sebagai alat penting untuk mitigasi risiko (*risk mitigation tool*). dengan menyimulasikan skenario klinis berisiko tinggi, seperti *alerts* rekomendasi AI atau peringatan kegagalan sistem, tim

dapat menguji Heuristik 9 (*Error Recovery*) dan dimensi *Format* pada model *End-User Computing Satisfaction* (EUCS) sebelum penulisan kode dimulai. validasi awal ini secara fundamental meningkatkan *Clinical Reliability* sistem yang akan diimplementasikan[36].

## **2.1.2 Integrasi Prototype Figma dengan Front-End Development**

### **2.1.2.1 Metodologi Design-to-Code dan Peran Figma Dev Mode**

Metodologi *Design-to-Code* adalah praktik di mana spesifikasi visual yang ditentukan oleh tim desain secara sistematis diterjemahkan menjadi artefak kode *front-end* yang modular dan dapat digunakan kembali[37]. konsistensi dicapai melalui penggunaan kembali elemen desain, seperti *Components*, *Styles* (untuk *color*, *text*, dan *shadows*), dan *Typography*. integrasi yang ketat ini memastikan *brand alignment* dan menghemat waktu pengembangan secara substansial, baik saat menambahkan konten baru maupun memodifikasi yang sudah ada[38].

Pada tahun-tahun terakhir, *Figma Dev Mode* telah mentransformasi alur kerja *Design-to-Code* bagi pengembang *front-end*. *Dev Mode* menghilangkan ambiguitas dalam penerjemahan desain dengan menyediakan spesifikasi teknis yang sangat presisi, termasuk *exact paddings*, *margins*, *border radii*, dan *typography specs* yang dapat disajikan dalam nilai CSS atau *Tailwind-ready*. dengan mengakses *tokens* desain dan spesifikasi yang akurat, pengembang dapat meniru desain dengan akurasi tinggi, kadang-kadang mencapai 70% melalui *copy-pasting* nilai. integrasi ini mengubah mentalitas pengembang dari hanya mengimplementasikan layar secara reaktif menjadi memahami *UX flows* dan struktur *object-oriented* komponen secara proaktif. pengembang modern meninjau *Auto Layout*, *Design Tokens*, dan *Breakpoint Frames* di Figma sebelum memulai *coding* untuk memastikan mereka memiliki *responsive roadmap* dan pemahaman struktural yang utuh.

### **2.1.2.2 Implementasi Component-Based Architecture Menggunakan React, Vite, dan TypeScript**



Pengembangan aplikasi web modern, terutama untuk sistem kompleks seperti CDSS onkologi, mengadopsi *Component-Based Architecture* (CBA). *React* berfungsi sebagai *library* utama, yang memungkinkan elemen *User Interface* (UI) didefinisikan sebagai *components* yang modular dan *encapsulated*. fleksibilitas ini sangat penting untuk *reusability* dan manajemen *state* yang terstruktur. *component variants* yang dirancang di Figma (misalnya, status *hover*, *active*, atau *error*) diterjemahkan langsung menjadi komponen *React* yang menerima *props* untuk menyesuaikan tampilan dan perilaku.

Struktur web secara keseluruhan *Navbar*, *Content*, dan *Footer* dibangun sebagai hierarki komponen *React* yang terpisah. *Navbar* (bilah navigasi) merupakan komponen kritis untuk *user recognition* (Heuristik 6), menyediakan navigasi global dan informasi status pengguna. *Content Area* adalah komponen paling kompleks, menampung fitur inti CDSS seperti visualisasi data genom, *imaging*, dan hasil diagnosis AI. Area ini harus diorganisasi menjadi *smaller, manageable components* yang dapat dimuat secara dinamis, mendukung *single-page application* (SPA) dengan *routing* yang efisien. Sementara itu, *Footer* menangani informasi sekunder seperti legalitas dan *copyright*. konsistensi visual dan fungsional di seluruh komponen ini sangat penting untuk memenuhi Heuristik 4 (*Consistency and Standards*).

Dukungan teknis untuk arsitektur ini disediakan oleh *Vite* dan *TypeScript*. *Vite* dipilih sebagai *bundler* yang berorientasi kinerja, menyediakan *Hot Module Replacement* (HMR) dan *development experience* yang cepat. Kecepatan *bundling* ini secara langsung memengaruhi dimensi *Timeliness* (EUCS) dalam siklus pengembangan. *TypeScript* (TS) menambahkan lapisan keamanan dengan menyediakan *static typing* pada JavaScript. dalam domain medis di mana penanganan data klinis (misalnya, *Genome ID* atau *biomarker*) harus bebas dari *runtime errors* yang berpotensi fatal, *static typing* TS meningkatkan *code quality* dan *consistency*. hal ini secara fundamental mendukung dimensi *Accuracy* dari evaluasi EUCS, memastikan integritas data dari *input* hingga *display*.



### 2.1.2.3 Aspek Web View dan Compatibility pada Responsive Design

*Responsive design* adalah imperatif, bukan lagi pilihan, terutama untuk aplikasi klinis seperti CDSS yang harus diakses di *point-of-care*. prinsip ini menuntut tata letak (*layout*) sistem untuk secara adaptif mengubah susunan dan penskalaan konten agar kompatibel dengan berbagai ukuran layar, dari desktop hingga perangkat *mobile*. kompatibilitas tinggi memastikan bahwa akses melalui *web view* di tablet atau *smartphone* tidak mengorbankan fungsi atau *usability*.

Figma menawarkan fitur desain yang dirancang untuk mendukung responsivitas. *constraints* memungkinkan desainer untuk mengikat elemen pada sisi *parent frame*, yang memastikan elemen tersebut menyesuaikan ukuran (*resize*) atau mempertahankan posisinya relatif terhadap perubahan dimensi layar. lebih jauh, *Auto Layout* memungkinkan tata letak yang fleksibel (*flexible layouts*), di mana elemen secara otomatis menyesuaikan ukurannya berdasarkan konten atau ukuran *frame* induknya. hal ini memungkinkan perubahan tata letak yang mulus, misalnya transisi dari susunan horizontal di desktop ke vertikal di *mobile*, yang sangat penting untuk mempertahankan pengalaman yang sebanding di semua konteks.

Untuk merancang *mobile view* yang optimal, desainer biasanya menggunakan *frame* standar (misalnya, iPhone 14 Pro) dan menerapkan *layout grid* yang disesuaikan. praktik terbaik mendikte penggunaan 4 kolom pada *mobile* dan penetapan *margin* minimal 16px. margin ini penting untuk menciptakan *safe area* di sekitar konten dan sering kali diselaraskan dengan *8-point grid system*. penggunaan *layout grid* yang konsisten ini bukan hanya masalah estetika, tetapi juga elemen kunci dari EUCS *Format*, memastikan keterbacaan yang optimal bagi klinisi saat meninjau data kritis.

Tantangan utama dalam merancang CDSS *mobile view* terletak pada *reflow* data klinis berdensitas tinggi (seperti visualisasi genom, hasil *imaging*, atau ringkasan pasien). data ini tidak dapat disusutkan begitu saja. Pengembangan *front-*

*end* React, divalidasi oleh *Breakpoint Frames* dari *Figma Dev Mode*, harus menerapkan teknik *progressive disclosure*. informasi esensial (seperti skor diagnosis utama dan status kanker) harus diprioritaskan dan ditampilkan secara ringkas, sementara data pendukung atau *clinical evidence* mungkin memerlukan *expandable views* atau *modals* untuk menghindari *clutter* (Heuristik 8)[39].

Fokus pada *responsive design* melampaui sekadar estetika; hal ini terkait dengan melawan risiko *automation bias* kecenderungan klinisi untuk terlalu mengandalkan rekomendasi AI tanpa mempertimbangkan data pendukung. jika *mobile view* terlalu menyederhanakan presentasi data (mengorbankan *EUCS Format*), klinisi dapat kehilangan jejak bukti (*evidence trail*) yang mendukung diagnosis AI. oleh karena itu, *responsive design* yang cerdas harus mempertahankan *System Transparency* (faktor kunci kepercayaan AI)[40], [41], [42]. Ini berarti bahwa data seperti *confidence scores* AI atau komponen *Explainable AI* (XAI) harus tetap mudah diakses, bahkan pada layar kecil. Optimalisasi *mobile view* harus mencerminkan Heuristik 2 (*Match between system and the real world*) dengan meniru alur kerja klinis di lokasi perawatan, memastikan konsistensi fungsional dan integritas informasi di seluruh perangkat[43], [44].

### **2.1.3 Evaluasi Usabilitas Sistem Informasi**

#### **2.1.3.1 Sepuluh usability Heuristik Nielsen**

Sepuluh *Usability Heuristics* Nielsen adalah seperangkat pedoman desain fundamental, pertama kali dikembangkan pada tahun 1989 dan disempurnakan pada tahun 1994, yang berfungsi sebagai kerangka kerja untuk melakukan *Heuristic Evaluation*. meskipun berusia tiga dekade, prinsip-prinsip ini tetap relevan karena berakar pada analisis empiris masalah *usability*[27], [45]. penerapannya memungkinkan tim desain dan pengembangan untuk mengidentifikasi masalah *usability* yang secara signifikan memengaruhi efisiensi, *learnability*, dan kepuasan pengguna.

Heuristik Fungsionalitas Inti dan Kontrol pada suatu sistem seperti pada table 2.2. Heuristik pertama, *Visibility of system status* (H1), adalah syarat dasar, menuntut sistem untuk selalu memberikan informasi yang tepat waktu dan sesuai tentang apa yang sedang terjadi misalnya, melalui indikator *progress* atau notifikasi respons cepat setelah *input* data pasien[46]. heuristik yang berdekatan adalah *User control and freedom* (H3), yang menjamin pengguna memiliki kemampuan untuk membatalkan tindakan (fungsi *Undo*) atau keluar dari status yang tidak diinginkan dengan mudah, memberikan rasa aman dan kontrol. poin kelima, *Error prevention* (H5), sangat krusial dalam domain klinis[47]. desain harus fokus pada pencegahan kesalahan, baik *slips* (tidak sengaja) maupun *mistakes* (karena kesalahpahaman model mental), misalnya dengan menerapkan *constraints* atau *defaults* cerdas pada input data sensitif[36], [45].

Heuristik Kognitif dan Bahasa Desain. heuristik kedua, *Match between system and the real world* (H2), memastikan sistem menggunakan bahasa, konsep, dan konvensi yang familiar bagi pengguna target, dalam hal ini, terminologi klinis standar. hal ini mengurangi beban kognitif dan meningkatkan intuitivitas[41]. selain itu, *Recognition rather than recall* (H6) bertujuan meminimalkan beban memori jangka pendek dengan membuat opsi dan informasi terlihat jelas, seperti menggunakan label yang jernih dan *tooltips* kontekstual. akhirnya, *Aesthetic and minimalist design* (H8) mengharuskan penghilangan elemen UI yang tidak relevan, memastikan bahwa fokus visual pengguna diarahkan pada data klinis yang paling penting[34], [36], [48].

Heuristik Konsistensi dan Efisiensi. *Consistency and standards* (H4) adalah pilar yang memastikan bahwa elemen yang identik diperlakukan dengan cara yang sama di seluruh antarmuka (konsistensi internal) dan bahwa sistem mematuhi konvensi industri yang ada (konsistensi eksternal, sesuai *Jacob's Law*)[36]. *Flexibility and efficiency of use* (H7) mengakomodasi pengguna *novice* dan *expert*. untuk *power users*, sistem harus menyediakan *accelerators* atau pintasan, serta opsi pencarian dan filter lanjutan, yang memungkinkan *workflow* yang lebih cepat dan disesuaikan[36], [49], [50].

Heuristik *Help users recognize, diagnose, and recover from errors* (H9) mewajibkan pesan kesalahan tidak hanya menunjukkan masalah, tetapi juga menjelaskan penyebabnya secara spesifik dan menawarkan langkah-langkah konstruktif untuk pemulihan. terakhir, *Help and documentation* (H10) memastikan bahwa panduan pengguna atau dokumentasi pendukung mudah diakses dan berorientasi pada tugas, membantu pengguna dalam menyelesaikan tugas kompleks, seperti menginterpretasi hasil diagnosis AIRA[39], [47].

Tabel 2.2 Iterpretasi AIRA Dalam 10 Heuristic Neilsen

Heuristik	Prinsip Inti	Implikasi Desain CDSS
1. <i>Visibility of System Status</i>	Komunikasi status sistem secara <i>real-time</i> .	Indikator <i>loading</i> AI, <i>confidence score</i> model, notifikasi respons cepat.
2. <i>Match Between System and the Real World</i>	Gunakan bahasa dan metafora yang familiar bagi pengguna.	Terminologi klinis yang standar (ICD/SNOMED), ikon alat medis yang relevan.
3. <i>User Control and Freedom</i>	Sediakan "jalan keluar darurat" dan kemampuan untuk membatalkan aksi.	Fitur <i>Undo</i> pada input data, tombol <i>Cancel</i> saat proses diagnostik berjalan.
4. <i>Consistency and Standards</i>	Pertahankan konsistensi internal dan eksternal.	<i>Design system</i> seragam, tata letak standar <i>EHR views</i> .
5. <i>Error Prevention</i>	Rancang sistem yang mencegah kesalahan sejak awal.	Validasi format data (e.g., <i>Genome ID</i> ), <i>constraints</i> cerdas pada <i>dosing</i> .

Heuristik	Prinsip Inti	Implikasi Desain CDSS
6. <i>Recognition Rather Than Recall</i>	Minimalkan beban memori jangka pendek pengguna.	Pilihan menu yang kontekstual, <i>tooltips</i> , <i>patient summary</i> yang terlihat jelas.
7. <i>Flexibility and Efficiency of Use</i>	Akurasi kebutuhan pengguna <i>novice</i> dan <i>expert</i> .	Pintasan ( <i>shortcuts</i> ), opsi pencarian filter data klinis lanjutan.
8. <i>Aesthetic and Minimalist Design</i>	Hapus informasi yang tidak relevan ( <i>clutter</i> ).	Fokus visual pada hasil diagnosis/prognosis, minimalisasi elemen UI yang mengganggu.
9. <i>Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors</i>	Pesan kesalahan yang jelas, spesifik, dan konstruktif.	Jelaskan kegagalan pemrosesan AI dan berikan langkah perbaikan data.
10. <i>Help and Documentation</i>	Sediakan panduan yang mudah diakses dan berorientasi tugas.	Dokumentasi kontekstual mengenai penggunaan fitur diagnosis AIRA.

### 2.1.3.2 Model End User Satisfaction (EUSC)

Model *End-User Computing Satisfaction* (EUCS), yang dikembangkan oleh Doll dan Torkzadeh, adalah metode evaluasi yang diakui secara luas untuk mengukur tingkat kepuasan pengguna akhir terhadap aplikasi atau sistem informasi[51]. EUCS membandingkan ekspektasi pengguna dengan pengalaman aktual yang diperoleh saat berinteraksi dengan sistem. model ini sangat relevan dalam menilai keberhasilan adopsi CDSS, karena kepuasan klinisi secara langsung berkorelasi dengan pemanfaatan sistem yang berkelanjutan. model EUCS terdiri

dari lima dimensi kunci yang secara komprehensif mencakup aspek fungsional dan non-fungsional system seperti pada table 2.3[52].

Dimensi *Content* mengevaluasi kualitas informasi yang disajikan oleh sistem, meliputi kelengkapan, relevansi, dan ketersediaan fungsi/modul yang diperlukan pengguna. dalam konteks CDSS onkologi, ini menilai apakah rekomendasi diagnosis AI mencakup semua data genomik atau citra yang relevan untuk kasus pasien[52], [53]. sementara itu, *Accuracy* mengukur keandalan dan ketepatan informasi. Untuk AI-CDSS, *Accuracy* tidak hanya mencakup kebenaran data yang ditarik (misalnya dari *EHR*) tetapi juga validitas dan *reliability* hasil prediksi model *Machine Learning*[54]. Minimnya *Accuracy* dalam domain klinis dapat memiliki konsekuensi yang serius, menekankan pentingnya *static typing* dari *TypeScript* yang mendukung integritas data[53], [55].

Dimensi *Format* menilai kualitas presentasi visual informasi. Ini mencakup kejelasan tata letak, organisasi data, dan kemudahan interpretasi, yang sangat penting ketika menyajikan data *multi-modal* yang kompleks dari diagnosis kanker (misalnya, menggabungkan visualisasi *image* dan *genome* dalam satu tampilan)[54], [55]. *Ease of Use* mengukur sejauh mana sistem dapat dioperasikan tanpa menimbulkan kebingungan atau memerlukan upaya kognitif yang besar. tingginya *Ease of Use* mencerminkan keberhasilan desainer dalam menerapkan prinsip-prinsip *usability* Nielsen (terutama H6, *Recognition*)[54].

*Timeliness* adalah dimensi operasional yang mengukur kemampuan sistem untuk menyediakan informasi yang mutakhir (*up to date*) dan responsif pada saat dibutuhkan pengguna. dalam *point-of-care*, kecepatan *Inference Engine* AI dalam memproses data dan menghasilkan rekomendasi diagnosis adalah penentu utama *Timeliness*[40], [56]. keterlambatan respons sistem dapat menghambat *workflow* klinis, sehingga EUCS *Timeliness* menjadi kriteria kinerja yang vital. pemanfaatan teknologi *front-end* modern seperti *Vite* (yang menjamin kecepatan *development*) secara tidak langsung mendukung *Timeliness* sistem produksi[54], [56].

Pengukuran EUCS secara tradisional dilakukan melalui kuesioner yang didasarkan pada skala Likert 5-poin, yang memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi tingkat kepuasan mereka pada setiap indikator. Untuk memastikan validitas dan reliabilitas, disarankan untuk menggunakan minimal tiga item pertanyaan yang mengukur setiap dimensi, terutama *Format* dan *Accuracy*. Hasil *scoring* kemudian dianalisis, sering kali menggunakan teknik statistik seperti *Partial Least Square-Structural Equation Modeling* (PLS-SEM), untuk menentukan tingkat kepuasan agregat dan mengidentifikasi area spesifik untuk perbaikan sistem [54], [55], [56].

Tabel 2.3 Dimensi Utama End-User Computing Satisfaction (EUCS)

<b>Dimensi EUCS</b>	<b>Definisi Konseptual (Doll &amp; Torkzadeh)</b>	<b>Fokus Pengukuran pada CDSS Onkologi</b>	<b>Contoh Indikator Kuesioner (5-point Likert)</b>
<i>Content</i> (Konten)	Kualitas, kelengkapan, dan relevansi informasi yang dihasilkan sistem.	Relevansi hasil Diagnosis/Prognosis AI dengan kebutuhan klinis pasien.	Informasi diagnosis yang disediakan sistem AIRA memadai untuk pengambilan keputusan klinis.
<i>Accuracy</i> (Akurasi)	Tingkat keandalan dan ketepatan data/informasi yang disajikan.	Ketepatan dan validitas model AI dalam memprediksi status/jenis kanker.	Rekomendasi yang dihasilkan sistem AIRA bebas dari kesalahan dan



<b>Dimensi EUCS</b>	<b>Definisi Konseptual (Doll &amp; Torkzadeh)</b>	<b>Fokus Pengukuran pada CDSS Onkologi</b>	<b>Contoh Indikator Kuesioner (5-point Likert)</b>
			dapat diandalkan.
<i>Format</i> (Format)	Kualitas presentasi visual (tata letak, kejelasan, keterbacaan).	Organisasi visual data <i>multi-modal</i> ( <i>Image/Genome</i> ) yang mudah diinterpretasi pada <i>web view</i> dan <i>mobile view</i> .	Tata letak antarmuka sistem AIRA logis dan mudah dibaca.
<i>Ease of Use</i> (Kemudahan Penggunaan)	Usaha yang diperlukan pengguna untuk berinteraksi dan menjalankan sistem.	Navigasi intuitif untuk mengakses fitur <i>Diagnosis</i> dan <i>Treatment</i> , minimnya <i>cognitive load</i> .	user merasa mudah untuk mempelajari dan menggunakan sistem AIRA.
<i>Timeliness</i> (Ketepatan Waktu)	Seberapa cepat sistem dapat memberikan informasi atau	Kecepatan pemrosesan <i>Inference Engine</i> AI, ketersediaan data terbaru.	Sistem AIRA memberikan saran klinis dalam waktu

<b>Dimensi EUCS</b>	<b>Definisi Konseptual (Doll &amp; Torkzadeh)</b>	<b>Fokus Pengukuran pada CDSS Onkologi</b>	<b>Contoh Indikator Kuesioner (5- point Likert)</b>
	respon yang <i>up-to-date</i> .		yang cepat di <i>point-of-care</i> .

## 2.2 Clinical Decision Support System (CDSS)

### 2.2.1 Definisi, Klasifikasi dan Arsitektur CDSS

*Clinical Decision Support System* (CDSS) adalah kategori *Health Information Technology* yang dirancang untuk memberikan informasi klinis dan *person-specific* yang relevan kepada tenaga kesehatan. tujuan utama CDSS modern adalah *assisting* klinisi di *point-of-care*, berbeda dengan tujuan awal yang mencoba membuat keputusan *untuk* klinisi. CDSS meningkatkan pengambilan keputusan dengan menyediakan alat seperti *alerts* dan *reminders* (misalnya, peringatan interaksi obat), panduan klinis, dan ringkasan data pasien yang terintegrasi. manfaatnya telah didokumentasikan dalam peningkatan kepatuhan terhadap *guidelines* dan peningkatan keamanan *prescribing*.

CDSS secara arsitektural dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama: *Knowledge-based* dan *Non-knowledge-based*. mayoritas CDSS tradisional adalah *Knowledge-based*, yang memiliki tiga komponen inti yang saling berinteraksi: (1) *Knowledge Base*, yang menyimpan pengetahuan medis eksplisit (pedoman, aturan *if-then*); (2) *Inference Engine*, yang menerapkan aturan dari *Knowledge Base* terhadap data pasien spesifik; dan (3) Mekanisme Komunikasi, yang menyajikan saran yang dihasilkan kepada pengguna. sistem ini bekerja dengan menerima data pasien (seperti riwayat medis atau hasil lab) sebagai *input* dan mengembalikan penilaian atau rekomendasi spesifik.

CDSS *Non-knowledge-based* mewakili generasi yang lebih baru, di mana sistem memanfaatkan teknik *Artificial Intelligence* (AI) seperti *Machine Learning* untuk menemukan pola dalam kumpulan data klinis yang besar tanpa bergantung pada aturan yang telah diprogram secara eksplisit. meskipun demikian, sistem klinis kontemporer seringkali menggabungkan kedua arsitektur; *Inference Engine* semakin terintegrasi dengan model AI untuk menghasilkan saran yang lebih individual dan adaptif, melampaui kemampuan dukungan diagnostik yang sederhana dan masuk ke area terapi dan prognosis yang kompleks.

### 2.2.2 Peran Integrasi *Artificial Intelligence* (AI) dalam CDSS Klinis

Integrasi *Artificial Intelligence* (AI) menandai evolusi signifikan dalam kemampuan CDSS, mentransformasikannya dari sistem berbasis aturan statis menjadi sistem yang adaptif dan prediktif. Teknologi AI, mencakup *Machine Learning* (ML), *Deep Learning* (DL), dan *Large Language Models* (LLMs), memungkinkan CDSS untuk menganalisis data klinis yang sangat besar (*massive data*) dan mengidentifikasi pola yang terlalu kompleks untuk diolah oleh manusia atau sistem berbasis aturan tradisional. AI-CDSS telah menunjukkan potensi besar dalam berbagai aplikasi, mulai dari *image recognition* diagnostik hingga prediksi sepsis[36], [43].

Dalam bidang onkologi, AI-CDSS menjadi sangat penting sebagai pilar *precision medicine*. dengan kemampuan menganalisis data *multi-modal* termasuk *pathological classification*, *genomic markers*, dan respons pengobatan AI dapat memberikan evaluasi yang sangat individual. sistem ini mampu mengoptimalkan rencana pengobatan, mengevaluasi efikasi obat, dan memprediksi reaksi merugikan, khususnya untuk tumor yang memiliki *molecular phenotypes* rumit. penelitian menunjukkan efektivitas AI-CDSS dalam *early detection* penyakit dan secara keseluruhan meningkatkan hasil pasien[44], [57].

Namun, potensi AI-CDSS diimbangi dengan tantangan signifikan terkait adopsi, di mana *trust* (kepercayaan) dari tenaga kesehatan menjadi faktor

krusial[49]. kepercayaan klinisi didasarkan pada beberapa pilar penting yang harus diatasi melalui desain sistem: (1) *System Transparency*, yaitu kemampuan AI untuk menyediakan penjelasan yang jelas dan dapat diinterpretasi mengenai keputusannya (*Explainable AI* atau XAI); (2) *Training and Familiarity*, memastikan klinisi terlatih dan akrab dengan sistem; (3) *System Usability*, seberapa lancar sistem terintegrasi ke dalam *workflow* klinis; dan (4) *Clinical Reliability*. kegagalan dalam menyediakan *transparency* yang memadai dapat memperkuat *automation bias* atau menyebabkan penolakan, menegaskan bahwa desain UI/UX (termasuk implementasi Heuristik 1 dan 9) harus secara aktif mendukung pemahaman dan validasi pengguna terhadap rekomendasi yang dihasilkan oleh kecerdasan buatan[40], [58], [59].

### 2.2.3 AIRA Studi Kasus CDSS Berbasis AI untuk Deteksi Kanker

AIRA diposisikan sebagai *Clinical Decision Support System* yang berfokus pada onkologi, memanfaatkan pendekatan *Artificial Intelligence* untuk diagnosis dan manajemen kanker [User Query][60]. Tujuan utama AIRA adalah menyediakan alat diagnostik, prognostik, dan prediktif yang membantu klinisi dalam mengelola pasien kanker, mulai dari tahap *early stage* hingga *advanced stage* selengkapnya mengenai fitur AIRA ada pada tabel 2.4. hal ini sejalan dengan meningkatnya kebutuhan akan *early diagnosis* dan *accurate prognosis* untuk memungkinkan personalisasi terapi[61], [62].

Kekuatan metodologis AIRA terletak pada kemampuannya memproses tipe data *multi-modal* yang kompleks, termasuk data Genome, Image, atau kombinasi keduanya [User Query]. dalam skenario diagnostik, AIRA dapat menggunakan *Deep Learning* untuk analisis citra (misalnya, *epiluminescence dermatoscopy*) yang dikombinasikan dengan analisis biomarker serologis dan histopatologis. kombinasi ini memungkinkan prediksi risiko metastasis dan interval *disease-free survival* yang sangat akurat. misalnya, sistem dapat menganalisis parameter klinis seperti

ketebalan *Breslow* dan ekspresi protein tertentu untuk menentukan prognosis[63], [64].

Implementasi *front-end* untuk AIRA (menggunakan React/Vite/TS) harus secara cermat mengatasi tantangan *EUCS Format*, memastikan bahwa penyajian data *multi-modal* yang kompleks ini disajikan dengan efisiensi yang tinggi (Heuristik 7) dan desain yang minimalis (Heuristik 8), terutama karena keputusan *Treatment* yang dihasilkan AI memerlukan *transparency* maksimal bagi pengguna[45], [52], [55].

Tabel 2.4 Fitur Utama AIRA

<b>Fitur Utama (Output Klinis)</b>	<b>Tujuan Klinis</b>	<b>Tipe Data Input Utama</b>	<b>Tahap Kanker yang Ditargetkan</b>	<b>Kaitannya dengan AI (Inference Engine)</b>
Diagnosis	Menentukan status dan mengklasifikasi jenis kanker.	<i>Image (Deep Learning citra), Genome (Biomarker, Mutasi).</i>	<i>Early Stage dan Advanced Stage</i>	<i>Classification/Detection Model (e.g., DL for image recognition [58], [65]).</i>
Prognosis	Memprediksi risiko metastasis, <i>disease-free</i>	<i>Genome, Klinis (Breslow thickness,</i>	<i>Early Stage dan Advanced Stage</i>	<i>Prediction/Survival Model (regresi logistik/Cox</i>

<b>Fitur Utama (Output Klinis)</b>	<b>Tujuan Klinis</b>	<b>Tipe Data Input Utama</b>	<b>Tahap Kanker yang Ditargetkan</b>	<b>Kaitannya dengan AI (Inference Engine)</b>
	<i>survival</i> , dan <i>recurrence</i> .	Serologis), Histopatologis.		proportional hazards[58]).
<i>Treatment</i> (Perawatan)	Memberikan rekomendasi terapi yang terpersonalisasi dan optimal.	<i>Genome</i> (Target obat spesifik), Data Rekam Medis Elektronik (Respons terapi sebelumnya).	<i>Advanced Stage</i>	<i>Recommendation Engine</i> (Integrasi literatur/guideline ke fenotipe molekuler [66]).
<i>News Portal</i>	Menyediakan informasi terbaru, edukasi, dan dokumentasi.	Data Lintas Sektoral (Literasi Medis,	Umum (Edukasi berkelanjutan)	<i>Information Retrieval dan Content Management</i> [67].

<b>Fitur Utama (Output Klinis)</b>	<b>Tujuan Klinis</b>	<b>Tipe Data Input Utama</b>	<b>Tahap Kanker yang Ditargetkan</b>	<b>Kaitannya dengan AI (Inference Engine)</b>
		Publikasi Jurnal).		

