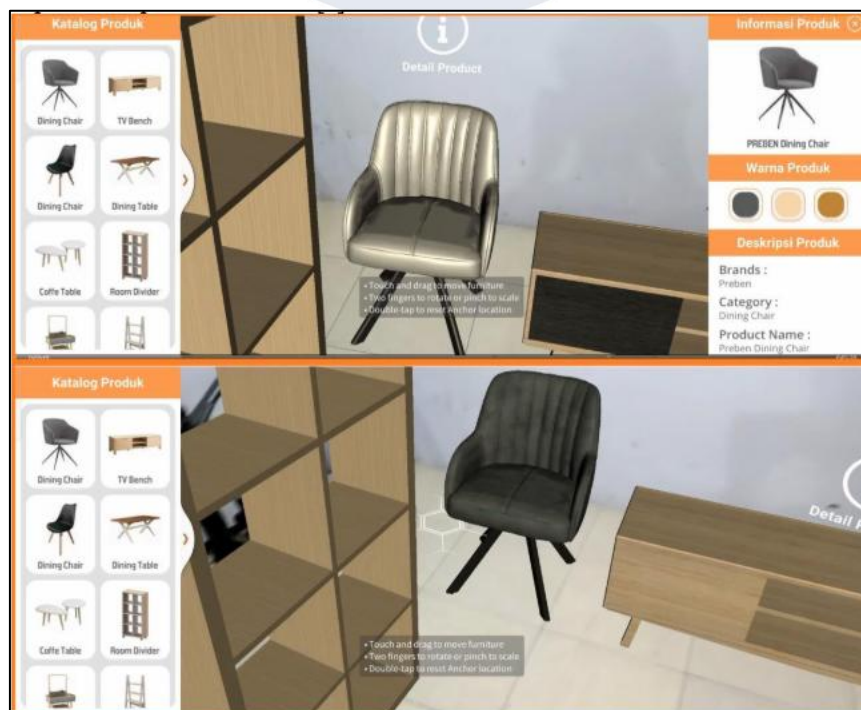


BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Augmented Reality (AR)

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menempatkan objek virtual ke dalam lingkungan nyata secara interaktif dan waktu nyata sehingga pengguna dapat melihat keterkaitan antara elemen digital dan ruang fisik [13]. Berbeda dari media presentasi dua dimensi biasa, AR memungkinkan pengguna menilai bentuk, ukuran, dan posisi objek dalam konteks ruang yang sedang diamati [14]. Pada aplikasi yang berhubungan dengan desain dan visualisasi ruang, kemampuan tersebut penting karena membantu pembentukan pemahaman spasial yang lebih konkret [5, 14, 15]. Oleh sebab itu, AR dipahami sebagai teknologi yang menghubungkan informasi visual dengan konteks dunia nyata dalam satu pengalaman interaksi. Contoh integrasi objek virtual dengan antarmuka katalog furnitur berbasis AR dapat dilihat pada Gambar 2.1 [13].



Gambar 2.1 Contoh visual integrasi objek virtual pada aplikasi *Augmented Reality*

Dalam domain furnitur, AR relevan karena pengguna perlu menilai kecocokan produk terhadap ukuran dan kondisi ruang yang dimiliki [2]. Sejumlah penelitian furnitur menunjukkan bahwa visualisasi AR dapat mengurangi ketergantungan pada imajinasi yang biasanya muncul ketika pengguna hanya melihat katalog statis [2, 8, 13]. Teknologi ini juga mendukung proses promosi dan evaluasi produk karena calon pembeli dapat melihat representasi furnitur secara lebih kontekstual sebelum mengambil keputusan [8]. Dengan demikian, AR tidak hanya penting dari sisi teknis, tetapi juga dari sisi fungsional dalam aktivitas belanja dan penataan ruang [2, 14].

Kebermanfaatan AR sangat dipengaruhi oleh kestabilan pelacakan, kualitas rendering, dan kemampuan sistem menjaga posisi objek virtual pada lingkungan nyata [9, 18]. Studi pada AR furnitur dan AR handheld menunjukkan bahwa kualitas interaksi turut memengaruhi kenyamanan dan pemahaman pengguna saat memanipulasi objek [10, 15]. Ketika aspek-aspek tersebut terpenuhi, AR dapat memberikan dasar evaluasi ruang yang lebih meyakinkan dibandingkan media visual konvensional [2, 5]. Atas dasar itu, AR digunakan sebagai landasan teoretis utama dalam penelitian ini untuk membangun sistem visualisasi furnitur yang interaktif dan kontekstual [8, 13].

2.2 Web Augmented Reality (WebAR)

Web Augmented Reality (WebAR) merupakan implementasi AR yang dijalankan melalui browser tanpa mewajibkan pemasangan aplikasi native terlebih dahulu [19]. Model ini menyederhanakan akses karena pengalaman AR dapat dibuka melalui tautan atau QR code yang langsung terhubung ke halaman web [12, 19, 24]. Dalam konteks promosi digital, akses berbasis browser dinilai penting karena menurunkan hambatan awal sebelum pengguna mencoba fitur visualisasi produk [24]. Karena itu, WebAR sering dikaitkan dengan efisiensi distribusi dan kemudahan akses pada layanan digital [18, 19].

Pada ranah retail dan e-commerce, studi mengenai AR berbasis web menunjukkan bahwa pengalaman semacam ini dapat meningkatkan keterlibatan pengguna dan persepsi manfaat ketika produk divisualisasikan dalam konteks yang lebih nyata [20]. Penelitian terkait pengalaman belanja AR juga melaporkan

hubungan positif dengan minat beli dan respons konsumen terhadap produk yang ditampilkan secara interaktif [4, 20, 25]. Hal tersebut menunjukkan bahwa WebAR bukan hanya cara penyampaian teknis, tetapi juga sarana komunikasi pemasaran yang mendukung evaluasi produk sebelum transaksi [19, 20]. Dalam penjualan furnitur, karakteristik ini menjadi penting karena kecocokan produk sulit dinilai hanya dari gambar dua dimensi biasa [4, 8].

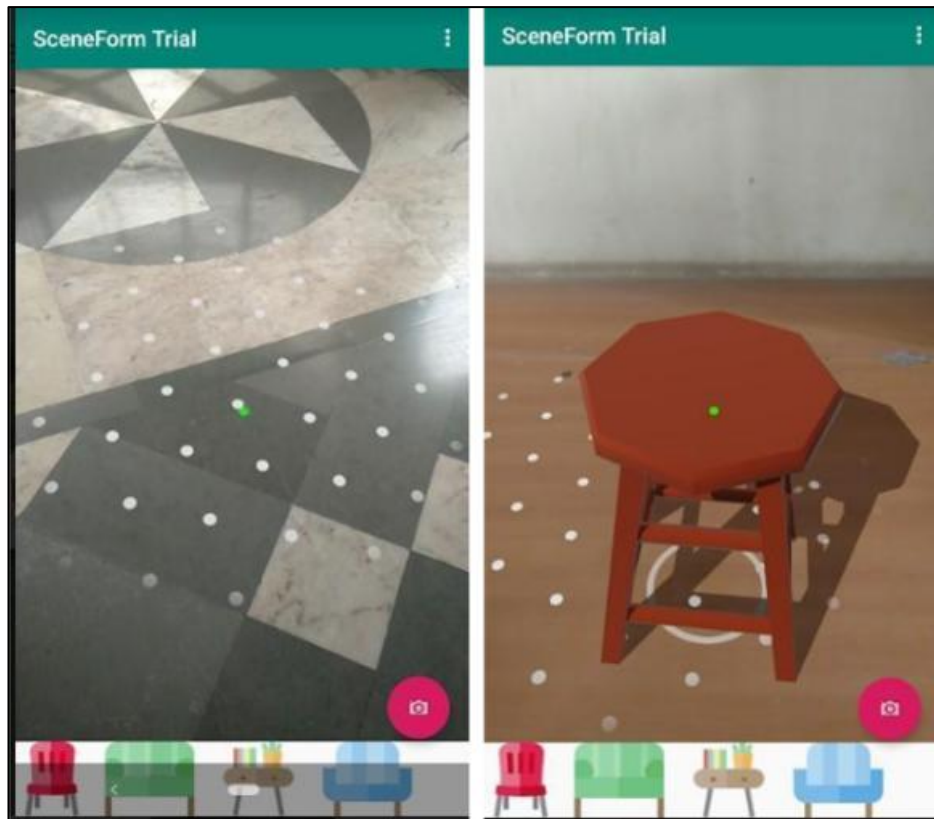
Meskipun lebih mudah diakses, implementasi WebAR tetap bergantung pada kompatibilitas browser, optimasi model 3D, dan kestabilan performa rendering [18]. Apabila aset terlalu berat atau respons interaksi tidak berjalan lancar, pengalaman pengguna dapat menurun walaupun akses awal sudah sederhana [20]. Oleh sebab itu, pengembangan WebAR perlu menyeimbangkan kemudahan akses dengan efisiensi teknis pada perangkat pengguna [12, 18]. Dalam penelitian ini, WebAR dipilih karena sesuai dengan kebutuhan sistem yang ingin mudah dicoba oleh pengguna umum tanpa tahap instalasi tambahan [12, 19].

2.3 Markerless Augmented Reality

Markerless Augmented Reality adalah pendekatan AR yang menempatkan objek virtual tanpa bergantung pada marker cetak, melainkan memanfaatkan fitur lingkungan atau deteksi permukaan [11]. Dibandingkan metode marker-based, pendekatan ini menghilangkan kebutuhan akan media fisik tambahan sebelum interaksi dimulai [6, 9, 11]. Pada aplikasi furnitur, pendekatan markerless digunakan agar proses penempatan objek terasa lebih alami di ruang pengguna [6]. Karena alasan tersebut, markerless AR banyak dipandang sesuai untuk aplikasi konsumen yang menekankan kemudahan penggunaan.

Dalam visualisasi furnitur, markerless AR memungkinkan pengguna memosisikan, memutar, dan mengubah skala objek langsung pada area yang diamati [7]. Fleksibilitas ini penting karena evaluasi ruang biasanya melibatkan perubahan sudut pandang dan penyesuaian posisi beberapa elemen interior [7, 10, 26]. Namun, performa markerless tetap sensitif terhadap pencahayaan, tekstur permukaan, sudut kamera, dan kemampuan perangkat yang digunakan [7, 9]. Oleh sebab itu, kualitas implementasinya perlu ditinjau berdasarkan kondisi penggunaan nyata, bukan hanya dari keberadaan fiturnya [10]. Ilustrasi proses

deteksi bidang dan hasil render objek pada markerless AR ditunjukkan pada Gambar 2.2 [11].



Gambar 2.2 Ilustrasi deteksi bidang dan hasil render objek pada *markerless* AR

Pendekatan markerless relevan untuk penelitian ini karena sistem ditujukan bagi pengguna non-expert yang membutuhkan alur interaksi langsung [10]. Jika pengguna diwajibkan menyiapkan marker, maka proses awal menjadi lebih panjang dan berpotensi menurunkan kenyamanan penggunaan [1, 6, 11]. Sebaliknya, markerless AR memungkinkan pengguna segera berfokus pada penempatan furnitur dan evaluasi ruang [6, 7]. Atas pertimbangan tersebut, markerless AR dipilih sebagai dasar teknis untuk mendukung visualisasi furnitur yang fleksibel dan praktis [1, 10].

2.4 Visualisasi Furnitur 3D dan Penataan Ruang

Visualisasi furnitur 3D menampilkan model furnitur dalam bentuk spasial sehingga objek dapat diamati dari berbagai sudut pandang [2]. Pada aplikasi AR,

visualisasi semacam ini membantu pengguna menilai dimensi dan posisi furnitur terhadap kondisi ruang yang sebenarnya [13]. Penelitian tentang penataan rumah dan interior juga menunjukkan bahwa visualisasi spasial bermanfaat untuk merencanakan komposisi objek secara lebih kontekstual [14, 26]. Dengan demikian, visualisasi 3D tidak hanya berfungsi sebagai tampilan produk, tetapi juga sebagai sarana pendukung keputusan penataan ruang.

Visualisasi furnitur yang efektif membutuhkan fitur interaksi seperti memindahkan, memutar, dan menyesuaikan skala objek agar pengguna dapat mencoba beberapa alternatif tata letak [6]. Kebutuhan terhadap penempatan multi-object juga penting karena perencanaan ruang jarang melibatkan satu furnitur secara terpisah [27]. Studi pada AR interior dan visualisasi arsitektural sama-sama menekankan pentingnya manipulasi spasial untuk mengevaluasi susunan objek di dalam ruang [5, 15]. Oleh karena itu, kualitas visualisasi furnitur 3D ditentukan bukan hanya oleh realisme model, tetapi juga oleh kontrol interaksi yang disediakan sistem [5, 6, 27]. Contoh katalog furniture dan hasil visualisasi objek pada ruang nyata dapat dilihat pada gambar 2.3 [2].



Gambar 2.3 Contoh katalog furnitur dan visualisasi objek AR

Dari sisi pengguna, kemampuan melihat furnitur dalam konteks ruang nyata dapat meningkatkan keyakinan sebelum melakukan pembelian atau penataan [22]. Penelitian furnitur berbasis AR menunjukkan bahwa visualisasi kontekstual membantu pengguna mengevaluasi kecocokan produk secara lebih konkret dibandingkan katalog statis [4, 13, 22]. Manfaat tersebut sangat relevan pada lingkungan belanja daring ketika pengguna tidak dapat melakukan pemeriksaan fisik secara langsung [4]. Karena itu, visualisasi furnitur 3D dalam penelitian ini diposisikan sebagai penghubung antara promosi produk, evaluasi ruang, dan dukungan keputusan pembelian [8, 12].

2.5 Usability

Usability merujuk pada sejauh mana suatu sistem dapat digunakan secara efektif, efisien, dan memuaskan dalam konteks penggunaan tertentu [23]. Pada sistem AR, evaluasi usability tidak cukup hanya menilai tombol atau menu karena pengguna juga berinteraksi dengan konten spasial dan antarmuka yang bergantung pada gerakan [28]. Penelitian usability AR karena itu banyak memperhatikan kejelasan interaksi, kenyamanan, dan ekspektasi pengguna selama proses penggunaan [29]. Dalam pengertian ini, usability pada AR mencakup kualitas antarmuka sekaligus kualitas pengalaman penggunaan [23, 28].

Pada aplikasi WebAR furnitur, usability berkaitan erat dengan waktu muat, kestabilan rendering, kemudahan manipulasi objek, dan kejelasan instruksi penggunaan [18]. Studi furnitur berbasis AR juga menunjukkan bahwa kualitas pelacakan dan kemudahan penempatan objek memengaruhi kemampuan pengguna menyelesaikan tugas secara nyaman [10]. Jika pengguna kesulitan menempatkan atau menyesuaikan furnitur, maka aplikasi dapat berfungsi secara teknis tetapi tetap lemah dari sisi usability praktis [22, 23]. Oleh sebab itu, usability dalam penelitian ini dipahami sebagai gabungan antara performa sistem dan kemudahan interaksi bagi pengguna akhir.

Aspek usability menjadi semakin penting karena target pengguna sistem adalah non-expert [22]. Berbagai penelitian usability AR menunjukkan bahwa penerimaan pengguna sangat dipengaruhi oleh persepsi kemudahan, rasa percaya

diri, dan kemudahan belajar [23, 28, 29]. Alur interaksi yang sederhana cenderung lebih sesuai untuk pengguna yang baru pertama kali berhadapan dengan aplikasi spasial [28]. Berdasarkan hal tersebut, usability ditempatkan sebagai dimensi evaluasi utama yang berdampingan dengan keberhasilan implementasi teknis sistem [10, 23].

2.6 System Usability Scale (SUS)

System Usability Scale (SUS) merupakan instrumen kuesioner yang banyak digunakan untuk menilai usability sistem digital secara cepat dan umum [23]. Instrumen ini terdiri atas sepuluh pernyataan yang dijawab dengan skala Likert lima tingkat, mulai dari sangat tidak setuju sampai sangat setuju [22, 29]. Karena bentuknya ringkas namun tetap mampu menggambarkan persepsi pengguna secara menyeluruh, SUS sering dipilih ketika peneliti memerlukan alat evaluasi yang praktis [23]. Dalam penelitian AR, karakteristik tersebut membuat SUS sesuai untuk mengukur persepsi usability awal tanpa membebani responden secara berlebihan [22, 23].

Butir-butir pada SUS digunakan untuk menangkap beberapa indikator penting, seperti persepsi terhadap kompleksitas sistem, kemudahan penggunaan, kebutuhan akan bantuan teknis, konsistensi fungsi, kemudahan belajar, serta tingkat kepercayaan diri pengguna saat berinteraksi dengan sistem [22, 29]. Secara umum, item ganjil pada SUS merepresentasikan pernyataan positif terhadap sistem, sedangkan item genap merepresentasikan pernyataan negatif yang berfungsi sebagai penyeimbang penilaian [29]. Penyajian butir tersebut penting pada landasan teori karena menjelaskan apa yang benar-benar diukur oleh instrumen, bukan hanya bagaimana skor akhir dihitung. Oleh sebab itu, rincian pernyataan SUS yang relevan dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 [22].

Tabel 2.1 Butir Pernyataan *System usability Scale* (SUS)

No.	Pernyataan SUS	Jenis Item
1	Saya merasa akan menggunakan aplikasi ini secara sering.	Positif
2	Saya merasa aplikasi ini rumit untuk digunakan.	Negatif
3	Saya menilai aplikasi ini mudah digunakan.	Positif
4	Saya membutuhkan bantuan teknis untuk menggunakan aplikasi ini.	Negatif
5	Saya menilai fitur-fitur dalam aplikasi ini berjalan dengan baik.	Positif
6	Saya merasa terdapat terlalu banyak inkonsistensi pada aplikasi ini.	Negatif
7	Saya merasa orang lain akan cepat mempelajari aplikasi ini	Positif
8	Saya merasa aplikasi ini membingungkan.	Negatif
9	Saya merasa percaya diri saat menggunakan aplikasi ini.	Positif
10	Saya merasa perlu belajar banyak terlebih dahulu sebelum menggunakan aplikasi ini.	Negatif

Perhitungan skor SUS dilakukan dengan cara mengurangi nilai jawaban item ganjil dengan 1, sedangkan pada item genap nilai 5 dikurangi dengan jawaban responden, kemudian seluruh hasil konversi dijumlahkan dan dikalikan 2,5 sehingga diperoleh skor akhir pada rentang 0 sampai 100 [22, 29]. Secara matematis, rumus tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

$$SUS = \left[\sum_{i=1,3,5,7,9} (Q_i - 1) + \sum_{j=2,4,6,8,10} (5 - Q_j) \right] \times 2.5 \quad (2.1)$$

Q_i = skor jawaban item ganjil (pernyataan positif)

Q_j = skor jawaban item genap (pernyataan negatif)

Contoh pedoman interpretasi skor SUS yang digunakan dalam penelitian AR dapat dilihat pada Gambar 2.4 [10].



Gambar 2.4 Contoh pedoman interpretasi skor System Usability Scale (SUS)

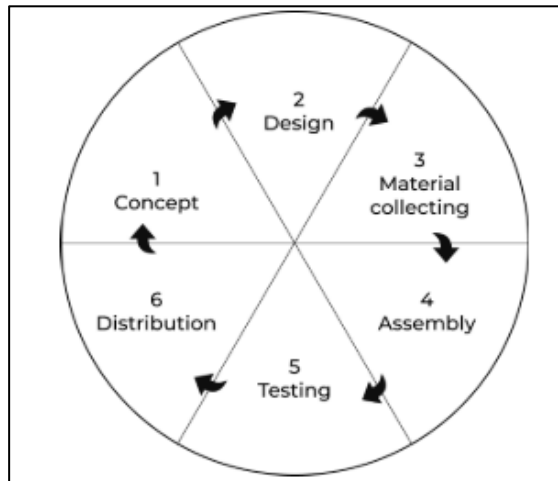
Walaupun skor tersebut bukan persentase langsung, nilainya memberikan ukuran terstandar yang memudahkan peneliti membandingkan usability antar sistem atau antarversi aplikasi [23, 29]. Semakin tinggi skor SUS, semakin baik pula persepsi pengguna terhadap kemudahan dan kenyamanan penggunaan

sistem, sehingga hasil ini dapat dipakai sebagai dasar interpretasi apakah aplikasi berada pada kategori kurang baik, cukup, baik, atau sangat baik [22, 29].

Pada penelitian furnitur berbasis AR, SUS juga telah digunakan untuk mengevaluasi penerimaan aplikasi oleh pengguna akhir [22]. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen tersebut relevan tidak hanya secara teoretis, tetapi juga secara praktis untuk konteks evaluasi visualisasi furnitur berbasis AR [10, 22]. Selain memberikan skor numerik, SUS membantu peneliti membaca persepsi pengguna terhadap kemudahan belajar, konsistensi penggunaan, dan kenyamanan interaksi secara ringkas [23]. Oleh karena itu, SUS dipilih sebagai instrumen utama untuk menilai usability sistem WebAR markerless yang dikembangkan dalam penelitian ini [22, 23].

2.7 Multimedia Development Life Cycle (MDLC)

Multimedia Development Life Cycle (MDLC) merupakan metode pengembangan yang banyak digunakan untuk membangun aplikasi multimedia karena menyediakan alur kerja yang sistematis dari tahap perumusan konsep sampai distribusi produk [21, 30]. Dalam literatur mutakhir, MDLC umumnya dipaparkan melalui enam tahap utama, yaitu concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution, sehingga pengembang dapat mengelola kebutuhan konten, antarmuka, dan fungsi aplikasi secara terstruktur [21, 30]. Kerangka tersebut penting pada aplikasi AR karena pengembang tidak hanya menyusun logika program, tetapi juga harus menyiapkan aset visual, model 3D, media interaktif, dan pengujian pengalaman pengguna dalam satu rangkaian kerja [30]. Dengan demikian, MDLC dipahami sebagai landasan metodologis yang relevan untuk proyek yang berfokus pada integrasi elemen multimedia dan interaksi digital secara utuh [21, 30]. Visual tahapan Multimedia Development Life Cycle (MDLC) dapat dilihat pada Gambar 2.5 [2].



Gambar 2.5 Tahapan Multimedia Development Life Cycle (MDLC)

Kesesuaian MDLC dengan pengembangan AR terlihat pada kemampuan metode ini dalam memisahkan aktivitas konseptual, perancangan, pengumpulan aset, perakitan sistem, dan pengujian menjadi tahapan yang jelas [30]. Pada penelitian promosi furnitur berbasis AR, MDLC telah digunakan untuk menyusun pengembangan aplikasi berbasis web mulai dari identifikasi kebutuhan promosi, penyiapan model produk, sampai evaluasi hasil implementasi [21]. Alur yang bertahap tersebut membantu pengembang memastikan bahwa setiap elemen, seperti model 3D, antarmuka pengguna, serta mekanisme interaksi AR, disiapkan sesuai kebutuhan sebelum aplikasi dipublikasikan [21, 30]. Oleh sebab itu, MDLC tidak hanya berfungsi sebagai urutan pekerjaan, tetapi juga sebagai kerangka kontrol agar pengembangan multimedia tetap terarah dan terdokumentasi dengan baik [30].

Dalam konteks penelitian ini, MDLC relevan karena sistem yang dibangun menggabungkan konten visual furnitur, lingkungan WebAR, interaksi markerless, dan evaluasi usability dalam satu produk digital [21, 30]. Tahap concept digunakan untuk merumuskan tujuan visualisasi furnitur dan kebutuhan pengguna, sedangkan tahap design dan material collecting mendukung penyusunan antarmuka serta penyiapan aset 3D yang akan ditampilkan [30]. Selanjutnya, tahap assembly, testing, dan distribution sesuai untuk menjelaskan proses integrasi fungsi WebAR, uji coba pengalaman penggunaan, dan kesiapan sistem untuk diakses oleh pengguna akhir [21, 30]. Atas dasar itu, MDLC layak

dijadikan landasan teori sekaligus acuan metodologis dalam penelitian pengembangan aplikasi WebAR furnitur ini [21, 30].

2.8 8th Wall Studio

8th Wall Studio dapat dipahami sebagai lingkungan pengembangan WebAR yang berorientasi pada distribusi pengalaman AR langsung melalui browser, sehingga pengguna tidak perlu mengunduh aplikasi native untuk mencoba konten imersif [19, 31, 32]. Literatur ilmiah terkini menempatkan 8th Wall sebagai salah satu platform komersial yang mendukung pembuatan pengalaman WebAR dengan jangkauan lintas perangkat dan fokus pada kemudahan distribusi [31]. Pada konteks penelitian ini, karakteristik tersebut penting karena sistem visualisasi furnitur ditujukan agar dapat diakses cepat melalui perangkat bergerak oleh pengguna umum [18, 19]. Dengan demikian, 8th Wall Studio relevan dijelaskan pada landasan teori sebagai sarana pengembangan yang selaras dengan kebutuhan aksesibilitas dan fleksibilitas WebAR [31, 32].

Dalam survei komprehensif mengenai Augmented Reality, 8th Wall dijelaskan memiliki dukungan terhadap fitur seperti positional tracking, image tracking, anchors, face tracking, light estimation, serta integrasi dengan framework web seperti A-Frame, three.js, Babylon.js, dan PlayCanvas [31]. Temuan ini menunjukkan bahwa 8th Wall tidak hanya berfungsi sebagai editor proyek, tetapi juga sebagai ekosistem pengembangan yang mendukung pembuatan pengalaman AR berbasis web dengan fitur interaksi yang cukup lengkap [31]. Pada studi penerapan WebAR untuk visualisasi konstruksi, platform 8th Wall juga dicatat mampu mendukung visualisasi model secara langsung di browser dan menegaskan nilai praktis WebAR pada kebutuhan visualisasi spasial di lapangan [32]. Oleh karena itu, 8th Wall Studio dapat diposisikan sebagai platform yang relevan untuk penelitian visualisasi furnitur karena mendukung kebutuhan tracking, rendering, dan distribusi pengalaman AR berbasis browser [18, 31, 32].

Kesesuaian 8th Wall Studio dengan topik penelitian ini juga terlihat dari kedekatannya dengan karakteristik aplikasi furnitur, yaitu penempatan objek pada permukaan nyata, pengaturan skala, dan penyajian model 3D secara stabil di perangkat pengguna [18, 32]. Pada penelitian yang mengevaluasi penggunaan 8th Wall untuk visualisasi model bangunan, aspek yang diperhatikan meliputi kemudahan implementasi, kestabilan visualisasi, respons terhadap perintah pengguna, serta fluida tidaknya proses rendering secara waktu nyata [32]. Aspek-aspek tersebut memiliki keterkaitan langsung dengan kebutuhan sistem WebAR markerless untuk furnitur, karena kualitas pengalaman pengguna sangat dipengaruhi oleh kestabilan objek virtual dan kelancaran interaksi [18, 23, 32]. Atas dasar itu, 8th Wall Studio layak digunakan sebagai landasan teori alat pengembangan dalam penelitian ini, selama penjelasannya tetap diletakkan dalam kerangka ilmiah dan didukung oleh sumber paper yang relevan [31, 32].

2.9 Penelitian Terkait

Penelitian terkait yang paling dekat dengan topik ini memperlihatkan bahwa pengembangan AR furnitur telah bergerak dari sekadar visualisasi objek menjadi sistem yang membantu pengguna mengevaluasi kecocokan produk, mengatur tata letak, dan menilai kemudahan penggunaan [6, 7, 13, 22]. Sebagian penelitian menitikberatkan pada penerapan markerless AR untuk katalog atau promosi furnitur, terutama agar objek 3D dapat ditempatkan pada ruang nyata tanpa marker fisik dan dapat dimanipulasi melalui rotasi, skala, atau perubahan posisi [6, 7]. Sebagian penelitian lain menekankan kebutuhan akses berbasis web, pengelolaan aset multimedia, serta penggunaan MDLC agar pengembangan aplikasi AR lebih terarah melalui tahapan concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution [21, 30]. Selain aspek teknis pengembangan, penelitian mengenai AR furnitur juga menunjukkan bahwa evaluasi usability penting dilakukan karena penerimaan pengguna dan kemudahan interaksi menjadi bagian dari keberhasilan sistem visualisasi produk [22, 23, 29]. Ringkasan penelitian yang paling relevan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tabel Penelitian Terkait

Referensi	Teknologi/Metode	Hasil dan Relevansi
[13]	Mengembangkan katalog furnitur 3D interaktif berbasis AR untuk membantu operasi penjualan toko furnitur. Sistem menampilkan daftar produk, objek furnitur 3D, informasi produk, pilihan visual seperti warna, serta interaksi dasar untuk melihat dan menyesuaikan objek dalam ruang.	Penelitian menunjukkan bahwa katalog AR membantu komunikasi produk dan memudahkan calon pembeli memahami bentuk furnitur secara lebih konkret. Relevan sebagai dasar visualisasi furnitur 3D, tetapi belum berfokus pada WebAR markerless, multi-object, kustomisasi warna/material, dan evaluasi usability sebagai fokus utama.
[6]	Mengembangkan katalog furnitur berbasis markerless AR agar objek furnitur virtual dapat ditempatkan pada lingkungan nyata tanpa marker fisik. Penelitian ini juga membandingkan pendekatan markerless dan marker-based untuk melihat kemampuan pelacakan objek pada kondisi pengujian tertentu.	Markerless AR dilaporkan memperoleh akurasi 93,3%, lebih tinggi dibandingkan marker-based sebesar 80,3%. Relevan untuk dasar markerless furniture placement, tetapi belum membahas WebAR multi-object, kustomisasi warna/material, fitur interaksi yang lebih kaya, dan evaluasi SUS pada pengguna non-expert.

Tabel 2.2 Tabel Penelitian Terkait (Lanjutan)

Referensi	Teknologi/Metode	Hasil dan Relevansi
[7]	Mengembangkan aplikasi katalog furnitur mobile berbasis markerless AR dengan fitur pemilihan produk, penempatan objek 3D, translasi atau pemindahan objek, rotasi, dan penskalaan. Pengujian dilakukan berdasarkan intensitas cahaya, jarak kamera, dan sudut kamera terhadap objek.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa AR dipengaruhi kondisi lingkungan, terutama pencahayaan, jarak, dan sudut kamera. Relevan untuk kebutuhan kestabilan visual markerless AR, sedangkan penelitian ini memperluasnya ke WebAR, multi-object, kustomisasi visual, dan pengukuran usability.
[21]	Menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) untuk mengembangkan media promosi furnitur berbasis AR. Tahapan yang digunakan mencakup concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution sehingga pengelolaan aset visual, model 3D, dan fungsi aplikasi dilakukan secara bertahap.	Penelitian menunjukkan bahwa MDLC sesuai digunakan pada proyek multimedia yang melibatkan aset visual dan interaksi AR. Relevan sebagai acuan metodologi pengembangan, terutama pemisahan perancangan aset dan aplikasi, namun penelitian ini mengarahkan MDLC pada WebAR markerless dan evaluasi usability menggunakan SUS.

Tabel 2.2 Tabel Penelitian Terkait (Lanjutan)

Referensi	Teknologi/Metode	Hasil dan Relevansi
[22]	Mengembangkan aplikasi AR untuk mendukung proses pembelian furnitur dan mengevaluasi pengalaman pengguna menggunakan System Usability Scale. Instrumen SUS digunakan melalui 10 butir pernyataan untuk menilai kemudahan penggunaan, kompleksitas, konsistensi, kebutuhan bantuan, dan kepercayaan diri pengguna.	Penelitian memperoleh skor SUS 81,5 dengan kategori excellent, sehingga AR dinilai dapat diterima dengan baik untuk membantu evaluasi produk furnitur. Relevan sebagai acuan evaluasi usability, sedangkan penelitian ini menerapkan SUS pada WebAR markerless dengan multi-object dan kustomisasi warna/material.

Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat dilihat bahwa masing-masing penelitian telah memberi kontribusi pada aspek tertentu, seperti katalog furnitur 3D interaktif, markerless placement, kestabilan visualisasi objek, evaluasi usability, dan alur pengembangan multimedia [6, 7, 13, 22]. Namun, belum banyak penelitian yang secara bersamaan menggabungkan akses WebAR berbasis browser, penempatan furnitur secara markerless, dukungan visualisasi lebih dari satu objek, kustomisasi warna dan material, serta pengukuran usability pada pengguna non-expert dalam satu sistem yang terintegrasi [10, 18, 20, 22]. Kesenjangan tersebut menunjukkan bahwa masih ada ruang penelitian untuk menyatukan sisi teknis visualisasi ruang dan sisi evaluatif pengalaman pengguna secara seimbang, terutama karena visualisasi AR yang baik perlu mempertimbangkan kestabilan rendering, interaksi objek, dan persepsi kemudahan penggunaan [7, 18, 23, 29]. Atas dasar inilah penelitian ini diposisikan untuk melengkapi penelitian terdahulu dengan fokus pada pengembangan aplikasi WebAR markerless furnitur yang mudah diakses, mendukung penataan beberapa objek, dan dievaluasi menggunakan SUS [10, 21, 22, 30].