Integrasi Interactive Architectural Virtual Tour (Iavt) Dan Well-Being Design dalam Evaluasi Kualitas Spasial Hunian

Viola Malta Ramadhani[1]*, Inawati[2], Riana Nurmalasari[3], Sopingi[4], Khairil Anuar bin Bahari[5]
[1-4]Universitas Negeri Malang, Indonesia
[5]Universiti Teknologi MARA Cawangan Pulau Pinang, Malaysia

Corresponding Author's e-mail : *viola.ramadhani.ft@um.ac.id*

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981
ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin
https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada
Vol. 04, No. 10 Oktober, 2026
Page: 7182-7190

DOI:
https://doi.org/10.55681/armada.v4i10.4893

Article History:
Received: Agustus 21, 2026
Revised: September 08, 2026
Accepted: Oktober 19, 2026

Abstract : *Housing quality emerges from interactions between building attributes, indoor environmental conditions, and occupants' responses. However, research integrating interactive virtual technology and well-being design for housing evaluation remains diverse in its focus. This study aims to synthesise literature on both approaches and develop a conceptual framework for housing evaluation. The study adopts a critical narrative review method involving thematic categorisation, critical comparison, and conceptual synthesis of relevant literature. The findings produce an IAVT–Well-Being Design framework linking housing attributes, virtual tour functions, well-being indicators, evaluation evidence, and design implications. The framework is accompanied by a mapping matrix to support the development of housing assessment instruments. This study contributes to developing an evaluation approach that integrates virtual technology and occupant well-being. However, the framework and matrix remain conceptual and therefore require expert validation and empirical testing in actual housing before wider application.*

Keywords : *Interactive Architectural Virtual Tours; Well-Being Design; Housing Quality*

Abstrak : Kualitas hunian terbentuk melalui interaksi antara atribut bangunan, kondisi lingkungan dalam ruang, dan respons penghuni. Namun, kajian mengenai integrasi teknologi virtual interaktif dan *well-being design* untuk evaluasi hunian masih menunjukkan fokus yang beragam. Penelitian ini bertujuan menyintesis literatur terkait kedua pendekatan tersebut dan mengembangkan kerangka konseptual untuk evaluasi hunian. Penelitian menggunakan metode tinjauan naratif kritis melalui pengelompokan tematik, perbandingan kritis, dan sintesis konseptual terhadap literatur yang relevan. Hasil penelitian menghasilkan kerangka IAVT–Well-Being Design yang menghubungkan atribut hunian, fungsi tur virtual, indikator *well-being*, bukti evaluasi, dan implikasi desain. Kerangka tersebut dilengkapi matriks pemetaan sebagai dasar pengembangan instrumen penilaian hunian. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan pendekatan evaluasi hunian yang mengintegrasikan teknologi virtual dan kesejahteraan penghuni. Namun, kerangka dan matriks yang dihasilkan masih bersifat konseptual sehingga memerlukan validasi ahli dan pengujian empiris pada hunian nyata sebelum diterapkan secara luas.

Kata Kunci : Tur Virtual Arsitektur; Well-Being Design; Kualitas Hunian

PENDAHULUAN

Kualitas spasial hunian dipersepsikan oleh penghuni berdasarkan pengalamannya (Ramadhani, 2021). Hal ini tidak hanya berkaitan dengan pemenuhan aspek estetika, fungsi, dan karakteristik fisik bangunan. Kualitas hunian perlu dipahami sebagai hasil interaksi antara atribut fisik bangunan, kondisi lingkungan dalam ruang, dan respons subjektif pengguna. Pendekatan ini menjadi penting karena ruang yang secara teknis memenuhi persyaratan desain belum tentu memberikan tingkat kenyamanan yang sama bagi setiap individu. Persepsi lingkungan dalam ruang merupakan fenomena multidomain yang melibatkan interaksi antara parameter lingkungan, seperti kondisi termal, visual, akustik, dan kualitas udara, dengan pengalaman pengguna (Schweiker et al., 2020). Perkembangan teknologi representasi digital memberikan peluang untuk memperluas pendekatan evaluasi desain arsitektur. Virtual Reality (VR) merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan sebagai desain eksperimen (design of experiments) dan machine learning untuk memprediksi pengalaman di lingkungan virtual (Zhang et al., 2022). Perkembangan teknologi representasi digital telah memperluas pendekatan yang digunakan dalam komunikasi dan evaluasi desain hunian (Zhang et al., 2020). Potensi mixed reality melalui model tiga dimensi statis untuk merepresentasikan gambar dua dimensi dapat dilengkapi dengan panorama 360 derajat serta lingkungan virtual interaktif yang memungkinkan eksplorasi ruang dari berbagai posisi pengamatan (Osorto Carrasco & Chen, 2021). Lingkungan virtual imersif yang mendukung persepsi tiga dimensi dan pengalaman kehadiran pengguna (presence) dapat membantu proses design review (Paes et al., 2021). Terdapat delapan klasifikasi fungsi aplikasi VR untuk design review, yaitu input, representation, navigation, manipulation, collaboration, editing, creation, dan output (Horvat et al., 2022). Dalam konteks penelitian ini, temuan tersebut menjadi dasar untuk memosisikan Interactive Architectural Virtual Tour (IAVT) sebagai pendekatan konseptual yang menggabungkan eksplorasi spasial interaktif dengan penyajian informasi atribut hunian serta mekanisme evaluasi kualitas ruang. Integrasi aliran informasi Building Information Modelling (BIM) dengan teknologi AR/VR juga berpotensi mendukung pemanfaatan informasi bangunan dalam lingkungan virtual (Schiavi et al., 2022; Safikhani et al., 2022).

Pemanfaatan lingkungan virtual untuk mengkaji persepsi pengguna juga telah berkembang pada berbagai aspek kualitas lingkungan di ruang (Horvat et al., 2022). Di sisi lain, Vittori et al. (2021) mengkaji hubungan antara respons termal subjektif dan representasi visual melalui integrasi BIM dan VR, sedangkan Alamirah et al. (2022) meninjau perangkat dan aplikasi lingkungan virtual imersif untuk penelitian kenyamanan penghuni, sedangkan Bernagozzi et al. (2026) meneliti pengaruh kualitas visual interior terhadap persepsi kenyamanan termal dalam lingkungan virtual (Bernagozzi et al., 2026). Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa pengalaman lingkungan binaan saling berkaitan, sehingga penilaian kenyamanan tidak selalu dapat dijelaskan hanya melalui satu parameter fisik. Namun, penilaian perseptual melalui representasi virtual tetap perlu dibedakan dari pengukuran performa di lingkungan nyata, seperti iluminansi, suhu udara, dan parameter kualitas udara.

Atribut visual lainnya, seperti pola pencahayaan dan konfigurasi fasad, juga berkaitan dengan pengalaman ruang. Kajian terhadap respons subjektif dan fisiologis terhadap hal tersebut menunjukkan bahwa karakteristik visual yang dibentuk oleh elemen hunian dapat memengaruhi respons pengguna dalam kondisi eksperimen tertentu (Chamilothori et al., 2019). Sementara itu, atribut desain hunian dapat digunakan untuk mengembangkan model prediksi pengalaman restoratif (Zhang et al., 2022). Temuan tersebut memberikan dasar untuk memasukkan atribut spasial sebagai komponen dalam evaluasi desain yang berorientasi pada kesejahteraan (well-being). Pendekatan Well-Being Design dalam hunian berkaitan dengan kualitas atribut desain yang dapat diamati dan dianalisis, seperti ukuran bukaan, orientasi pandangan, geometri fasad, pencahayaan alami, konfigurasi ruang, serta hubungan dengan elemen alam. Penelitian yang dilakukan oleh Abd-Alhamid et al. (2020) menyebutkan bahwa variasi ukuran jendela berkaitan dengan perbedaan kepuasan pengguna pada lingkungan fisik dan virtual yang diuji (Abd-Alhamid et al., 2020). Posisi pengamat

dalam persepsi kualitas pandangan memegang peranan penting dalam menilai kualitas (Abd-Alhamid et al., 2023). Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa kualitas visual ruang tidak cukup dinilai hanya berdasarkan keberadaan atau dimensi bukaan, tetapi juga perlu mempertimbangkan hubungan antara pengguna, konfigurasi ruang, dan karakter lingkungan yang diamati.

Terdapat hubungan antara karakteristik desain hunian, keberadaan elemen alam, dan kesejahteraan pengguna dalam lingkungan virtual (Ferreira et al., 2025). Kedua penelitian tersebut memperlihatkan relevansi pengembangan evaluasi hunian yang menghubungkan karakteristik fisik ruang dengan pengalaman restoratif dan kesejahteraan pengguna (Well-Being). Penelitian mengenai desain biofilik semakin memperluas kajian lingkungan virtual ke dimensi kesejahteraan yang lebih kompleks. Di Giuseppe et al. (2024) mengidentifikasi penggunaan indikator perseptual, psikologis, fisiologis, dan kognitif dalam penelitian strategi desain biofilik melalui lingkungan virtual imersif (Di Giuseppe et al., 2024). Sementara itu, Flor et al. (2021) mengkaji penerimaan pengguna terhadap kejernihan pandangan melalui representasi virtual pada sistem fasad ETFE. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penilaian kualitas ruang melalui lingkungan virtual dapat mencakup berbagai atribut desain dan respons pengguna, tetapi metode evaluasinya perlu disesuaikan dengan karakteristik indikator yang diteliti (Flor et al., 2021).

Walaupun penelitian mengenai teknologi virtual dan well-being telah berkembang, orientasi kajian terdahulu masih menunjukkan perbedaan fokus. Penelitian teknologi cenderung menekankan fungsi representasi, navigasi, interaksi, dan alur design review, sedangkan penelitian well-being lebih banyak mengkaji respons pengguna terhadap atribut desain dan kondisi lingkungan tertentu. Flor et al. (2021) menyoroti kebutuhan integrasi fungsi dalam aplikasi VR untuk evaluasi desain (Flor et al., 2021), sementara Prabhakaran et al. (2022) mengidentifikasi tantangan implementasi teknologi imersif (Prabhakaran et al., 2022), termasuk interoperabilitas dan keterbatasan integrasi sistem. Hal ini menunjukkan pentingnya hubungan antara informasi bangunan dan teknologi visualisasi digital. Dari sisi evaluasi pengalaman pengguna, Di Giuseppe et al. (2024) dan Ferreira et al. (2025) mengidentifikasi keragaman pendekatan penelitian, indikator, serta instrumen penilaian yang membatasi keterbandingan hasil antarstudi. Kondisi tersebut mengindikasikan perlunya sintesis yang tidak hanya membahas kemampuan teknologi atau respons pengguna secara terpisah, tetapi juga menjelaskan keterkaitan keduanya dalam proses evaluasi hunian.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menjawab tiga pertanyaan penelitian, yaitu: (1) bagaimana karakteristik dan fungsi teknologi virtual interaktif dalam mendukung representasi, eksplorasi, dan evaluasi desain hunian; (2) indikator kualitas spasial dan well-being apa yang relevan untuk evaluasi desain serta bagaimana indikator tersebut dinilai melalui lingkungan virtual; dan (3) bagaimana fungsi IAVT dan indikator well-being dapat diintegrasikan menjadi kerangka konseptual untuk mengevaluasi kualitas spasial hunian. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kerangka konseptual IAVT–Well-Being Design melalui sintesis kritis literatur mengenai teknologi representasi arsitektur dan evaluasi pengalaman pengguna. Kontribusi teoretis penelitian ini terletak pada integrasi kedua kelompok kajian tersebut dalam konteks kualitas spasial hunian. Secara metodologis, penelitian ini mengusulkan matriks pemetaan atribut desain, fungsi IAVT, indikator well-being, dan jenis bukti evaluasi, sedangkan secara praktis kerangka yang dihasilkan dapat menjadi landasan pengembangan instrumen penilaian desain hunian berbasis IAVT. Dengan demikian, kontribusi penelitian diarahkan pada pengembangan struktur evaluasi konseptual yang berorientasi pada pengguna, bukan pada pembuktian efektivitas teknologi yang belum diuji secara empiris.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif melalui metode Critical Narrative Literature Review untuk mengkaji integrasi teknologi virtual interaktif dan Well-Being Design dalam evaluasi kualitas spasial hunian. Literatur dikumpulkan secara bertahap berdasarkan relevansinya terhadap fokus penelitian, meliputi teknologi virtual dalam evaluasi desain arsitektur, atribut kualitas spasial hunian, indoor environmental quality, serta persepsi dan kesejahteraan pengguna. Kajian difokuskan pada artikel jurnal ilmiah yang diterbitkan pada periode 2017–2026. Pemilihan literatur mempertimbangkan kesesuaian substansi, kejelasan pendekatan penelitian, dan kontribusinya dalam

menjelaskan hubungan antara representasi virtual, karakteristik desain hunian, serta respons pengguna. Analisis literatur dilakukan melalui tiga tahap, yaitu klasifikasi tematik, perbandingan kritis, dan sintesis konseptual. Tahap pertama dilakukan dengan mengelompokkan literatur berdasarkan fungsi teknologi virtual, atribut kualitas spasial, dan indikator well-being. Tahap kedua dilakukan dengan membandingkan pendekatan evaluasi, indikator, temuan, serta keterbatasan penelitian terdahulu untuk mengidentifikasi persamaan, perbedaan, dan kesenjangan kajian. Tahap ketiga dilakukan dengan memetakan hubungan antara atribut desain hunian, fungsi Interactive Architectural Virtual Tour (IAVT), indikator well-being, jenis bukti evaluasi, dan implikasi desain. Hasil analisis dirumuskan dalam bentuk matriks sintesis dan kerangka konseptual IAVT–Well-Being Design sebagai pendekatan evaluasi kualitas spasial hunian. Sintesis dilakukan dengan membedakan bukti observasional, penilaian perseptual pengguna, dan data teknis kinerja lingkungan bangunan. Kerangka yang dihasilkan bersifat konseptual dan belum divalidasi secara empiris.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik dan Fungsi Teknologi Virtual dalam Evaluasi Desain Hunian

Pemetaan literatur awal menunjukkan bahwa teknologi virtual dalam bidang hunian berkembang melalui berbagai bentuk representasi dan interaksi. Perbedaan tersebut tidak hanya berkaitan dengan perangkat yang digunakan, tetapi juga memengaruhi cara pengguna mengakses informasi, memahami konfigurasi ruang, dan berinteraksi dengan model desain. Pemanfaatan VR dalam berbagai aktivitas pengembangan lingkungan binaan menunjukkan potensi teknologi virtual dalam mendukung pemahaman dan persepsi spasial pada konteks pengujian tertentu (Zhang et al., 2020; Osorto Carrasco & Chen, 2021; Paes et al., 2021). Secara konseptual, temuan ini menjadi dasar bagi pengembangan IAVT sebagai sarana eksplorasi hunian yang memungkinkan pengguna mengamati karakter ruang melalui interaksi dengan representasi digital. Meskipun demikian, evaluasi desain hunian memerlukan fungsi yang lebih kompleks dibandingkan dengan eksplorasi visual. Dalam konteks IAVT, fungsi representasi dan navigasi dapat mendukung pengamatan konfigurasi ruang, sedangkan fungsi informasi dan dokumentasi dapat diarahkan untuk menghubungkan objek hunian dengan indikator penilaian. Akan tetapi, kemampuan tersebut masih perlu diterjemahkan ke dalam spesifikasi sistem yang sesuai dengan tujuan evaluasi kualitas spasial.

Integrasi teknologi virtual dengan informasi bangunan merupakan aspek lain yang perlu dipertimbangkan (Schiavi et al., 2022; Prabhakaran et al., 2022). Hal tersebut mengindikasikan bahwa keberhasilan pengembangan instrumen evaluasi virtual tidak hanya bergantung pada kualitas visualisasi, tetapi juga pada ketersediaan informasi desain, interoperabilitas, serta kesesuaian fungsi teknologi dengan kebutuhan pengguna. Oleh karena itu, IAVT dalam penelitian ini tidak dipahami sebagai satu perangkat atau platform tertentu, melainkan sebagai pendekatan konseptual yang mengintegrasikan fungsi eksplorasi virtual dengan informasi atribut Hunian serta proses penilaian.

Tabel 1. Sintesis fungsi teknologi virtual dan relevansinya terhadap pengembangan IAVT

Fungsi Teknologi	Temuan Literatur	Relevansi Konseptual Bagi IAVT
Representasi spasial	Lingkungan virtual mendukung pemahaman bentuk dan konfigurasi tiga dimensi (Paes et al., 2021).	Visualisasi atribut spasial
Navigasi dan eksplorasi	Navigasi merupakan salah satu fungsi VR untuk design review (Horvat et al., 2022).	Pengamatan ruang dari berbagai posisi
Interaksi dan manipulasi	Fungsi interaksi dan manipulasi mendukung pemeriksaan alternatif desain (Horvat et al., 2022).	Perbandingan alternatif rancangan
Integrasi informasi bangunan	BIM dapat dihubungkan dengan teknologi AR/VR (Schiavi et al., 2022).	Penyajian metadata atribut Hunian

Dokumentasi evaluasi	Fungsi output merupakan bagian dari klasifikasi VR untuk design review (Horvat et al., 2022).	Pencatatan hasil observasi dan penilaian
Interoperabilitas	Integrasi teknologi merupakan salah satu tantangan implementasi (Prabhakaran et al., 2022).	Kebutuhan integrasi data dan antarmuka

Indikator Kualitas Spasial Berorientasi Well-Being Design

Literatur yang dipetakan menunjukkan bahwa kualitas spasial dan pengalaman penghuni dapat dikaji melalui berbagai atribut hunian. Abd-Alhamid et al.(2020) mengkaji kepuasan pengguna terhadap ukuran jendela, sedangkan Abd-Alhamid et al. (2023) membahas hubungan posisi pengamatan, karakter pandangan, dan metode penilaian kualitas view (Abd-Alhamid et al., 2020; Abd-Alhamid et al., 2023). Penelitian tersebut menunjukkan pentingnya hubungan antara konfigurasi elemen bangunan dan pengalaman visual pengguna. Dalam konteks evaluasi desain hunian, atribut seperti ukuran dan posisi bukaan, arah pandang, serta karakter lingkungan luar dapat dijadikan indikator desain yang relevan untuk diamati melalui representasi virtual.

Selain atribut bukaan, kualitas pencahayaan dan karakter visual interior juga memengaruhi respons pengguna. Chamilothori et al. (2019) menunjukkan adanya hubungan antara geometri fasad, pola cahaya matahari, dan respons pengguna dalam eksperimen virtual. Hegazy et al. (2021) membahas perbandingan persepsi kecerahan antara lingkungan nyata dan lingkungan virtual. Kedua penelitian tersebut menunjukkan potensi lingkungan virtual dalam mendukung evaluasi persepsi visual, tetapi juga mengindikasikan pentingnya pengendalian kondisi representasi (Chamilothori et al., 2019; Hegazy et al., 2021). Dengan demikian, pengamatan pencahayaan melalui IAVT dapat diposisikan sebagai evaluasi perseptual atau pemeriksaan karakter visual, bukan sebagai pengganti pengukuran iluminansi maupun analisis silau. Dimensi kenyamanan lingkungan dalam ruang memperluas cakupan evaluasi melampaui aspek visual. Respons pengguna dapat dipengaruhi oleh interaksi beberapa domain lingkungan. Namun, keterbatasan representasi virtual perlu diperhatikan karena tidak semua stimulus fisik dapat direproduksi secara memadai melalui visualisasi digital.

Aspek biofilik dan restoratif juga merupakan bagian penting dalam evaluasi desain hunian yang berorientasi pada well-being (Di Giuseppe et al., 2024). Keberadaan elemen alam, kualitas hubungan visual dengan lingkungan luar, dan karakter ruang yang mendukung pengalaman restoratif merupakan komponen dalam evaluasi desain. Akan tetapi, indikator tersebut harus dibedakan berdasarkan bentuk pengukurannya, karena persepsi restoratif tidak identik dengan bukti perubahan kondisi kesehatan atau kesejahteraan dalam jangka panjang.

Tabel 2. Klasifikasi atribut desain, indikator well-being, dan pendekatan evaluasi

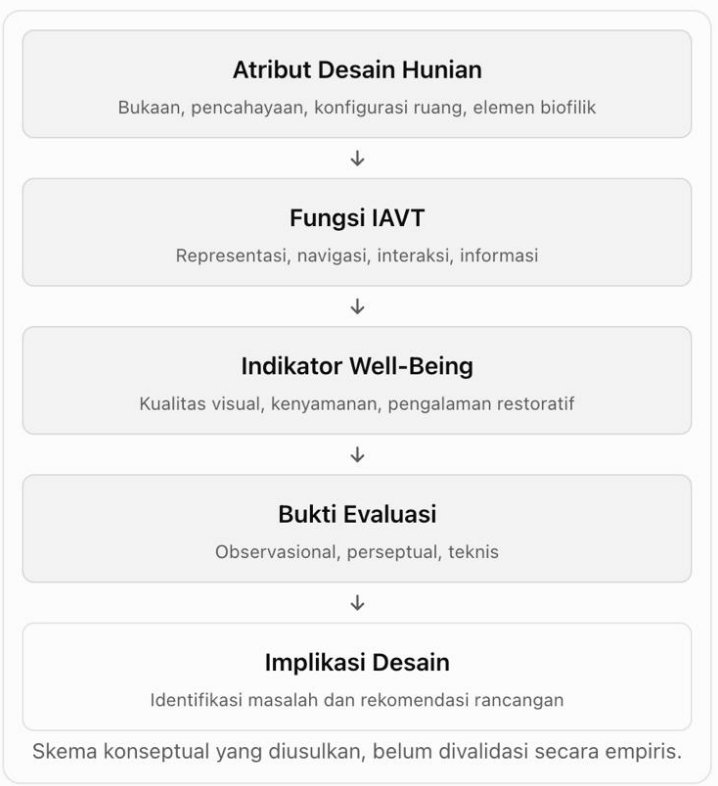
Atribut Hunian	Indikator yang Relevan	Pendekatan Evaluasi	Referensi
Ukuran dan konfigurasi bukaan	Kepuasan visual dan kualitas pandangan	Observasi virtual dan penilaian perseptual	Abd-Alhamid et al. (2023)
Posisi pengamat dan arah pandang	Persepsi kualitas view	Eksplorasi virtual dan penilaian pengguna	Abd-Alhamid et al. (2020)
Geometri fasad dan pola cahaya	Persepsi visual dan respons subjektif	Eksperimen visual virtual	Chamilothori et al. (2019)
Kondisi pencahayaan	Persepsi kecerahan	Simulasi dan penilaian perseptual	Hegazy et al. (2021)
Karakter visual interior	Persepsi kenyamanan termal	Eksperimen perseptual; data termal sebagai pembanding	Vittori et al. (2021); Bernagozzi et al. (2026)
Elemen biofilik	Respons psikologis dan restoratif	Instrumen persepsi dan pengukuran sesuai konstruk	Di Giuseppe et al. (2024)

Lingkungan audiovisual	Persepsi soundscape dan respons fisiologis	Simulasi audiovisual dan instrumen respons pengguna	Ferreira et al. (2025)

Berdasarkan sintesis tersebut, indikator kualitas spasial dapat dikelompokkan ke dalam atribut yang dapat diamati secara visual, atribut yang memerlukan interpretasi atau penilaian pengguna, dan atribut yang membutuhkan informasi kinerja lingkungan. Klasifikasi ini penting karena memungkinkan pengembangan kerangka IAVT yang tidak menyamakan keberadaan representasi digital dengan kemampuan untuk mengukur seluruh dimensi well-being.

Pengembangan Kerangka Konseptual IAVT dengan Well-Being Design

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa penelitian mengenai teknologi virtual dan kualitas spasial yang berorientasi pada well-being masih memiliki perbedaan fokus evaluasi. Kajian teknologi virtual lebih menekankan kemampuan representasi, navigasi, interaksi, dan dukungan terhadap proses evaluasi desain (Paes et al., 2021; Horvat et al., 2022), sedangkan penelitian terkait well-being berfokus pada persepsi pengguna terhadap pencahayaan, kualitas pandangan, kenyamanan lingkungan, dan pengalaman restoratif (Abd-Alhamid et al., 2020; Chamilothori et al., 2019; Zhang et al., 2022). Perbedaan pendekatan dan indikator tersebut menunjukkan perlunya pemetaan yang menghubungkan fungsi teknologi virtual dengan atribut desain hunian, indikator well-being, serta jenis bukti evaluasi yang sesuai. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengusulkan kerangka konseptual IAVT–Well-Being Design sebagai pendekatan terstruktur untuk mendukung evaluasi kualitas spasial hunian.



Gambar 1. Kerangka Konseptual IAVT–Well-Being Design dalam Evaluasi Kualitas Spasial Hunian

Berdasarkan sintesis literatur, penelitian ini mengusulkan kerangka konseptual IAVT–Well-Being Design yang terdiri atas lima komponen, yaitu atribut desain hunian, fungsi IAVT, indikator well-being, jenis bukti evaluasi, dan implikasi desain. Atribut desain meliputi konfigurasi ruang, bukaan, pencahayaan, orientasi pandangan, material, dan elemen biofilik yang dieksplorasi melalui fungsi visualisasi, navigasi, dan interaksi virtual. Penilaian diarahkan pada indikator kualitas visual, kenyamanan, dan pengalaman restoratif dengan mempertimbangkan bukti perseptual maupun teknis

sebagai dasar rekomendasi desain. Hubungan antarkomponen tidak selalu linear karena satu atribut desain dapat berkaitan dengan beberapa indikator dan metode evaluasi. Sebagai contoh, konfigurasi jendela dapat dievaluasi melalui persepsi kualitas pandangan di lingkungan virtual, sedangkan performa pencahayaan alami memerlukan simulasi atau pengukuran teknis. Dengan demikian, kerangka ini berfungsi sebagai struktur evaluasi konseptual, bukan sebagai bukti hubungan kausal antara penggunaan IAVT dan peningkatan kesejahteraan penghuni.

Tabel 3. Usulan matriks integrasi atribut desain–fungsi IAVT–indikator well-being–bukti evaluasi

Atribut Desain	Fungsi IAVT yang Diusulkan	Indikator Well-Being	Bukti Evaluasi yang Diperlukan	Implikasi Desain
Bukaan dan jendela	Navigasi, visualisasi, informasi dimensi	Kepuasan visual, kualitas pandangan	Penilaian perseptual dan data geometri	Evaluasi ukuran, posisi, dan orientasi bukaan
Pencahayaan alami	Representasi visual dan informasi simulasi	Persepsi kecerahan, kenyamanan visual	Penilaian perseptual serta simulasi atau pengukuran pencahayaan	Evaluasi strategi pencahayaan
Konfigurasi ruang	Eksplorasi tiga dimensi dan navigasi	Persepsi ruang dan pengalaman restoratif	Penilaian pengguna dan data spasial	Evaluasi organisasi dan hubungan antarruang
Elemen biofilik	Visualisasi elemen alam dan alternatif desain	Persepsi restoratif dan respons psikologis	Instrumen perseptual atau psikometrik yang sesuai	Evaluasi integrasi elemen alam
Material dan karakter interior	Representasi material dan informasi teknis	Persepsi kualitas visual dan kenyamanan	Observasi visual, penilaian pengguna, data material	Evaluasi alternatif material
Kondisi termal	Informasi desain dan integrasi data lingkungan	Kenyamanan termal	Pengukuran atau simulasi termal serta respons pengguna	Evaluasi strategi kenyamanan termal
Kondisi akustik	Representasi audiovisual jika tersedia	Persepsi lingkungan suara	Penilaian soundscape dan data akustik	Evaluasi kualitas akustik ruang

Matriks yang diusulkan merupakan hasil sintesis konseptual, bukan instrumen yang telah diuji secara empiris. Kerangka IAVT–Well-Being Design menempatkan IAVT sebagai antarmuka untuk eksplorasi dan evaluasi spasial, sedangkan penilaian pengalaman pengguna dan performa fisik bangunan tetap memerlukan instrumen serta data pendukung yang sesuai. Secara teoretis, kerangka ini mengintegrasikan teknologi representasi arsitektur dengan evaluasi kualitas spasial yang berorientasi pada well-being. Secara metodologis, matriks tersebut menjadi dasar pengembangan fitur IAVT dan prosedur penilaian dengan membedakan bukti observasional, perseptual, dan teknis. Namun, penerapannya masih memerlukan validasi ahli, pengujian instrumen, dan implementasi empiris.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kajian ini menunjukkan bahwa teknologi virtual interaktif memiliki potensi untuk mendukung representasi, eksplorasi, dan pemeriksaan desain hunian melalui fungsi navigasi, interaksi, pengelolaan informasi, serta dokumentasi evaluasi. Namun, kemampuan visualisasi dan eksplorasi ruang tidak secara otomatis menjadikan teknologi virtual sebagai instrumen untuk menilai kualitas

hunian. Pengembangan IAVT memerlukan keterkaitan antara fungsi teknologi, atribut desain, indikator evaluasi, dan jenis bukti yang digunakan.

Sintesis literatur menunjukkan bahwa kualitas spasial yang berorientasi pada well-being berkaitan dengan atribut desain seperti konfigurasi bukaan, kualitas pandangan, pencahayaan, karakter ruang, dan elemen biofilik. Evaluasinya melibatkan indikator perseptual, pengalaman restoratif, serta parameter kinerja lingkungan yang memerlukan metode penilaian yang berbeda-beda. Oleh karena itu, penggunaan lingkungan virtual perlu membedakan antara bukti observasional, respons subjektif pengguna, dan pengukuran teknis bangunan. Berdasarkan sintesis tersebut, penelitian ini mengusulkan kerangka konseptual IAVT–Well-Being Design yang mengintegrasikan lima komponen utama, yaitu atribut desain hunian, fungsi IAVT, indikator well-being, jenis bukti evaluasi, dan implikasi desain. Kerangka ini memberikan kontribusi teoretis melalui integrasi kajian teknologi virtual dan evaluasi kualitas spasial, kontribusi metodologis melalui matriks pemetaan atribut–fungsi–indikator–bukti, serta kontribusi praktis sebagai landasan pengembangan instrumen penilaian desain berbasis IAVT. Sebagai kerangka konseptual berbasis sintesis literatur, pengembangan selanjutnya diarahkan pada validasi ahli, pengujian instrumen, dan penerapan dalam konteks hunian yang nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Malang atas dukungan dan pendanaan penelitian melalui Program Penelitian Internal Universitas Negeri Malang, sumber dana PNBP Non-APBN Tahun Anggaran 2026, Skema Inovasi Pembelajaran (INOBEL) dengan nomor kontrak 13.4.278/UN32/KP/2026.

DAFTAR PUSTAKA

Abd-Alhamid, F., Kent, M., Calautit, J., & Wu, Y. (2020). Evaluating the impact of viewing location on view perception using a virtual environment. *Building and Environment*, *180*, 106932. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106932

Abd-Alhamid, F., Kent, M., & Wu, Y. (2023). Quantifying window view quality: A review on view perception assessment and representation methods. *Building and Environment*, *227(2)*, 109742. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109742

Alamirah, H., Schweiker, M., & Azar, E. (2022). Immersive virtual environments for occupant comfort and adaptive behavior research: A comprehensive review of tools and applications. *Building and Environment*, *207*, 108396. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108396

Bernagozzi, M., Siagkri, R., & Picco, M. (2026). A virtual reality study on the influence of indoor visual quality on thermal comfort perception. *Building and Environment*, *306*, 115372. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2026.115372

Chamilothori, K., Chinazzo, G., Rodrigues, J., Dan-Glauser, E. S., Wienold, J., & Andersen, M. (2019). Subjective and physiological responses to façade and sunlight pattern geometry in virtual reality. *Building and Environment*, *150*, 144–155. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.01.009

Di Giuseppe, E., Marcelli, L., Latini, A., & D'Orazio, M. (2024). Evaluating biophilic design strategies in immersive virtual indoor environments: A systematic review on the implications for building occupants. *Journal of Building Engineering*, *98*, 111127. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.111127

Ferreira, C. P., Latorre, P., & Nieto-Escamez, F. A. (2025). Impact of nature and architectural design in virtual residential spaces and urban settings on human mental health and well-being: A systematic review. *Journal of Environmental Psychology*, *108*, 102821. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2025.102821

Flor, J. F., Aburas, M., Abd-AlHamid, F., & Wu, Y. (2021). Virtual reality as a tool for evaluating user acceptance of view clarity through ETFE double-skin façades. *Energy and Buildings*, *231*, 110554. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110554

Hegazy, M., Ichiriyama, K., Yasufuku, K., & Abe, H. (2021). Comparing daylight brightness perception in real and immersive virtual environments using perceptual light maps. *Automation in Construction*, *131*, 103898. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103898

Horvat, N., Kunnen, S., Štorga, M., Nagarajah, A., & Škec, S. (2022). Immersive virtual reality applications for design reviews: Systematic literature review and classification scheme for functionalities. *Advanced Engineering Informatics*, *54*, 101760. https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101760

Osorto Carrasco, M. D., & Chen, P. H. (2021). Application of mixed reality for improving architectural design comprehension effectiveness. *Automation in Construction*, *126*, 103677. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103677

Paes, D., Irizarry, J., & Pujoni, D. (2021). An evidence of cognitive benefits from immersive design review: Comparing three-dimensional perception and presence between immersive and non-immersive virtual environments. *Automation in Construction*, *130*, 103849. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103849

Prabhakaran, A., Mahamadu, A. M., & Mahdjoubi, L. (2022). Understanding the challenges of immersive technology use in the architecture and construction industry: A systematic review. *Automation in Construction*, *137*, 104228. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104228

Ramadhani, V. M. (2021). Preferensi pilihan jenis hunian berdasarkan perilaku belanja Generasi Z. *Pawon: Jurnal Arsitektur*, *5(2)*, 223–238. https://doi.org/10.36040/pawon.v5i2.3672

Safikhani, S., Keller, S., Schweiger, G., & Pirker, J. (2022). Immersive virtual reality for extending the potential of building information modeling in architecture, engineering, and construction sector: Systematic review. *International Journal of Digital Earth*, *15(1)*, 503–526. https://doi.org/10.1080/17538947.2022.2038291

Schiavi, B., Havard, V., Beddiar, K., & Baudry, D. (2022). BIM data flow architecture with AR/VR technologies: Use cases in architecture, engineering and construction. *Automation in Construction*, *134*, 104054. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104054

Schweiker, M., Ampatzi, E., Andargie, M. S., Andersen, R. K., Azar, E., Barthelmes, V. M., Berger, C., Bourikas, L., Carlucci, S., Chinazzo, G., Edappilly, L. P., Favero, M., Gauthier, S., Jamrozik, A., Kane, M., Mahdavi, A., Piselli, C., Pisello, A. L., Roetzel, A., … Zhang, S. (2020). Review of multi-domain approaches to indoor environmental perception and behaviour. *Building and Environment*, *176*, 106804. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106804

Vittori, F., Pigliautile, I., & Pisello, A. L. (2021). Subjective thermal response driving indoor comfort perception: A novel experimental analysis coupling building information modelling and virtual reality. *Journal of Building Engineering*, *41*, 102368. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102368

Zhang, Y., Liu, H., Kang, S. C., & Al-Hussein, M. (2020). Virtual reality applications for the built environment: Research trends and opportunities. *Automation in Construction*, *118*, 103311. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103311

Zhang, Y., Xiao, B., Al-Hussein, M., & Li, X. (2022). Prediction of human restorative experience for human-centered residential architecture design: A non-immersive VR–DOE-based machine learning method. *Automation in Construction*, *136*, 104189. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104189