

**PERBANDINGAN USER EXPERIENCE 3D ENGINE SKETCHFAB DAN
UNITY DALAM VISUALISASI RUMAH**

TUGAS AKHIR



**DANIEL NICO SEBASTIAN
NIM: 311910005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI DAN DESAIN
UNIVERSITAS MA CHUNG
MALANG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN USER EXPERIENCE 3D ENGINE SKETCHFAB DAN UNITY DALAM VISUALISASI RUMAH

Oleh:

DANIEL NICO SEBASTIAN
311910005

dari:

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI DAN DESAIN
UNIVERSITAS MA CHUNG

Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,

Paulus Lucky Tirma Irawan, S.Kom., MT.
NIP. 20100005

Ir. Oesman Hendra Kelana, M.Div., M.Cs.
NIP. 20110022

Dekan Fakultas Teknologi dan Desain

Dr. Eng. Romy Budhi, ST., MT.
NIP. 20070035

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan *“Perbandingan User Experience 3d Engine Sketchfab Dan Unity Dalam Visualisasi Rumah”* adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 20 Oktober 2023

Daniel Nico Sebastian

PERBANDINGAN USER EXPERIENCE 3D ENGINE SKETCHFAB DAN UNITY DALMA VISUALISASI

Daniel Nico Sebastian, Paulus Lucky Tirma Irawan, Oesman Hendra Kelana

Universitas Ma Chung

Abstrak

Proses marketing sering menggunakan video dan gambar untuk memberikan visualisasi rumah yang bisa dibeli oleh pelanggan. Metode ini memiliki kelemahan bahwa pelanggan belum tentu dapat mengerti tata ruang sebuah rumah. Untuk menangani hal ini, pihak pengembang membangun sebuah rumah contoh untuk dapat dikunjungi. Tetapi solusi ini memiliki kelemahan baya yang tinggi serta jarak jauh bagi pembeli di luar kota atau pulau. Untuk menganggulangi masalah ini, dikembangkan teknologi *Virtual Reality*.

Teknologi VR ini memerlukan aplikasi penunjang antara lain 3D modelling software dan 3D Engine. Terdapat berbagai jenis 3D Engine berdasarkan fungsi, tools, plugin, dan persyaratan minimum dari sebuah komputer. Untuk menentukan 3D Engine yang lebih baik dalam memberikan *user Experience* diperlukan quisioner. Quisioner secara umum dapat bersifat subjektif sehingga membuat penilaian sebuah model tidak akurat. Terdapat salah satu quisioner yang dapat mengukur kualitas UX secara akurat bernama *User Experience Questionnaire*. UEQ berisi 26 pertanyaan yang akan menilai *user experience* sebuah model berdasarkan enam karakteristik dari sebuah UX. Enam karakteristik tersebut adalah *attractiveness, perspicuity, efficiency, dependability, stimulation, and novelty*.

Peneliti membuat 3D model dari dua rumah menggunakan *modelling software*. Setelah 3D model terbentuk, model akan dimasukkan ke dalam 3D Engine Unity dan Sketchfab dan dipublish. Hasil render dari kedua Engine tidak memiliki perbedaan yang signifikan. 10 relawan akan menggunakan HMD untuk menguji tiap Engine. Setelah uji coba selesai, relawan akan mengisi quisioner UEQ. Peneliti memasukkan data yang telah diberikan ke dalam Excel yang disediakan oleh Martin Schrepp sebagai perancang UEQ. Setelah data diolah, terlihat bahwa Unity memiliki keunggulan dalam sisi *attractiveness, dependability, and stimulation*. Unity memiliki keunggulan dengan perbedaan rata-rata sebesar 7% ketika dibandingkan dengan Sketchfab. Dapat disimpulkan bahwa 3D Engine Sketchfab dan Unity tidak memiliki perbedaan yang signifikan sehingga para *developer* yang ingin membuat 3D *project* dengan VR dapat memilih salah satu dari 3D Engine yang ada berdasarkan daya komputasi yang dimiliki.

Kata Kunci: *Virtual Reality, User Experience Questionnaire, 3D Engine, Sketchfab, Unity*

PERBANDINGAN USER EXPERIENCE 3D ENGINE SKETCHFAB DAN UNITY DALMA VISUALISASI

Daniel Nico Sebastian, Paulus Lucky Tirma Irawan, Oesman Hendra Kelana
Universitas Ma Chung

Abstract

The marketing process often relies on videos and images to provide customers with a visualization of houses available for purchase. However, this method has a drawback in that customers may not necessarily comprehend the layout of a house. To address this issue, developers build a sample house that can be visited. However, this solution has significant drawbacks, particularly for buyers from outside the city or on different islands. To overcome this problem, Virtual Reality (VR) technology has been developed.

VR technology requires supporting applications such as 3D modeling software and 3D engines. There are various types of 3D engines based on their functions, tools, plugins, and minimum computer requirements. To determine which 3D engine provides a better user experience, a questionnaire is needed. Questionnaires are generally subjective, which can lead to inaccurate model assessments. One of the questionnaires that can accurately measure UX quality is called the User Experience Questionnaire (UEQ). The UEQ consists of 26 questions that assess the user experience of a model based on six characteristics of UX: attractiveness, perspicuity, efficiency, dependability, stimulation, and novelty.

The researcher created 3D models of two houses using modeling software. After forming the 3D models, they were imported into 3D engines Unity and Sketchfab and published. The rendered results from both engines showed no significant differences. Ten volunteers used head-mounted displays (HMD) to test each engine. After the trials were completed, the volunteers filled out the UEQ questionnaire. The researcher input the data provided into Excel, provided by Martin Schrepp, the designer of UEQ. After processing the data, it was observed that Unity excelled in terms of attractiveness, dependability, and stimulation, with an average difference of 7% compared to Sketchfab. In conclusion, there is no significant difference between the 3D engines Sketchfab and Unity, so developers looking to create 3D projects with VR can choose either one based on their computer's computing power.

Keyword: *Virtual Reality, User Experience Questionnaire, 3D Engine, Sketchfab, Unity*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjangkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya. Laporan ini menjelaskan mengenai hasil proyek Tugas Akhir yang sudah dikerjakan.

Pada kesempatan ini, banyak ucapan terima kasih diucapkan kepada pihak-pihak yang telah membantu selama proses penyelesaian proyek Tugas Akhir, di antaranya :

1. Bapak Dr. Eng. Romy Budhi, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi dan Desain Universitas Ma Chung,
2. Bapak Hendry Setiawan, ST, M.Kom. selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika Universitas Ma Chung
3. Bapak Paulus Lucky Tirma Irawan, S.Kom., MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Oesman Hendra Kelana, M.Div, M.Cs. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir,
4. Bapak Mochamad Subianto, S.Kom., M.Cs. selaku Dosen Pengaji Tugas Akhir,
5. Kedua orang tua dan teman-teman yang telah memberikan dukungan dan semangat selama mengerjakan proyek Tugas Akhir

Semoga laporan ini dapat memberikan gambaran mengenai hasil proyek Tugas Akhir yang sudah dikembangkan. Demikian yang dapat disampaikan, saya ucapan terima kasih.

Malang, 20 Oktober 2023

Daniel Nico Sebastian

Daftar Isi

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
KATA PENGANTAR	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Tabel	xi
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Perumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Luaran Penelitian.....	5
Bab II Tinjauan Pustaka	6
2.1 Virtual Reality (VR).....	6
2.1.1 Meta Quest 2	6
2.2 Modelling Software.....	7
2.2.1 Blender	8
2.2.1.1 Blender Toolbar	10
2.2.2 SketchUp.....	11
2.2.1.2 SketchUp Toolbar	13
2.3 3D Engine	14
2.3.1 Unity.....	16
2.3.2 Unreal Engine.....	18
2.3.3 Sketchfab.....	19
2.4 Kegunaan Virtual Reality.....	21
2.4.1 Edukasi.....	21
2.4.2 Arsitektur	22
2.4.3 Hiburan.....	22
2.5 Penelitian Terdahulu	23
2.5.1 Penggunaan VR dalam Latihan Medis.....	23

2.5.2 Penggunaan Augmented Reality	25
2.5.3 Penggunaan Unity dalam Pembelajaran VR	26
2.5.4 Penggunaan Sketchfab dalam Pembelajaran.....	27
2.5.5 Penggunaan AR dalam Visualisasi Pakaian Wanita	27
2.6 User Experience Questionnaire (UEQ).....	28
Bab III Analisis dan Perancangan Sistem	31
3.1 Alur Penelitian	31
3.2 Analisis Kebutuhan	32
3.2.1 Kebutuhan Pengguna	32
3.2.2 Kebutuhan Peneliti	32
3.3 Menentukan Blueprint Rumah	33
3.4 Membuat 3D model.....	34
3.4.1 Membuat Dinding Rumah.....	34
3.4.2 Mencari Perabotan Rumah.....	36
3.4.3 Merangkai Model Sesuai Floorplan	37
3.5 Tes Aplikasi VR	37
3.5.1 Pencahayaan.....	38
3.5.2 Quesioner UEQ	39
3.6 Publikasi Model	41
Bab IV Hasil dan Pembahasan	43
4.1 Floorplan	43
4.2 Membuat Model 3D	43
4.2.1 Membuat Tembok Akurat	43
4.2.2 Grouping, Lantai, dan Atap.....	45
4.2.3 Edit Group, Lubang Dinding dan Jendela.....	46
4.2.4 Tag.....	48
4.2.5 Component, Besi Atap, Nested Component	50
4.2.6 Edit Objek	52
4.2.7 3D Warehouse	53
4.2.8 Colors and Materials.....	56
4.3 Tes model 3D	57
4.3.1 Sketchfab.....	57
4.3.1.1 Troubleshooting Sketchfab	59
4.3.2 Unity.....	59

4.3.3 Pencahayaan	61
4.4 Hasil Render	61
4.4.1 Sketchfab	61
4.4.2 Unity	63
4.4.3 Perbandingan Tampilan Sketchfab dan Unity	65
4.5 User Experience Questionnaire	66
4.5.1 Target Responden	67
4.5.2 Data Sketchfab	67
4.5.2.1 Transformasi Data Sketchfab	68
4.5.2.2 Benchmark Sketchfab	70
4.5.3 Data Unity	71
4.5.3.1 Transformasi Data Unity	72
4.5.3.2 Benchmark Unity	73
4.6 Perbandingan Data	74
Bab V Kesimpulan dan Saran	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	76
Daftar Pustaka	77

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Gambar interface Blender	8
Gambar 2. 2 Gambar Render Ruangan Menggunakan Blender Cycles.....	9
Gambar 2. 3 Gambar interface SketchUp	12
Gambar 2. 4 Gambar interface Unity	17
Gambar 2. 5 Gambar interface Unreal Engine.....	19
Gambar 2. 6 Interface Sketchfab.....	20
Gambar 2. 7 Interface dari Dataviz	21
Gambar 2. 8 visualisasi pengembang bekerja sama di VR	22
Gambar 2. 9 Gameplay dari Half Life Alyx	23
Gambar 2. 10 Kerucut Pengalaman oleh Edgar Gale	24
Gambar 2. 11 Tampilan rumah 3 dimensi menggunakan AR.....	25
Gambar 2. 12 Tampilan kelas virtual	26
Gambar 2. 13 Tampilan skenario pelantikan kru kapal	27
Gambar 2. 14 Penggunaan Capture pada Visualisasi	28
Gambar 2. 15 Hasil nilai dari skala UEQ.....	30
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	31
Gambar 3. 2 Tipe rumah Hampton	33
Gambar 3. 3 Cabin sederhana Melrose	34
Gambar 3. 4 Dinding sederhana dalam 2D	35
Gambar 3. 5 Dinding sederhana dalam 3D	35
Gambar 3. 6 3D Warehouse berisi 3D model dari perabotan	36
Gambar 3. 7 Sebuah model bangku dari Herman Miller	36
Gambar 3. 8 Meta Quest 2 Perangkat HMD untuk tes aplikasi	37
Gambar 3. 9 Interior dalam VR yang dimasukkan ke dalam Sketchfab...	38
Gambar 3. 10 Pencahayaan menggunakan Sketchfab.....	39
Gambar 3. 12 Model rumah di dalam Sketchfab	42
Gambar 4. 1 Persegi dengan dimensi 20 x 15 kaki	44
Gambar 4. 2 Persegi setelah diberikan Offset tool.....	44
Gambar 4. 3 Lantai cabin dengan ketebalan 4 inchi	46
Gambar 4. 4 Atap cabin dengan ketebalan 8 inchi, panjang 2 kaki.....	46
Gambar 4. 5 Lubang depan cabin untuk pintu	48

Gambar 4. 6 Lubang di sisi kiri cabin untuk jendela	48
Gambar 4. 7 Atap diberikan tag “Roof”.....	49
Gambar 4. 8 Atap menghilang ketika tag roof dimatikan.....	50
Gambar 4. 9 Besi atap sebagai komponen	51
Gambar 4. 10 Setiap besi atap menjadi trapezium.....	52
Gambar 4. 11 Atap menjadi miring.....	52
Gambar 4. 12 Sisi dinding yang hilang sudah terisi	53
Gambar 4. 13 Sebuah kursi produksi Herman Miller	55
Gambar 4. 14 Cabin sudah memiliki interior.....	55
Gambar 4. 15 Cabin yang telah diberikan warna	56
Gambar 4. 16 Tampilan model cabin di dalam Sketchfab	58
Gambar 4. 17 Tampilan model rumah hampton di Sketchfab	58
Gambar 4. 18 Pengaturan skala user di Sketchfab	59
Gambar 4. 19 Tampilan cabin di Sketchfab.....	62
Gambar 4. 20 Tampilan model Hampton di Sketchfab.....	62
Gambar 4. 21 Tampilan menu aplikasi ketiga di Meta Quest 2.....	63
Gambar 4. 22 Tampilan awal sebelum model dimuat.....	63
Gambar 4. 23 Model cabin rumah di dalam Unity.....	64
Gambar 4. 24 Tampilan model rumah Hampton di Unity	64
Gambar 4. 25 Controller muncul di Unity	65
Gambar 4. 26a dan 26b tampilan ruang tamu cabin.....	65
Gambar 4. 27a dan 27b tampilan mini dapur cabin	66
Gambar 4. 28 Pengujian Model	66
Gambar 4. 29 Hasil Benchmark User Experience Sketchfab	70
Gambar 4. 30 Hasil Benchmark User Experience Unity	73
Gambar 4. 31 Bencmark antara Sketchfab dan Unity.....	74

Daftar Tabel

Tabel 3. 1 Quisioner UEQ.....	40
Tabel 4. 1 Tabel data diri responden.....	67
Tabel 4. 2 Tabel data dari responden untuk Engine Sketchfab.....	68
Tabel 4. 3 Konversi data dari responden.....	69
Tabel 4. 4 Tabel data rata-rata berdasarkan aspek user experience	70
Tabel 4. 5 Tabel data dari responden untuk Engine Unity.....	71
Tabel 4. 6 Konversi data dari responden.....	72
Tabel 4. 7 Tabel data rata-rata berdasarkan aspek user experience	73
Tabel 4. 8 Tabel rata-rata skala UEQ dari tiap 3D engine	74

Bab I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Orang awam mengenal kata multimedia sebagai sebuah sarana untuk melihat gambar, menonton video, atau mendengarkan musik. Ketiga media tersebut merupakan bentuk umum dari multimedia yang dikenal secara umum. Ketika multimedia dibahas secara lebih seksama, konsep dari multimedia dapat bervariasi. Seorang jurnalis akan menyatakan bahwa multimedia adalah sarana untuk menyampaikan sebuah kejadian atau cerita. Seorang ahli komputer akan menyatakan bahwa multimedia berisi data baik gambar maupun audio yang bisa diolah menjadi berbagai hal. Contohnya untuk materi belajar untuk sebuah machine learning untuk mempelajari sebuah kategori film (Li et al., 2021).

Kedua contoh dari definisi multimedia di atas mengandung komponen yang sama yaitu suara dan gambar. Kedua komponen ini sudah ada sejak awal berkembangnya multimedia. Pada tahun 1826 tercipta kamera analog pertama untuk gambar, pada tahun 1877 tercipta fonograf pertama untuk suara. Seiring berjalannya waktu, kedua hal ini mulai berkembang menjadi semakin bagus dan tajam. Mulai dari piringan hitam, film kamera, kaset, CD, hingga bentuk digital yang bisa digunakan di *smartphone* (Li et al., 2021). Tujuan dikembangkannya multimedia ini adalah memberikan ransangan visual dan audio kepada orang lain. Semakin tinggi kualitas yang didapat, semakin tinggi tingkat realisasi yang didapatkan.

Salah satu penggunaan multimedia yang paling sering digunakan adalah promosi sebuah rumah atau perumahan. Bentuk yang dipakai cenderung merupakan gambar dalam sebuah brosur atau video dari visualisasi rumah yang dijual (Khoirudin & Murinto, 2018). Brosur sudah digunakan sejak media cetak dapat diakses oleh masyarakat umum, sedangkan video digunakan ketika kamera bisa mencangkup gambar secara bagus dan tidak mahal. Video yang ditampilkan dapat disiarkan dari mana saja dari stan, televisi, hingga internet (Aksu et al., 2018).

Tetapi meskipun dengan adanya video, terkadang calon pembeli masih memiliki kesusahan untuk memahami dimensi serta tata letak rumah yang akan

dibeli. Untuk menanggulangi hal ini, solusi yang sering diberikan oleh pihak developer adalah mengadakan kunjungan ke rumah contoh. Solusi ini pun masih memiliki beberapa kekurangan. Kekurangan pertama adalah terbatasnya lokasi dan jumlah rumah contoh membuat calon pembeli yang berlokasi jauh tidak dapat menikmati solusi tersebut. Kekurangan kedua bagi developer kecil belum tentu dapat bisa membangun rumah contoh terlebih dahulu. Untuk menanggulangi masalah seperti di atas serta sulitnya pemahaman tata ruang, maka developer mulai beralih ke teknologi lain seperti *Augmented Reality*.

Augmented Reality (AR) merupakan sebuah teknologi yang bisa menyatukan dunia maya dan nyata pada saat yang bersamaan. Objek yang akan ditampilkan akan berupa gambaran maya dengan objek lain berupa benda nyata juga ikut tampil (Kristian et al., 2015). Salah satu scenario yang paling sering ditemukan adalah acara berita televisi. Ada seorang pembawa berita berbicara dan akan ditampilkan video secara virtual di sebelah dari pembawa berita tersebut.

Penggunaan AR dalam bidang promosi rumah sudah pernah dilakukan. Pengguna hanya perlu menggunakan *smartphone* untuk *me-scan QR Code* yang ada di sebuah kertas. Ketika tahap *scan* telah dilakukan, akan muncul interior dan eksterior rumah yang dijual. Model rumah tersebut dapat diputar, diperbesar, dan diperkecil sesuai dengan keinginan pengguna. AR dianggap memiliki kapasitas lebih besar untuk memvisualisasikan rumah daripada media gambar atau video. Tetapi kekurangan dari teknologi ini adalah ada beberapa pengguna yang masih belum bisa memahami dimensi rumah yang ada (Bagus, 2020; Kristian et al., 2015). Hal ini terjadi karena AR tidak selalu menggunakan sudut pandang orang pertama. Ada sebuah teknologi baru yang memiliki potensi untuk menanggulangi permasalahan ini bernama *Virtual Reality*.

Virtual Reality merupakan sebuah teknologi di mana seseorang dapat melihat, mendengar, dan berinteraksi dengan sesuatu dalam sudut pandang orang pertama. Semua ini dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat HMD (*Head Mounted Display*). HMD digunakan untuk memberikan simulan kepada pengguna berupa visual dan audio berkualitas tinggi. Oleh karena itu, pengguna VR dapat merasakan imitasi dari dunia nyata (Greengard, 2019). Dikarenakan VR bisa mengimitasi kondisi di dunia nyata, VR sering digunakan untuk pembelajaran dan

pelatihan. Hal ini dilakukan karena adanya penelitian oleh Edgar Gale yang menyatakan bahwa pembelajaran dengan cara melakukannya secara langsung memiliki efektifitas yang lebih tinggi dibandingkan metode membaca atau hanya mendengar.

Sudah banyak penelitian yang dilakukan untuk meneliti efektifitas VR. Salah satunya adalah pelantikan dalam bidang medis. Universitas UCLA (*University of California, Los Angeles*) memiliki sekolah kedokteran di mana tiap siswanya diwajibkan lulus dalam ujian otopsi. Ketika VR digunakan dalam pelantikan, terdapat peningkatan performa siswa medis sebesar 230% (Schreiner, 2022). Penelitian kedua adalah dalam pembelajaran Kimia yang dibuat oleh Jaslin Ikhsan di Universitas Yogyakarta. Ikhsan menggunakan VR untuk mengajar mata pelajaran Kimia. Terdapat peningkatan literasi dan pemahaman siswa mengenai bahan kimia yang telah tercampur (Ikhsan et al., 2020). Dengan adanya pemaparan ini diharapkan pemahaman tata ruang dari pelanggan dapat mengalami peningkatan.

Dalam pengembangan VR, diperlukan aplikasi penunjang antara lain aplikasi modelling seperti Blender, SketchUp, dan AutoCAD. Aplikasi penunjang penting lainnya adalah 3D Engine seperti Unity, Unreal Engine, SketchFab. Aplikasi 3D modelling berguna untuk membangun bentuk, isi, dan warna sebuah rumah. Sedangkan 3D Engine berguna untuk pengguna bisa menggunakan PC atau alat HMD mereka untuk melihat model yang ada. Secara general Engine yang paling sering digunakan adalah Unity. Unity mencangkup banyak konten hiburan, baik platform PC, Console, Mobile, AR, bahkan VR. Video game terkenal yang dikembangkan oleh Unity antara lain seperti *Genshin Impact*, *Cuphead*, *Monument Valley*, dan *Subnautica*. Pada sisi AR, aplikasi yang terkenal adalah *Pokemon GO*. Sedangkan pada sisi VR aplikasi terkenal adalah *Beat Saber* dan *Superhot VR*.

Tetapi salah satu kelemahan yang dimiliki oleh Unity adalah spesifikasi perangkat komputer yang diperlukan untuk menjalankan Unity harus tinggi. Di sisi lain, ada 3D Engine yang tidak membutuhkan spesifikasi tinggi. 3D Engine tersebut adalah Sketchfab. Sketchfab merupakan 3D engine di mana 3D model dapat dilihat di dalam perangkat VR tanpa memerlukan perangkat komputasi tambahan. Oleh karena itu, 3D engine ini cocok untuk para developer yang memiliki PC berspesifikasi rendah yang ingin menunjukkan 3D model dari rumah mereka. Para

pelanggan juga tidak memerlukan PC berspesifikasi tinggi untuk melihat 3D model rumah yang ada. Perlu diketahui bahwa setiap 3D engine memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Baik dalam segi teknis maupun segi hasil render. Untuk menentukan 3D engine yang lebih baik dalam memvisualisasikan 3D model, diperlukan pengujian *User Experience* (UX). Tidak dapat dipungkiri bahwa *User Experience* tiap orang bersifat subjektif. Setiap orang bisa memberikan penilaian yang berbeda-beda dari segi yang berbeda, oleh karena itu uji UX dapat dilakukan dengan metode *Experience Questionnaire* (UEQ) (Schreepp & Hinderks, 2017). UEQ berfungsi untuk menentukan apakah sebuah produk digital memiliki *User Experience* yang baik.

Dengan adanya pemaparan di atas, diperlukan uji *User Experience* menggunakan UEQ untuk menentukan 3D engine yang lebih baik dalam memvisualisasikan 3D model sebuah rumah.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari pemaparan di atas permasalahan yang terjadi adalah penilaian sebuah model masih subjektif dan berbeda-beda. Diperlukan sebuah sarana yang dapat mengukur dan membandingkan performa 3D engine dalam memberikan *user experience*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan difokuskan adalah sebagai berikut:

1. Membuat 3D model dari bangunan dari properti menggunakan aplikasi SketchUp. Membuat minimum 2 tipe rumah yang berbeda.
2. Menggunakan model furniture resmi yang telah dibuat secara 3D, sebanyak 5 buah.
3. Tidak menggunakan plugin LightUp apapun.
4. Semua 3D model rumah akan dijalankan di 3D engine Sketchfab dan Unity.
5. Penilaian performa akan menggunakan UEQ kepada minimal 5 responden.

1. Hasil model akan dijalankan di perangkat HMD Meta Quest 2.

1.4 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil adalah bagaimana mengukur dan membandingkan performa 3D engine dalam memberikan *user experience* visualisasi rumah?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan 3D engine terbaik dalam memberikan *user experience* dalam visualisasi rumah, dengan cara mengukur dan membandingkan performa 3D engine Sketchfab dan Unity.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini:

1. Bagi pengguna, dapat menentukan 3D engine yang terbaik untuk visualisasi 3D model rumah.
2. Bagi Universitas Ma Chung, penelitian ini bisa membantu memberikan referensi untuk penulis lainnya.

1.7 Luaran Penelitian

Luaran dari penelitian ini adalah hasil pengukuran dan perbandingan dalam performa 3D engine untuk memberikan *user experience* visualisasi rumah serta jurnal artikel ilmiah.

Bab II

Tinjauan Pustaka

2.1 *Virtual Reality (VR)*

Virtual Reality merupakan sebuah teknologi di mana seorang pengguna dapat merasakan “realita” di dalam lingkup virtual melalui perangkat VR yang ada. Teknologi ini mereplikasi keadaan sesungguhnya sehingga pengguna bisa merasakan apa yang akan terjadi di lapangan melalui stimulan visual dan audio. Dengan penerapan teknologi ini, dapat diharapkan bahwa pengguna akan memiliki performa yang jauh lebih baik di lapangan.

Konsep dari VR ini sudah ada sejak tahun 1935 yang dicantumkan di sebuah cerita fiksi ilmiah berjudul *Pygmalion's Spectacles*. Pada tahun 1960 konsep VR ini mulai diteliti dan dikembangkan hingga pada tahun 1963 istilah *Head Mounted Display* (HMD), sebuah alat di mana pengguna bisa merasakan ruang lingkup virtual dari keadaan aslinya. Hingga pada tahun 1990-an Nintendo memproduksi HMD pertama bernama Nintendo Virtual Boy yang memberikan para pembeli perangkat tersebut merasakan teknologi VR untuk pertama kali. Tetapi terdapat kekurangan pada perangkat ini di mana layar yang dipakai hanya menggunakan spectrum cahaya merah yang menyebabkan penggunaan dalam kurun waktu yang lama dapat menyebabkan ketidaknyamanan kepada pengguna. Setelah perangkat Nintendo ini dibuat, banyak perangkat-perangkat VR lain yang memiliki performa dan tampilan yang jauh lebih bagus seperti perangkat VR milik HTC, Oculus, dan PlayStation. Dengan berkembangnya perangkat *mobile* seperti *smartphone* pada era sekarang, terdapat juga perangkat VR yang menggunakan *smartphone* saja seperti Google Cupboard VR (Schreiner, 2022).

2.1.1 Meta Quest 2

Meta Quest 2 adalah sebuah HMD yang dikembangkan oleh Meta (dulu adalah Facebook). Meta Quest 2 diumumkan pada 16 September 2020 dan dijual pada 13 Oktober 2020. Meta Quest 2 merupakan produk dari Meta yang memiliki salah satu fungsi menyaingi produk terbaru dari Oculus bernama Oculus Quest 2. Meta Quest 2 memiliki 4 kamera inframerah yang membuat pengguna dari Meta

Quest 2 ini bisa melihat di mana mereka berada ketika mereka sudah melewati batas aman yang telah ditentukan. Meta Quest 2 memiliki 3 jenis koneksi yaitu USB C, Bluetooth, dan Wifi. Perangkat ini menggunakan processor Adreno 650 dengan RAM 6 GB. Terdapat 3 pilihan penyimpanan, yaitu 64 GB, 128 GB, dan 256 GB.

2.2 Modelling Software

Untuk membuat sebuah model 3 dimensi dari sebuah objek, dibutuhkan sebuah software untuk membuat model-model tersebut. Software modelling digunakan oleh banyak pihak seperti arsitektur, perfilman, game, engineering, dan lain-lain. Pada bidang perfilman serta game, Software modelling berguna untuk membangun bentuk dari objek-objek yang membutuhkan CGI (Computer Generated Image). Mulai dari karakter, lokasi, senjata, makanan, minuman, dan lain-lain. Tidak hanya bentuk dari sebuah entitas, aplikasi modelling juga bisa memberikan animasi sederhana seperti animasi berlari, merunduk, dan lain-lain. Animasi ini paling sering digunakan pada video game pada saat pengguna menekan sebuah tombol, maka karakter akan memberikan animasi gerakan yang diinginkan. Bahkan ada beberapa software modelling dapat menggunakan *prompt* berupa perintah dalam bentuk teks atau code untuk menghasilkan gambar seorang developer inginkan.

Pada bidang engineering, seorang insinyur dapat membuat 3d model dari sebuah hal yang dia ingin buat. Mulai dari sebuah alat sederhana seperti sebuah gigi roda hingga yang kompleks seperti rangka mobil. Pada beberapa aplikasi 3D Modelling, developer bisa melihat aerodinamis sebuah benda. Apabila objek yang diinginkan sudah dibuat dan memenuhi standar / keinginan seorang insinyur, objek tersebut bisa dibuat dengan metode 3D printing. 3D printing digunakan karena setiap alat cetak dengan metode ini bisa memberikan hasil yang akurat hingga dalam skala millimeter. Terdapat 2 metode 3D printing yaitu menggunakan filament berupa plastik dan bubuk metal yang dipanaskan dengan laser.

Pada bidang arsitektur, sebelum seorang arsitek dapat membangun sebuah bangunan, mereka perlu mendesainnya. Selain metode menggambar secara manual

menggunakan pena dan alat tulis lain, para arsitek dapat menggunakan software modelling ini. Dari sini arsitek dapat melihat hasil 3 dimensi dari properti yang

ingin mereka dirikan, dari bentuk gedung hingga interior termasuk furnitur yang ada. Bahkan beberapa software dapat memberikan hasil pencahayaan sesuai dengan waktu dan lokasi sebuah model ditempatkan.

Terdapat banyak sekali software modelling yang ada di pasaran, semua memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing sesuai dengan kebutuhan seseorang. Contoh-contoh software modelling antara lain Blender, SketchUp, AutoDesk, ZBrush, Modo, Rhino, Sculptris, dan lain-lain. Pada kali ini akan dibahas 2 software bernama Blender dan SketchUp. Blender dan SketchUp memiliki fitur yang jauh berbeda tapi dapat memberikan hasil yang memuaskan. Kedua software ini akan dijadikan contoh dikarenakan keduanya merupakan software yang sering digunakan oleh umum.

2.2.1 Blender

Aplikasi Blender merupakan aplikasi gratis dan bersifat *open source* yang bisa membuat model 3 dimensi. Seluruh prospek 3 dimensi bisa dibuat di Blender, mulai dari modelling, animasi, simulasi, rendering, komposisi, pelacakan gerak, video editing, hingga pembuatan *video game*. Dengan adanya fitur ini, Blender telah digunakan oleh banyak pihak sesuai dengan tujuan mereka masing-masing.



Gambar 2. 1 Gambar interface Blender

(Blender Foundation, 2021)

Pada Gambar 2. 1 terlihat interface Blender memiliki banyak tools dan fungsi. Berikut merupakan fungsi yang tersedia di Blender. Fungsi pertama merupakan 3D Modelling. Blender memiliki tools yang dapat membuat model dari

objek apapun yang diinginkan, mulai dari bentuk properti hingga objek kompleks seperti senjata, kendaraan, dan lain-lain. Tidak hanya objek. Seperti gambar di atas, Blender juga bisa membuat sebuah karakter, baik karakter humanoid maupun bukan.

Fungsi kedua adalah animasi, ketika objek 3D telah dibuat, objek bisa diberikan animasi kepada objek tersebut, dari rotasi, menoleh, berjalan, berlari, hingga memukul dan terbang. Semua ini dapat dilakukan dengan mengganti posisi dari objek yang ada dari frame ke frame. Seperti sebuah video, pada dasarnya animasi merupakan gambar yang berjalan. Pada kasus kali ini, posisi dari objek akan ditempatkan dari frame ke frame. Ketika sebuah animasi sudah selesai, developer bisa mengexport animasi tersebut ke dalam bentuk MP4 atau format lain sesuai dengan kebutuhan seperti perfilman atau pembuatan game untuk animasi gerakan sebuah karakter atau objek ketika sebuah perintah diberikan.

Fungsi ketiga adalah rendering, tidak hanya dapat merender sebuah model 3D dari objek yang ada, Blender juga bisa merender tampilan “realistik” dari objek tersebut dalam 1 frame. Contohnya apabila terdapat *graphic card* yang memiliki performa tinggi, Blender bisa menggunakan fitur Ray-Tracing seperti “Blender Cycles” untuk memberikan tampilan terbaik. Contoh penggunaan “Blender Cycles” dapat dilihat di dalam Gambar 2.2 yang tertera di bawah ini.



Gambar 2. 2 Gambar Render Ruangan Menggunakan Blender Cycles

(Liquid Studio, 2017)

Fungsi keempat merupakan video editing dan VFX. Seorang developer dapat memberikan sebuah efek komputer atau CGI ke sebuah video. Tidak hanya video animasi komputer saja, melainkan ke film yang dambil secara langsung. Ada

beberapa efek seperti efek api, air, dan bahkan efek-efek lainnya yang dapat dimasukkan ke dalam sebuah video berkat Blender. Editor dapat membuat efek

tersebut dari awal atau menggunakan animasi, objek, dan CGI yang telah ada ke dalam video yang ingin diolah.

Fungsi kelima adalah 3D printing. Ketika sebuah model sudah selesai dibuat di dalam Blender, Blender memiliki fitur untuk mengexport 3D model tersebut untuk dapat dimasukkan ke dalam 3D printer. Ketika 3D printer sudah menerima model yang ada, baik 3D printing menggunakan filament maupun serbuk besi dengan laser, objek yang ingin dibuat akan terealisasi dengan keakuratan yang tinggi.

Fungsi selanjutnya adalah scripting dan simulasi. Blender memiliki fungsi scripting untuk memudahkan para programmer untuk membuat sebuah objek. Apabila tidak terdapat keahlian dalam modelling secara manual, Blender dapat menggunakan script, lalu Blender akan membuat model berdasarkan code yang diberikan. Scripting dapat mencangkap bentuk, ukuran, dan jumlah objek yang akan dibuat. Pada fungsi simulasi, yang dijelaskan secara terperinci merupakan simulasi fisika dari sebuah objek. Blender dapat memberikan efek realistik seperti gerakan air, kain, asap, dan lain-lain. Hal ini dapat memudahkan editor atau developer untuk menguji objek yang mereka telah buat.

Blender sering digunakan oleh banyak pihak karena Blender merupakan aplikasi *open-source* di mana setiap orang dapat mengaksesnya tanpa membayar. Dengan banyak fitur dan add-ons yang bisa ditambahkan, Blender dengan cepat bisa menjadi salah satu 3D modelling software yang terkenal.

2.2.1.1 Blender Toolbar

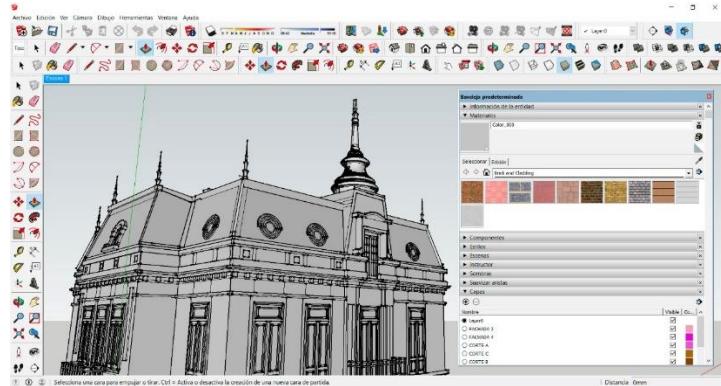
Dalam pembuatan sebuah model, Blender memiliki berbagai tools yang tersedia, berikut merupakan tools umum yang digunakan untuk membuat model-model sederhana hingga kompleks tanpa perlu menambahkan plugin atau addons:

1. Select and Transform Tools: Tool ini berguna untuk memilih sebuah objek serta mengubahnya seperti memindahkannya, merotasi, dan mengubah skala.
2. Add Object: Tool ini berfungsi untuk menambahkan objek-objek dengan bentuk dasar seperti balok, bola, bahkan sebuah teks.

1. Sculpting: Tools ini berfungsi untuk memahat sebuah objek sesuai dengan keinginan. Sebuah bola bisa dijadikan sebuah oval dan menjadi bentuk kepala. Singkatnya, alat ini berfungsi seperti mengubah bentuk sebuah tanah liat.
2. Texture Paint: Tools ini berfungsi untuk memberikan tekstur kepada sebuah objek, contohnya saja sebuah kayu memiliki alur kayu setelah dipotong.
3. Grease Pencil: Tools ini berfungsi untuk memberikan lebih dari 1 gaya goresan kepada sebuah objek. Tool ini mirip seperti yang ada di Paint untuk brush, spray, pencil, dan lain-lain.
4. Measurement: Sesuai dengan namanya, tool ini berfungsi untuk mengukur ukuran sebuah objek.
5. Object Tools: Tool ini berfungsi untuk bekerja dengan objek-objek yang ada. Contohnya untuk menduplikasi, membuat menjadi 1 group, dan lain-lain.
6. Scene Properties: Apabila seorang developer sedang membuat sebuah animasi, developer bisa menggunakan tool ini untuk mengatur hukum fisika yang ada seperti gerak air di dalam gravitasi bumi atau bulan.
7. Output Properties: Tool ini berguna untuk menentukan jenis file, kualitas, dan ukuran dari tipe data yang akan diexport.

2.2.2 SketchUp

Aplikasi SketchUp merupakan 3D Modelling Software yang bersifat partial gratis. Bagi para pemula bisa menggunakan versi gratis dari SketchUp di dalam web, sedangkan para profesional dalam bidang arsitektur dapat menggunakan versi berbayar. SketchUp merupakan software 3D Modelling yang khusus untuk arsitektur. Dikarenakan aplikasi ini diperuntukkan kepada pihak arsitektur, maka SketchUp memiliki integrasi dengan aplikasi arsitektur serupa seperti AutoCAD. Dikarenakan aplikasi ini fokus terhadap arsitektur, maka toolbar dan tampilan *interface* dari SketchUp memiliki tujuan untuk memudahkan para developer dalam bekerja. Seperti yang terlihat di dalam Gambar 2. 3, terdapat banyak toolbar yang tersedia di dalam *interface* yang ada. Semua tool tersebut berasal dari tools *default default* yang disediakan maupun tambahan dari plugin.



Gambar 2. 3 Gambar interface SketchUp

(Dejtiar & Valletta, 2017)

Sesuai dengan paparan di atas, SketchUp memiliki banyak fungsi untuk arsitektur, antara lain 3D Modelling, desain arsitektur, desain interior, perencanaan pemukiman, integrasi Google Earth, 3D Printing, dan Plugin. Fungsi pertama adalah 3D modelling. Sama dengan Blender, SketchUp juga memiliki fungsi pembuatan model 3D untuk sebuah objek. Berbeda dengan Blender, tools yang disediakan oleh SketchUp dalam fungsi ini tidak terlalu banyak. Untuk contohnya, SketchUp tidak memiliki fitur pergerakan rambut karena SketchUp tidak didesain untuk membangun objek manusia. Hal ini juga terjadi karena SketchUp tidak memiliki fitur animasi di mana simulasi fisika tidak dibutuhkan.

Fungsi kedua adalah desain arsitektur dan interior. Sesuai dengan fungsinya, SketchUp bisa membuat objek properti baik eksterior maupun interior. Bahkan kedua desain ini bisa digabung menjadi satu. Jadi, ketika *developer* atau *client* ingin melihat sisi luar maupun dalam dari sebuah properti, SketchUp bisa menampilkan keduanya. Fungsi selanjutnya adalah perencanaan pemukiman. Dikarenakan SketchUp bisa membangun objek properti dan lahan, software ini bisa memberikan tampilan bagaimana sebuah wilayah di kota akan tampak apabila sebuah proyek akan dikerjakan. Tiap properti bisa dibuat dengan serentak dengan tool copy atau bisa import model di market model SketchUp bernama 3D Warehouse.

Fungsi selanjutnya adalah integrasi Google Earth. Dalam market 3D Warehouse, terdapat salah satu fitur Geotagging. Fitur tersebut merupakan hasil render atau scan dari objek yang memiliki koordinasi dari map di mana objek itu berada. Misalkan saja ada sebuah 3d model dari menara Eiffel di Paris, apabila

model tersebut sudah diverifikasi dan diberikan geotagging, ada jaminan bahwa model tersebut akurat. Dua fungsi selanjutnya adalah 3D printing dan plugin. Seperti di Blender, SketchUp juga memiliki fitur 3D printing sekaligus plugin / addon. Ketika sebuah objek sudah dibuat model 3 dimensinya, developer memiliki pilihan untuk mencetak model tersebut secara 3 dimensi. Fitur selanjutnya adalah plugin, ada banyak plugin yang tersedia untuk SketchUp, seperti Ray-tracing untuk menampilkan hasil model secara lebih bagus. Ada sebuah plugin resmi dari SketchUp untuk pencahayaan dari dalam ruangan maupun di luar.

2.2.1.2 SketchUp Toolbar

Dalam pembuatan sebuah model properti, SketchUp memiliki berbagai tools yang tersedia, berikut merupakan tools umum yang digunakan untuk membuat model-model properti hingga kompleks tanpa perlu menambahkan plugin atau addons:

1. Select tool: Tool ini berguna untuk memilih sebuah objek, merubah bentuk, ukuran, garis, dan skala dari sebuah objek yang telah dipilih.
2. Line tool: Dalam menggambar sebuah denah atau menambahkan detail dari sebuah objek dapat menggunakan line tool. Line tool juga dapat disertai dengan panjang sebuah garis yang diinginkan dengan cara mengetik sebuah pajang tertentu dengan satuan yang diinginkan.
3. Rectangle tool: Rectangle tool akan membuat sebuah persegi sesuai dengan panjang yang diinginkan.
4. Circle tool: Mirip dengan rectangle tool, tetapi tool ini akan menghasilkan sebuah lingkaran.
5. Push / Pull tool: Tool ini berfungsi untuk menambahkan atau mengurangi ketebalan sebuah objek. Proses pengurangan sebuah objek bisa hingga negatif bahkan menghapus sebagian dari objek yang telah dipilih.
6. Move, Rotate, Scale Tool: Sesuai dengan namanya, tool ini bisa menggerakkan, merotasi, dan mengubah skala dari objek yang dipilih.
7. Offset Tool: Tool ini berguna apabila perlu menambahkan atau mengruangi lebar sebuah objek. Hal ini sering digunakan untuk menentukan ketebalan sebuah tembok rumah.

1. Eraser Tool: Sesuai dengan namanya, Tool ini dapat menghapus garis atau objek yang tidak diinginkan.
2. Paint Bucket Tool: Tool ini berfungsi untuk memberikan warna atau pattern ke sebuah objek yang diinginkan, baik satu sisi maupun secara keseluruhan.
3. 3D Warehouse: 3D Warehouse merupakan sebuah market di mana model dapat dipilih. Setiap model ini memiliki warna, bentuk, dan ukuran yang berbeda-beda. Terdapat beberapa penjual furniture seperti TOTO yang memberikan 3D model dari produk mereka dengan keakuratan ukuran tinggi. Developer juga bisa memberikan 3D model di alam 3D Warehouse ini.
4. Entity Info: Untuk memudahkan pengaturan objek seperti tembok, lantai, atap, furniture, setiap objek bisa diberikan sebuah tag. Apabila tag dimatikan, maka setiap objek yang memiliki tag tersebut bisa tidak tampak untuk sementara. Hal ini dapat memudahkan modifikasi objek lain apabila masih ditemukan kesalahan.

2.3 3D Engine

3D Engine yang lebih sering disebut sebagai game engine merupakan sebuah aplikasi yang digunakan untuk membuat simulasi virtual. 3D engine memiliki fitur komputasi seperti fitur fisika mengenai bagaimana sebuah objek akan berinteraksi dengan objek lain maupun lingkungan di sekitarnya seperti bagaimana molekul air akan bergerak apabila dimasukkan ke beberapa wadah dengan bentuk yang berbeda. Bahkan beberapa 3D Engine dapat menggunakan AI untuk memberikan sifat realisme yang lebih tinggi untuk para pengguna. Dengan adanya fitur seperti ini 3D Engine sering digunakan untuk pembuatan *video game* dengan produk-produk hiburan lainnya seperti film animasi 3 dimensi juga banyak diproduksi (Arie, 2023).

Selain dari fungsi simulasi fisika, 3D Engine memiliki banyak fungsi lain seperti *graphic rendering*, *scene management*, *input handling*, *audio integration*, AI, asset management, rendering techniques, dan lain-lain. *Graphic rendering* pada dasarnya sebuah objek 3D akan dibuat hasil gambar 2 dimensinya. Bisa berupa gambar dari sebuah sisi atau sebuah gambar 360 dari sebuah titik. Hal ini membantu

developer untuk menentukan apakah fitur lain seperti pencahayaan dan bayangan suah bagus atau belum tanpa perlu merender seluruh model sepenuhnya yang dapat menghambat kinerja komputer.

Fungsi kedua berupa *scene management*. Fungsi ini berguna untuk melihat sebuah level atau scene memerlukan asset apa saja. Misalkan saja sebuah level di sebuah area kastil dan area lahan rumput memiliki fungsi dan *environment* yang berbeda. Area rumput memerlukan hukum fisika angina sedangkan di kastil tidak. Fungsi selanjutnya berupa *input handling*. Ketika sedang mengembangkan sebuah game, tanpa perlu merender keseluruhan game yang ada, dapat ditentukan apa yang akan dilakukan sebuah objek atau karakter ketika sebuah tombol ditekan. Mulai dari pergerakan sederhana seperti jatuh, berjalan, berlari, hingga yang kompleks seperti memukul dan terbang.

Fungsi selanjutnya adalah *audio integration* dan AI. *Audio integration* berguna untuk suara apa saja yang akan muncul ketika sebuah momen terjadi. Misalkan saja ketika 2 pedang saling bersentuhan secara keras, maka otomatis akan ada suara besi berdentang yang muncul. AI di dalam 3D engine berguna untuk perilaku sebuah objek, terutama perilaku musuh dalam sebuah game action. Di sini developer bisa menentukan tingkat kepintaran, cara bergerak, dan perilaku lain dari sebuah AI di dalam game.

Dua Fungsi terakhir adalah *asset management* dan *rendering settings*. *Asset management* berfungsi asset apa saja yang akan diload atau digunakan dalam sebuah scene. Misalkan saja ketika level boss, maka asset boss akan digunakan dan ketika di level pertama, asset boss tidak akan dimunculkan. Untuk *rendering settings*, dapat ditentukan kualitas export dari objek atau program yang diinginkan. Mulai dari detail hingga yang tidak.

Dengan adanya perkembangan *video game* yang relative cepat pada era sekarang, terdapat banyak sekali 3D Engine yang dipasarkan, seperti penggunaan 3D Engine Frostbite untuk permainan Battlefield, Infnity Ward Engine untuk Call of Duty, dan sebagainya. Pada artikel ini akan menggunakan referensi 3D Engine Unity dan Unreal Engine.

2.3.1 Unity

Unity merupakan sebuah 3D Engine yang dikembangkan oleh perusahaan Unity Technologies yang dikeluarkan pada tahun 2005. Unity sudah digunakan untuk pengembangan konten hiburan di perangkat komputer, mobile, dan VR. Engine ini bisa membuat objek-objek baik dalam 2 maupun 3 dimensi. Unity memiliki banyak fungsi selain menjadi game engine. Fungsi tambahan pertama merupakan *cross-platform development*. Fungsi ini berguna untuk para game developer yang ingin membuat game untuk platform PC, PlayStation, Xbox, hingga mobile. Fungsi ini memudahkan para developer untuk menyesuaikan input serta performa tiap device yang telah dibuat oleh Sony, Microsoft, dan lain-lain. Fungsi selanjutnya adalah asset store. Mirip dengan 3D Warehouse milik SketchUp, Unity memiliki market *asset* sendiri di mana para developer bisa membeli atau menjual asset yang mereka miliki. Perbedaan yang dimiliki antara asset store Unity dengan SketchUp adalah adanya animasi di Unity. Fungsi berikutnya adalah fisika dan animasi. Apabila seorang developer tidak memiliki animasi di software lain, maka developer bisa menggunakan fitur animasi yang telah disediakan oleh Unity. Fungsi selanjutnya adalah 2D dan 3D support. Unity tidak hanya bekerja dalam ruang lingkup 3 dimensi, tetapi 2 dimensi juga. Oleh karena itu, terdapat banyak video game 2D yang menggunakan engine Unity.

Fungsi selanjutnya mengenai video game adalah analisa dan monetasi. Ketika sebuah video game hasil dari pengembangan di Unity dijual, Unity dapat digunakan untuk tetap melihat proses penjualan game di berbagai platform seperti Steam, GOG, dan Epic Games. Fitur terakhir yang penting adalah VR support. Apabila developer ingin memiliki fitur VR dalam produk mereka, Unity memiliki fungsi integrasi dengan HMD VR seperti Meta Quest, Oculus, dan HTC. Salah satu kegunaan fitur ini adalah dalam tahap pengembangan, developer bisa melihat produk mereka tanpa perlu merender hingga akhir.



Gambar 2. 4 Gambar *interface* Unity

(Unity Technologies, 2021)

Dalam pengembangan sebuah produk diperlukan berbagai tools. Di dalam Gambar 2. 4 terdapat berbagai tools yang dapat digunakan di dalam Unity. Berikut merupakan list tools yang umum digunakan:

1. File dan Edit Menu: Kedua tools di atas berguna untuk membuat, mengedit, dan merubah nama file yang ada. Pada bagian edit berguna untuk copy, past, find, redo, dan lain-lain.
2. Asset: Tools ini berguna untuk mengatur asset seperti menambahkan folder pribadi untuk beberapa asset yang memiliki 1 golongan, import asset, dan lain-lain.
3. Component: Tools ini berfungsi untuk menentukan hukum fisika sebuah objek seperti air atau kain.
4. Play Mode: Tool ini berfungsi untuk menguji coba video game yang telah dibuat. Dengan tool ini seorang developer tidak perlu merender gamenya hanya untuk menguji 1-2 hal yang baru.
5. Collaborate: Tool ini berfungsi supaya orang lain dapat ekerja di project yang sama dengan akun yang berbeda.
6. Cloud Build: Cloud Build memungkinkan pengembangan sebuah produk dan langsung diupload ke internet. Apabila harus bekerja di perangkat lain, selama email masih sama, maka project akan tetap bisa diakses termasuk asset yang telah diimport.

2.3.2 Unreal Engine

Unreal Engine adalah 3D Engine milik Epic Games yang pertama kali digunakan untuk membuat sebuah *video game* bernama Unreal. Pada awalnya 3D Engine ini digunakan murni hanya untuk pengembangan video game saja, tetapi setelah berjalaninya waktu, 3D Engine ini mulai dikembangkan untuk dapat memproduksi film, arsitektur, otomotif, simulasi, dan visualisasi seperti tata gerak alam dan pencahayaan. Sama seperti Unity, aplikasi Unreal Engine ini dapat membuat produk untuk perangkat komputer, mobile, dan VR. Berikut merupakan fungsi-fungsi umum yang ada di dalam Unreal. Fungsi pertama adalah *cross platform*, sesuai dengan Unity, Unreal juga memiliki fitur untuk developer mengembangkan sebuah produk untuk PC, PlayStation, Xbox, hingga mobile. Fungsi kedua adalah *Blueprint Visual Scripting*. Pada dasarnya, apabila sebuah *game logic* ingin dibuat seperti bagaimana objek bergerak dengan kecepatan tertentu dalam permainan video game, sebuah code harus diberikan untuk mendapatkan hal tersebut. Tetapi fungsi ini memudahkan para *developer* untuk membuat game logic tanpa perlu memberikan code. Fungsi ketiga dan keempat adalah animasi dan AI. Kedua fungsi ini memiliki sifat yang sama persis di Unity di mana animasi dan perilaku AI di dalam Unreal dapat diatur tanpa perlu merender dulu hingga akhir.

Fungsi kelima adalah *Blueprints marketplace*. Perbedaan market ini dengan milik Unity adalah adanya tambahan *market plugin* dan tools tambahan di dalam Unity yang dapat digunakan. Fungsi keenam adalah audio integration. Sama dengan di Unity, audio integration berfungsi untuk suara apa yang muncul ketika terjadi sebuah event. Fitur terakhir yang ada adalah AR/VR integration. Selain Unity, Unreal juga memiliki integrasi AR/VR. Untuk VR, Unreal bisa menghubungkan proyek dengan HMD VR seperti Meta Quest, Oculus, dan lain-lain. Untuk AR, Unreal bisa menghubungkan proyek dengan perangkat mobile yang menggunakan fitur AR untuk gameplaynya seperti Pokemon GO.



Gambar 2. 5 Gambar *interface* Unreal Engine
(Epic Games, 2021)

Mirip dengan Unity, terdapat berbagai Toolbar yang dapat digunakan untuk membantu para developer dalam pengembangan sebuah produk seperti yang tampak di Gambar 2. 5. Tools yang tersedia ada sebagai berikut:

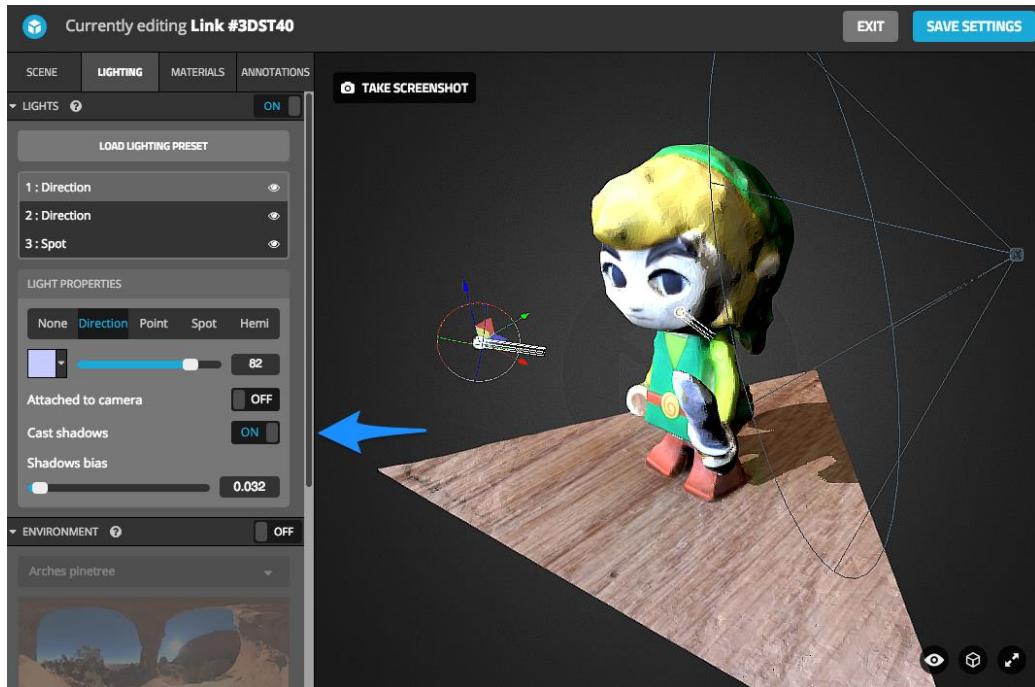
1. Main Menu Bar: Tool ini berfungsi seperti main menu biasa yang terdiri dari file, edit, window, dan lain-lain.
2. Toolbar: Tool ini berfungsi untuk menyimpan project, menentukan sudut pandang, dan lain-lain.
3. Content browser: Tool ini berfungsi untuk mengatur asset-asset yang ada.
4. World Outliner: Ketika asset-asset sudah diimport dan diatur, world outliner berfungsi untuk melihat asset apa saja yang digunakan dalam 1 skenario atau scene.
5. Console log: Sesuai dengan namanya, console log menunjukkan apakah ada yang salah atau tidak dalam projek.

2.3.3 Sketchfab

Ada alternatif lain dalam mengakses 3D model selain Unity dan Unreal, solusi lain tersebut adalah Sketchfab. Sketchfab merupakan platform web di mana para pengguna bisa melihat, mengupload, bahkan membeli sebuah 3D model. Keunggulan Sketchfab adalah tidak perlu menginstall aplikasi apapun, sehingga

pengembangan di dalam Sketchfab terbilang ringan. Terdapat beberapa fungsi Sketchfab antara lain sebagai berikut. Fungsi pertama adalah *3D Model Hosting*, sesuai dengan yang telah dipaparkan di atas, Sketchfab memudahkan orang untuk mengakses 3D model, maka di dalam web ini, tersedia berbagai objek 3D seperti FBX, OBJ, STL, dan lain-lain. Fungsi kedua adalah *annotations* di mana developer bisa memberikan informasi tambahan ke tiap model yang mereka buat dan setiap pengujung bisa melihatnya. Fungsi ketiga adalah *embedding* di mana setiap model yang telah dibeli atau diunduh bisa dimasukkan ke dalam website pribadi, blog, dan lain-lain. Fungsi yang telah dimiliki oleh Unity dan Unreal adalah adanya marketplace dan VR viewing. Fungsi terakhir adalah di dalam marketplace ada opsi di mana hak cipta dapat diberikan atau tidak ke dalam model yang telah dibuat. Apabila model yang memerlukan hak cipta, objek tersebut perlu dibeli terlebih dahulu.

Toolbar yang disediakan oleh Sketchfab hanya berisi dalam proses *pre-processing*. Hal ini hanya berguna untuk tahapan edit terakhir seperti pencahayaan sekitar, background, dan lain-lain. Untuk pengembangan VR, proses ini tidak akan berdampak secara massif karena tidak akan ditampilkan sepenuhnya di perangkat HMD. Tampilan toolbar Sketchfab dapat dilihat di Gambar 2. 6.



Gambar 2. 6 Interface Sketchfab

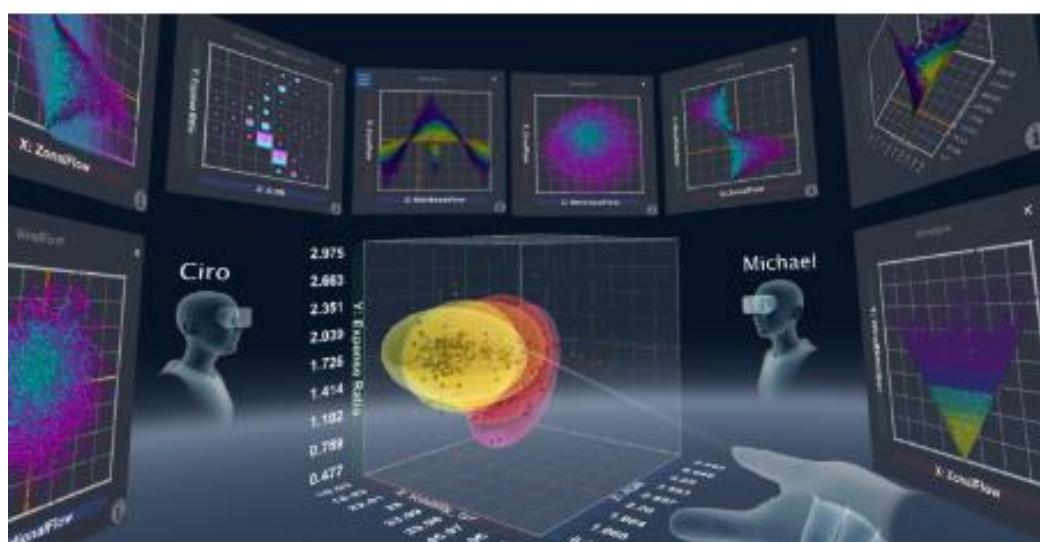
(Bart, 2015)

2.4 Kegunaan *Virtual Reality*

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, diketahui bahwa teknologi Vr memiliki banyak kegunaan. Setiap aspek dari VR ini bisa dikembangkan oleh banyak pihak mulai perusahaan besar hingga pengembang kecil menengah sesuai dengan kebutuhan tiap orang atau instansi. Dengan adanya teknologi perangkat VR yang canggih, setiap dari aspek yang ada bisa dikembangkan lebih lanjut. Oleh karena itu pada laporan ini kegunaan VR akan dibagi menjadi tiga antara lain edukasi, arsitektur, dan hiburan.

2.4.1 Edukasi

Kegunaan VR pada edukasi sudah diimplementasikan sejak lama, terutama pada topik pembelajaran yang memiliki bahan lab yang mahal seperti mata pembelajaran kimia dan biologi. Tidak dapat dipungkiri bahwa tedapat bahan-bahan kimia yang berbahaya apabila dilakukan secara tidak benar. Penggantian peralatan yang rusak juga memerlukan biaya yang tinggi. Dengan adanya VR, para siswa bisa belajar dengan lebih baik dikarenakan para siswa tidak akan kehabisan bahan eksperimen dan tidak akan ada peralatan yang rusak. Contoh dari aplikasi VR untuk kimia adalah Dataviz yang dikembangkan oleh Universitas Illinois pada Gambar 2. 7. Di mana para siswa dapat belajar kimia dan fisika atau penggunaan aplikasi VR Museum of Fine Art untuk para siswa seni (Marr, 2021).



Gambar 2. 7 *Interface* dari Dataviz

(University of Illinois, 2020)

2.4.2 Arsitektur

Kegunaan VR pada arsitektur sudah digunakan beberapa tahun ini oleh para pengembang properti dan vendor pembangunan terutama di Amerika dan Eropa. VR digunakan untuk memberikan visualisasi kepada para arsitek bagaimana kemungkinan besar gedung mereka akan terlihat dari beberapa sudut pandang. Ada juga aplikasi di perangkat VR yang memperbolehkan para pengembang berbicara satu sama lain pada waktu yang sama untuk membahas suatu bangunan maupun ruangan. Dengan adanya fitur ini dan internet, para pengembang bisa mendapatkan kerja sama yang tinggi dengan banyak pihak dengan mengurangi biaya yang tidak perlu seperti biaya perjalanan untuk perwakilan perusahaan dan lain-lain. Tetapi dikarenakan perangkat VR yang masih tergolong mahal, sementara ini para pengembang masih menggunakan VR untuk kepentingan internal dan bukan eksternal. Gambar 2. 8 merupakan visualisasi penggunaan VR dalam proses arsitektur.



Gambar 2. 8 visualisasi pengembang bekerja sama di VR

(Suppunda, 2022)

2.4.3 Hiburan

Kegunaan VR dalam hiburan sudah ada sejak tahun 1990 yang diawali oleh Nintendo sebagai produsen pertama perangkat VR. Dengan berjalananya waktu, perkembangan hiburan terutama game sudah berkembang pesat. Terdapat banyak sekali jenis game yang sudah dikembangkan di dalam VR, dari *action*, olahraga,

horror, *shooter*, *Sandbox RPG*, dan lain-lain. Salah satu yang permainan yang ditunggu-tunggu oleh banyak orang adalah “*Half Life Alyx*” pada Gambar 2. 9. Di mana karakter utama bernama Alyx di dalam dunia fiksi Half Life yang dapat menggunakan senjata dan berjalan mengikuti cerita dari permainan *Half Life* sebelumnya. Dikarenakan permainan ini merupakan seri dari *Half Life* yang dapat menggunakan VR, baik perangkat dari Valve, HTC, Oculus, dan Windows.



Gambar 2. 9 *Gameplay* dari *Half Life Alyx*

(Valve Corporation, 2020)

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini menggunakan teknologi *Virtual Reality* karena didasari oleh penelitian-penelitian terdahulu. *Virtual Reality* memiliki dampak baik untuk berbagai kalangan. Salah satu pihak yang diuntungkan adalah para mahasiswa medis serta pihak yang berhubungan dengan multimedia. Penelitian-penelitian terdahulu akan dijelaskan sebagai berikut.

2.5.1 Penggunaan VR dalam Latihan Medis

James Schreiner meneliti kegunaan VR terutama dalam bidang pembelajaran. Menurut Schreiner teknologi dapat membantu manusia untuk mempelajari banyak hal yang sebelumnya tidak dapat dicapai atau dipelajari sebelumnya. Seperti penggunaan visualisasi pada terbentuknya protein dan sel

tubuh manusia dalam cakupan mikroskopis yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Dikarenakan Schreiner menggunakan HMD, beliau mendalamai pembelajaran dengan metode VRT (*Virtual Reality Technologies*). VRT dapat membantu baik siswa maupun pekerja untuk melakukan latihan berulang-ulang tanpa mengeluarkan sumber daya yang tidak perlu. Hal ini tentu menguntungkan banyak pihak dalam pembelajaran dan pelatihan.

Schreiner juga menyadari daya serap siswa dalam pembelajaran dipengaruhi dengan metode ajar yang diberikan. Hal ini didukung dengan penelitian oleh Edgar Dale mengenai tingkatan daya ingat yang dimiliki oleh tiap siswa berdasarkan metode yang diberikan. Bagan hasil penelitian Edgar Gale ditampilkan pada Gambar 2. 10. Edgar Gale menyatakan bahwa siswa yang belajar dengan metode melakukan akan mengingat hal yang diajar lebih baik daripada siswa yang hanya membaca. Oleh karena itu, Schreiner mengambil keputusan untuk menggunakan VR dalam bidang pembelajarannya.



Gambar 2. 10 Kerucut Pengalaman oleh Edgar Gale

(Schreiner, 2022)

Salah satu pembelajaran yang menggunakan VR adalah di bidang medis. Tiap siswa dalam sekolah medis perlu untuk menjalankan pelatihan otopsi dan operasi bedah kepada pasien sebelum diperbolehkan mempraktekannya di dunia nyata. Pelantikan ini memerlukan biaya yang tinggi karena jasad dan pasien yang

akan dioperasi cenderung mahal dan jarang. Karena kedua hal ini, terjadi kecenderungan siswa medis tidak ingat akan apa yang harus dilakukan karena minimnya latihan secara fisik. Sehingga mengakibatkan kelulusan siswa medis dalam praktik otopsi memiliki tingkat yang rendah.

Ketika universitas UCLA (University of California, Los Angeles) mengimplementasikan VR dalam pelatihan otopsi, terjadi peningkatan kelulusan sebesar 230%. Hal ini menunjukkan bahwa VR sungguh berguna dalam pembelajaran dan pelatihan.

2.5.2 Penggunaan Augmented Reality

Penelitian terdahulu yang mirip dengan metode *Virtual Reality* adalah penggunaan teknologi bernama AR (*Augmented Reality*). Berbeda dengan VR yang menggunakan HMD, AR menggunakan *smartphone* untuk membuat *client* bisa melihat rumah yang ada. Penelitian ini dilakukan oleh Hans Kristian, mahasiswa Ma Chung pada tahun 2016. Dalam penelitiannya, saudara Kristian bisa menampilkan tampilan 3 dimensi dari *smartphone* di mana pengguna bisa melihat desain dari rumah yang ada secara langsung seperti pada Gambar 2. 11. Penggunaan AR ini sudah baik, dan diperlukan pengembangan untuk OS serta penggunaan gerakan tangan pada *smartphone* yang lebih baik. Terdapat penelitian serupa di Universitas Palangkaraya oleh Putu Bagus. Kedua penelitian ini memiliki tata cara penggunaan yang mirip, hanya model rumah saja yang berbeda (Bagus, 2020; Kristian et al., 2015).



Gambar 2. 11 Tampilan rumah 3 dimensi menggunakan AR
(Kristian et al., 2015)

2.5.3 Penggunaan Unity dalam Pembelajaran VR

Penelitian penggunaan Unity dalam pembelajaran VR sudah pernah dilakukan. VR dipercaya dapat meningkatkan daya pikir, kreativitas, bahkan pemikiran kritis yang tinggi. Peneliti Gabriela Gabajova dan rekan-rekannya di Universitas Zilina di Slovakia mengembangkan sebuah kelas virtual menggunakan 3D Engine Unity. Pada penelitian tersebut, semua asset yang telah dibuat akan dimasukkan ke dalam Engine Unity. Setelah semua asset berhasil diimport, maka Gabriella membagi semua asset tersebut menjadi empat kelompok berdasarkan tipe objek, fungsi objek, posisi, dan tingkat prioritas dari objek tersebut. Setelah setiap asset dikategorikan, maka Gabriela menyusun kelas virtual sehingga mirip dengan situs aslinya. Setelah setiap objek dibentuk, *scene* dirender di dalam perangkat *smartphone* dan dimasukkan ke dalam headset. Gambar 2. 12 merupakan tampilan yang akan dilihat oleh seorang pengguna ketika menggunakan perangkat headset yang ada.



Gambar 2. 12 Tampilan kelas virtual

(Gabajova & Matys, 2021)

Ada penelitian lain yang memiliki konsep yang sama dalam pembelajaran. Penelitian ini dilakukan di Universitas of Maryland. Penelitian ini menunjukkan bahwa para siswa yang menjalani pembelajaran menggunakan VR memiliki peningkatan daya ingat sebesar 8.8% (Schreiner, 2022).

2.5.4 Penggunaan Sketchfab dalam Pembelajaran

Pada masa pandemic COVID-19, proses belajar mengajar menjadi terhambat. Para guru dan pihak pengajar lain bergantung pada aplikasi *online meeting* seperti Microsoft Teams, Zoom, Google Meet, dan lain-lain. Aplikasi yang telah disebutkan berperan sebagai pengganti tatap muka antara guru dan siswa. Tetapi metode ini memiliki kelemahan apabila guru harus menjelaskan secara visual dan sarana video belum tentu berfungsi secara optimal dalam pembelajaran.

Peneliti Michael Aristov membantu membuat aplikasi AR dalam menanggulangi hal ini. Michael mengembangkan aplikasi pembelajaran kimia yang dapat memvisualisasikan reaksi kimia yang terjadi. Baik dari atom, molekul, hingga proses seperti pembentukan boron. Michael menggunakan Sketchfab sebagai sarana pembelajaran dapat diakses. Para siswa dapat mengakses aplikasi Sketchfab menggunakan *smartphone* dan dapat memahami materi yang ada secara AR. Gambar 2. 13 merupakan tampilan sebuah *smartphone* yang mengakses aplikasi yang telah dibuat oleh Michael.



Gambar 2. 13 Tampilan skenario pelantikan kru kapal
(Aristov & Berry, 2021)

2.5.5 Penggunaan AR dalam Visualisasi Pakaian Wanita

Selain visualisasi rumah, AR dapat digunakan untuk visualisasi pakaian. Fungsi dari aplikasi AR ini adalah menunjukkan bagaimana sebuah pakaian akan terlihat apabila digunakan oleh seseorang. Aplikasi akan menggunakan *BHW (Bust Waist Hip) Measurement* untuk mengidentifikasi jenis tubuh seorang wanita. Jenis

tubuh wanita terdiri dari jam pasir, apel, linear, dan pear. Setelah jenis tubuh teridentifikasi, aplikasi akan memunculkan secara maya pakaian yang ada di dalam server ke tampilan smartphone seperti pada Gambar 2. 14. Tingkat kepuasan yang dimiliki oleh aplikasi ini adalah 80% dan kemanfaatan fitur AR dalam aplikasi ini sebesar 87% (Mariana et al., 2017).



Gambar 2. 14 Penggunaan Capture pada Visualisasi
(Mariana et al., 2017)

2.6 User Experience Questionnaire (UEQ)

User Experience (UX) merupakan salah satu hal penting yang harus dimiliki oleh setiap produk dan layanan. UX juga salah satu faktor yang paling dicari oleh seseorang, baik orang awam professional. Sesuai dengan namanya, UX berhubungan langsung dengan orang tersebut, maka juga sering dianggap bahwa UX bersifat subjektif. Dikarenakan sifat subjektif, proses pengukuran kualitas dari UX cenderung sulit dilakukan secara akurat. Tetapi dikarenakan UX merupakan hal yang penting, diperlukan sarana pengukuran akurat yang dapat menentukan produk atau layanan mana yang lebih baik (Santoso et al., 2016).

Metode pertama dalam pengukuran sebuah UX dapat menggunakan uji kegunaan. Uji kegunaan memiliki metode di mana para relawan uji UX melakukan berbagai kegiatan untuk menguji mutu dari sebuah produk atau layanan. Metode ini memiliki berbagai kekurangan. Kekurangan pertama adalah metode ini

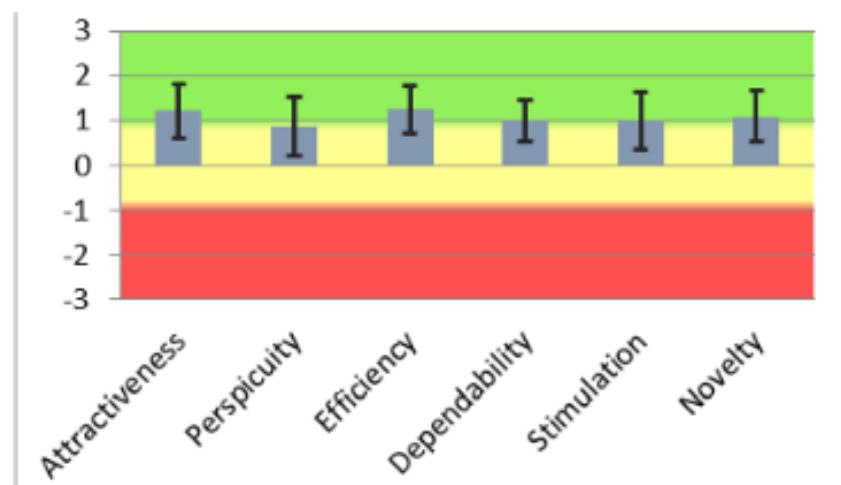
memerlukan perencanaan matang mengenai apa saja yang harus dilakukan untuk menjamin mutu sebuah produk. Terkadang terjadi kesalahan di mana salah satu bahkan beberapa fitur dapat terlewat. Kesulitan lainnya dengan metode ini adalah sampel data yang besar tidak dapat digunakan karena proses evaluasi menggunakan metode ini memerlukan waktu yang banyak bahkan ke sampel kecil sekalipun. Metode kedua adalah menggunakan pendapat ahli mengenai produk yang diuji, tetapi hal ini dapat menimbulkan subjektivitas yang dapat mempengaruhi hasil (Schrepp & Hinderks, 2017). Contohnya saja pada kegiatan lomba memasak internasional. Seorang juri dari Eropa akan cenderung merasa sebuah masakan dari Asia terlalu pedas karena reseptor rasa orang Eropa memiliki sensitivitas tinggi. Tetapi bagi orang Asia yang telah terbiasa dengan rempah akan merasa bahwa pendapat dari juri tersebut bersifat tidak akurat.

Berdasarkan pemaparan di atas, diperlukan sebuah sarana yang dapat mencangkup sampel besar serta tidak memiliki subjektivitas yang tinggi. Quisioner tersebut merupakan *User Experience Questionnaire* (UEQ). UEQ pada awalnya dikembangkan di Jerman dengan 200 variabel yang menentukan kualitas dari sebuah UX. Setelah dikembangkan dan diteliti lebih lanjut, banyak variabel yang dihapus dari daftar variabel yang ada. Sekarang UEQ terbagi menjadi 6 skala serta dibagi menjadi 26 variabel. 6 skala tersebut antara lain:

1. Attractiveness: Kesan keseluruhan produk apakah user menyukainya atau tidak. (annoying / enjoyable;good / bad;unlikable / pleasing;unpleasant / pleasant;attractive / unattractive;friendly / unfriendly)
2. Perspicuity: Apakah user bisa familier dengan produk? Apakah produk mudah dipelajari / dipahami? (not understandable / understandable;easy / difficult to learn;complicated / easy;clear / confusing)
3. Efficiency: Apakah produk bisa digunakan secara efisien? Apakah produk dapat menjalankan user input secara mudah? (fast / slow;inefficient / efficient;impractical / practical;organized / cluttered)
4. Dependability: Apakah user dapat mengendalikan produk dengan mudah? (unpredictable / predictable;obstructive / supportive;secure / not secure;meets expectation/doesn't meet expectations)

1. Stimulation: Apakah produk menyenangkan saat digunakan? (valuable / inferior;boring / exciting;not interesting / interesting;motivating / demotivating)
2. Novelty: Apakah produk dianggap inovatif? (creative / dull;inventive / conventional;usual / leading-edge;conservative / innovative)

Sekarang UEQ memiliki 17 bahasa resmi, salah satunya adalah bahasa Indonesia, Pihak pengembang UEQ telah memberikan manual serta Excel Sheet dalam pengolahan data sehingga pihak yang ingin mengukur sebuah UX tidak perlu untuk menyusun kembali dari awal. Pada skala penilaian dari tiap skala akan diberikan range antara -3 hingga 3. Nilai apapun di atas 0 akan dianggap nilai positif dari aspek sebuah UX. Excel yang telah dibuat serta manual dapat diakses di website mereka di www.ueq-online.org.



Gambar 2. 15 Hasil nilai dari skala UEQ
(Schrepp & Hinderks, 2017)

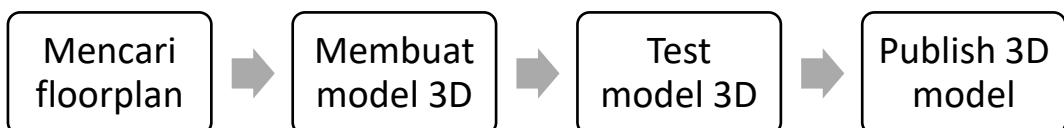
Gambar 2. 15 di atas merupakan hasil penilaian dari dari setiap karakteristik dari sebuah *user experience*. Skala penilaian maksimal antara -3 hingga 3.

Bab III

Analisis dan Perancangan Sistem

3.1 Alur Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan dengan mengembangkan sebuah aplikasi VR yang dibuat menggunakan SketchUp dan Sketchfab. Aplikasi VR tersebut bertujuan untuk mempermudah seseorang memahami ruang lingkup sebuah property dari sudut pandang orang pertama. Gambar 3.1 menunjukkan alur tahapan dari penelitian.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Tahap pertama akan dimulai dengan mencari sebuah *floorplan* properti. Sebuah floorplan tidak harus bergantung pada sebuah perumahan tertentu. Tahapan selanjutnya membuat model 3D. Pada tahapan ini model 3D dari floorplan akan dibuat. Mulai dari dinding, lubang jendela, lubang pintu, lantai, atap, dan lain-lain. Ketika dinding sudah selesai dibuat modelnya, *furniture* bisa dimasukkan ke dalam model rumah seperti lampu, kasur, lemari, meja, kompor, dan lain-lain. Tahapan selanjutnya adalah mengatur pencahayaan. Arah lampu atau matahari serta simulasi bayangan dapat diberikan, baik secara manual atau menggunakan plugin. Pada tahapan ini akan diberikan simulasi bagaimana cahaya akan tampak pada model yang telah dibuat. Tahap keempat adalah menguji model 3D yang ada. Setelah 3D model properti di dalam SketchUp dibuat, model yang ada akan diunggah ke dalam sketchfab. Tahapan ini berfungsi untuk menguji apakah seseorang bisa bergerak bebas di dalam model rumah yang ditentukan. Apabila ujicoba sudah selesai dilakukan, tahapan berikutnya merupakan publish model 3D. Pada tahap ini, client atau calon pembeli bisa mengakses 3D model dari rumah ini melalui VR maupun

dari perangkat lain seperti PC atau mobile. Dengan ini harapan client bisa memahami ruang lingkup sebuah property dapat meningkat.

3.2 Analisis Kebutuhan

Dalam pengembangan 3D model sebuah properti, dibutuhkan perangkat keras dan lunak yang cukup. Perangkat lunak dibutuhkan untuk pembuatan model dan perangkat keras dibutuhkan untuk merender dan menguji model yang ada. Sedangkan pada sisi pengguna, dibutuhkan perangkat keras berupa HMD untuk dapat melihat sebuah model dari sudut pandang pertama.

3.2.1 Kebutuhan Pengguna

Analisa kebutuhan pengguna diperoleh dari tujuan penelitian yaitu hasil pengukuran, perbandingan, dan penentuan 3D engine terbaik untuk visualisasi rumah.

3.2.2 Kebutuhan Peneliti

Berikut merupakan daftar dari perangkat keras dan lunak yang akan digunakan untuk mengembangkan model 3D dalam penelitian ini:

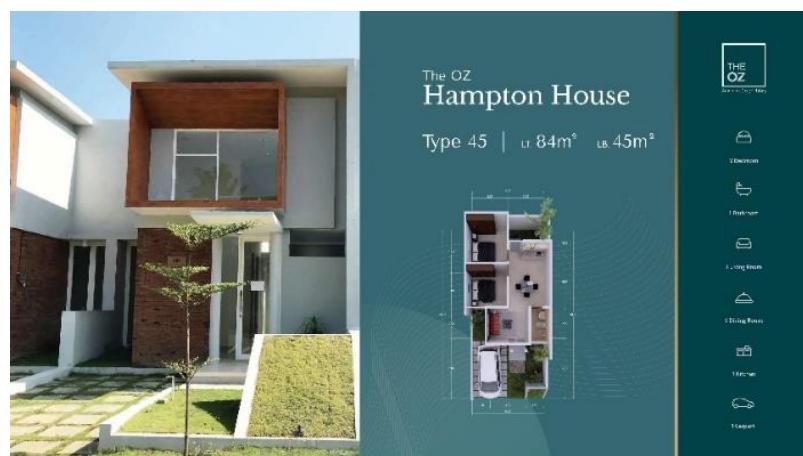
1. Perangkat keras:
 - a. Laptop ASUS X550IK
 - i. Prosesor: AMD FX-9830P Radeon R7 3.00 GHz
 - ii. RAM: 8 GB
 - iii. VGA: Radeon RX 560 Series (4GB) dan Radeon R7 Graphic (2GB)
 - iv. HDD: 1 TB
 - b. Smartphone Xiaomi Mi 11 lite
 - i. Prosesor: Qualcomm SM7150 Snapdragon
 - ii. RAM: 8 GB
 - iii. Operating System: Android 11, MIUI 12
 - iv. Internal storage: 128 GB
2. Perangkat lunak:
 - a. SketchUp

- a. Sketchfab
- b. Unity

3.3 Menentukan *Blueprint* Rumah

Tahapan pertama dari penelitian adalah mencari *blueprint* rumah dari sebuah pihak pengembang perumahan. Terdapat 2 *blueprint* yang akan dipilih, tiap desain yang dipilih memiliki fitur dan ukuran luas yang berbeda. Bagian luar rumah berupa taman dan jalan akan digunakan untuk memberikan perspektif eksterior dan interior rumah sekaligus. Desain pertama yang dipilih merupakan model *Hampton* dari perumahan *The Oz* yang berlokasi di Tidar, Malang. Model rumah *Hampton* dapat dilihat di Gambar 3. 2. Model rumah *Hampton* akan memiliki 1 lantai dengan luas bangunan 45 m^2 . Model *Hampton* memiliki fitur 2 kamar tidur, 1 kamar mandi, ruang tamu, ruang makan, car port, dan taman kecil di belakang. Dikarenakan tidak ada keterangan di dalam floorplan mengenai tinggi tembok, pintu, dan lain-lain, maka standar teknik sipil Indonesia akan digunakan sebagai berikut:

1. Tinggi dinding di dalam rumah: 4 meter
2. Tinggi dinding taman: 1.5 meter
3. Panjang overstek: 1.5 meter
4. Tinggi pintu: 2 meter
5. Tinggi jendela: 1.6 meter
6. Batas antara lantai ke ujung overstek: 2 meter
7. Ketebalan dinding rumah: 10 cm



Gambar 3. 2 Tipe rumah Hampton

(PJM Land, 2019)

Blueprint rumah kedua tidak menggunakan floorplan yang disediakan oleh The Oz. foto dan dimensi yang telah disediakan untuk cabin sederhana dari SketchUp seperti di Gambar 3. 3 akan digunakan. Cabin tersebut akan memakai standar Amerika menggunakan satuan imperial dan bukan metric. Berikut merupakan dimensi yang diberikan oleh SketchUp:

1. Panjang cabin: 20 kaki
2. Lebar cabin: 15 kaki
3. Ketebalan dinding: 6 inchi
4. Ketinggian dinding: 10 kaki
5. Ketebalan atap: 4 inchi



Gambar 3. 3 Cabin sederhana Melrose
(SketchUp Campus, 2020)

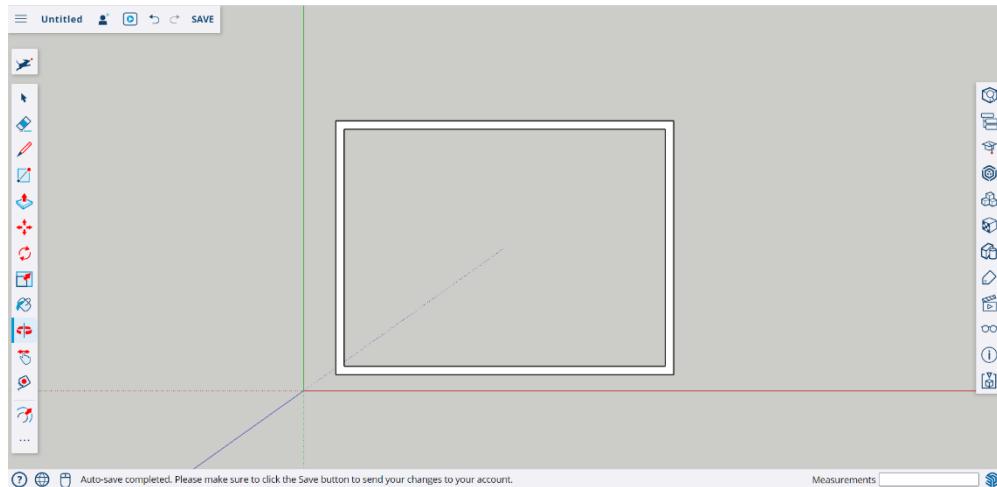
3.4 Membuat 3D model

Tahapan ini akan menggunakan aplikasi SketchUp. *Blueprint* dan referensi yang ada seperti bentuk dan ukuran rumah akan digunakan. Setiap komponen interior akan menggunakan 3D WareHouse, market yang telah disediakan oleh SketchUp.

3.4.1 Membuat Dinding Rumah

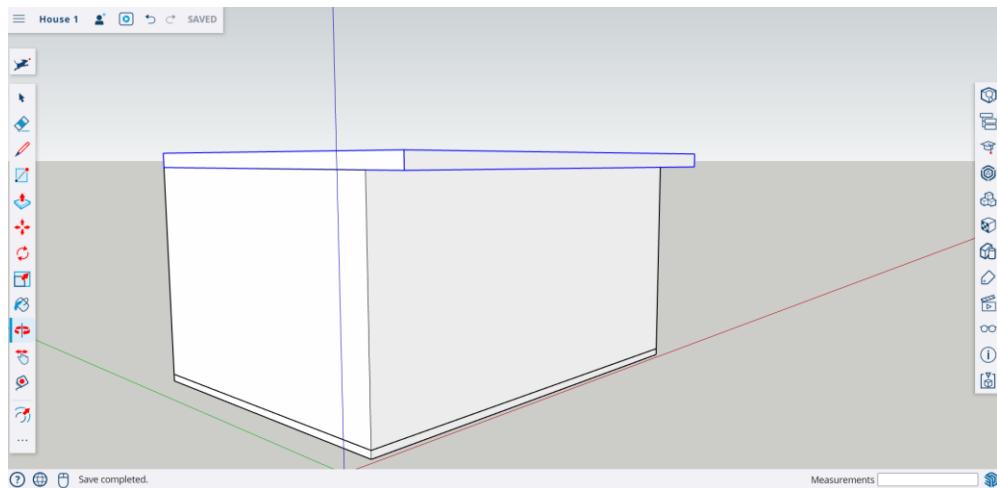
Pada tahap pembuatan dinding rumah, aplikasi SketchUp dapat digunakan untuk membuat garis-garis untuk dinding rumah yang ada. Pada tahap ini garis

besar dari rumah yang ada dapat dibentuk menggunakan pen tool dan dibuat sejajar dengan sumbu x dan y di dalam SketchUp untuk memudahkan referensi dengan di blueprint serta memudahkan rotasi untuk *furniture* yang akan ditambahkan nanti. Gambar 3. 4 menampilkan gambar 2 dimensi dari dinding rumah.



Gambar 3. 4 Dinding sederhana dalam 2D

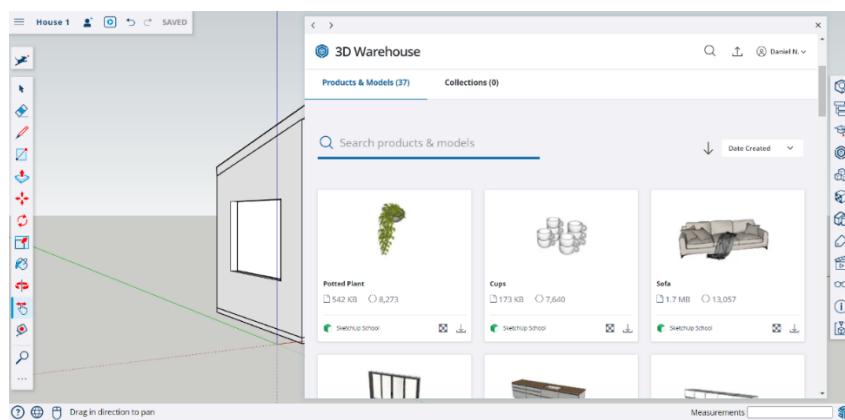
Setelah kita membuat dinding di dalam ruang lingkup 2D, kita bisa menggunakan tool yang telah disediakan untuk membuat dinding secara 3D. Gambar 3. 5 merupakan visualisasi dari dinding 3D.



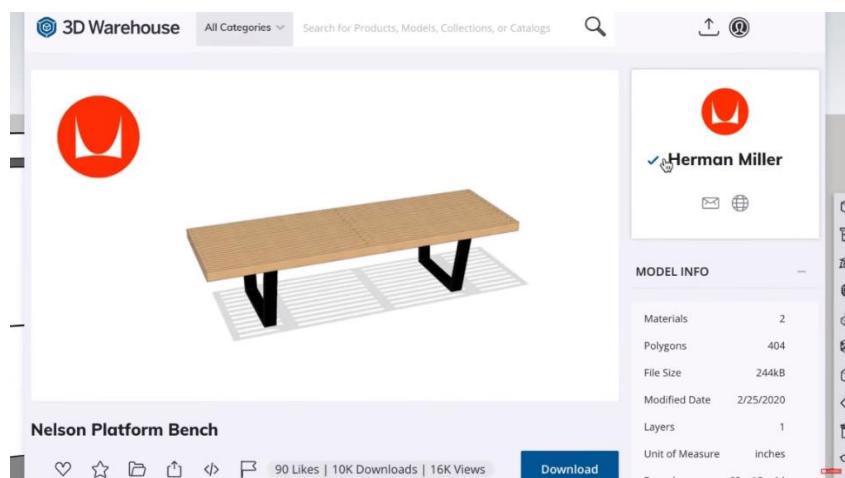
Gambar 3. 5 Dinding sederhana dalam 3D

3.4.2 Mencari Perabotan Rumah

Pada tahap mencari perabotan rumah, 3DWarehouse yang telah disediakan oleh SketchUp bisa digunakan. Di dalam 3DWarehouse terdapat banyak sekali model 3 dimensi dari perabotan sederhana seperti meja dan kursi hingga yang kompleks seperti kitchen set dan lemari baru beserta seluruh isinya. Tampilan 3D Warehouse dapat dilihat di Gambar 3. 6. Terdapat berbagai perusahaan perabotan yang memiliki model di dalam SketchUp yang dapat digunakan sebagai referensi bagaimana produk mereka akan tampil di dalam rumah apabila client ingin membeli produk mereka. Gambar 3. 7 merupakan contoh tampilan objek bangku yang disediakan oleh Herman Miller.



Gambar 3. 6 3D Warehouse berisi 3D model dari perabotan
(SketchUp Campus, 2019)



Gambar 3. 7 Sebuah model bangku dari Herman Miller
(SketchUp Campus, 2019)

3.4.3 Merangkai Model Sesuai *Floorplan*

Apabila dinding rumah dibuat dan setiap model dari interior sudah didapatkan, kita bisa mengatur setiap perabotan tersebut sesuai dengan ada yang di floorplan. Apabila tidak ada model dari perabot yang sesuai dengan ukuran ruangan yang kita miliki, kita bisa memperbesar, memperkecil, bahkan merubah dimensi dari model perabot tersebut sesuai dengan yang kita butuhkan. Setiap lubang di dinding untuk keperluan pintu dan jendela dapat menyesuaikan dengan ukuran dari tiap model yang dipilih.

3.5 Tes Aplikasi VR

Setelah model dari sebuah property sudah dikembangkan, aplikasi akan dites untuk memeriksa apakah kualitas dari aplikasi sudah sesuai dengan ketentuan, adanya *glitch* atau kesalahan dalam tiap aset yang dapat mengakibatkan aplikasi rusak atau kurang diminati. Tahap tes akan menggunakan perangkat HMD milik Meta bernama Meta Quest 2 dengan tampilan seperti di Gambar 3. 8.



Gambar 3. 8 Meta Quest 2 Perangkat HMD untuk tes aplikasi
(Meta, 2020)

Dikarenakan kita menggunakan Sketchfab, tambahan PC untuk pemrosesan model tidak diperlukan. Dengan catatan bahwa model yang akan dimuat adalah model yang sederhana dan tidak memiliki kompleksitas yang tinggi. Di tombol kanan bawah di interface SketchUp, terdapat tombol “View in VR”. Hal ini memperbolehkan semua orang yang memiliki perangkat HMD dapat melihat model yang dicari dari sudut pandang pertama. Tiap client hanya perlu menggunakan

HMD mereka, menyambungkan perangkat dengan internet, masuk ke dalam web browser, mencari model yang diinginkan, dan lansung menekan tombol “View in VR”. Dengan ini client bisa melihat model yang mereka inginkan dengan mudah seperti di Gambar 3. 9.



Gambar 3. 9 Interior dalam VR yang dimasukkan ke dalam Sketchfab

Dikarenakan Sketchfab mempermudah pengguna untuk melihat model tanpa perlu PC tambahan, hal ini berguna bagi para pihak marketing supaya tidak harus membawa PC atau laptop tambahan ke setiap lokasi event yang mereka hadiri. Cukup membawa 1 perangkat HMD atau lebih. Tahap ini dapat dites oleh kelompok kecil dengan tujuan mendapatkan masukan lebih untuk menyempurnakan aplikasi secara lebih lanjut. Sedangkan pada sisi Unity, setelah aplikasi VR telah dibentuk, aplikasi bisa diuji di dalam library Meta Quest 2. Dikarenakan aplikasi tersebut bukan aplikasi resmi dari Meta Store, maka aplikasi akan ditempatkan di bagian “Unknown Source” di library. Setelah dipilih, aplikasi akan berjalan dan menempatkan pengguna di starting point yang telah ditentukan di dalam Unity.

3.5.1 Pencahayaan

Salah satu faktor yang penting dalam pembuatan desain dari sebuah rumah baik berupa gambar maupun video merupakan pencahayaan. Tidak hanya memberikan hasil visual yang estetik dan baik diliat, tetapi hasil dari pencahayaan dapat memberikan data seberapa banyak sebuah rumah menyerap cahaya untuk menghemat listrik. Oleh karena itu, fitur pencahayaan akan dimasukkan dan direncanakan untuk menggunakan pencahayaan pada siang hari.

Metode pencahayaan menggunakan Sketchfab akan menggunakan Light Tab yang ada di dalam aplikasi tersebut. Hal ini akan memberikan efek pencahayaan eksternal seperti matahari pada model kita. Proses pencahayaan ini dapat dilihat di Gambar 3. 10. Berbeda dengan Sketchfab, Unity tidak memiliki Tab pencahayaan otomatis. Pada Unity kita memiliki beberapa pilihan bagaimana mengatur pencahayaan yang ada. Salah satunya adalah menggunakan plugin lighting pada Unity. Tetapi dikarenakan aplikasi Sketchfab tidak memiliki fitur instalasi plugin, maka pencahayaan pada Unity akan menggunakan lighting default. Lighting default ini akan selalu muncul pada awal setiap project yang kita buat di dalam Unity. Default lighting ini dapat berfungsi sebagai cahaya matahari seperti di dalam tab lighting di Sketchfab. Dengan ini maka setiap 3D engine memiliki probabilitas dan pengaturan yang sama dalam memberikan efek pencahayaan pada model rumah yang telah dibentuk. Model rumah yang ada baik model cabin maupun model rumah Hampton.



Gambar 3. 10 Pencahayaan menggunakan Sketchfab

3.5.2 Quesioner UEQ

Setelah model diuji coba oleh para relawan, maka relawan akan mengisi quisioner UEQ yang telah tersedia di dalam website yang telah dipaparkan. Setiap relawan akan mengisi sebanyak dua tabel. Tabel pertama adalah Sketchfab dan tabel kedua adalah Unity. Penilaian dari tiap tabel dan dari tiap relawan akan dimasukkan ke dalam file Excel yang tersedia untuk diolah dan dipresentasikan.

Setiap skala dari akan memiliki range antara -3 hingga 3. Apabila skala memiliki nilai di atas 0, maka UX sudah dianggap baik.

Tabel 3. 1 Quisioner UEQ

	1	2	3	4	5	6	7	
menyusahkan	o	o	o	o	o	o	o	menyenangkan
tak dapat dipahami	o	o	o	o	o	o	o	dapat dipahami
kreatif	o	o	o	o	o	o	o	monoton
mudah dipelajari	o	o	o	o	o	o	o	sulit dipelajari
bermanfaat	o	o	o	o	o	o	o	kurang bermanfaat
membosankan	o	o	o	o	o	o	o	mengasyikkan
tidak menarik	o	o	o	o	o	o	o	menarik
tak dapat diprediksi	o	o	o	o	o	o	o	dapat diprediksi
cepat	o	o	o	o	o	o	o	lambat
berdaya cipta	o	o	o	o	o	o	o	konvensional
menghalangi	o	o	o	o	o	o	o	mendukung
baik	o	o	o	o	o	o	o	buruk
rumit	o	o	o	o	o	o	o	sederhana
tidak disukai	o	o	o	o	o	o	o	menggembirakan
lazim	o	o	o	o	o	o	o	terdepan
tidak nyaman	o	o	o	o	o	o	o	nyaman
aman	o	o	o	o	o	o	o	tidak aman
memotivasi	o	o	o	o	o	o	o	tidak memotivasi
memenuhi	o	o	o	o	o	o	o	tidak memenuhi

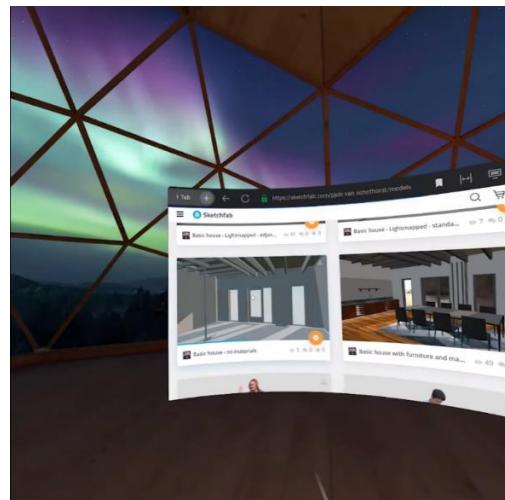
ekspektasi	1	2	3	4	5	6	7	ekspektasi
tidak efisien	o	o	o	o	o	o	o	efisien
jelas	o	o	o	o	o	o	o	membingungkan
tidak praktis	o	o	o	o	o	o	o	praktis
terorganisasi	o	o	o	o	o	o	o	berantakan
atraktif	o	o	o	o	o	o	o	tidak atraktif
ramah	o	o	o	o	o	o	o	tidak ramah
pengguna	o	o	o	o	o	o	o	pengguna
konservatif	o	o	o	o	o	o	o	inovatif

3.6 Publikasi Model

Setelah model telah dikembangkan dan diuji, aplikasi dapat direkam untuk memberikan wawasan kepada pihak pengembang. Model dapat dipublikasikan dan didownload oleh pihak pengembang yang membutuhkan dengan catatan para pihak pengembang harus menggunakan perangkat HMD mereka masing-masing. Apabila developer bisa mengembangkan model mereka sendiri, mereka bisa memberikan hak cipta supaya karya mereka tidak dicuri oleh orang lain. Dengan ini juga pihak developer juga bisa mempublish model rumah baik yang sudah dibangun maupun belum dan melakukan tindakan marketing dimana saja dan kapan saja. Tampilan client untuk mencari sebuah model rumah di dalam Sketchfab dapat di lihat di Gambar 3. 12 pada halaman 41. Untuk melihat model tersebut secara VR, disediakan tombol “View in VR”. Apabila Unity lansung digunakan, developer bisa lansung menggunakan aplikasi yang telah terbentuk di dalam HMD.

Perlu diperhatikan bahwa pada penelitian kali ini terdapat dua cara untuk bergerak di dalam model rumah. Metode pertama adalah menggunakan teleportasi yang akan disediakan di dalam Sketchfab. Pada Engine Unity dapat menggunakan plugin *Virtual Reality Integration* di mana *project* Unity dapat dijalankan di dalam perangkat HMD. Apabila terdapat area yang cukup luas dan fungsi teleportasi tidak

dapat digunakan, proses pergerakan dapat dilakukan dengan berjalan di dalam area yang telah ditentukan.



Gambar 3. 11 Model rumah di dalam Sketchfab

Bab IV

Hasil dan Pembahasan

4.1 Floorplan

Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, akan ada dua floorplan yang akan digunakan. Floorplan pertama merupakan rumah jenis Hampton bertipe 45 milik The Oz. Desain kedua adalah cabin sederhana milik Sketchup Academy dengan dimensi yang telah dijelaskan sebelumnya. Floorplan akan dikembangkan secara 3 dimensi sepenuhnya dari awal menggunakan SketchUp.

4.2 Membuat Model 3D

Dalam proses pembuatan model menggunakan SketchUp, SketchUp versi web dan pro akan digunakan sekaligus. Versi web akan digunakan untuk membuat model dari rumah seperti dinding, lantai, dan atap hingga *furniture* yang akan digunakan. Sedangkan versi pro akan digunakan dalam pencahayaan. Dikarenakan plugin LightUp perlu digunakan untuk pencahayaan, maka plugin tersebut perlu diinstal dan hanya bisa dijalankan di versi pro. Dalam laporan kali ini, setiap langkah akan menggunakan desain cabin milik SketchUp untuk menampakkan semua

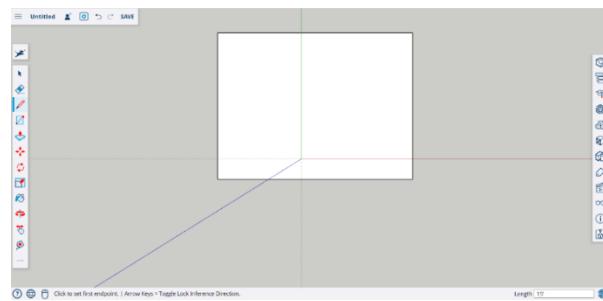
4.2.1 Membuat Tembok Akurat

Berikut merupakan tahapan untuk membuat tembok yang akurat untuk desain cabin sederhana dari SketchUp.

1. Dengan menggunakan pen tool, tarik garis yang sejajar dengan sumbu x, ketikkan angka 20 kaki dengan cara “20” dan tekan enter, maka akan terbentuk garis sejajar dengan sumbu x dengan panjang yang telah diketikkan.
2. Dengan pen tool yang sama, Tarik garis dari ujung garis horizontal yang telah dibuat sejajar dengan sumbu y sepanjang 15 kaki. Ketika telah terbuat 2 garis dengan kemiringan 90 derajat, buat garis horizontal dan vertikal lain yang serupa hingga membentuk sebuah persegi dengan panjang 20 kaki dan

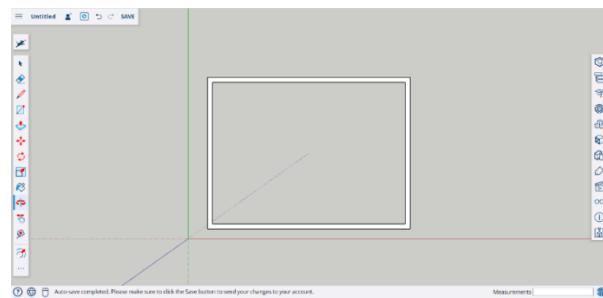
lebar 15 kaki. Gambar 4. 1 menunjukkan tampilan persegi apabila sudah dilakukan dengan benar.

1. Untuk menentukan ketebalan dinding dapat menggunakan Offset tool. Klik sebuah sisi dari persegi tersebut dan Tarik garis ke sisi dalam persegi. Untuk memberikan ketebalan 6 inchi, maka perlu diketikkan 6" di kotak input distance yang terletak di kanan bawah, lalu tekan enter.
2. Ketika telah terbentuk persegi kedua dengan panjang dan lebar yang lebih kecil, klik persegi kedua dan tekan tombol delete. Sekarang akan didapatkan sebuah persegi dengan panjang dan lebar yang sama dengan ketebalan 6 inchi. Gambar 4. 2 menampilkan bentuk dari persegi setelah melewati proses ini.
3. Untuk membuat gambar 2D tersebut menjadi dinding 3D, Push/Pull tool harus digunakan. Klik tool tersebut, dan klik persegi yang sudah ada. Lalu tarik mouse ke arah sumbu z (atas bawah sebuah ruang 3 dimensi) dan ketikkan 10 kaki untuk ketinggiannya.



Gambar 4. 1 Persegi dengan dimensi 20 x 15 kaki

Gambar 4. 1 merupakan persegi yang yang terbentuk dari rectangle maupun pen tool. Persegi ini merupakan dasar dari bentuk cabin yang ada. Sedangkan pada Gambar 4. 2 merupakan dinding yang terbuat.

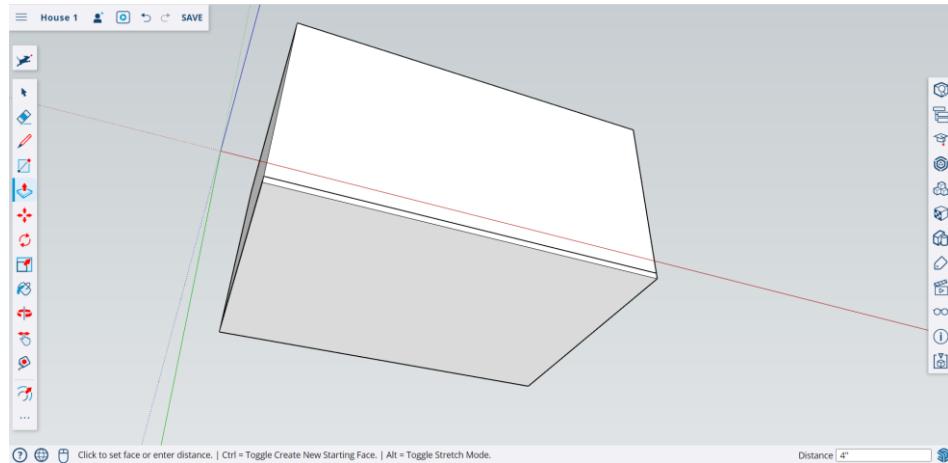


Gambar 4. 2 Persegi setelah diberikan Offset tool

4.2.2 Grouping, Lantai, dan Atap

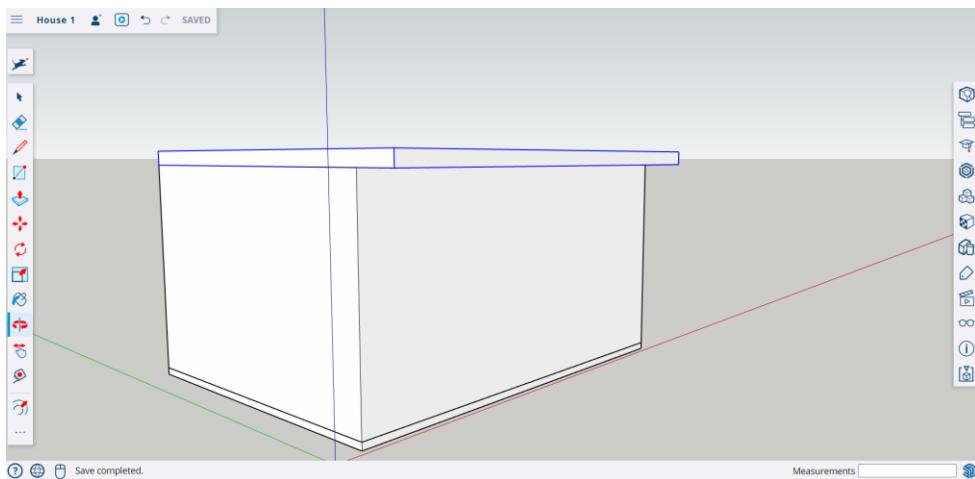
Grouping berguna supaya tidak terjadi kesalahan ketika sudah memulai membuat atau mengedit objek lain. Misalkan apabila sebuah lantai ingin dibuat, maka tembok perlu dibuat sebuah group. Dengan tujuan apabila ada perubahan di lantai seperti pergantian warna, maka tembok tidak akan berubah warna juga. Pembuatan group dapat dilakukan dengan klik sebuah dinding sebanyak 3 kali, lalu klik kanan dan pilih “Make Group”. Setelah ini terjadi, maka ketika objek lain sedang dibuat, maka dinding tidak akan terpengaruh. Gunakan grouping sesering mungkin untuk meghindari adanya kesalahan pada saat pemrosesan selanjutnya. Grouping ini berlaku ke setiap objek yang dibuat. Apabila sebuah objek yang memerlukan objek-objek kecil lain seperti lemari buku yang berisi buku dan dokumen dibuat, semua hal itu dapat dipilih dan klik make group. Dengan ini apabila transformasi dalam bentuk apapun akan dilakukan terhadap group tersebut, hanya group tersebut yang terpengaruh dan tidak perlu memindahkan setiap objek satu per satu. Pembuatan lantai dan atap memiliki tahapan sebagai berikut:

1. Rotate tembok menggunakan rotate tool hingga sisi bawah dari tembok tersebut dapat terlihat.
2. Klik rectangle tool dan klik dari ujung kiri atas hingga kanan bawah dari persegi yang ada. Dikarenakan group dinding sudah dibuat, maka lantai tidak akan menempel pada dinding. Hal ini membuat setiap perubahan yang ada di dalam lantai tidak akan memengaruhi dinding.
3. Klik push/pull tool, klik lantai tersebut dan tarik ke bawah sejajar dengan sumbu z. Ketikkan angka 4” untuk memberikan ketebalan.
4. Klik 3 kali dari lantai yang dibuat dan pilih “Make Group”. Group lantai akan terbentuk.
5. Pada sisi atas, ulangi gunakan rectangle tool untuk membuat persegi sepanjang dinding.
6. Lalu klik push/pull tool dan tarik ke atas sejajar dengan sumbu z. Ketikkan 8” dan enter untuk memberikan ketebalan 8 inchi.
7. Klik push/pull tool lagi pada sisi depan dan tarik atap sepanjang 2 kaki dengan mengetikkan 2’, tekan enter.
8. Klik 3 kali pada atap yang telah dibuat, klik kanan, dan pilih make group.



Gambar 4. 3 Lantai cabin dengan ketebalan 4 inchi

Gambar 4. 3 menunjukkan tampilan bagaimana sebuah lantai akan terbentuk sesuai dengan arahan yang telah dipaparkan sebelumnya.



Gambar 4. 4 Atap cabin dengan ketebalan 8 inchi, panjang 2 kaki.

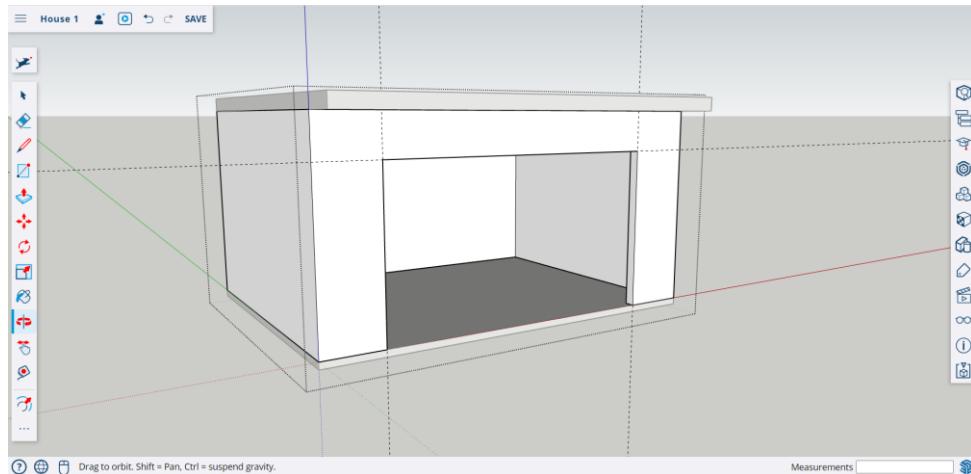
Gambar 4.4 menampilkan tampilan bagaimana sebuah atap akan terbentuk sesuai dengan arahan yang telah dipaparkan. Atap pada model ini mengikuti model cabin.

4.2.3 Edit Group, Lubang Dinding dan Jendela

Group berguna supaya sebuah objek atau kumpulan objek tidak saling berinteraksi. Tetapi apabila sesuatu di dalam group ingin diubah seperti mengganti warna, maka sebuah group dapat dipilih, klik kanan, dan pilih “Edit Group”.

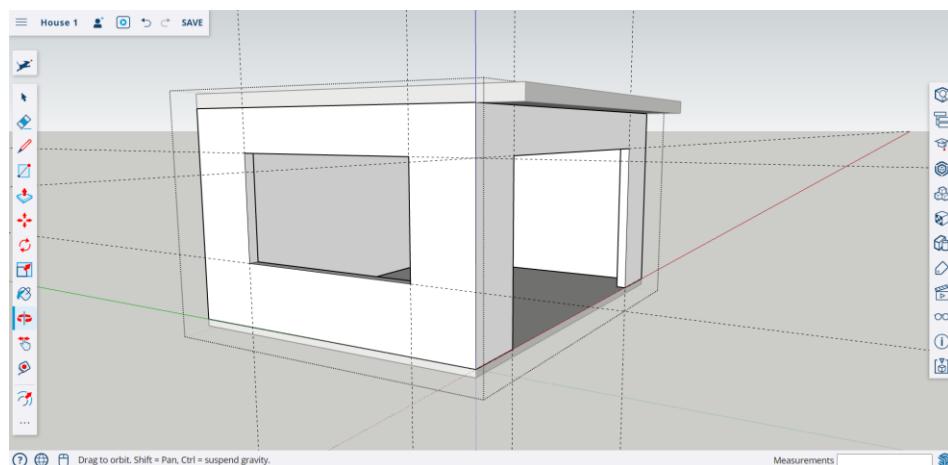
Berikut merupakan langkah-langkah untuk membuat lubang untuk jendela dan pintu:

1. Pilih dinding, klik kanan, dan pilih “Edit group”
2. Pilih “Tape measure tool” dan klik sisi kanan dari dinding bagian depan.
3. Tarik garis kearah kiri sepanjang 3 kaki.
4. Gunakan metode yang sama dari sisi kiri ke arah kanan sepanjang 3 kaki.
5. Dari sisi bawah dinding, gunakan tool yang sama, tarik garis ke atas sepanjang 8 kaki.
6. Akan terbentuk sebuah persegi yang memiliki tinggi 8 kaki dan panjang 14 kaki. Gunakan rectangle tool, lalu buat sebuah persegi dari titik atas hingga titik bawah dari persegi yang baru dibuat.
7. Dengan Push/Pull tool, klik persegi yang baru dibuat lalu tarik ke arah dalam rumah hingga ada muncul text box “On face”. Ketika textbox tersebut muncul, klik tombol mouse. Akan terbentuk sebuah lubang di dinding yang akan menjadi tempat pintu. Apabila dilakukan dengan benar, maka developer akan melihat sebuah lubang di dinding seperti di Gambar 4. 5.
8. Untuk jendela, pindah ke sisi kiri dari cabin. Gunakan “Tape measure tool” dari sisi kanan, tarik garis ke kiri sepanjang 3 inchi dan dari sisi kiri tarik garis ke kanan sepanjang 3 inchi. Dari sisi bawah tarik garis ke atas setinggi 3 kaki dari lantai. Dari garis horizontal yang baru muncul, gunakan tool yang sama dan tarik garis ke atas lagi sepanjang 5 kaki.
9. Akan terbentuk garis bantu persegi yang memiliki ketinggian 3 inchi dari tanah, ketinggian 5 kaki, dan memiliki panjang 11 kaki.
10. Setelah garis bantu lengkap, gunakan rectangle tool untuk membuat persegi dengan sisi ukuran yang telah dibentuk.
11. Gunakan push/pull tool, klik persegi yang baru dibuat dan tarik ke arah dalam rumah untuk membuat lubang dinding.
12. Pada tahap ini telah terbentuk 2 lubang di sisi depan dan sisi kiri dari cabin. Sisi depan akan berfungsi sebagai pintu masuk dan sisi kiri akan berfungsi sebagai tempat jendela. Gambar 4. 6 merupakan tampilan yang akan dilihat oleh developer.



Gambar 4. 5 Lubang depan cabin untuk pintu

Apabila measurement, rectangle, dan push pull tool telah digunakan dengan baik, maka akan terbentuk sebuah lubang untuk posisi pintu cabin berada. Gambar 4. 5 menunjukkan bagaimana lubang pintu cabin akan terlihat.



Gambar 4. 6 Lubang di sisi kiri cabin untuk jendela

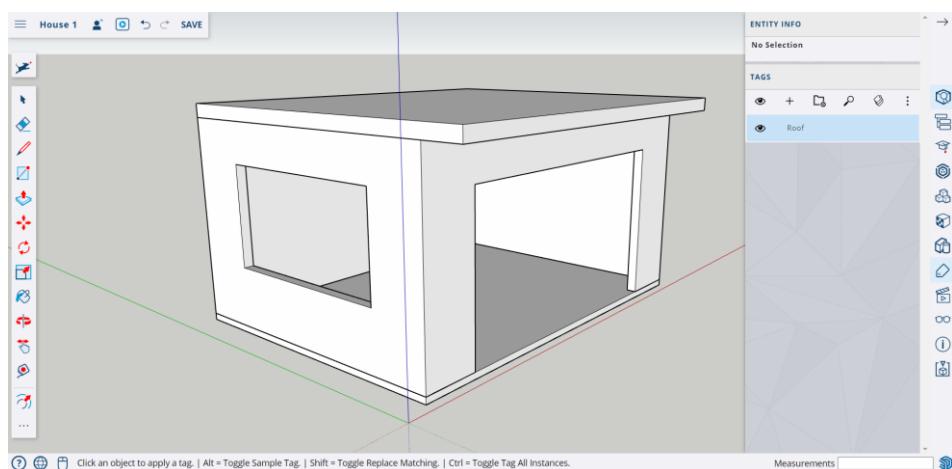
Dengan tool yang sama, akan terbentuk sebuah lubang untuk posisi jendela cabin. Gambar 4. 6 menunjukkan bagaimana lubang jendela cabin akan terlihat.

4.2.4 Tag

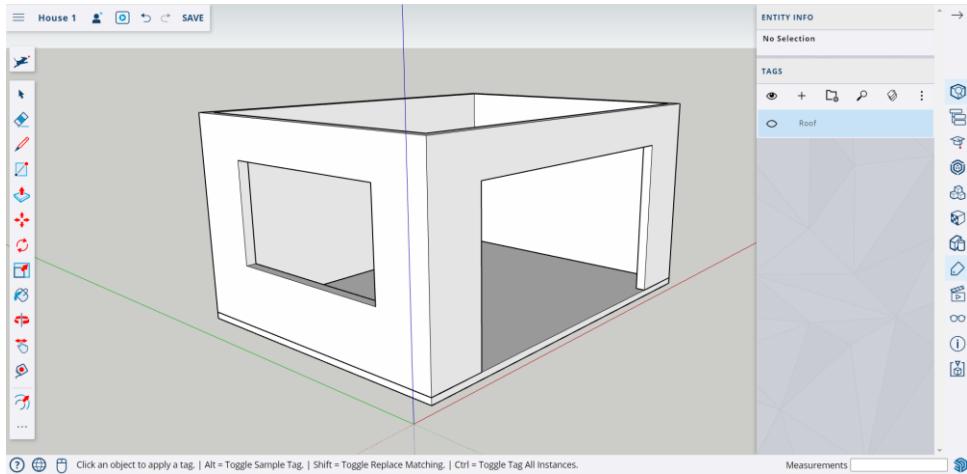
Tag berguna untuk dapat mengelompokkan objek-objek yang ada di dalam model. Misalkan saja apabila interior di dalam rumah akan dibah, tetapi apabila sudah ada atap dan membuat barang di dalam rumah sulit terlihat, tag dapat

membantu menghilangkan atap untuk sementara. Berikut merupakan langkah-langkah untuk menggunakan Tag:

1. Klik tag di sisi kanan, dan tambahkan tag dengan klik logo “+” di sisi atas control panel tag.
2. Beri nama sebuah tag sesuai keinginan, pada kali ini dibuat 4 tag dengan nama dinding, lantai, atap, dan *furniture*.
3. Untuk memasukkan sebuah objek ke dalam sebuah tag, klik objek tersebut, klik kanan, pilih entity info.
4. Pada sisi kanan layar akan muncul informasi dari objek yang dipilih. Pada sisi bawah akan muncul teks “untagged”.
5. Klik tulisan “untagged” dan pilih tag sesuai kebutuhan. Gambar 4. 7 merupakan tampilan atap telah memiliki tag “Roof”.
6. Ulangi hal yang sama hingga semua objek sudah memiliki tag untuk memudahkan proses edit.
7. Apabila dibutuhkan sebuah hal untuk menghilang sementara, perhatikan panel tag di sisi kanan layar, dan tekan tombol mata dari tag sebuah objek yang perlu menghilang. Proses ini dapat dilihat di Gambar 4. 8 dimana tag Roof dimatikan. Hal ini menyebabkan atap yang telah diberikan tag “Roof” sebelumnya. Atap tidak akan hilang dari model sehingga tidak perlu membuat sebuah atap kembali, Pada pemrosesan render semua tag yang diperlukan harus dinyalakan kembali seperti pada Gambar 4. 7.



Gambar 4. 7 Atap diberikan tag “Roof”



Gambar 4. 8 Atap menghilang ketika tag roof dimatikan

Sesuai dengan pemaparan sebelumnya, apabila sebuah komponen perlu dihilangkan sementara, tag seperti pada Gambar 4. 8 perlu dimatikan.

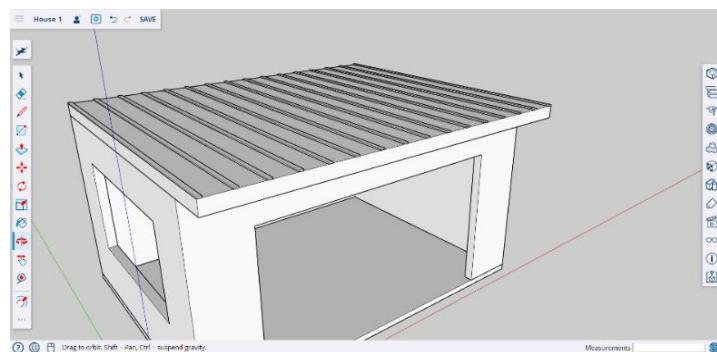
4.2.5 Component, Besi Atap, Nested Component

Mirip dengan group, component merupakan salah satu metode yang digunakan untuk membuat sebuah grouping. Perbedaan dari group dengan component adalah component digunakan apabila objek tersebut berulang-ulang, pada kasus kali ini adalah besi jalur air di atas atap. Berikut langkah-langkahnya:

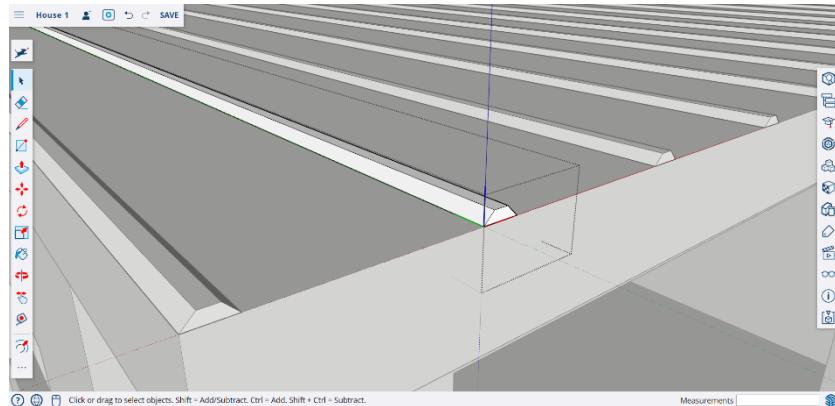
1. Klik rectangle tool untuk membuat sebuah persegi di sisi atas atap, masukkan dimensi 17 kaki dan 2.5 inchi.
2. Gunakan Push/Pull tool untuk memberikan ketebalan sebesar $\frac{3}{4}$ inchi.
3. Untuk membuat barang ini tidak menempel dan tidak menggunakan group, klik 3 kali balok yang telah dibuat dan, klik kanan, dan pilih “Make Component”.
4. Beri nama komponen untuk balok tersebut dan berikan tag ke roof atau roof rib.
5. Untuk membuat besi atap lebih dari 1 dan tertata rapi, pilih move tool dan tekan tombol control sekali. Hal ini menunjukkan bahwa objek yang dipilih akan digunakan secara duplikat.

1. Klik balok di kiri, dan tarik garis kearah kanan, lalu klik. Untuk membuat replikasi dari balok tersebut, ketikkan “15/” dan tekan enter. Pada tahap ini akan muncul 15 balok identik dengan jarak yang sama rata di antara mereka.
2. Untuk mengedit component, klik salah satu component, klik kanan, pilih edit component. Gambar 4. 9 menampilkan momen yang terjadi ketika sebuah objek yang memiliki kuantitas yang tinggi menjadi component.
3. Pilih move tool, dan klik ujung kiri atas dan ujung kanan bawah, arahkan ke tengah sebesar $\frac{3}{4}$ inchi. Hal ini membuat sebuah bentuk trapesium seperti besi-besi di atas atap. Setiap component lain akan memiliki bentuk yang sama seperti di Gambar 4.10.
4. Untuk menjadikan besi atap dan atap menjadi 1, gunakan select tool, klik dan drag antara atap dan besi atap.
5. Pastikan semua terpilih, klik kanan, dan pilih make group. Dengan ini apabila atap akan diubah, maka atap maupun besinya akan bertransformasi bersamaan.
6. Pilih rotate tool, lalu klik di sisi kiri bawah dari atap. Hal ini membuat kiri bawah atap akan menjadi titik perubahan derajat atap.
7. Untuk menentukan rotasi, klik titik lain, hal ini berfungsi sebagai objek mana yang menjadi titik ujung dari rotasi.
8. Arahkan ke arah atas, dan masukkan angka 9.5 ke dalam input box.
9. Atap sekaligus besi atap akan memiliki tingkat kemiringan elevasi sebesar 9.5 derajat seperti di Gambar 4. 11.

Gambar 4. 9 menampilkan besi atap yang banyak sebagai component.

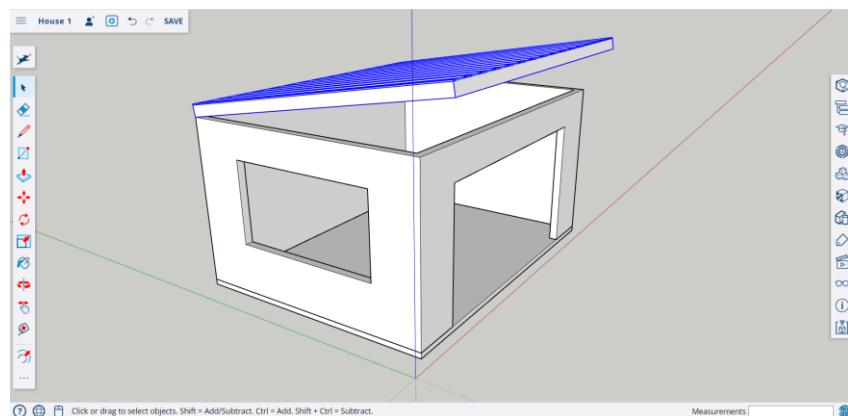


Gambar 4. 9 Besi atap sebagai komponen



Gambar 4. 10 Setiap besi atap menjadi trapezium

Apabila sebuah component diubah, maka setiap objek yang masuk ke dalam component tersebut akan berubah dengan bentuk serupa seperti pada Gambar 4. 10.



Gambar 4. 11 Atap menjadi miring

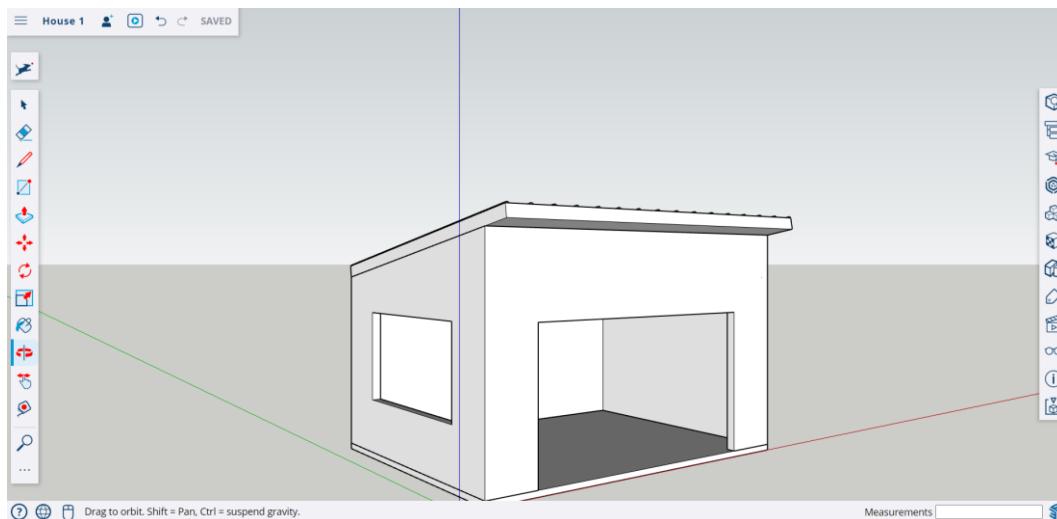
Nested nest akan membuat kumpulan objek menjadi sebuah group. Baik objek tersebut merupakan objek tersendiri, group, maupun component. Group yang terbentuk akan menjadi sebuah objek yang baru.

4.2.6 Edit Objek

Untuk menanggulangi hal yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, objek yang telah tersedia dapat diedit. Berikut merupakan langkah-langkah untuk menambahkan dinding untuk menanggulangi kemiringan atap.

1. Pilih dinding, klik kanan, dan pilih edit group.

1. Rotasi ke sisi kiri dari rumah, pilih pen tool untuk membuat sebuah segitiga dari sisi kiri rumah, tepatnya di atas dinding dan di bawah atap.
2. Gunakan push/pull tool hingga ketebalan segitiga tersebut sesuai dengan pilar kiri.
3. Gunakan pen tool, dan lakukan hal yang sama kepada sisi kanan dari rumah.
4. Pada sisi bagian depan rumah, sebuah balok baru dapat dibuat dengan pen tool dengan menggambar dari ujung bawah pilar menuju atap.
5. Setelah selesai, gunakan Push/Pull tool untuk memberikan ketebalan dari dinding sisi kiri hingga sisi bagian kanan.
6. Apabila dilakukan dengan benar, sisi dinding yang hilang telah terisi dengan baik seperti di Gambar 4. 12.



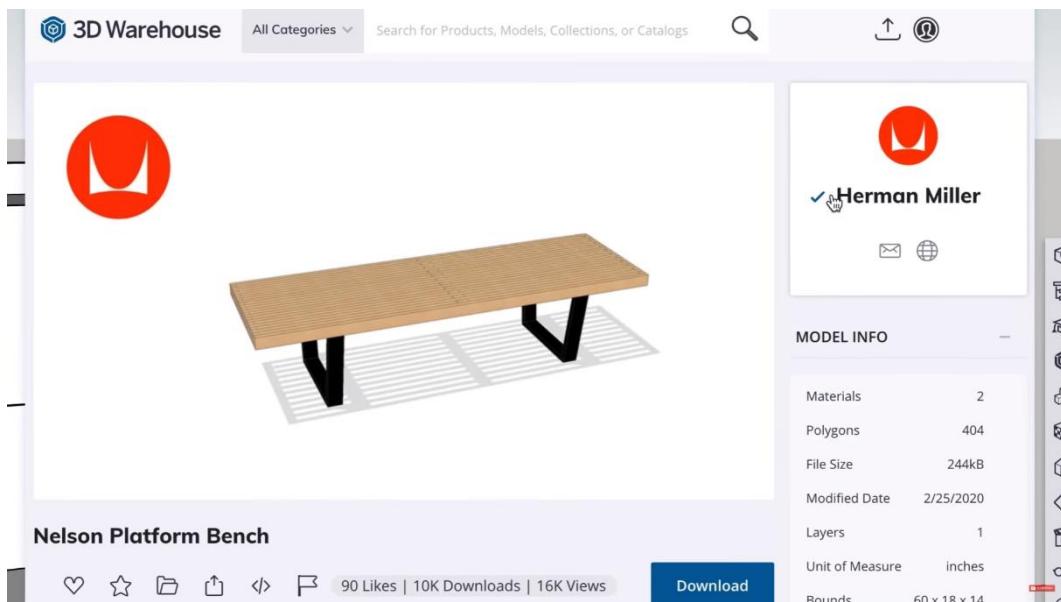
Gambar 4. 12 Sisi dinding yang hilang sudah terisi

4.2.7 3D Warehouse

Ketika komponen gedung utama (lantai, dinding, atap) sudah siap, mulai masukkan *furniture-furniture* yang diinginkan. Gunakan model yang telah dibuat oleh sesama pengguna atau menggunakan model yang dibuat oleh sebuah perusahaan pada Gambar 4.13. Berikut langkah-langkahnya:

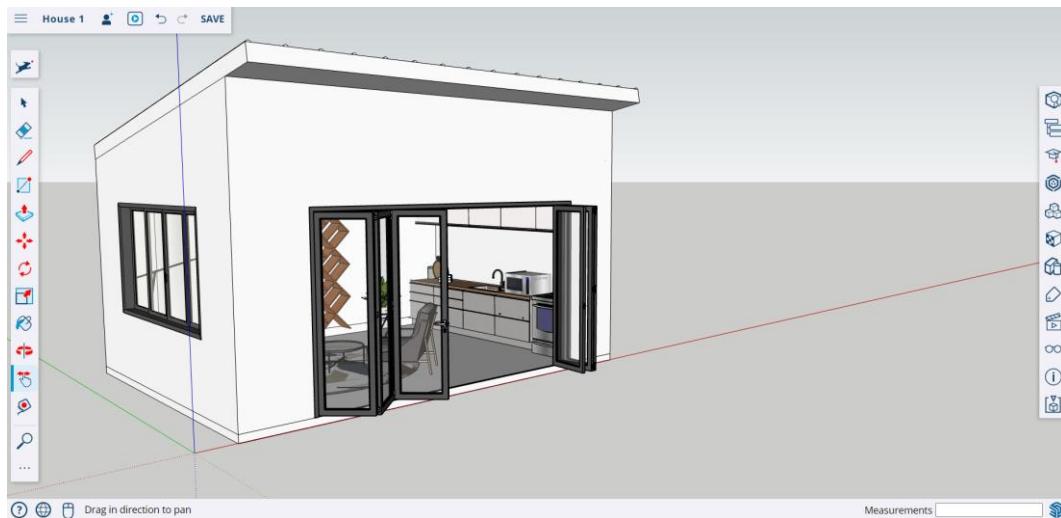
1. Pada panel bagian kanan, klik logo 3D Warehouse.
2. Cari objek yang diinginkan. Pada penelitian kali ini cukup mencari “SketchUp School”.

1. Klik collections untuk menemukan kumpulan model yang telah disiapkan.
2. Pilih pintu yang ada di dalam collections tersebut. Klik download.
3. Masukkan pintu ke arah lubang yang telah disiapkan di sisi depan dinding.
4. Apabila kemiringan dari pintu kurang tepat, gunakan move tool dan cari silang merah di atas pintu untuk merotasi pintu di sumbu x (horizontal).
5. Ketika rotasi sudah selesai, pindahkan pintu dekat atau tepat di lubang pintu yang telah tersedia.
6. Apabila pintu belum terposisi dengan benar, gunakan move tool dan pilih kiri depan dari pintu.
7. Arahkan pintu menuju titik kiri depan dari lubang pintu yang telah disediakan. Apabila dilakukan dengan benar, maka pintu akan tertata dengan rapi.
8. Gunakan objek jendela ke lubang jendela yang terletak di sisi kiri dari cabin.
9. Apabila pintu dan jendela sudah tertata, gunakan objek yang ada untuk merenovasi bagian dalam rumah seperti meja, kursi, wastafel, tanaman, rak buku, dan lain-lain.
10. Gunakan group, dan rotasi apabila terdapat objek yang tidak sesuai.
11. Apabila sebuah objek terlalu besar atau terlalu kecil, gunakan scale tool.
12. Apabila terjadi kesalahan, gunakan redo.
13. Perlu diketahui bahwa setiap objek yang memiliki besar lebih dari 4 MB akan membuat sistem berjalan menjadi lambat apabila terdapat lebih dari 1 objek. Hal ini dapat terjadi karena penggunaan metode cloud di mana sistem komputer yang dimiliki tidak dapat membantu sepenuhnya.
14. Ketika sudah selesai, tag untuk tiap *furniture* dapat digunakan untuk memudahkan merubah cabin kembali. Tag aktif ketika semua *furniture* sudah dimasukkan dapat dilihat di Gambar 4. 14.
15. Apabila ada objek yang ingin digunakan di luar collection yang telah tersedia, SketchUp tidak akan membatasi interaksi.



Gambar 4. 13 Sebuah kursi produksi Herman Miller

Gambar 4. 13 menampilkan sebuah produk dari Herman Miller yang terdapat di dalam 3D Warehouse milik SketchUp. Terdapat semua detail dari objek tersebut seperti ukuran nyata, jumlah polygon, dan lain-lain.



Gambar 4. 14 Cabin sudah memiliki interior

Gambar 4. 14 menampilkan sebuah cabin yang sudah terisi berbagai *furniture*. Pada model ini memakai berbagai *furniture* yang sudah disediakan oleh SketchUp Academy.

4.2.8 Colors and Materials.

Apabila setiap objek *furniture* yang ditambahkan sudah memiliki warna atau material, berikan warna ke setiap objek yang ada di dinding, atap, atau lantai. Berikut merupakan langkah-langkahnya:

1. Untuk memberikan warna ke dinding, matikan tag atap dan *furniture* untuk memudahkan proses ini.
2. Klik dinding dan pilih edit group.
3. Edit group digunakan untuk menghindari pemberian 1 warna kepada seluruh sisi sebuah objek.
4. Klik bucket tool dan pilih panel materials di sisi kanan.
5. Cari color dan pilih warna yang diinginkan, pada penelitian kali ini, warna abu-abu dengan code M2 akan digunakan.
6. Klik pada sisi dinding yang ingin diubah, ketika sudah selesai, cukup klik are di luar dinding untuk keluar dari mode edit group.
7. Gunakan hal yang sama untuk pewarnaan atap dengan mematikan tag dinding dan menyalakan tag atap.
8. Untuk pewarnaan lantai, gunakan tool yang sama dengan penambahan materials.
9. Di panel material cari opsi wood, pilih yang diingkan dan klik lantai menggunakan bucket tool.
10. Ketika semua objek telah diberikan warna, akan mirip dengan Gambar 4.

15.



Gambar 4. 15 Cabin yang telah diberikan warna

4.3 Tes model 3D

Sebelum model 3D dari rumah yang telah dibuat dapat dipublish, model tersebut harus diuji apakah bisa dijalankan secara baik di dalam HMD atau tidak. Kedua 3D engine untuk menguji model yang ada. Kedua engine tersebut merupakan Sketchfab dan Unity. Sketchfab bisa diakses menggunakan web, sedangkan Unity hanya bisa diakses menggunakan laptop atau PC tambahan. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian model 3D yang ada.

4.3.1 Sketchfab

Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, Sketchfab merupakan sarana untuk melihat 3D model, baik secara biasa maupun VR. Sketchfab telah digunakan oleh banyak pihak untuk tujuan ini dikarenakan Sketchfab berbasis web. Berikut merupakan langkah-langkah untuk menguji model 3D yang telah dibuat di dalam Sketchfab:

1. Buat 1 ZIP file yang berisi file FBX dan file pencahayaan lainnya.
2. Buat akun di dalam Sketchfab, apabila akan ada lebih dari 1 model yang diupload
3. Di website SketchUp silahkan klik upload
4. Ketik nama dan informasi dari file.
5. Klik edit 3D settings, tampilan Gambar 4. 16 untuk model cabin dan Gambar 4. 17 untuk model Hampton akan terlihat.
6. Sudut pandang orang ketiga dapat diubah menjadi sudut pandang orang pertama dengan menggunakan settings, view, first person. Dalam sudut pandang orang pertama, tombol wasd dapat digunakan sebagai tombol untuk bergerak.
7. Supaya tidak terlihat terlalu terang, pada tab materials, kurangi opacity yang ada.
8. Posisi dan arah visual dapat disimpan dengan memilih annotations, klik 2 kali dan simpan lokasi awal.

1. Pada tab AR/VR ubah skala dari rumah yang ada sehingga sudut pandang yang akan didapatkan seperti pada Gambar 4.18. Skala dapat diubah sesuai dengan rata-rata tinggi orang di Indonesia.
2. Lalu figur manusia yang ada dapat digeser ke dalam model rumah.
3. Nyalakan perangkat HMD yang dimiliki.
4. Sambungkan perangkat HMD dengan koneksi internet.
5. Masuk ke dalam browser yang telah tersedia di dalam perangkat HMD.
6. Masuk ke dalam website sketchfab.
7. Cari model yang telah dibuat.
8. Klik “View in VR”



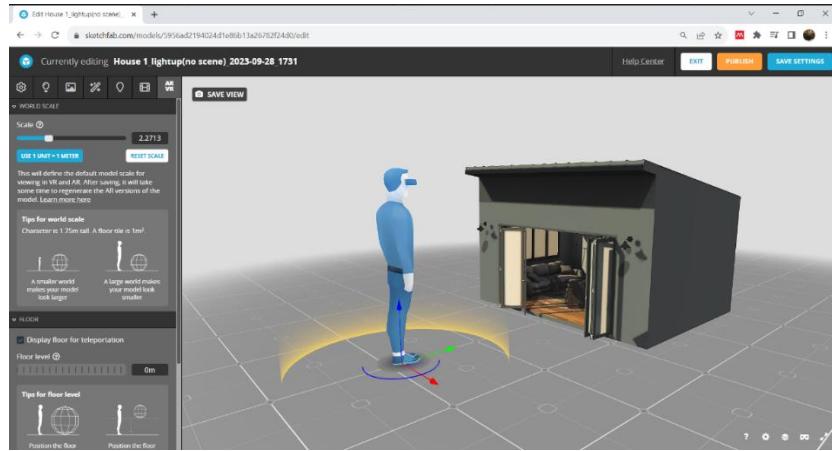
Gambar 4. 16 Tampilan model cabin di dalam Sketchfab

Gambar 4. 16 merupakan hasil export dari SketchUp menuju Sketchfab dari model cabin SketchUp Academy.



Gambar 4. 17 Tampilan model rumah hamption di Sketchfab

Gambar 4. 17 merupakan tampilan model Hampton yang telah diexport dari SketchUp menuju Sketchfab.



Gambar 4. 18 Pengaturan skala user di Sketchfab

Gambar 4. 18 merupakan pengaturan skala dan posisi dari *starting point* di dalam Sketchfab. Proses ini menentukan posisi dan tinggi dari pengguna ketika model di load.

4.3.1.1 Troubleshooting Sketchfab

Apabila plugin LightUp membuat beberapa objek menjadi hilang, berikut langkah-langkah untuk mengatasinya:

1. Export model rumah dengan format FBX dari SketchUp.
2. Pastikan material juga diexport hingga menjadi ZIP file.
3. Masukkan ZIP file tersebut ke dalam Sketchfab.
4. Gunakan fitur lighting yang ada di dalam Sketchfab.
5. Atur kembali skala pengguna.
6. Save dan publish.

4.3.2 Unity

Terdapat 2 metode pemrosesan model dari SketchUp menuju Unity. Opsi pertama adalah save as data SketchUp yang ada dengan versi 2017 dari SketchUp. Hal ini dilakukan karena Unity hanya bisa menyediakan fungsi support ini hingga Sketchup dengan versi tahun 2017. Opsi kedua adalah export file FBX dari model dengan material yang ada ke dalam Unity. Pada penelitian kali ini, metode kedua

akan digunakan. Hal ini dilakukan karena metode pertama menyebabkan model 3D rumah yang ada menjadi tidak berwarna . Berikut merupakan langkah-langkah selanjutnya untuk merender :

1. Setelah install Unity dengan build in android support, masukkan file asset FBX dan material yang telah disiapkan.
2. Daftarkan diri sebagai developer di dalam Meta untuk dapat membuat aplikasi pihak ketiga yang dapat diuji di dalam HMD Meta Quest 2.
3. Sambungkan Meta Quest 2 dengan perangkat smartphone dan aktifkan mode “Developer mode”.
4. Buka tab Window dan cari “asset”.
5. Klik tab asset yang telah muncul dan ketikkan plugin “Oculus Integration” seperti Gambar 4. 19. Plugin ini berfungsi supaya projek yang telah disusun akan dapat dijalankan dengan perangkat HMD yang dimiliki.
6. Setelah ditambahkan ke dalam asset, klik “Open in Unity”.
7. Di dalam Unity, install plugin dan klik import.
8. Kembali ke panel asset, klik Oculus, lalu VR, lalu Prefabs.
9. Hapus objek camera yang telah disediakan oleh Unity dan masukkan OVB camera dari plugin. Hal ini berfungsi supaya ketika projek dijalankan, kamera akan bergerak mengikuti arah dari perangkat.
10. Posisikan dan skala kamera di tempat yang diinginkan. Hal ini akan berfungsi sebagai titik awal yang dilihat oleh pengguna.
11. Tambahkan OVB Controller ke dalam left dan right hand anchor. Masukkan opsi left dan right touch. Hal ini berfungsi untuk menampilkan controller di dalam project dan membiarkan seseorang bisa bergerak dengan joystick.
12. Sambungkan Meta Quest 2 ke PC dengan kabel USB-C.
13. Aktifkan USB debugging mode di dalam Meta Quest 2.
14. Klik File, lalu build settings.
15. Pastikan dalam Run Device Meta Quest 2 sudah terpilih.
16. Pastikan Texture Compression adalah “Same as User” atau “Don’t override” bergantung dengan versi Unity. Apabila hal ini diubah, projek tidak akan berjalan di HMD dan akan memberikan tampilan gelap atau hanya boundaries yang telah dibuat sebelumnya.

1. Klik Build and Run.
2. Simpan file apk di folder yang diinginkan. Hal ini berfungsi supaya perangkat HMD lain bisa menjalankan projek tanpa harus menyambungkan kembali ke Unity.
3. Tunggu hingga projek selesai disusun dan buka aplikasi di dalam HMD.

4.3.3 Pencahayaan

Setelah model dibentuk di dalam SketchUp, maka diperlukan pencahayaan di dalam Sketchfab dan Unity. Pertama mari atur pencahayaan pada Sketchfab:

1. Setelah file FBX diupload dan edit 3D settings dipilih, tekan lighting tab
2. Pilih latar belakang pencahayaan yang diinginkan
3. Tentukan waktu dan intesitas bayangan
4. Sistem akan memposisikan kemiringan dan intensitas cahaya dari data yang telah dimasukkan.

Sedangkan pada Unity cukup mengubah posisi dari *lighting default*.

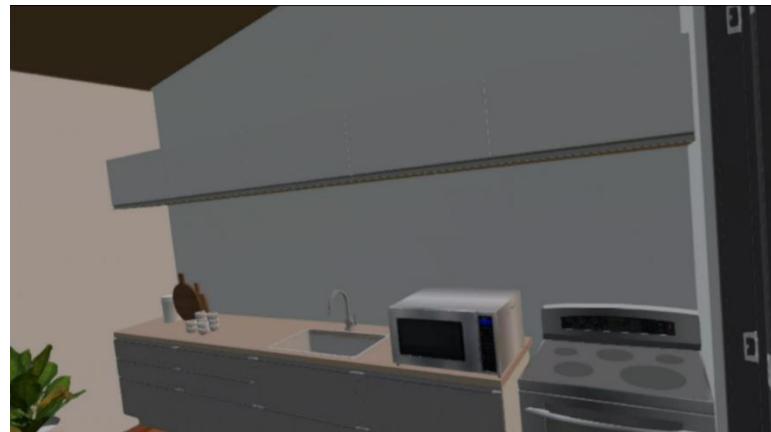
4.4 Hasil Render

Terdapat empat buah hasil model yang telah dibuat. Dua model di dalam Sketchfab dan 2 model di dalam Unity. Berikut merupakan pembahasan kelebihan dan kekurangan dari tiap model.

4.4.1 Sketchfab

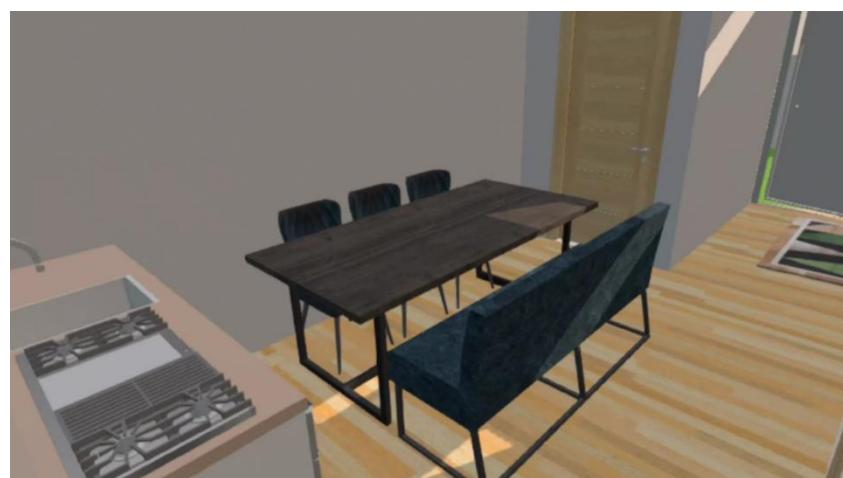
Di dalam Sketchfab tanpa plugin LightUp, tipe pencahayaan lit di dalam menu akan digunakan. Hal ini membuat jendela dari model rumah bisa terlihat lebih jelas, pencahayaan di dalam rumah Hampton masih lebih sedikit tetapi memiliki keterangan dan kontras yang jauh lebih baik. Untuk pergerakan memiliki metode berjalan kaki atau teleportasi. Model dapat diakses dengan berjalan kaki. Tetapi apabila pengguna tidak memiliki daerah yang cukup luas, maka pengguna bisa menggunakan fungsi teleportasi yang telah disusun di dalam Sketchfab. Cukup menggunakan trigger button dan sudut pandang bisa berpindah tempat secara

mudah di dalam model yang sedang diakses di dalam HMD yang tersedia. Kekurangan dari model ini adalah pewarnaan objek yang rata menyebabkan tidak ada kesan kedalaman atau detail yang minim. Tidak adanya bayangan maupun cahaya di dalam interior merupakan salah satu kekurangan yang dapat dilihat.



Gambar 4. 19 Tampilan cabin di Sketchfab

Pada Gambar 4. 19 terdapat tampilan hasil render Sketchfab pada model cabin. Terlihat pencahayaan *default* dari Sketchfab memiliki pencahayaan yang terang pada sisi yang terkena matahari tetapi masih cenderung rata pada sisi yang jauh dari matahari.

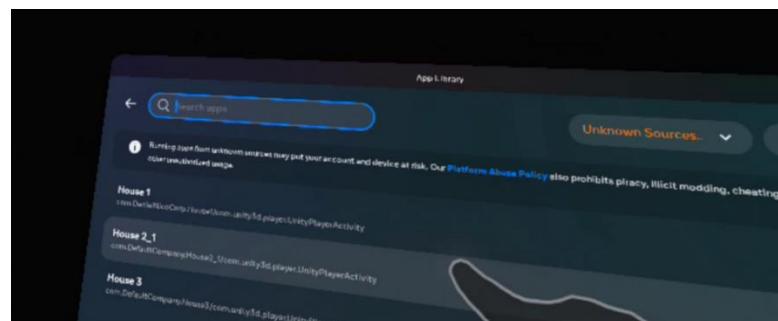


Gambar 4. 20 Tampilan model Hampton di Sketchfab

Pada Gambar 4. 20 terdapat hasil render Sketchfab pada model Hampton. Terlihat pencahayaan yang ada memiliki efek yang bagus pada sisi yang terkena matahari. Objek yang tidak terkena pencahayaan memiliki warna rata.

4.4.2 Unity

Hasil model dengan Unity merupakan model yang memiliki pencahayaan yang cukup baik. Tetapi dengan tidak adanya pencahayaan interior yang dapat terlihat menunjukkan bahwa pencahayaan di dalam Unity memerlukan plugin lain. Warna tajam dari SketchUp juga hilang. Kekurangan selanjutnya adalah tidak adanya visualisasi skala dari kamera yang menyebabkan pengguna merasa menjadi raksasa atau semut ketika di render. Hal ini tidak terlihat di dalam kamera di dalam Unity karena sudut pandangnya tetap sama. Kekurangan terakhir adalah controller tidak dapat melakukan teleportasi maupun pergerakan apapun meskipun plugin telah digunakan. Hal ini menyebabkan pengguna dengan ruang gerak terbatas tidak bisa menikmati model dengan baik.



Gambar 4. 21 Tampilan menu aplikasi ketiga di Meta Quest 2

Pada Gambar 4. 21 menampilkan tampilan VR pada saat ingin memilih aplikasi pihak ketiga yang telah dibuat di dalam HMD. Terdapat catatan penting bahwa aplikasi ketiga tidak diverifikasi oleh Meta. Ketika menekan aplikasi dari model yang telah dibuat, layar “Made In Unity” seperti pada gambar 4. 22 akan muncul.



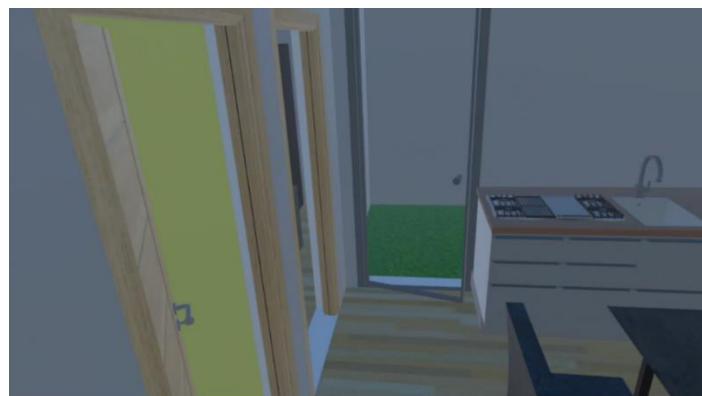
Gambar 4. 22 Tampilan awal sebelum model dimuat

Pada model cabin dapat terlihat hasil render yang cukup baik. Pewarnaan dari hasil render dengan 3D engine Unity memiliki kedalaman yang dapat terlihat seperti pada bayangan dan dengan tidak ada objek yang hilang. Terdapat gradasi pada material lantai. Pada rendering sebuah objek, setiap objek dapat termodel dengan lengkap.



Gambar 4. 23 Model cabin rumah di dalam Unity

Gambar 4. 23 merupakan hasil render model cabin pada 3D engine Unity. Terlihat bahwa ada sinar matahari dengan suhu warna yang rendah menyebabkan warna cahaya cenderung putih. Hal ini berbeda dari matahari dari Sketchfab.



Gambar 4. 24 Tampilan model rumah Hampton di Unity

Gambar 4. 24 menampilkan model Hampton dengan Unity, terlihat pada pintu belakang merupakan pintu kaca, di mana engine dapat merender dengan baik sehingga objek dibalik pintu dapat terlihat. Hal lain yang dimiliki oleh Unity adalah

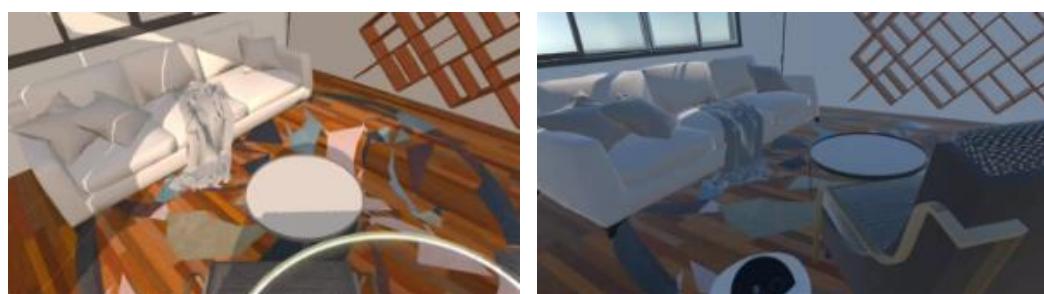
pintu kamar yang bisa terbuka. Pada Gambar 4. 25 terlihat controller Meta dapat muncul, hal ini membuktikan bahwa OVB controller di dalam Right and Left Hand Anchor untuk mengaktifkan control sudah diaktifkan. Tetapi, rintangan yang terjadi adalah controller tidak dapat digunakan sama sekali.



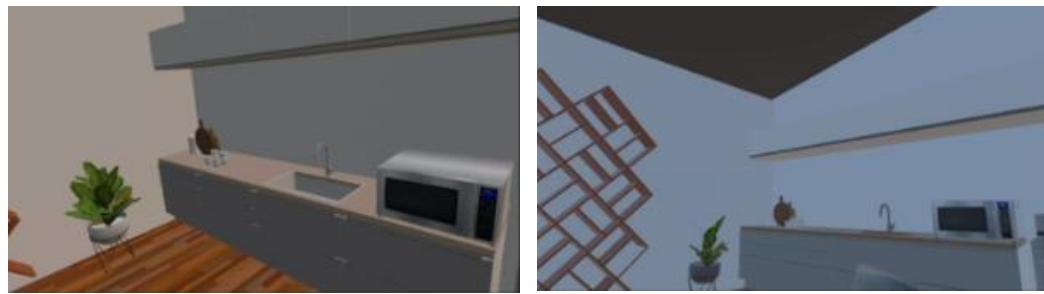
Gambar 4. 25 Controller muncul di Unity

4.4.3 Perbandingan Tampilan Sketchfab dan Unity

Berikut merupakan perbandingan antara hasil render 3D Engine Sketchfab dan Unity. Pada Gambar 4.26a dan 26b terdapat hasil render dari ruang tamu desain cabin. Gambar 4.26a merupakan tampilan hasil render 3D Engine Sketchfab, dan 4.26b merupakan hasil render 3D Engine Unity. Terdapat hasil render kedua Engine memiliki kualitas yang mirip. Baik dalam tekstur produk hingga pencahayaan. Terdapat dua perbedaan yang dapat terlihat. Perbedaan pertama adalah warna dan arah masuk cahaya berbeda. Hal ini bisa diubah di tiap 3D Engine yang ada. Perbedaan kedua adalah jendela di Sketchfab tidak memiliki tekstur kaca sehingga tampilan luar tidak tembus. Hal ini dapat diperbaiki dengan menurunkan *opacity* pada komponen kaca di jendela pada Sketchfab.



Gambar 4. 26a dan 26b tampilan ruang tamu cabin



Gambar 4. 27a dan 27b tampilan mini dapur cabin

Perbandingan kedua yang dapat dilakukan adalah perbandingan mini dapur. Terlihat ada komponen berupa meja dapur, *microwave*, wastafel dan tanaman untuk hiasan. Kedua 3D Engine dapat menampilkan barang-barang tersebut dengan baik tanpa adanya perbedaan signifikan yang terlihat. Perbedaan yang dapat terlihat hanyalah temperatur cahaya yang dapat disesuaikan di tiap Engine.

4.5 User Experience Questionnaire

Dalam tahap pengujian dan quisioner, diperlukan relawan untuk menggunakan aplikasi yang ada. Ada 10 responden yang menguji setiap aplikasi. Setiap relawan akan menguji empat model dengan dua parameter yang berbeda. Terdapat 2 model menggunakan Sketchfab dan 2 model menggunakan Unity. Berikut merupakan tahapan-tahapan dari penggunaan *User Experience Questionnaire* dalam penelitian ini.

Gambar 4. 26. merupakan tampilan seorang relawan menggunakan HMD Meta Quest 2 untuk menguji setiap model yang telah disiapkan.



Gambar 4. 28 Pengujian Model

4.5.1 Target Responden

Terdapat 10 responden yang menguji model. Target responden merupakan orang-orang yang tidak memiliki penyakit epilepsi sehingga tidak akan cenderung merasakan pusing ketika menggunakan HMD Meta Quest 2 yang telah disediakan. Para responden menguji setiap model yang ada, baik di dalam Sketchfab maupun Unity. Setelah responden menguji model dari tiap 3D engine, responden akan mengisi kuisioner yang diserahkan. Berikut merupakan data dari responden:

Tabel 4. 1 Tabel data diri responden

Nomer	Nama	Umur	Jenis kelamin	Tingkat pendidikan
1	Alvin Andrius	22	Pria	SMA
2	Andrew N.	21	Pria	SMA
3	Philip N.	19	Pria	SMA
S4	Daniel Yoga	22	Pria	SMA
5	Alvin Pratikta	22	Pria	SMA
6	Reggiane	22	Wanita	SMA
7	Calvin C.	22	Pria	SMA
8	Imandhito	28	Pria	SMA
9	Gregorio	22	Pria	SMA
10	Aditya	22	Pria	SMA

Tabel 4. 1 berisi data dari para responden. Terlihat bahwa 90% responden merupakan laki-laki serta setiap responden merupakan mahasiswa sarjana strata satu.

4.5.2 Data Sketchfab

Setelah responden menguji model dari tiap engine, responden akan mengisi form yang telah diberikan. Berikut merupakan data yang didapatkan dari para responden.

Tabel 4. 2 Tabel data dari responden untuk Engine Sketchfab

		Items																							
									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6
3	4	6	2	4	3	2	5	2	4	4	6	7	4	4	3	3	4	4	6	2	6	4	6	4	4
7	7	1	1	1	7	7	5	1	1	7	1	7	7	7	6	1	1	1	7	1	7	1	1	1	7
7	7	2	4	2	7	7	4	4	1	7	1	6	6	6	6	1	1	1	7	1	6	1	1	1	7
4	4	1	6	2	5	5	6	2	2	5	2	5	5	5	6	4	4	4	5	3	5	2	3	3	5
3	6	2	6	6	4	4	4	5	3	2	5	4	2	4	2	4	6	5	3	6	2	4	6	6	3
6	7	3	2	2	5	5	6	3	4	4	3	5	6	2	6	3	3	3	6	1	6	1	2	2	4
4	5	5	3	4	3	2	5	2	6	4	5	5	3	2	2	5	4	5	6	4	6	6	6	3	3
1	2	5	5	3	5	4	3	5	5	3	6	3	2	4	1	6	4	2	5	5	3	6	2	5	6
6	4	3	3	1	4	2	3	3	2	2	1	3	1	5	2	2	5	1	6	4	3	3	1	2	1
5	5	3	2	2	6	6	5	5	2	6	3	6	6	6	6	3	3	3	4	3	5	3	3	3	5

Pada Tabel 4. 2 menampilkan poin-poin yang diberikan oleh para responden untuk Sketchfab. Perlu diperhatikan bahwa pada tahapan ini masih belum terdapat terlihat apakah sebuah poin yang diberikan oleh responden memiliki nilai yang negatif atau positif.

4.5.2.1 Transformasi Data Sketchfab

Setelah data dimasukkan, maka data akan diolah, pada bagian ini data akan dimasukkan nilai negatif / positif / netral berdasarkan setiap aspek dari *user experience*.

Tabel 4. 3 Konversi data dari responden.

		Items																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
									0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	0	2	2	0	1	2	1	2	0	0	2	3	0	0	1	1	0	0	2	2	0
3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
3	3	2	0	2	3	3	0	0	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	3	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	0	0	0	1	1	1	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	2	2	2	0	0	0	1	1	2	1	0	2	0	2	1	1	2	2	0	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	3	1	2	2	1	1	2	1	0	0	1	1	2	2	2	1	1	2	3	2	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	1	1	1	0	1	2	1	2	2	0	1	1	1	2	2	1	0	1	2	0	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	2	1	2	0	3	2	0	2	1	1	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0	1	1	3	0	2	1	1	2	2	3	1	3	1	2	2	1	3	2	0	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	0	1	1	1

Tabel 4. 3 merupakan tabel yang berisi data dari responden yang telah dikonversi sehingga terlihat nilai dari data tersebut. Baik negative, positif, maupun netral.

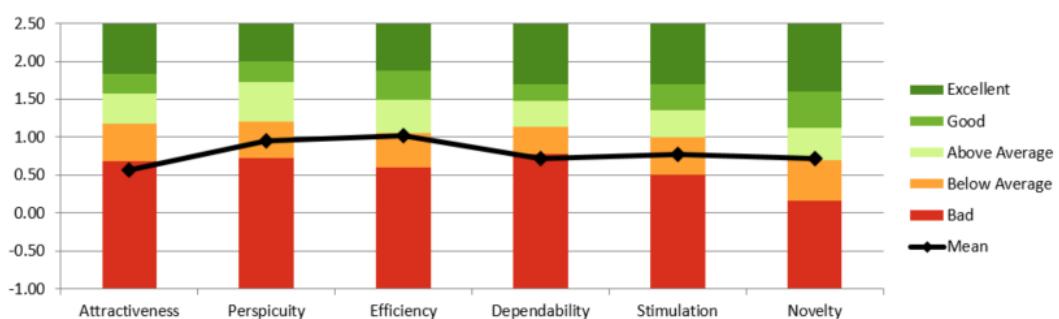
Tabel 4. 4 Tabel data rata-rata berdasarkan aspek *user experience*

Scale means per person					
Attractiveness	Perspicuity	Efficiency	Dependability	Stimulation	Novelty
-1.00	1.75	1.50	0.50	-0.75	-0.50
2.83	3.00	3.00	2.50	3.00	3.00
2.67	2.00	2.00	2.25	2.75	2.50
1.17	0.00	1.50	0.75	1.00	1.75
-1.67	-0.50	-1.00	-0.75	-1.00	0.50
1.83	2.25	2.00	1.00	1.25	-0.25
-0.83	0.75	1.00	-0.25	-0.75	-1.50
-1.50	-1.25	-0.75	-0.50	0.50	0.00
0.83	0.00	0.75	0.50	0.00	0.25
1.33	1.50	0.25	1.25	1.75	1.50

Tabel 4. 4 berisi data rata-rata yang berisi dari penilaian tiap responden untuk setiap aspek *user experience*. Untuk contoh, responden pertama memberikan rata-rata nilai -1 untuk *attractiveness*, 1.75 untuk *perspicuity*, 1.5 untuk *efficiency*, 0.5 untuk *dependability*, 0.75 untuk *stimulation*, dan -0.5 untuk *novelty*.

4.5.2.2 Benchmark Sketchfab

Setelah data diolah, maka data akan didapatkan sebagai berikut:



Gambar 4. 29 Hasil Benchmark User Experience Sketchfab

Gambar 4.27 menampilkan diagram dari kualitas aspek UX dari 3D engine sketchfab. Dengan lower border -1 dan upper border 2.5. Aspek *attractiveness* mendapatkan buruk dengan nilai 0.57, *perspicuity* dibawah rata-rata dengan nilai

0.95, *efficiency* dibawah rata-rata dengan nilai 1.03, *dependability* buruk dengan nilai 0.73, *stimulation* di bawah rata-rata dengan nilai 0.78, *novelty* di atas rata-rata dengan nilai 0.73.

4.5.3 Data Unity

Setelah responden menguji model dari tiap engine, responden akan mengisi form yang telah diberikan. Berikut merupakan data yang didapatkan dari para responden.

Tabel 4. 5 Tabel data dari responden untuk Engine Unity

		Items																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	
4	5	5	3	3	5	4	4	5	4	4	4	3	5	4	4	4	5	4	4	4	4	3	5	4	4	4
6	6	2	2	2	6	6	3	2	2	4	2	4	5	6	6	2	2	4	5	2	6	2	2	5	4	
6	6	3	4	3	6	6	4	4	1	6	1	5	6	2	7	1	1	1	6	5	6	2	2	3	7	
4	4	1	2	5	6	6	5	3	1	6	2	3	6	7	4	4	1	2	4	4	4	1	1	3	7	
6	6	2	2	3	7	6	6	5	3	6	1	6	6	4	6	2	3	2	6	2	5	2	2	2	6	
4	5	5	6	4	3	3	4	4	5	5	4	5	4	2	6	3	4	4	5	2	5	3	2	3	4	
5	5	3	6	2	5	5	5	2	6	3	2	5	4	5	3	3	4	4	3	4	1	2	3	6		
5	5	2	3	2	4	3	2	5	6	7	2	5	4	3	5	2	2	2	6	3	6	4	3	2	5	
7	7	6	5	2	5	3	4	5	4	4	2	4	3	7	4	4	7	1	7	5	4	4	1	4	1	
4	5	3	4	4	4	4	4	4	5	2	4	4	5	4	3	2	3	5	2	5	2	2	3	5		

Pada Tabel 4. 5 menampilkan poin-poin yang diberikan oleh para responden untuk Unity. Perlu diperhatikan bahwa pada tahapan ini masih belum terdapat terlihat apakah sebuah poin yang diberikan oleh responden memiliki nilai yang negatif atau positif.

4.5.3.1 Transformasi Data Unity

Setelah data dimasukkan, maka data akan diolah, pada bagian ini data akan dimasukkan nilai negatif / positif /netral berdasarkan setiap aspek dari *user experience*.

Tabel 4. 6 Konversi data dari responden

										Items																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	2	0	1	2	2	2	2	0	1	2	2	2	2	1	0	2	2	2	2	1	0			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2	2	1	0	1	2	2	0	0	3	2	3	1	2	2	3	3	3	3	2	1	2	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0	3	2	1	2	2	1	1	3	2	2	1	2	3	0	0	3	2	0	0	0	3	3	1	3	2	0	0	3	3	1	3		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	2	2	2	1	3	2	2	1	1	2	3	2	2	0	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	0	2	2	2	2		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	1	1	2	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	2	2	1	0	0	1	2	1	1	2	1	0	0	1	2	1	0	0	1	0	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	0	1	1	0	0	1	0	3	2	1	2	1	2	1	0	3	2	1	2		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	2	1	2	0	1	2	1	2	3	2	1	0	1	1	2	2	2	1	2	0	1	2	1	0	1	2	1	1	2	1	1	1	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	3	2	1	2	1	1	0	1	0	0	2	0	1	3	0	0	3	3	1	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3
0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1

Tabel 4. 6 merupakan tabel yang berisi data dari responden yang telah dikonversi sehingga terlihat nilai dari data tersebut. Baik negative, positif, maupun neutral.

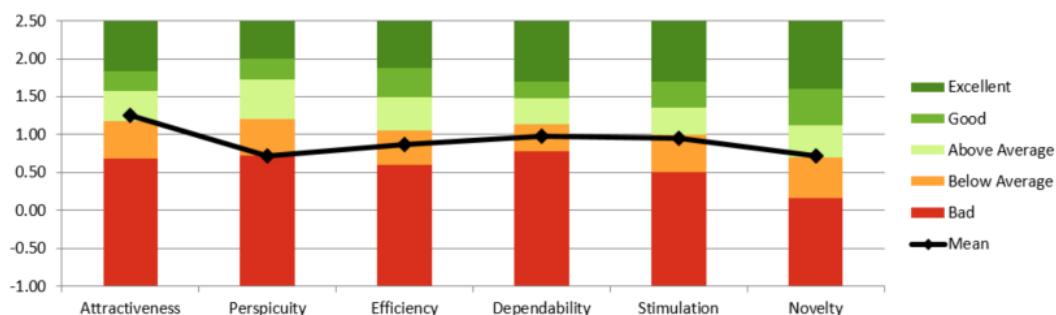
Tabel 4. 7 Tabel data rata-rata berdasarkan aspek *user experience*

Scale means per person					
Attractiveness	Perspicuity	Efficiency	Dependabilit	Stimulatio	Novelt
s	y	y	y	n	y
0.33	1.00	0.00	0.00	0.50	-0.25
1.33	1.50	1.75	0.25	2.00	1.50
2.17	0.50	1.50	2.00	2.00	1.25
1.33	0.25	1.00	1.25	1.50	3.00
2.17	2.00	1.00	2.00	1.75	1.25
0.83	0.50	0.75	0.50	-0.50	-1.00
1.17	-0.50	0.50	1.00	1.25	1.25
1.17	1.00	0.75	1.25	0.75	0.00
1.17	0.25	0.50	0.75	-0.25	-0.50
0.83	0.75	1.00	0.75	0.50	0.75

Tabel 4. 7 berisi data rata-rata yang berisi dari penilaian tiap responden untuk setiap aspek *user experience*. Untuk contoh, responden pertama memberikan rata-rata nilai 0.33 untuk attractiveness, 1 untuk perspicuity, 0 untuk efficiency, 0 untuk dependability, 0.5 untuk stimulation, dan -0.25 untuk novelty.

4.5.3.2 Benchmark Unity

Setelah data diolah, maka data akan didapatkan sebagai berikut:



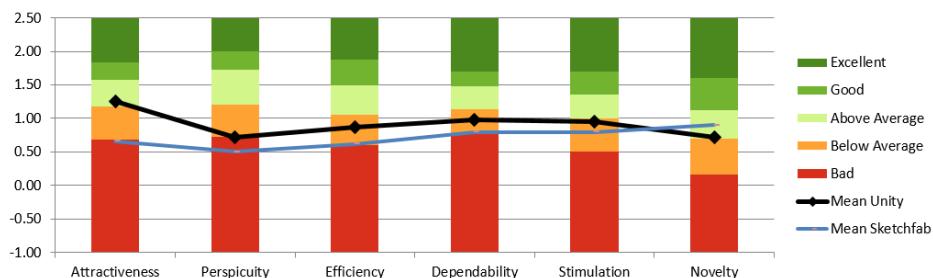
Gambar 4. 30 Hasil Benchmark User Experience Unity

Gambar 4.28 menampilkan diagram dari kualitas aspek UX dari 3d engine sketchfab. Dengan lower border -1 dan upper border 2.5. Aspek *attractiveness*

mendapatkan di atas rata-rata dengan nilai 1.25, *perspicuity* dibawah rata-rata dengan nilai 0.73, *efficiency* dibawah rata-rata dengan nilai 0.88, *dependability* di bawah rata-rata dengan nilai 0.98, *stimulation* di bawah rata-rata dengan nilai 0.95, *novelty* di atas rata-rata dengan nilai 0.73.

4.6 Perbandingan Data

Gambar 4.29 berikut merupakan perbandingan data hasil evaluasi *user experience* antara Sketchfab dan Unity.



Gambar 4. 31 Bencmark antara Sketchfab dan Unity

Setelah setiap data dimasukkan, sebuah tabel akan dibentuk untuk membandingkan kualitas UX yang dimiliki setiap 3D engine. Tabel berikut merupakan nilai rata-rata yang dimiliki oleh setiap skala UEQ dari setiap 3D Engine.

Tabel 4. 8 Tabel rata-rata skala UEQ dari tiap 3D engine

3D Engine	Attractiveness	Perspicuity	Efficiency	Dependability	Stimulation	Novelty	Mean
Sketchfab	0.57	0.95	1.03	0.73	0.78	0.73	0.798
Unity	1.25	0.73	0.88	0.98	0.95	0.73	0.92
Jarak	0.68	0.22	0.15	0.25	0.17	0	0.245

Berdasarkan tabel 4. 8, 3D Engine yang memiliki keunggulan dalam setiap aspek adalah sebagai berikut: Unity memiliki keunggulan pada bidang *attractiveness*, *dependability*, dan *stimulation*. Sedangkan Sketchfab memiliki keunggulan pada *perspicuity* dan *efficiency*. Dari pemaparan ini, 3D engine yang memiliki poin yang unggul dalam pemberian

User Experience adalah Unity. Tetapi selisih total dari perbedaan performa *user experience* dari setiap aspek hanya memiliki perbedaan sebesar 0.245. Nilai tersebut apabila dibedakan menjadi persentase dengan skala atas maupun bawah akan menjadi 7% saja. Jadi kedua 3D Engine tersebut dapat digunakan disesuaikan pada daya komputasi komputer yang dimiliki.

Bab V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan pada penelitian ini:

1. Empat model sudah dapat ditampilkan dan diakses oleh HMD Meta Quest dengan perspektif orang pertama. 2 model berada di Sketchfab dan 2 di Unity. Setiap model dapat diakses secara mudah.
2. Hasil render 3D Engine Sketchfab maupun Unity memiliki tampilan yang mirip dan hamper tidak memiliki perbedaan yang signifikan.
3. Dari penilaian UEQ, dapat disimpulkan bahwa 3D engine Unity merupakan 3D engine yang lebih unggul dalam memberikan *User Experience* dalam visualisasi rumah dengan perbedaan sebesar 7%. *Developer* dapat memilih 3D Engine Sketchfab maupun Unity dalam tahap pengembangan dengan memperhatikan daya komputasi komputer yang dimiliki.

5.2 Saran

Berikut merupakan saran-saran dan masukan pada penelitian ini:

1. Menggunakan komputer yang memiliki daya komputasi yang jauh lebih tinggi untuk mengurangi waktu render.
2. Menggunakan plugin Unity lain untuk memastikan controller dapat bekerja dengan baik.
3. Menggunakan blueprint yang rinci dan jelas menggunakan dimensi apa saja untuk tiap objek termasuk ketinggian.
4. Menggunakan foto 360 derajat sebagai background untuk menambahkan hasil estetika yang lebih baik.

Daftar Pustaka

Aksu, H., Babun, L., & Conti, M. (2018). Advertising in the IoT Era: Vision and Challenges. *University of Padua*, 56(11), 144. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8337812>

Arie, B. (2023). *What Is a 3D Engine?* Easy Tech Junkie. [https://www.easytechjunkie.com/what-is-a-3d-engine.htm#:~:text=A three-dimensional \(3D\),non-entertainment applications also exist.](https://www.easytechjunkie.com/what-is-a-3d-engine.htm#:~:text=A three-dimensional (3D),non-entertainment applications also exist.)

Bagus, P. (2020). IMPLEMENTASI AUGMENTED REALITY PADA MEDIA PROMOSI PENJUALAN RUMAH. *Universitas Palangkaraya*, 14(2), 8. <https://e-journal.upr.ac.id/index.php/JTI/article/view/1163/1499>

Bart. (2015). *New: Real-time shadows and better model orientation.* Sketchfab. <https://sketchfab.com/blogs/community/new-real-time-shadows-and-better-model-orientation/>

Blender Foundation. (2021). *Blender*. Blender. <https://www.blender.org/>

Dejtiar, F., & Valletta, M. (2017). *How To Improve Your SketchUp Skills*. Arch Daily. <https://www.archdaily.com/871893/how-to-improve-your-sketchup-skills>

Doneda, A., & Oliveira, J. (2020). Helicopter visual signaling simulation: Integrating VR and ML into a low-cost solution to optimize Brazilian Navy training. *IEEE*, 1(1), 19. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9262459/metrics#metrics>

Epic Games. (2021). *Unreal Editor Interface*. Unreal Engine. <https://docs.unrealengine.com/5.1/en-US/unreal-editor-interface/>

Greengard, S. (2019). *Virtual Reality*. The MIT Press. https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=YU6qDwAAQBAJ&oi=fn&pg=PR5&dq=virtual+reality&ots=XFRL88pSwF&sig=jV5IiamEqUxi34fbU8iPHBxrwgw&redir_esc=y#v=onepage&q=virtual reality&f=false

Ikhsan, J., Sugiyarto, K., & Astuti, T. (2020). Fostering Student's Critical Thinking through a Virtual Reality Laboratory. *Universitas Negeri Yogyakarta*, 14(8), 183.

https://www.researchgate.net/publication/341524053_Fostering_Student's_C

ritical_Thinking_through_a_Virtual_Reality_Laboratory

Khoirudin, T., & Murinto. (2018). *Visualisasi 3 Dimensi Perumahan Sebagai Media Informasi Pemasaran (Studi Kasus Griya Taman Srago Klaten)*. 6(1), 10.

Kristian, H., Setiawan, H., & Kelanata, O. H. (2015). Implementasi Augmented Reality Visualisasi Rumah Berbasis Unity. *Universitas Ma Chung*, 5(2), 4. <https://jurnal.stiki.ac.id/SMATIKA/article/view/80/47>

Li, Z.-N., Drew, M. S., & Liu, J. (2021). *Introduction to Multimedia*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62124-7_1

Liquid Studio. (2017). *Vray Blender Interiors*. Blender Artists. <https://blenderartists.org/t/vray-blender-interiors/682227>

Mariana, P., Setiawan, H., & Irawan, P. (2017). Implementasi Augmented Reality Untuk Visualisasi Pakaian Wanita. *Stiki*, 5(2), 7. jurnal.stiki.ac.id

Marr, B. (2021). *10 Best Examples of VR and AR In Education*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2021/07/23/10-best-examples-of-vr-and-ar-in-education/?sh=75c2ae071f48>

Meta. (2020). *Meta Quest 2*. Meta. <https://www.meta.com/quest/products/quest-2>

PJM Land. (2019). *The Oz Malang*. PJM Land. <https://www.pjm-land.com/project/The-Oz>

Santoso, H. B., Schrepp, M., & Katrono, Y. (2016). Measuring User Experience of the Student-Centered e-Learning Environment. *Eric*, 13(1), 22. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1087680>

Schrepp, M., & Hinderks, A. (2017). Construction of a Benchmark for the User Experience Questionnaire (UEQ). *Reunir*, 4(4), 5. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/11754>

Schreiner, J. (2022). *Enhancing the Student Learning Experience through Virtual Reality Integration*. 1(1), 17.

SketchUp Campus. (2019). *SketchUp Fundamentals*. SketchUp. <https://learn.sketchup.com/courses/sketchup-web-fundamentals-part1>

SketchUp Campus. (2020). *V-Ray For Interiors*. SketchUp. <https://learn.sketchup.com/courses/v-ray-interiors>

Suppunda, S. (2022). *Virtual Reality, And How Are Architects Using It In Design?*

Parametric Architecture. <https://parametric-architecture.com/virtual-reality-and-how-are-architects-using-it-in-design/>

Unity Technologies. (2021). *Unity's Interface*. Unity. <https://docs.unity3d.com/Manual/UsingTheEditor.html>

University of Illinois. (2020). *Dataviz*. University of Illinois. <https://atlas.illinois.edu/node/647>

Valve Corporation. (2020). *Half Life*. Half Life. half-life.com/en/alyx

Xie, B., & Liu, H. (2021). A Review on Virtual Reality Skill Training Applications. *Frontiers*, 2(1), 20. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2021.645153/full>