

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Desain Gim Digital

Gim (permainan) adalah sebuah aktivitas interaktif yang dilakukan untuk mencapai suatu tujuan yang dirancang melalui aturan-aturan buatan tertentu (Suits, 1967). Fullerton (2024) sendiri juga mengatakan kalau gim adalah sebuah sistem formal yang memiliki batas, aturan, dan elemen yang berhubungan, yang dirancang untuk melibatkan pemain ke dalam sebuah konflik buatan untuk mencapai tujuan tertentu. Seiring perkembangan teknologi, kondisi yang dirancang tidak lagi terbatas pada ruang dan batasan fisik, melainkan juga hadir dalam bentuk digital melalui berbagai media elektronik sebagai perangkat utamanya. Perkembangan ini menjadikan gim tidak hanya sebagai bentuk hiburan, tetapi juga sebagai media interaktif yang dapat digunakan untuk tujuan edukasi, komunikasi, dan penyampaian informasi.

2.1.1 Elemen Suara

Dalam sebuah penelitian yang dilakukan oleh Schuban dkk. (2024) seputar gamifikasi, ditemukan kalau elemen audio dapat mendukung pengalaman pengguna dengan meningkatkan konsentrasi dan imersivitas. Namun, jika focus gamifikasi adalah kinerja, maka elemen audio tidak disarankan karena dapat menarik perhatian pemain dari objektif utama. Sehingga penting diketahui terlebih dahulu tujuan perancangan gim agar elemen suara dapat diterapkan sesuai dengan konteks yang diinginkan.

2.1.2 Konflik Dalam Gim Digital

Elemen dramatis adalah alat yang berguna untuk mengikat perhatian pemain dalam sebuah gim (Fullerton, 2024). Salah satu elemen dramatis ini adalah konflik. Konflik dalam sebuah gim tidak hanya didesain agar permainan tidak terlalu gampang, melainkan konflik juga dirancang sebagai elemen yang mengikat pemain secara emosional. Konflik dramatis dapat dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu *character versus character*,

character versus nature, character versus machine, character versus self, character versus society, dan character versus fate. Dengan mempertimbangkan konflik, seorang desainer gim dapat mengintegrasikan elemen dramatis ke dalam sistem permainannya.

2.1.3 Digital Game Based Learning

Digital Game Based Learning adalah pendekatan pembelajaran berbasis perangkat lunak yang menggunakan elemen gim digital sebagai media edukatif melalui perangkat seperti computer, smarphone, atau perangkat berlayar lainnya (Hasibuan, 2023). Menurut Marc Prensky (2003), manusia suka belajar ketika proses pembelajaran tersebut tidak dipaksakan. Di permukaan, gim mengajarkan pemain untuk melakukan hal-hal seputar sistemnya, seperti menerbangkan pesawat, menjadi penata kota, petempur perang, dan sebagainya. Namun, secara umum, gim mengajarkan pemain untuk belajar lebih dalam. Untuk mengumpulkan informasi dari berbagai sumber dan membuat kesimpulan dengan cepat. Untuk memahami sesuatu tanpa harus mendapatkan penjelasan secara langsung, melainkan melalui uji coba dan juga logika seorang diri.

Berdasarkan informasi di atas, dapat disimpulkan kalau gim digital merupakan media interaktif yang terdiri dari berbagai elemen seperti visual, suara, konflik, dan juga sistem pembelajaran yang mendukung dalam membentuk pengalaman pemain. Melalui *Digital Game Based Learning*, gim dapat dimanfaatkan sebagai media penyampaian informasi dan pembelajaran.

2.1.4 Karakteristik Belajar Anak dan Kebutuhan Media Interaktif

Materi tentang hubungan aktivitas lebah, proses penyerbukan, dan keseimbangan ekosistem berkaitan dengan kemampuan untuk memahami interaksi dalam suatu sistem. Menurut Santrock (2014, h. 93-95), anak-anak di masa remaja awal mulai berkembang dari kemampuan berpikir logis terhadap peristiwa faktual (*concrete operational*) menuju kemampuan berpikir terhadap konsep yang lebih abstrak (*formal operational*). Pada tahap ini, mereka sudah dapat memahami hubungan yang melibatkan banyak elemen, mempertimbangkan berbagai kemungkinan, dan juga membuat

kesimpulan mengenai sebuah sistem. Sehingga anak pada rentang usia tersebut sudah memiliki kemampuan berpikir yang dapat memahami materi terkait peran lebah dalam ekosistem.

Meskipun demikian, keberhasilan penyampaian materi tidak hanya dipengaruhi oleh kemampuan berpikir, tetapi juga oleh cara anak memperoleh informasi tersebut. Zosh, Hassinger-Das, dan Laurie (2022, h. 89) menjelaskan bahwa bermain merupakan proses alami bagi anak untuk memahami lingkungan di sekitarnya. Melalui kegiatan bermain, anak-anak dapat melakukan berbagai aksi dan mengamati akibat yang muncul tanpa mengalami risikonya di situasi nyata. Berdasarkan hal itu, Rozana dkk. (2025) juga mengatakan bahwa *play-based learning* sesuai digunakan untuk memperkenalkan konsep lingkungan karena memungkinkan anak-anak untuk membangun pemahaman melalui pengalaman belajar yang aktif.

Berdasarkan sifat-sifat tersebut, media yang dipilih harus bisa memberikan kesempatan kepada anak-anak untuk memahami hubungan dalam suatu sistem melalui pengalaman secara langsung. Salah satu media yang memiliki karakteristik tersebut adalah gim digital. Alotaibi dkk. (2024, h. 6-7) melalui hasil *systematic review* menyebutkan bahwa *game-based learning* memberikan dampak positif kepada perkembangan kognitif, motivasi, keterlibatan belajar, dan perkembangan sosial dan emosional anak dibandingkan metode pembelajaran tradisional. Selain itu, Chuang dkk. (2025, h. 9) juga menjelaskan bahwa *digital game-based learning* memungkinkan pemain untuk mengamati hubungan antara tindakan manusia dan dampak ekologis, sehingga pemain dapat memahami hubungan sebab akibat di dalam suatu lingkungan. Hal tersebut sesuai dengan tujuan perancangan ini, yaitu membantu anak-anak memahami hubungan antara aktivitas lebah, proses penyerbukan, dan keseimbangan ekosistem melalui pengalaman bermain.

2.1.5 Elemen Formal dalam Gim

Menurut Fullerton (2024), elemen formal merupakan komponen yang mendefinisikan struktur dasar sebuah gim (h. 60). Elemen-elemen ini

menentukan bagaimana pemain berinteraksi dengan sistem permainan serta bagaimana tujuan permainan dapat dicapai. Fullerton menjelaskan bahwa elemen formal terdiri dari pemain, objektif, prosedur, aturan, sumber daya, konflik, batasan, dan hasil. Melalui kombinasi elemen-elemen tersebut, sebuah gim dapat menciptakan pengalaman bermain yang terstruktur dan memiliki tujuan yang jelas.

A. Pemain

Pemain adalah pihak yang berinteraksi secara langsung dengan sistem permainan. Menurut Fullerton (2024), pemain menjadi pusat dari pengalaman bermain karena seluruh elemen permainan dirancang untuk melibatkan dan memberikan tantangan kepada mereka (h. 60-61). Jumlah pemain serta hubungan antar pemain dapat memengaruhi pengalaman yang dihasilkan oleh suatu gim.

B. Objektif

Objektif adalah tujuan yang ingin dicapai oleh pemain selama permainan berlangsung. Fullerton (2024) menjelaskan bahwa objektif memberikan arah bagi pemain dan menjadi motivasi utama dalam melakukan berbagai tindakan di dalam permainan (h. 71). Objektif dapat berupa mencapai lokasi tertentu, mengumpulkan sumber daya, mengalahkan lawan, dan juga menyelesaikan misi tertentu.

C. Prosedur

Prosedur merupakan tindakan atau langkah-langkah yang dapat dilakukan pemain selama bermain. Menurut Fullerton (2024), prosedur menjelaskan bagaimana pemain berinteraksi dengan sistem permainan untuk mencapai objektif yang telah ditentukan (h. 78-79). Prosedur dapat berupa pergerakan karakter, pengumpulan item, pembangunan suatu struktur, hingga bentuk interaksi lainnya.

D. Aturan

Aturan adalah batasan yang mengatur tindakan pemain di dalam permainan. Fullerton (2024) menjelaskan bahwa aturan menentukan tindakan apa yang diperbolehkan dan tidak diperbolehkan selama

permainan berlangsung (h. 81). Aturan berfungsi menjaga konsistensi sistem permainan serta menciptakan tantangan yang harus dihadapi pemain.

E. Sumber Daya

Sumber daya merupakan aset yang dapat digunakan atau dikelola oleh pemain untuk mencapai tujuan permainan. Menurut Fullerton (2024), sumber daya dapat berupa waktu, poin, mata uang, energi, item, maupun elemen lain yang memiliki nilai dalam sistem permainan (h. 84-89). Pengelolaan sumber daya sering kali menjadi bagian penting dalam proses pengambilan keputusan pemain.

F. Konflik

Konflik merupakan hambatan atau tantangan yang menghalangi pemain mencapai objektifnya. Fullerton (2024) menjelaskan bahwa konflik menjadi elemen penting karena menciptakan ketidakpastian dan mendorong pemain untuk terlibat secara aktif dalam permainan (h. 90-91). Konflik dapat berasal dari sistem permainan, lingkungan, maupun pemain lain.

G. Batasan

Batasan adalah ruang lingkup yang menentukan area permainan dan memisahkan dunia permainan dari dunia nyata. Menurut Fullerton (2024), batasan dapat bersifat fisik maupun konseptual, seperti ukuran area permainan, durasi permainan, atau aturan yang hanya berlaku di dalam sistem permainan (h. 92).

H. Hasil

Hasil merupakan kondisi akhir yang diperoleh setelah permainan berlangsung. Fullerton (2024) menjelaskan bahwa hasil digunakan untuk menunjukkan tingkat keberhasilan pemain dalam mencapai objektif permainan (h. 96). Hasil dapat berupa kemenangan, kekalahan, skor akhir, peringkat, dan bentuk pencapaian lainnya.

Berdasarkan penjelasan tersebut, elemen formal dapat dipahami sebagai fondasi utama dalam perancangan gim. Setiap elemen saling

berhubungan dan bekerja sama untuk membentuk struktur permainan yang dapat mengarahkan tindakan pemain untuk menghasilkan pengalaman bermain yang teratur dan bermakna.

2.1.6 Elemen Dramatis dalam Gim

Selain elemen formal, Fullerton (2024) menjelaskan bahwa sebuah gim juga memiliki elemen dramatis yang berfungsi untuk membangun keterlibatan emosional pemain (h. 101). Elemen dramatis memberikan konteks dan makna terhadap aktivitas bermain sehingga pemain tidak hanya berinteraksi dengan sistem permainan secara mekanik, tetapi juga memahami tujuan, situasi, dan konsekuensi dari tindakan yang dilakukan. Fullerton mengidentifikasi beberapa elemen dramatis yang umum digunakan dalam perancangan gim, yaitu tantangan, bermain, premis, karakter, cerita, bangunan dunia, dan busur dramatis.

A. Tantangan

Tantangan merupakan elemen yang mendorong pemain untuk terus berpartisipasi dalam permainan. Menurut Fullerton (2024), tantangan muncul ketika pemain dihadapkan pada hambatan, tujuan, atau masalah yang harus diselesaikan (h. 102-103). Tingkat tantangan yang sesuai dapat menciptakan rasa pencapaian dan menjaga keterlibatan pemain selama permainan berlangsung.

B. Bermain

Bermain merupakan aktivitas utama yang dilakukan pemain ketika berinteraksi dengan sebuah gim. Fullerton (2024) menjelaskan bahwa bermain memberikan kesempatan bagi pemain untuk bereksperimen, mengeksplorasi kemungkinan, serta memahami sistem permainan melalui pengalaman langsung (h. 107). Melalui proses bermain, pemain dapat membangun pemahaman dan kemampuan secara bertahap.

C. Premis

Premis adalah ide dasar yang menjadi landasan sebuah permainan. Menurut Fullerton (2024), premis menjelaskan situasi utama

yang menjadi konteks pengalaman bermain pemain (h. 109-110). Premis membantu pemain memahami peran mereka di dalam permainan, tujuan yang ingin dicapai, serta konflik yang mendasari jalannya permainan.

D. Karakter

Karakter adalah individu atau seseorang yang berperan di dalam dunia permainan. Fullerton (2024) menjelaskan bahwa karakter dapat berfungsi sebagai representasi pemain ataupun sebagai bagian dari narasi permainan (h. 113-114). Karakter membantu pemain membangun hubungan emosional dengan dunia permainan serta memberikan identitas terhadap pengalaman bermain yang dijalani.

E. Cerita

Cerita merupakan rangkaian peristiwa yang membentuk pengalaman pemain selama permainan berlangsung. Menurut Fullerton (2024), cerita tidak selalu disampaikan secara linear, tetapi dapat berkembang melalui interaksi pemain dengan sistem permainan dan lingkungan yang ada (h. 117-118). Cerita membantu memberikan makna terhadap tindakan pemain serta memperkuat keterlibatan mereka terhadap permainan.

F. Bangunan Dunia

Bangunan dunia atau world building merupakan proses perancangan lingkungan tempat cerita dan permainan berlangsung. Fullerton (2024) menjelaskan bahwa bangunan dunia mencakup aturan, sejarah, budaya, lokasi, serta berbagai elemen yang membentuk identitas sebuah dunia permainan (h. 122). Bangunan dunia yang kuat dapat membantu pemain memahami konteks permainan sekaligus meningkatkan rasa imersif selama bermain.

G. Busur Dinamis

Busur dramatis merupakan pola perkembangan ketegangan emosional yang terjadi sepanjang permainan. Menurut Fullerton (2024), busur dramatis umumnya terdiri dari pengenalan situasi, peningkatan konflik, klimaks, dan penyelesaian (h. 123-125). Dalam gim,

perkembangan tantangan sering kali berjalan beriringan dengan perkembangan elemen naratif sehingga ketegangan yang dirasakan pemain meningkat secara bertahap hingga mencapai puncaknya.

Berdasarkan penjelasan tersebut, elemen dramatis dapat dipahami sebagai unsur yang membantu menciptakan pengalaman bermain yang lebih bermakna dan menarik secara emosional. Dengan menggabungkan berbagai elemen dramatis ke dalam sistem permainan, perancang gim dapat membangun keterlibatan pemain yang lebih kuat sekaligus mendukung penyampaian pesan yang ingin disampaikan melalui gim.

2.1.7 Sistem Dinamis dalam Gim

Menurut Fullerton (2024), gim dapat dipahami sebagai sebuah sistem dinamis yang terdiri dari berbagai elemen yang saling berinteraksi dan memengaruhi satu sama lain (h. 134-135). Interaksi tersebut menghasilkan perubahan kondisi permainan yang dapat memberikan pengalaman berbeda bagi pemain. Fullerton menjelaskan bahwa sistem dinamis dibentuk oleh objek, properti, perilaku, hubungan, sistem umpan balik, putaran interaksi, sistem kemunculan, dan penyetelan. Melalui elemen-elemen tersebut, sebuah gim dapat menciptakan berbagai pengalaman bermain yang muncul dari interaksi antara pemain dan sistem permainan.

A. Objek

Objek merupakan komponen dasar yang membentuk sebuah sistem permainan. Menurut Fullerton (2024), objek dapat berupa karakter, item, lingkungan, pemain, ataupun elemen lain yang memiliki peran di dalam sistem (h. 135). Objek berfungsi sebagai bagian utama yang saling berinteraksi untuk menghasilkan perubahan kondisi permainan.

B. Properti

Properti adalah karakteristik atau atribut yang dimiliki oleh suatu objek. Fullerton (2024) menjelaskan bahwa properti digunakan untuk mendeskripsikan kondisi dan kemampuan suatu objek (h. 135). Contoh properti dalam gim dapat berupa kesehatan karakter, jumlah

sumber daya, kecepatan pergerakan, maupun posisi objek di dalam dunia permainan.

C. Perilaku

Perilaku merupakan tindakan atau respons yang dapat dilakukan oleh suatu objek berdasarkan kondisi tertentu. Menurut Fullerton (2024), perilaku menentukan bagaimana objek bereaksi terhadap perubahan yang terjadi di dalam sistem permainan (h. 136). Perilaku inilah yang memungkinkan objek menghasilkan interaksi yang dinamis selama permainan berlangsung.

D. Hubungan

Hubungan adalah keterkaitan antara satu objek dengan objek lainnya di dalam sistem permainan. Fullerton (2024) menjelaskan bahwa hubungan menentukan bagaimana perubahan pada satu objek dapat memengaruhi objek lain (h. 137). Melalui hubungan tersebut, berbagai elemen permainan dapat bekerja sebagai sebuah sistem yang saling terhubung.

E. Sistem Umpan Balik

Sistem umpan balik merupakan mekanik yang memberikan respons terhadap tindakan pemain maupun perubahan yang terjadi di dalam sistem permainan. Menurut Fullerton (2024), umpan balik membantu pemain memahami konsekuensi dari tindakan yang dilakukan serta memberikan informasi mengenai kondisi permainan yang sedang berlangsung (h. 159-160).

F. Putaran Interaksi

Putaran interaksi atau interaction loop merupakan rangkaian tindakan yang dilakukan secara berulang antara pemain dan sistem permainan. Fullerton (2024) menjelaskan bahwa pemain melakukan suatu tindakan, sistem memberikan respons, kemudian pemain kembali mengambil keputusan berdasarkan respons tersebut (h. 162-162). Siklus ini terus berlangsung selama permainan dimainkan.

G. Sistem Kemunculan

Sistem kemunculan atau emergent system merupakan kondisi ketika interaksi antar elemen permainan menghasilkan perilaku atau situasi baru yang tidak dirancang secara langsung oleh perancang. Menurut Fullerton (2024), fenomena ini muncul dari kombinasi berbagai aturan dan interaksi sederhana yang menghasilkan kemungkinan hasil yang beragam selama permainan berlangsung (h. 154).

H. Penyetelan

Penyetelan atau tuning merupakan proses evaluasi dan penyesuaian sistem permainan setelah elemen-elemen utamanya dirancang. Menurut Fullerton (2024), proses ini dilakukan melalui playtesting untuk memahami bagaimana sistem permainan bekerja ketika dimainkan oleh pemain yang sesungguhnya (h. 167). Melalui proses penyetelan, perancang dapat mengidentifikasi berbagai masalah yang muncul di dalam sistem serta melakukan penyesuaian agar pengalaman bermain sesuai dengan tujuan perancangan.

Fullerton (2024) menjelaskan bahwa terdapat beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan dalam proses penyetelan. Pertama, sistem permainan harus memiliki kelengkapan internal (internal completeness), yaitu kondisi ketika aturan permainan mampu mengatasi berbagai situasi yang mungkin muncul selama permainan berlangsung. Kedua, sistem harus adil dan seimbang sehingga seluruh pemain memiliki kesempatan yang setara untuk mencapai tujuan permainan. Ketiga, permainan perlu memberikan tingkat kesulitan, tantangan, dan pengalaman bermain yang sesuai dengan target pemain yang dituju.

Berdasarkan penjelasan-penjelasan tersebut, sistem dinamis dapat dipahami sebagai kumpulan elemen yang saling berinteraksi untuk menghasilkan berbagai kemungkinan pengalaman bermain. Dengan memahami sistem dinamis, perancang dapat membangun hubungan yang lebih terstruktur antara mekanika permainan dan pengalaman yang ingin diberikan kepada pemain.

2.1.8 User Interface

Brewer (2025, h. 77) menjelaskan bahwa user interface dalam gim merupakan kombinasi antara desain visual, interaksi, emosi, identitas gim, dan prinsip seni yang dirancang untuk mendukung pengalaman bermain. Sehingga UI tidak hanya berfungsi sebagai elemen visual, tetapi juga untuk membantu pemain memahami informasi, cara berinteraksi dengan gim, dan menjalankan permainan dengan lebih efektif.

A. Prinsip Desain Visual

Brewer (2025, h. 79-80) menyebutkan beberapa prinsip inti dalam merancang UI yang fungsional dan juga menarik secara visual:

1. *Consistency*

Elemen UI perlu memiliki bahasa visual, gerakan, dan tata letak yang konsisten agar pemain dapat membangun intuisi dan merasakan tampilan yang rapi (Brewer, 2025, h. 79).

2. *Hierarchy*

Elemen perlu disusun untuk menciptakan urutan kepentingan yang jelas, dibantu oleh ukuran, warna, kontras, dan penempatan, agar pemain dapat menemukan informasi atau elemen interaktif penting dengan cepat (Brewer, 2025, h. 79).

3. *Contrast*

Tingkat perbedaan setiap elemen yang membantu membedakannya dari elemen lain untuk memperkuat hierarki visual yang dibahas sebelumnya (Brewer, 2025, h. 79).

4. *White space*

Ruang kosong di antara elemen yang membantu menciptakan keseimbangan dan hierarki, sekaligus mengurangi kepadatan visual (*declutter*) agar UI lebih mudah digunakan (Brewer, 2025, h. 80).

5. *Typography*

Pemilihan font dan gaya tipografi digunakan terutama untuk keterbacaan, sekaligus dapat membantu menyampaikan nada, suasana, dan suasana suara gim (Brewer, 2025, h. 80).

6. *Colour*

Warna dapat menyampaikan emosi, gaya, dan kontras, namun tidak dapat dijadikan satu-satunya penanda karena tidak semua orang memandang warna dengan cara yang sama (Brewer, 2025, h. 80).

7. *Simplicity*

Visual gim perlu dijaga tetap sederhana ketika informasi yang disampaikan padat karena dapat mengurangi beban kognitif pemain (Brewer, 2025, h. 80).

8. *Balance*

Penyusunan elemen perlu menciptakan rasa keseimbangan, baik secara simetris, yaitu ketika elemen dicerminkan pada satu focus, maupun asimetris, yaitu ketika elemen dengan ukuran dan bobot berbeda disusun agar tetap terasa seimbang (Brewer, 2025, h. 80).

B. Kategori Representasi UI

Brewer (2025, h. 81-82) mengategorikan representasi UI dalam gim ke dalam empat kategori kontekstual, yaitu *diagesis* yang berarti apakah elemen itu ada dalam narasi atau cerita gim, dan *spatiality* yang berarti apakah elemen itu berada dalam ruang tiga dimensi gim:

1. *Non-diegetic*

Elemen yang berada di luar cerita gim, tidak dapat dilihat, didengar, atau bisa diinteraksikan oleh karakter atau pemain. Kategori UI ini paling umum digunakan karena mudah dirancang dan diimplementasikan, namun berisiko menimbulkan kelebihan informasi dan memenuhi layar jika digunakan berlebihan (Brewer, 2025, h. 81).

2. *Diegetic*

Elemen yang menyatu ke dalam dunia gim dan disadari keberadaannya oleh karakter gim, misalnya indikator amunisi yang

ditampilkan langsung pada senjata karakter. Kategori ini meningkatkan imersivitas dan realisme, tetapi lebih rumit diimplementasikan karena bergantung pada koordinasi tim di dalam proses perancangan (Brewer, 2025, h. 82).

3. *Meta*

Elemen yang ada dalam UI gim tetapi tidak berada pada ruang fisik atau tiga dimensi permainan, contohnya seperti layar yang memerah untuk menandakan karakter terluka. Hal tersebut dialami oleh karakter, tetapi hanya pemain yang bisa melihat indikatornya (Brewer, 2025, h. 81).

4. *Spatial*

Elemen yang terintegrasi ke dalam ruang permainan tiga dimensi dunia gim untuk mengomunikasikan informasi lokasi pemain di dalam gim, seperti indikator arah atau lintasan yang muncul di lingkungan permainan. Kategori ini juga tidak disadari keberadaannya oleh karakter dalam gim dan hanya dapat dilihat oleh pemain (Brewer, 2025, h. 81).

C. Mengarahkan Perhatian Pemain

Karena kapasitas kognitif dan perhatian pemain terbatas, Brewer (2025, h. 83-84) menjelaskan bahwa perancang perlu mempertimbangkan *attentional spotlight* atau konsep bahwa mata pemain hanya bisa fokus pada satu area dalam selang satu waktu, sehingga informasi penting perlu disusun sesuai tujuan dan tidak diletakkan sembarangan. Konsep *useful field of view* (UFOV) juga relevan, karena Brewer mencatat bahwa fokus pandang anak-anak yang sedang berkembang lebih sempit dibandingkan orang dewasa, sehingga tata letak UI perlu mempertimbangkan hal ini agar informasi penting tidak terlewat. Selain jalur visual, Brewer (2025, h. 85) juga menjelaskan bahwa UI dapat memanfaatkan factor lain seperti suara dan elemen sentuhan untuk memperkuat perhatian pemain terhadap suatu peristiwa. Penerapan aspek

ini juga dapat memperluas aksesibilitas bagi pemain dengan keterbatasan penglihatan.

D. Struktur *Interface* Umum

Brewer (2025, h. 86) menjelaskan bahwa *start screen* atau layar pembuka adalah hal pertama yang dilihat pemain dan menentukan kesan awal terhadap keseluruhan pengalaman gim yang mencakup logo, judul, dan opsi lain yang relevan, yang dirancang untuk terlihat menarik secara visual dan menyampaikan informasi secara jelas dan ringkas. Menu utama (*front end menu*) menjadi tempat interaksi pertama antara pemain dan gim dan berfungsi sebagai gerbang menuju berbagai mode permainan dan pengaturan. Sehingga UI ini harus mudah digunakan dan tetap mencerminkan konsep visual gim.

E. *Design Patterns*

Brewer (2025, h. 99) menjelaskan bahwa pola desain atau *design pattern* adalah solusi yang dapat digunakan berulang kali untuk masalah umum dalam UI. Beberapa pola desain mencakup elemen seperti menu, formulir input, dan tombol yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan gim. Beberapa elemen dasar dalam pola desain, yaitu:

1. Teks

Teks mencakup label tombol, dialog, tutorial, petunjuk, hingga skor dan objektif gim. Teks perlu dirancang secara ringkas dan mudah dibaca untuk mempertimbangkan tingkat keterbacaan target audiens, nada gim, dan aksesibilitas (Brewer, 2025, h. 99-100).

2. Gambar

Dalam UI, gambar dapat menjadi elemen ikon yang dapat menyampaikan informasi lintas budaya tanpa memerlukan adanya terjemahan atau teks. Elemen ini juga mencerminkan tema dan konsep visual gim secara keseluruhan (Brewer, 2025, h. 100).

3. Tombol

Menurut Brewer (2025, h. 101), tombol merupakan salah satu elemen user interface yang paling sering digunakan sehingga perlu dirancang

agar mudah dikenali sebagai elemen interaktif, dapat diakses oleh berbagai pengguna, dan memiliki hierarki visual yang jelas. Selain itu, Brewer menjelaskan kalau tombol memiliki lima kondisi tampilan, yaitu *default state* sebagai kondisi awal sebelum interaksi, *hover* atau *focused state* saat tombol siap menerima masukan, *pressed state* ketika pemain memberikan masukan, *deactivated state* saat tombol tidak dapat digunakan, dan *selected state* ketika tombol berada dalam kondisi aktif atau terpilih.

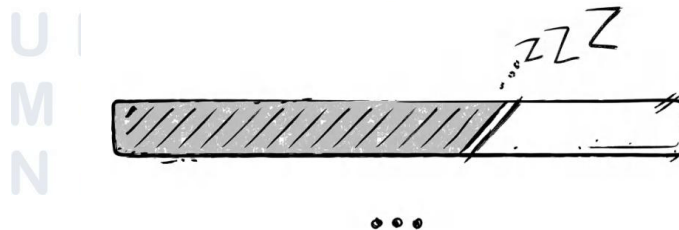


Gambar 2.1 Button

Sumber: The Pocket Mentor For Video Game UX UI

4. Progress

Brewer (2025, h. 101) menjelaskan bahwa *progress bar* merupakan representasi visual nilai minimum hingga maksimum yang dapat berubah. Elemen ini biasanya digunakan untuk menampilkan status, seperti energi, kesehatan, atau kemajuan progres ketika menyelesaikan suatu tugas.



Gambar 2.2 Progress Bar

Sumber: The Pocket Mentor For Video Game UX UI

2.1.9 User Experience

Menurut Brewer (2025, h. 52), *user experience* atau UX dalam gim merupakan pendekatan yang berpusat pada pengguna dengan menggunakan kebutuhan, preferensi, dan pengalaman pemain sebagai pertimbangan utama dalam proses perancangan. Meskipun demikian, UX juga tetap mempertahankan visi kreatif dan karakteristik permainan. Brewer (2025, h. 53-54) selanjutnya menyebutkan beberapa prinsip utama *user experience* sebagai berikut:

A. *Consistency*

Konsistensi dalam penerapan estetika, interaksi, dan fungsionalitas di seluruh gim membantu pemain membangun pemahaman terhadap sistem yang digunakan, sehingga proses navigasi serta pencarian informasi atau fitur dapat dilakukan dengan lebih mudah (Brewer, 2025, h. 53).

B. *Feedback*

Pemain memerlukan umpan balik yang jelas dan segera terhadap setiap tindakan yang dilakukan. Umpan balik tersebut dapat disampaikan melalui elemen visual, suara, maupun sentuhan, sehingga pemain dapat memahami hasil dari tindakannya, mengembangkan keterampilan, serta mempertahankan keterlibatan selama permainan (Brewer, 2025, h. 53).

C. *Affordance*

Affordance merupakan kemungkinan tindakan yang dilihat pengguna terhadap suatu objek atau lingkungan berdasarkan pengalaman dan pemahaman mereka sebelumnya. Oleh karena itu, setiap elemen perlu dirancang agar fungsi dan cara penggunaannya dapat dikenali dengan jelas sehingga pemain dapat memahami cara berinteraksi dengannya tanpa memerlukan instruksi langsung (Brewer, 2025, h. 53).

D. *Hierarchy*

Hierarchy adalah penyusunan prioritas informasi untuk mengarahkan perhatian pengguna dan membantu mereka memahami tingkat kepentingan, struktur, dan alur informasi. Hierarki dapat dibentuk melalui

berbagai elemen visual, seperti warna, ukuran, dan penempatan (Brewer, 2025, h. 54).

E. *Conceptual Model*

Conceptual model merupakan representasi pikiran atau psikologis terkait cara desainer mengharapkan pengguna menyelesaikan suatu tugas. Melalui interaksi dengan gim, pemain membentuk masukan mental mengenai cara suatu sistem bekerja. Masukan mental tersebut diharapkan sesuai dengan perancangan dan tujuan yang ditentukan oleh desainer (Brewer, 2025, h. 54).

F. *Error Prevention and Tolerance for Error*

Sistem perlu dirancang untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan, misalnya melalui penggunaan instruksi yang jelas dan kontrol yang mudah dipahami. Selain itu, sistem juga perlu mampu menangani kesalahan yang terjadi sehingga pemain dapat melanjutkan permainan tanpa mengalami hambatan atau keresahan yang berlebihan (Brewer, 2025, h. 54).

2.1.9.1 User Experience Research

Sebelum memasuki tahap perancangan, Brewer (2025) menjelaskan bahwa perancang perlu memahami karakteristik dan kebutuhan pengguna melalui berbagai metode *user experience research*. Proses tersebut membantu mengolah data seputar target pengguna dan menjadi dasar pengambilan keputusan dalam perancangan, sehingga desain yang dihasilkan didasarkan pada temuan penelitian, bukan asumsi atau preferensi perancang.

1. *Motivational Models dan Player Experience Goals*

Menurut Brewer (2025, h. 58), perancang perlu mengidentifikasi motivasi yang ingin dibangun dalam gim, seperti pencapaian, penguasaan, fantasi, atau interaksi sosial. Identifikasi tersebut bertujuan menentukan motivasi yang paling sesuai dengan karakteristik target audiens. Berdasarkan motivasi yang dipilih, perancang merumuskan *player experience goals*, yaitu pengalaman

yang diharapkan dirasakan oleh pemain selama berinteraksi dengan gim. *Player experience goals* dituliskan menggunakan istilah atau kata yang selaras dengan motivasi tersebut dan digunakan dalam proses pengambilan keputusan desain.

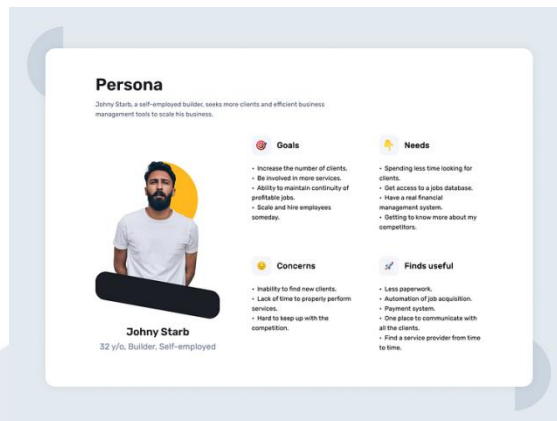
2. *User Interview dan Empathy Map*

Menurut Brewer (2025, h. 59), wawancara pengguna dilakukan untuk memperoleh pemahaman terkait perilaku, preferensi, dan hambatan yang dialami calon pemain. Hasil temuan dari wawancara tersebut kemudian dianalisis menggunakan empathy map, yaitu gambaran yang memetakan apa yang dilihat, didengar, dirasakan, dan dilakukan oleh pengguna. Melalui gambaran tersebut, perancang dapat mengetahui kebutuhan pengguna yang belum terpenuhi sebagai dasar proses perancangan.

3. *User Personas*

Menurut Brewer (2025, h. 59), persona adalah representasi buatan dari tipe pengguna yang mewakili target audiens yang disusun berdasarkan hasil riset dan data mengenai tujuan, kebutuhan, perilaku, serta preferensi pengguna. Brewer selanjutnya menguraikan enam langkah dalam penyusunan persona sebagai berikut:

- A. Melakukan riset terhadap target audiens melalui kuesioner, wawancara, atau *focus group*.
- B. Menganalisis hasil riset untuk mengidentifikasi pola.
- C. Menentukan data demografis, tujuan, motivasi, hambatan, dan perilaku.
- D. Menyusun persona dengan melengkapi identitas nama, gambar, dan informasi pendukung lainnya.
- E. Menguji persona dengan pengguna nyata.
- F. Terus menyempurnakan persona seiring bertambahnya pemahaman.

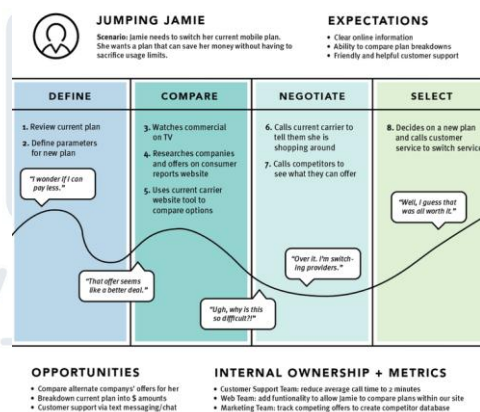


Gambar 2.3 Contoh User Persona

Sumber: <https://dribbble.com/shots/21300899-iDo-User-Persona>

4. Journey Mapping

Menurut Brewer (2025, h. 60), journey mapping adalah metode untuk memvisualisasikan perjalanan pemain selama berinteraksi dengan gim, mulai dari tahap kesadaran awal (*initial awareness*) hingga kepuasan akhir (*final satisfaction*). Melalui pemetaan tersebut, perancang dapat mencari tahu hambatan, keterbatasan teknis, dan juga peluang perbaikan dalam pengalaman bermain.



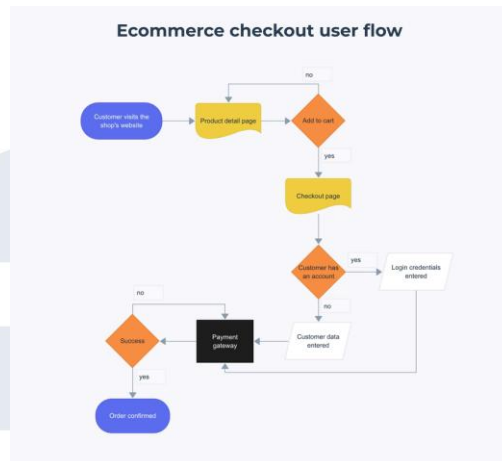
Gambar 2.4 Contoh User Journey

Sumber: www-uxtweak-com

5. User Flow

Menurut Brewer (2025, h. 63), *user flow diagram* merupakan diagram yang memetakan alur yang ditempuh pemain untuk menyelesaikan suatu tugas dalam gim, seperti proses navigasi

dan interaksi yang dilakukan. Diagram ini membantu perancang menentukan penyampaian informasi pada setiap tahap dan memastikan pemain dapat mencapai tujuan dengan alur yang efisien.



Gambar 2.5 Contoh User Flow

Sumber: slickplan-com

2.1.9.2 Evaluasi Pengalaman Pemain

Sweetser dan Wyeth (2005, h. 3-10) mengembangkan model *GameFlow* sebagai kerangka untuk mengevaluasi pengalaman bermain (*player enjoyment*) dalam gim melalui adaptasi teori flow dari Csikszentmihalyi ke dalam permainan digital. Model ini terdiri atas delapan elemen yang digunakan untuk menilai sejauh mana suatu gim mampu menciptakan kondisi flow, yaitu keadaan ketika pemain terlibat secara mendalam selama bermain. Sebaliknya, apabila elemen-elemen tersebut tidak terpenuhi, pemain dapat mengalami kebosanan atau frustrasi.

A. Concentration

Gim perlu dirancang agar mendorong pemain untuk berkonsentrasi dengan memberikan tingkat tantangan yang seimbang, sehingga beban tugas tidak terlalu rendah hingga menghasilkan kebosanan maupun terlalu tinggi hingga menyebabkan kelelahan.

B. Challenge

Gim perlu menyediakan tingkat tantangan yang sesuai dengan kemampuan pemain serta menyesuaikan tingkat kesulitannya seiring perkembangan kemampuan pemain.

C. Player Skills

Gim perlu dirancang untuk mendukung perkembangan kemampuan pemain sehingga mereka dapat menguasai mekanik permainan secara bertahap.

D. Control

Gim yang dirancang perlu memberikan pemain kendali yang jelas terhadap tindakan yang dilakukan selama permainan.

E. Clear Goals

Gim perlu menyampaikan tujuan yang jelas pada setiap tahap permainan sehingga pemain memahami apa yang harus dicapai.

F. Feedback

Gim perlu memberikan umpan balik kepada pemain dengan tepat waktu agar mereka dapat memahami hasil dari tindakan yang dilakukan selama permainan.

G. Immersion

Gim harus menciptakan keterlibatan yang mendalam sehingga perhatian pemain fokus pada permainan dan gangguan dari lingkungan sekitar berkurang.

H. Social Interaction

Gim perlu menyediakan fitur atau mekanik yang mendukung terjadinya interaksi sosial antar pemain.

2.1.10 Level Design dalam Gim

Menurut Totten (2019, h. 51), *level design* merupakan proses penerapan perancangan gameplay ke dalam ruang permainan yang akan dijelajahi oleh pemain. Oleh karena itu, *level design* tidak hanya berkaitan dengan penempatan objek, tetapi juga dengan perancangan ruang gim yang

memengaruhi cara pemain memahami lingkungan, berinteraksi dengan dunia gim, dan menjelajahnya.

A. Tiga Tujuan Level Design

Totten (2019, h. 52-57) menjelaskan bahwa level, sebagai alat komunikasi utama antara desainer dan pemain, perlu dibangun menggunakan tiga tujuan:

1. *Adjusting Player Behavior*

Menurut Totten (2019, h. 53-54), *level design* berperan dalam membentuk perilaku pemain dengan memperkenalkan mekanik permainan secara bertahap. Sebagai contoh, pada *Super Meat Boy*, rintangan awal dirancang agar pemain mempelajari setiap kemampuan karakter secara bertahap sebelum digabungkan dalam situasi yang lebih rumit. Pendekatan ini dikenal sebagai *skill gates*, yaitu tantangan yang mengharuskan pemain menguasai tindakan atau kemampuan tertentu sebelum dapat melanjutkan progres permainan.

2. *Transmitting Meaning*

Menurut Totten (2019, h. 56), *level design* berperan dalam menyampaikan tema dan narasi melalui ruang serta aturan permainan. Totten membahas konsep retorika gim (*game rhetoric*) yang dikemukakan oleh Ian Bogost, yaitu bahwa gim dapat menyampaikan makna melalui hubungan sebab akibat antara tindakan pemain dan aturan yang mengatur permainan.

3. *Augmentation of Space*

Menurut Totten (2019, h. 57), lingkungan dalam gim dapat berfungsi sebagai media penyampaian informasi melalui simbol, pola visual, dan elemen ruang untuk membantu pemain mengambil keputusan. Sebagai contoh, pada *Portal*, lampu digunakan sebagai penanda mekanik yang akan dihadapi pemain di setiap ruangan. Sementara itu, pada *Mega Man*, visual yang berulang menandakan datangnya bos, sehingga pemain memiliki kesempatan untuk mempersiapkan diri sebelum menghadapi tantangan tersebut.

B. *Narrative Spaces*

Menurut Totten (2019, h. 398-402), *level design* dapat berperan sebagai media penyampaian narasi melalui empat jenis *narrative space*. Jenis pertama, *evocative spaces*, memanfaatkan elemen yang telah dikenal pemain untuk membangun suasana atau menyampaikan perkembangan cerita melalui lingkungan permainan. Sebagai contoh, pada BioShock Infinite, poster propaganda digunakan untuk menunjukkan perubahan kondisi dunia gim walaupun arsitektur kota tetap sama, sehingga perkembangan cerita dapat dipahami tanpa penjelasan langsung.

Jenis kedua, *staging spaces*, merupakan ruang yang dirancang untuk mendukung aksi maupun peristiwa dalam cerita dan menyerupai fungsi panggung pertunjukan. Ruang ini digunakan untuk menyampaikan narasi sekaligus memberikan jeda di antara bagian permainan yang memiliki intensitas tinggi.

C. *Pacing dan Dramatic Arc*

Menurut Totten (2019, h. 416-417), busur dramatis (*dramatic arc*) dapat digunakan untuk mengatur ritme atau *pacing* pada *level design*. Peningkatan ketegangan bertahap memengaruhi penyusunan tantangan dan penyampaian narasi sepanjang permainan. Dengan demikian, pemain mengalami variasi intensitas selama bermain sehingga permainan tidak terasa datar atau monoton dari awal sampai akhir.

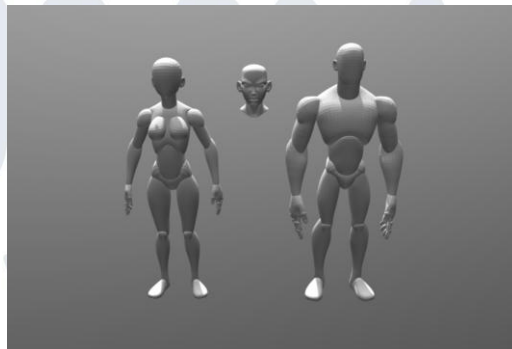
2.1.11 3D Modelling dalam Gim

Menurut Fonseca (2018), pembuatan aset 3D dalam pengembangan gim modern terdiri atas beberapa tahapan, yaitu *modeling*, *sculpting*, *retopology*, dan *texturing*, yang penerapannya disesuaikan dengan kebutuhan proyek. Berbeda dengan model 3D untuk film, aset 3D dalam gim perlu mempertimbangkan batas jumlah poligon (*polygon budget*) agar tetap dapat dijalankan secara *real-time* dengan performa optimal di dalam *game engine* yang digunakan (Fonseca, 2018, h. 17).

A. Base Mesh dan Digital Sculpting

Menurut Fonseca (2018, h. 10), proses pemodelan aset 3D diawali pembuatan *base mesh*, yaitu model beresolusi rendah yang menjadi dasar pengembangan bentuk dan penambahan detail nanti. *Base mesh* biasanya dibuat berdasarkan desain yang telah ditetapkan pada tahap *concept art* menggunakan teknik *polygonal modeling* dengan topologi yang baik, karena distribusi poligon yang kurang tepat dapat menyebabkan masalah pada tahap selanjutnya.

Setelah *base mesh* selesai, model dikembangkan melalui proses *digital sculpting*. Fonseca (2018, h. 12) menjelaskan bahwa perangkat lunak seperti ZBrush dan Blender memungkinkan model dibentuk dan disempurnakan seperti tanah liat digital dengan menerapkan prinsip dasar *sculpting*, seperti *gesture*, *form*, dan *proportion*. Selain itu, Fonseca (2018, h. 12-13) menekankan kalau proses *sculpting* sebaiknya dimulai dari *subdivision* yang rendah dengan memfokuskan pada bentuk utama sebelum menambahkan detail. Metode tersebut memudahkan proses revisi karena perubahan bentuk secara menyeluruh masih dapat dilakukan sebelum model memiliki detail yang kompleks.



Gambar 2.6 Base Mesh

Sumber: sketchfab.com/3d-models/free-stylized-basemesh-for-blender-sculpting

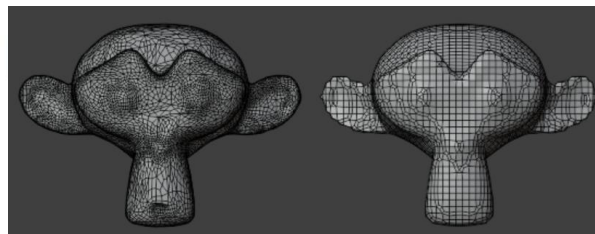
B. Polygonal Modeling

Selain melalui proses *sculpting*, model 3D juga dapat dibuat menggunakan *polygonal modeling*, yaitu teknik modelling yang membentuk objek dari poligon yang disusun menjadi sebuah *mesh*. Menurut Fonseca (2018, h. 13-14), terdapat dua teknik utama dalam

polygonal modeling. Teknik pertama, *Box* atau *Subdivision Modeling*, dimulai dari bentuk dasar, biasanya berbentuk kubus, yang kemudian dikembangkan melalui proses *extrusion* dan *subdivision* bertahap. Teknik kedua, *Poly-by-Poly* atau *Edge Modeling*, membangun mesh secara bertahap dari titik, sisi, atau bidang untuk menghasilkan bentuk yang lebih akurat. Dalam proses, kedua teknik tersebut biasanya digunakan bersama, misalnya *box modeling* digunakan untuk membentuk bentuk utama objek, sedangkan *poly-by-poly modeling* digunakan pada bagian yang lebih kompleks dan memerlukan tingkat ketelitian yang tinggi.

C. Retopology

Menurut Fonseca (2018, h. 14), *retopology* adalah proses membangun kembali mesh beresolusi rendah berdasarkan model beresolusi tinggi dari hasil *sculpting*. Tahap ini diperlukan karena model hasil *sculpting* umumnya kurang sesuai untuk animasi karena jumlah poligon yang terlalu tinggi untuk diproses secara *real-time* oleh *game engine*. Oleh karena itu, Fonseca (2018, h. 15) menekankan pentingnya penyusunan *edge flow* yang baik, terutama pada bagian yang mengalami banyak deformasi saat animasi, seperti bahu, pinggul, dan area sekitar mulut. Selain itu, jumlah poligon perlu disesuaikan dengan *polygon budget* yang ditetapkan untuk platform gim agar aset tetap dapat dirender secara efisien ketika digunakan bersama banyak aset lain dalam permainan.



Gambar 2.7 Remesh

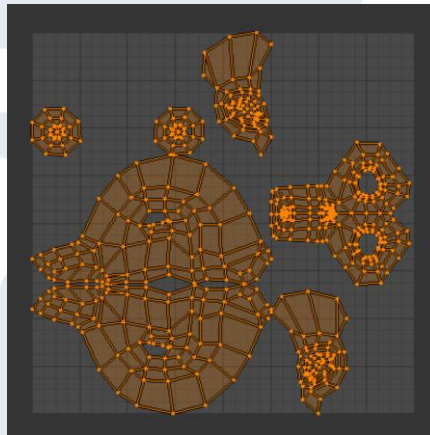
Sumber: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/retopology>

D. Texturing dan UV mapping

Menurut Fonseca (2018, h. 17), tahap akhir dalam proses pemodelan aset 3D adalah *texturing*, yaitu penerapan tekstur dua dimensi

pada model tiga dimensi untuk membentuk tampilan visual, seperti warna, pola, dan detail di permukaan. Pada perancangan gim, *texturing* berperan penting dalam meningkatkan kualitas model tanpa menambah jumlah poligon, sehingga tetap sesuai dengan batas *polygon budget*.

Sebelum tekstur diterapkan, model perlu melalui proses *UV unwrapping*, yaitu pemetaan atau *mapping* permukaan model tiga dimensi ke bentuk dua dimensi sebagai metode penempatan tekstur (Fonseca, 2018, h. 17). Fonseca (2018, h. 17-18) juga menjelaskan bahwa penempatan *seam* atau garis potong UV perlu dirancang dengan teliti dan sebaiknya ditempatkan pada bagian model yang jarang terlihat oleh kamera. Selain itu, area yang memiliki tingkat kepentingan visual lebih tinggi memerlukan ruang UV yang lebih besar agar detail teksturnya dapat terlihat dengan lebih baik.



Gambar 2.8 UV Map

Sumber: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/editing>

2.2 Interactivity

Interaktivitas adalah sebuah pertukaran arti yang dilakukan oleh manusia dan manusia lain, ataupun juga oleh manusia dan sistem (Quiring & Schweiger, 2008). Walaupun kedua jenis interaktivitas tersebut memiliki jenis partisipan yang berbeda, kedua jenis mengandung sebuah pertukaran. Jika input hanya diberikan oleh salah satu pihak maka sebuah sistem tidak dapat disebut sebagai interaksi. Tanpa adanya pertukaran antara kedua pihak sebuah media tidak dapat mengandung interaktivitas.

Interaktivitas juga memiliki peran penting dalam media pembelajaran digital karena dapat meningkatkan keterlibatan pengguna terhadap materi yang disampaikan. Aulia dkk., (2024) menjelaskan kalau media pembelajaran interaktif bisa meningkatkan *engagement*, kemampuan belajar, dan pemahaman pengguna terhadap konsep yang dipelajari. Selain itu, media interaktif juga membantu menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih menarik dibandingkan penyampaian informasi yang pasif.

Dalam konteks gim digital, interaktivitas menjadi elemen penting karena memungkinkan pemain belajar melalui tindakan dan pengalaman langsung. Pemain bisa memahami suatu informasi melalui eksplorasi, percobaan, dan respon yang diberikan sistem permainan terhadap tindakan mereka. Oleh karena itu, interaktivitas menjadi aspek yang penting dalam perancangan gim digital terkait peran lebah di dalam ekosistem karena memungkinkan pemain mempelajari informasi ekologis secara lebih aktif dibandingkan media yang bersifat pasif.

2.3 Lebah

Lebah adalah hewan penyerbuk penting yang berperan dalam penyerbukan berbagai spesies tumbuhan liar dan juga tanaman pertanian (Brown & Paxton, 2009). Jika lebah punah, akan terjadi reaksi berantai yang berawal dari terdampaknya tanaman berbunga yang kemudian lanjut berdampak ke kehidupan makhluk hidup lainnya. Selain itu, lebah juga memiliki nilai yang besar di dalam dunia perpakanan manusia, khususnya di industri yang bergantung pada pertanian untuk berjalan.

2.3.1 Pengurangan Populasi lebah

Dalam beberapa tahun terakhir, populasi lebah di berbagai belahan dunia dilaporkan mengalami penurunan yang signifikan (Buchori dkk., 2023). Penurunan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti perubahan iklim, hilangnya habitat akibat deforestasi, serta penggunaan bahan kimia pertanian yang tidak ramah lingkungan. Selain deforestasi, urbanisasi juga menjadi ancaman terhadap populasi lebah liar. Menurut Chau dkk. (2023), lokasi perkotaan menyebabkan degradasi dan fragmentasi habitat, sehingga

menghambat pergerakan lebah liar. Dalam kondisi tersebut, ruang hijau berperan sebagai wilayah yang menjaga hubungan antarpopulasi, sedangkan permukaan kedap air (*impervious surfaces*) membatasi pergerakan tersebut (h. 4205). Penelitian yang sama juga menunjukkan bahwa wilayah dengan tingkat urbanisasi yang tinggi memiliki keragaman dan jumlah patogen yang lebih besar pada lebah liar dibandingkan wilayah dengan zona hijau yang lebih luas, sehingga meningkatkan risiko terhadap kesehatan populasi lebah (h. 4204). Kondisi tersebut mengkhawatirkan mengingat lebah memiliki peran penting sebagai penyerbuk utama yang mendukung keseimbangan ekosistem dan produksi pangan global. Selain berdampak pada ketahanan pangan, penurunan populasi lebah juga berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi, terutama bagi industri pertanian dan peternakan lebah yang menghasilkan madu, propolis, dan produk turunan lainnya.

2.3.2 Metode Konservasi

Terkait penurunan populasi lebah, Damayanti Buchori dkk. (2023) memberikan beberapa rekomendasi tindakan yang dapat diambil untuk menjaga kelestarian lebah. Rekomendasi pertama adalah untuk menghentikan perubahan fungsi hutan menjadi perkebunan dan pertanian monokultur untuk menjaga habitat alami lebah liar. Kedua, penggunaan pestisida harus dilakukan secara bijaksana sesuai protokol karena dampaknya dapat bersifat mematikan maupun mengganggu perilaku dan reproduksi lebah .

Ketiga, perlu memperbanyak dan mendiversifikasi tanaman penyedia pakan lebah (nektar, polen, dan resin), termasuk menanam tanaman. Keempat, mempromosikan taman keanekaragaman hayati dan ruang terbuka hijau ramah lebah, serta memanfaatkan pekarangan rumah sebagai habitat dan sumber pakan lebah, termasuk penyediaan sarang buatan seperti *bee hotel* . Kelima, mengembangkan kawasan konservasi di sekitar perkebunan, termasuk kewajiban menyisakan sebagian area sebagai kawasan lindung atau *forest patch* .

Selanjutnya, direkomendasikan penerapan pertanian regeneratif yang menggunakan praktik berkelanjutan untuk menjaga keberadaan hewan penyerbuk di dalam ekosistem. Peran petani juga perlu diperkuat melalui pelatihan dan pendampingan agar praktik pertanian menjadi lebih ramah lebah. Terakhir, diperlukan kebijakan untuk menetapkan spesies lebah yang terancam punah ke dalam daftar perlindungan hewan yang terancam.

Berdasarkan informasi mengenai lebah, pengurangan populasi lebah, serta berbagai metode konservasi yang dapat dilakukan, disimpulkan kalau lebah memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan ketahanan pangan. Walaupun demikian, banyak ancaman seperti kehilangan habitat dan penggunaan pestisida telah menyebabkan penurunan populasi lebah di berbagai wilayah. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya konservasi lebah melalui berbagai media informasi dan edukasi.

2.4 Penelitian yang Relevan

Penelitian yang relevan dijadikan sebagai acuan aspek kebaruan perancangan sekaligus sebagai referensi arah perancangannya. Studi-studi yang dipilih membahas pengembangan serta pemanfaatan gim digital sebagai media edukatif untuk meningkatkan pemahaman mengenai isu lingkungan.

Tabel 2.1 Penelitian Yang Relevan

No.	Judul Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian	Kebaruan
1.	BeeLife: a mobile application to foster environmental awareness in classroom settings	Stock, A., Stock, O., M'onch, J., Suren, M., Koch, N. N., Rey, G. D., & Wirzberger, M.	Perancangan gim mobile gamifikasi berjudul BeeLife. Aplikasi meningkatkan pengetahuan jangka lama	Penerapan gamifikasi yang dirancang untuk lingkungan sekolah dasar atau system edukasi formal.

			murid terkait topik lebah madu.	
2.	Fostering ecological awareness and pro-environmental intentions through gamification in high school students	Mendoza, F. T., Suni, N. R. C., & Caceres, K. S. C	Perancangan gim serius tentang pelestarian lingkungan dengan nama ABCCI (Aprendizaje Basado en la Creatividad Científica; Learning Based on Scientific Creativity). Murid yang mengikuti menunjukkan persepsi yang positif terkait gamifikasi dan juga kepekaan lingkungan.	Menganalisis korelasi antara metode pembelajaran gamifikasi dengan kepekaan lingkungan di lingkungan pelajar SMA.
3.	Development of Science Education Game "ECOLOGAME"	Susilo, A., Fitriya, A. A. L. A., Andaresta, D. A., &	Perancangan gim edukasi sains dengan nama ECOLOGAME	Perancangan gim khusus seputar ekologi dan keanekaragaman

	Using Smart Apps Creator on Ecology and Biodiversity Materials	Karenina, A.	tentang ekologi dan keanekaragaman hayati. Media yang dihasilkan terlihat memiliki nilai efisiensi, kebagusan visual, dan relevansi materi yang baik.	hayati yang memanfaatkan smart apps creator (Pembuat aplikasi tanpa <i>coding</i>).
--	--	--------------	---	--

Pada penelitian mobile application BeeLife ditemukan bahwa perancangan gim interaktif sebagai media penyampaian informasi cukup efektif. Partisipan yang mengikuti uji coba tercatat mengalami peningkatan retensi informasi yang lebih lama, yaitu sekitar 3 minggu. Sehingga terlihat kalau gamifikasi memiliki hasil yang baik tidak hanya sebagai sarana penerapan interaktivitas dan pembelajaran multi-media di dalam edukasi, melainkan juga sebagai media yang dapat menyampaikan pesan ekologis dengan cara yang menarik bagi anak-anak.

Hal tersebut didukung kembali di dalam penelitian ABBCI yang menemukan bahwa gamifikasi memiliki korelasi yang kuat dengan kesadaran lingkungan partisipannya. Hasil penelitian mereka juga diperkuat melalui karya-karya lain yang menunjukkan asosiasi antara pembelajaran berbasis gim dengan dampak motivasional siswa-siswi. Struktur gim yang memicu interaksi, imersivitas, serta input aktif berpotensi mengaktifkan mekanisme yang penting untuk *engagement*.

Pola yang sama terlihat kembali di dalam penelitian ECOLOGAME yang mengumpulkan data riset terkait efisiensi media, desain visual, relevansi material, dan kesesuaian konten gim yang mereka rancang. Ditemukan bahwa persentase efisiensi media dan desain visual cukup tinggi, yaitu dengan persentase

87.5% dan 82.9%. Hal ini sesuai dengan hasil yang terlihat pada penelitian-penelitian sebelumnya. Namun, dari segi relevansi material dan kesesuaian konten persentase hanya menyentuh angka 57.1% dan 48.6%, sehingga memberikan indikasi bahwa informasi yang disampaikan seputar ekologi harus dirancang dengan lebih baik dan sesuai dengan kebutuhan atau situasi pengguna tanpa mengandalkan media gim dengan sendirinya.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah disebutkan, dapat dilihat bahwa gim digital dan gamifikasi memiliki potensi sebagai media edukasi untuk meningkatkan pengetahuan serta kesadaran terhadap isu lingkungan. Namun, belum ditemukan penelitian yang secara khusus membahas perancangan gim digital mengenai peran lebah di dalam ekosistem untuk anak-anak di Indonesia. Oleh karena itu, perancangan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam pengembangan media edukasi lingkungan melalui media gim digital.

