

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Ocean Literacy

Ocean literacy adalah pemahaman tentang bagaimana laut memengaruhi kehidupan manusia dan bagaimana manusia memengaruhi laut, termasuk proses ilmiah yang terjadi di laut, peran laut dalam pengaturan iklim global, produksi oksigen, serta dampak aktivitas manusia terhadap ekosistem laut [16, 17]. Individu yang memiliki *ocean literacy* tidak hanya memahami konsep tersebut, tetapi juga mampu mengambil keputusan yang bertanggung jawab terkait pengelolaan sumber daya laut dan perlindungan lingkungan. Dalam perkembangan terkini, *ocean literacy* dipandang sebagai kerangka yang mencakup dimensi pengetahuan (*knowledge*), sikap (*attitude*), dan perilaku (*behavior*) yang berkontribusi terhadap keberlanjutan ekosistem laut [16].

Ocean literacy dibangun berdasarkan tujuh prinsip utama yang menjelaskan hubungan antara laut dan sistem kehidupan di Bumi, yang mencakup pengaruh laut terhadap kehidupan manusia, luasnya wilayah laut di permukaan Bumi, peran laut dalam pengaturan iklim, fungsi laut sebagai sumber daya penting, keberagaman ekosistem laut, dampak aktivitas manusia terhadap laut, serta kontribusi laut terhadap ekonomi global dan kesejahteraan manusia [16, 17].

Penerapan konsep *ocean literacy* berperan penting dalam pendidikan formal maupun informal untuk meningkatkan kesadaran ekologis dan perilaku pro-lingkungan [16]. Penelitian menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran interaktif berbasis simulasi dan gamifikasi dapat meningkatkan pemahaman, motivasi, dan keterlibatan peserta didik dalam mempelajari konsep kelautan [6]. Dengan demikian, *ocean literacy* menjadi kerangka penting dalam membentuk perilaku berkelanjutan terhadap ekosistem laut serta mendukung pembelajaran berbasis pengalaman dalam lingkungan digital.

2.1.1 Stratifikasi Laut (Zona Kedalaman)

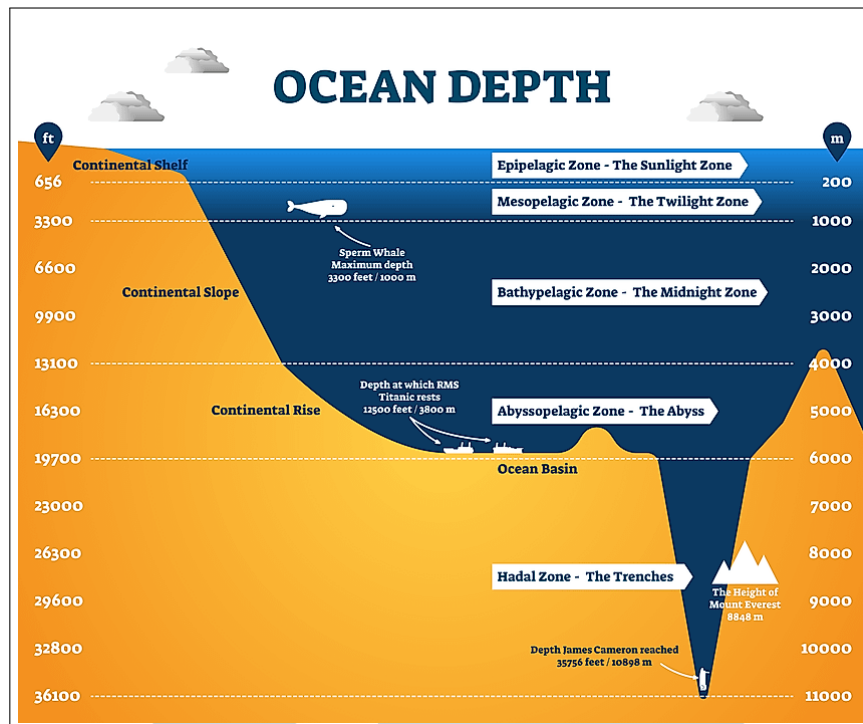
Laut memiliki struktur vertikal yang terbagi menjadi beberapa lapisan berdasarkan kedalaman, intensitas cahaya, tekanan, dan kondisi fisik lainnya yang memengaruhi distribusi organisme serta proses ekosistem [18–20]. Stratifikasi laut ini menjadi dasar para ahli oseanografi dalam memahami dinamika fisik dan

biologis di kolom air, serta peran setiap zona dalam siklus energi dan materi di laut [20].

Dalam kajian oseanografi, berbagai zona laut sering dibagi berdasarkan variasi intensitas cahaya dan karakteristik fisik dari permukaan hingga kedalaman laut paling dalam [18, 19]. Terdapat lima zona utama dalam stratifikasi laut, yaitu:

1. Epipelagik (0–200 meter): Zona teratas yang menerima cahaya matahari yang cukup untuk fotosintesis, menjadikannya sangat produktif dan kaya keanekaragaman hayati [18].
2. Mesopelagik (200–1000 meter): Disebut sebagai *twilight zone* karena cahaya yang mencapai zona ini sangat minim dan tidak mendukung fotosintesis, organisme di zona ini telah beradaptasi dengan cahaya rendah dan tekanan yang meningkat [18, 19].
3. Batipelagik (1000–4000 meter): Zona ini berada dalam kegelapan total, dengan sedikit atau tanpa cahaya matahari, serta suhu yang rendah dan tekanan tinggi yang memengaruhi komposisi organisme yang dapat bertahan hidup [18, 19].
4. Abisopelagik (4000–6000 meter): Zona yang hampir tidak mendapatkan cahaya sama sekali, dengan tekanan ekstrem dan suhu dingin; keanekaragaman hayati di sini lebih rendah dibanding zona yang lebih atas [18, 19].
5. Hadalpelagik (lebih dari 6000 meter): Zona laut terdalam yang hanya terdapat di palung laut seperti Palung Mariana, di mana organisme yang hidup menunjukkan adaptasi ekstrem terhadap kondisi lingkungan yang keras [18, 19].

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A



Gambar 2.1. Diagram stratifikasi laut menunjukkan zonasi laut berdasarkan kedalaman dari Epipelagik hingga Hadalpelagik.

Setiap zona kedalaman ini memiliki karakteristik yang sangat berbeda dalam hal suhu, salinitas, cahaya, serta tekanan [19, 20]. Misalnya, pada zona epipelagik, suhu cenderung lebih hangat dan tersedia cahaya untuk fotosintesis, sehingga mendukung keanekaragaman hayati yang tinggi. Sebaliknya, zona batipelagik, abisopelagik, dan hadalpelagik mengalami kegelapan total dengan tekanan tinggi yang membatasi jumlah organisme yang mampu hidup di sana [18, 19].

2.1.2 Teori Pembelajaran Autentik (*Authentic Learning*)

Pembelajaran autentik merupakan pendekatan yang menghubungkan kegiatan belajar dengan konteks kehidupan nyata, praktik profesional, atau pengalaman yang bermakna bagi peserta didik. Pendekatan ini bertujuan menunjukkan relevansi dan fungsi pengetahuan melalui aktivitas yang menyerupai penerapannya di luar lingkungan pembelajaran formal [21, 22].

Lingkungan pembelajaran autentik umumnya melibatkan masalah atau tugas yang kompleks, kegiatan penyelidikan, penggunaan alat atau materi yang menyerupai kondisi nyata, serta kesempatan bagi peserta didik untuk mengambil keputusan. Dalam pembelajaran berbasis simulasi, autentisitas dapat dibangun

dengan menempatkan pengguna dalam suatu peran, menyediakan lingkungan yang dapat dipercaya, dan memberikan aktivitas yang memiliki kesesuaian dengan tugas pada dunia nyata [21,22].

Nachtigall et al. mengelompokkan tujuan autentisitas dalam pembelajaran menjadi empat bentuk utama, yaitu:

1. *Personal authenticity*, yaitu aktivitas pembelajaran yang berkaitan dengan minat, pengalaman, dan pilihan pribadi peserta didik.
2. *Disciplinary authenticity*, yaitu aktivitas yang meniru cara kerja, alat, dan proses yang digunakan oleh praktisi dalam bidang tertentu.
3. *Real-world authenticity*, yaitu aktivitas atau lingkungan pembelajaran yang menyerupai situasi dalam kehidupan nyata.
4. *Community authenticity*, yaitu keterhubungan peserta didik dengan praktisi, komunitas profesional, atau audiens nyata di luar lingkungan pembelajaran.

Penerapan pembelajaran autentik berpotensi mendukung pemahaman, keterampilan pemecahan masalah, minat, dan motivasi belajar. Namun, pengaruh tersebut bergantung pada desain aktivitas dan persepsi pengguna terhadap autentisitas lingkungan pembelajaran. Lingkungan yang dirancang menyerupai kondisi nyata belum tentu dianggap autentik oleh setiap pengguna. Selain itu, unsur visual atau emosional yang terlalu dominan dapat meningkatkan keterlibatan, tetapi juga berpotensi mengalihkan perhatian dari tujuan pembelajaran [21,23].

Dalam penelitian ini, teori pembelajaran autentik diterapkan melalui simulasi lingkungan bawah laut yang menempatkan pengguna sebagai peneliti ekosistem laut. Pengguna melakukan eksplorasi, mengamati biota, mengambil dokumentasi, dan melengkapi informasi pada jurnal *Oceanpedia*. Aktivitas tersebut terutama menerapkan *disciplinary authenticity* dan *real-world authenticity* karena menyerupai kegiatan observasi dan dokumentasi dalam penelitian oseanografi. Kebebasan dalam mengeksplorasi ruang pada setiap zona kedalaman juga memberikan unsur *personal authenticity* melalui keleluasaan pergerakan pengguna.

2.2 Elemen Permainan (*Game Elements*)

Elemen permainan merupakan komponen yang membentuk struktur, interaksi, dan pengalaman pemain di dalam suatu permainan. Dalam

permainan edukasi, pemilihan elemen permainan perlu disesuaikan dengan tujuan pembelajaran agar mekanik permainan tidak hanya memberikan hiburan, tetapi juga mengarahkan pemain untuk berinteraksi dengan materi yang disampaikan. Keterhubungan antara mekanik, cerita, visual, dan tujuan edukatif diperlukan untuk menghasilkan pengalaman permainan yang kohesif dan bermakna [24, 25].

Elemen permainan dapat dibedakan menjadi elemen formal dan elemen dramatis. Elemen formal membentuk aturan dan struktur dasar permainan, sedangkan elemen dramatis memberikan konteks, tantangan, suasana, serta keterikatan pemain terhadap dunia permainan [24].

Elemen formal merupakan komponen yang membentuk sistem permainan dan menentukan cara pemain berinteraksi dengan permainan. Elemen ini mencakup pemain, tujuan, prosedur, aturan, sumber daya, konflik, batasan, dan hasil permainan [24]. Penjelasan setiap elemen formal adalah sebagai berikut:

1. *Player*, yaitu pengguna yang menjalankan permainan serta menerima peran, kemampuan, dan tanggung jawab tertentu di dalam sistem permainan.
2. *Objectives*, yaitu tujuan yang harus dicapai pemain. Tujuan memberikan arah terhadap aktivitas dan tindakan yang dilakukan selama permainan.
3. *Procedures*, yaitu rangkaian tindakan yang dapat dilakukan pemain untuk berinteraksi dengan sistem dan mencapai tujuan permainan.
4. *Rules*, yaitu ketentuan yang mengatur tindakan yang diperbolehkan, kondisi yang harus dipenuhi, serta hubungan antara pemain dan sistem permainan.
5. *Resources*, yaitu objek, kemampuan, informasi, atau fasilitas yang dapat digunakan pemain untuk membantu mencapai tujuan permainan.
6. *Conflict*, yaitu hambatan yang menghalangi pemain mencapai tujuan secara langsung. Konflik dapat berupa keterbatasan lingkungan, rintangan, lawan, atau kondisi tertentu.
7. *Boundaries*, yaitu batas ruang dan tindakan yang menentukan wilayah serta cakupan interaksi pemain di dalam permainan.
8. *Outcome*, yaitu hasil akhir yang diperoleh berdasarkan tindakan pemain, seperti keberhasilan, kegagalan, penyelesaian tugas, atau perubahan status permainan.

Elemen-elemen formal tersebut saling berhubungan dalam membentuk mekanik inti permainan. Tujuan menentukan aktivitas pemain, prosedur mengatur cara aktivitas dilakukan, sedangkan aturan, sumber daya, konflik, dan batasan mengendalikan proses pencapaian hasil permainan.

2.2.1 Elemen Dramatis (*Dramatic Elements*)

Elemen dramatis merupakan komponen yang memberikan konteks naratif, suasana, tantangan, dan keterlibatan emosional kepada pemain. Elemen dramatis dapat mencakup *challenge*, *play*, *premise*, *character*, *story*, *world building*, dan *dramatic arc* [24]. Penggunaan cerita dan umpan balik juga menjadi elemen yang banyak diterapkan dalam permainan edukasi karena dapat mendukung motivasi dan keterlibatan pemain [26].

1. *Challenge*, yaitu hambatan atau aktivitas yang memerlukan kemampuan, ketelitian, strategi, atau pemecahan masalah dari pemain.
2. *Play*, yaitu ruang kebebasan yang diberikan kepada pemain untuk melakukan eksplorasi, mencoba tindakan, dan berinteraksi dengan sistem selama tetap mengikuti aturan permainan.
3. *Premise*, yaitu gagasan dasar yang menjelaskan peran pemain, kondisi awal, dan alasan pemain menjalankan aktivitas di dalam permainan.
4. *Character*, yaitu tokoh yang mewakili pemain atau menjadi bagian dari dunia permainan. Karakter dapat membantu memperjelas peran dan membangun hubungan pemain dengan lingkungan permainan.
5. *Story*, yaitu rangkaian peristiwa atau konteks naratif yang menghubungkan tujuan, karakter, dan aktivitas pemain.
6. *World Building*, yaitu proses membangun lingkungan permainan melalui pengaturan lokasi, objek, atmosfer, kondisi visual, dan aturan dunia sehingga permainan memiliki konteks yang konsisten.
7. *Dramatic Arc*, yaitu perkembangan pengalaman dramatis selama permainan, mulai dari pengenalan situasi, peningkatan tantangan, hingga penyelesaian tujuan.

Dalam penelitian ini, elemen formal digunakan untuk merancang struktur eksplorasi, mekanisme dokumentasi objek, aturan penyelesaian misi, serta batas lingkungan bawah laut. Elemen dramatis digunakan untuk membangun peran pemain sebagai peneliti, konteks misi ilmiah, tantangan eksplorasi, suasana setiap zona kedalaman, dan perkembangan pengalaman selama simulasi. Penerapan kedua kelompok elemen tersebut diharapkan dapat mendukung tujuan edukatif sekaligus mempertahankan keterlibatan pemain.

2.3 Perancangan Simulasi Edukasi

Simulasi edukasi merupakan media pembelajaran digital yang merepresentasikan objek, lingkungan, atau proses tertentu ke dalam suatu sistem virtual. Melalui simulasi, pengguna dapat mengamati, menjelajahi, dan berinteraksi dengan materi pembelajaran tanpa harus berada langsung pada lingkungan sebenarnya [27, 28]. Penggunaan simulasi digital dapat mendukung pemahaman konsep, keterlibatan pengguna, dan kemampuan pemecahan masalah melalui pengalaman belajar yang interaktif [27].

Perancangan simulasi edukasi tidak hanya berfokus pada kualitas tampilan, tetapi juga pada kesesuaian antara tujuan pembelajaran dan aktivitas yang dilakukan pengguna. Setiap objek, informasi, dan bentuk interaksi perlu memiliki fungsi yang mendukung penyampaian materi. Lingkungan simulasi juga harus memberikan kebebasan yang cukup kepada pengguna untuk melakukan eksplorasi, tetapi tetap memiliki arahan agar pengguna dapat memahami informasi yang disampaikan [28, 29].

Dalam lingkungan virtual, interaktivitas memberikan kesempatan kepada pengguna untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran. Pengguna dapat mengendalikan pergerakan, mengamati objek dari berbagai posisi, serta memperoleh informasi melalui interaksi dengan objek tertentu. Tingkat kendali pengguna dan konsistensi representasi lingkungan dapat meningkatkan rasa kehadiran dan keterlibatan dalam simulasi. Namun, penggunaan elemen visual, audio, dan informasi yang berlebihan perlu dihindari karena dapat meningkatkan beban kognitif dan mengalihkan perhatian dari tujuan pembelajaran [29].

Beberapa aspek utama yang diperhatikan dalam perancangan simulasi edukasi pada penelitian ini meliputi aspek-aspek berikut [27–29]:

1. Tujuan edukatif, yaitu memastikan setiap aktivitas dan informasi yang tersedia sesuai dengan materi yang ingin disampaikan.

2. Interaktivitas, yaitu memberikan kemampuan kepada pengguna untuk bergerak, menjelajahi lingkungan, dan berinteraksi dengan objek di dalam simulasi.
3. Representasi lingkungan, yaitu menyajikan lingkungan bawah laut melalui bentuk topografi, objek, pencahayaan, dan elemen visual yang sesuai dengan konteks simulasi.
4. Umpan balik, yaitu memberikan respons berupa informasi visual, teks, audio, atau perubahan kondisi setelah pengguna melakukan interaksi.
5. Kemudahan penggunaan, yaitu menyediakan sistem navigasi dan kontrol yang mudah dipahami agar pengguna dapat menjalankan simulasi tanpa mengalami kesulitan yang tidak berkaitan dengan materi pembelajaran.

Dalam penelitian ini, simulasi edukasi dirancang sebagai lingkungan bawah laut tiga dimensi yang dapat dijelajahi oleh pengguna. Topografi dasar laut dibentuk secara prosedural menggunakan algoritma *Perlin Noise*, sedangkan objek dan informasi edukatif ditempatkan pada lingkungan simulasi untuk mendukung proses eksplorasi. Perancangan tersebut bertujuan memberikan pengalaman belajar yang interaktif serta membantu pengguna mengenali lingkungan dan objek bawah laut melalui visualisasi digital.

2.4 Procedural Content Generation

Procedural Content Generation (PCG) merupakan metode pembuatan konten permainan secara otomatis menggunakan algoritma dan aturan tertentu. Metode ini berbeda dari pendekatan manual karena sistem dapat menghasilkan konten berdasarkan parameter yang telah ditentukan. PCG dapat membantu mengurangi waktu pembuatan konten, meningkatkan variasi permainan, dan mendukung pembentukan lingkungan yang lebih dinamis [12, 30].

PCG dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai jenis konten, seperti tekstur, objek, peta, level, medan, mekanisme permainan, narasi, dan elemen pendukung lainnya [12, 30]. Konten tersebut dapat dibuat sebelum permainan dijalankan atau secara langsung ketika permainan berlangsung. Pembuatan konten secara prosedural juga dapat mengurangi kebutuhan penyimpanan karena sebagian konten dapat dibentuk ketika diperlukan. Namun, proses tersebut tetap

membutuhkan sumber daya komputasi untuk menjalankan algoritma pembangkitan [30].

Berdasarkan metode yang digunakan, PCG dapat dikelompokkan menjadi beberapa pendekatan berikut [12, 30]:

1. *Search-based Methods*

Pendekatan ini menghasilkan dan mengevaluasi sejumlah kandidat konten menggunakan fungsi penilaian. Algoritma pencarian seperti algoritma genetika, *Monte Carlo Tree Search*, dan *simulated annealing* dapat digunakan untuk memperoleh konten yang memenuhi tujuan tertentu.

2. *Machine Learning-based Methods*

Pendekatan ini menggunakan model pembelajaran mesin untuk mempelajari pola dari data yang tersedia dan menghasilkan konten baru. Metode yang digunakan antara lain *Generative Adversarial Networks*, *autoencoder*, *reinforcement learning*, dan *transformer*.

3. *Constructive and Rule-based Methods*

Pendekatan konstruktif menghasilkan konten secara langsung berdasarkan aturan yang telah ditentukan. Metode ini mencakup *cellular automata*, tata bahasa generatif, graf generatif, dan aturan penempatan objek. Pendekatan tersebut sesuai untuk menghasilkan struktur, ruangan, tanaman, peta, dan susunan objek permainan.

4. *Noise and Fractal-based Methods*

Pendekatan ini menggunakan fungsi matematika seperti *Perlin Noise*, *Simplex Noise*, dan pola fraktal untuk menghasilkan tekstur, peta ketinggian, dan medan yang memiliki variasi berkesinambungan. Fungsi *noise* banyak digunakan karena mampu menghasilkan pola yang dapat dikontrol melalui parameter tertentu [15,31].

5. *Combined Methods*

Pendekatan ini menggabungkan dua atau lebih metode PCG dalam satu proses. Sebagai contoh, fungsi *noise* dapat digunakan untuk membentuk medan dasar, sedangkan metode pembelajaran mesin atau algoritma pencarian digunakan untuk memperbaiki bentuk dan menilai kualitas hasilnya.

Penelitian ini menerapkan PCG melalui pendekatan *noise-based* dengan algoritma *Perlin Noise*. Algoritma tersebut digunakan untuk menghasilkan peta ketinggian topografi dasar laut berdasarkan parameter *scale*, *octaves*, *persistence*, *lacunarity*, dan *offset*. Pendekatan ini memungkinkan sistem menghasilkan variasi bukit, lembah, dan cekungan secara otomatis tanpa membentuk setiap bagian medan secara manual [12, 14, 31].

2.5 Perlin Noise

Perlin Noise merupakan algoritma *gradient noise* yang digunakan untuk menghasilkan pola pseudoacak dengan transisi nilai yang halus dan berkesinambungan. Algoritma ini bekerja dengan memetakan koordinat ke dalam *grid* kemudian menghitung nilai berdasarkan interpolasi gradien, sehingga menghasilkan perubahan nilai yang tidak diskrit dan tampak natural. Teknik ini banyak digunakan dalam pengembangan grafika komputer dan permainan video untuk menghasilkan tekstur, peta ketinggian (*heightmap*), serta representasi medan tiga dimensi [15, 31].

Dalam implementasi *procedural terrain generation*, *Perlin Noise* umumnya tidak digunakan secara tunggal, melainkan dikombinasikan dalam beberapa lapisan yang disebut *octave*. Pendekatan ini dikenal sebagai *fractional Brownian motion* (fBM) atau *fractal noise*. Secara konsep, fBM merupakan penjumlahan dari beberapa fungsi *noise* pada skala frekuensi dan amplitudo yang berbeda [12, 15]. Setiap lapisan memberikan kontribusi detail pada skala tertentu; lapisan dengan frekuensi rendah membentuk struktur utama medan, sedangkan lapisan dengan frekuensi tinggi menambahkan detail-detail yang lebih kecil [32].

Nilai ketinggian topografi secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{NoiseHeight}(x,y) = \sum_{i=0}^{O-1} \left(\text{Perlin} \left(\frac{x}{s} \cdot f_i + o_x, \frac{y}{s} \cdot f_i + o_y \right) \cdot a_i \right) \quad (2.1)$$

Pada Persamaan 2.1, O merupakan jumlah *octave*, s merupakan parameter *scale*, f_i merupakan frekuensi pada *octave* ke- i , dan a_i merupakan amplitudo pada *octave* ke- i . Variabel o_x dan o_y merupakan *offset* yang digunakan untuk menggeser posisi pengambilan sampel (*sampling*) pada ruang koordinat [15, 32].

Dalam implementasi sistem berbasis Unity, proses pengambilan nilai *Perlin Noise* diakomodasi melalui fungsi `Mathf.PerlinNoise`. Fungsi ini digunakan

untuk mengambil nilai *noise* berdasarkan dua koordinat sampel, sehingga sangat efektif dimanfaatkan sebagai dasar pembentukan nilai ketinggian pada representasi medan [14].

Penggunaan `Mathf.PerlinNoise` dalam pembangkitan medan prosedural juga dijelaskan oleh Ahmed dan Pandey. Dalam penelitiannya, nilai ketinggian setiap *vertex* pada medan ditentukan dengan mengambil sampel dari peta *Perlin Noise* menggunakan fungsi tersebut. Dengan pendekatan ini, koordinat horizontal medan digunakan sebagai *input*, sedangkan nilai keluaran fungsi *noise* digunakan untuk menentukan posisi ketinggian pada sumbu vertikal [14].

Secara sederhana, proses tersebut dapat digambarkan melalui persamaan berikut:

$$h(x,z) = \text{Mathf.PerlinNoise}(x,z) \quad (2.2)$$

Pada Persamaan 2.2, $h(x,z)$ merupakan nilai ketinggian medan pada koordinat (x,z) . Koordinat x dan z merepresentasikan posisi horizontal medan, sedangkan nilai hasil *noise* digunakan untuk menentukan tinggi titik tersebut pada sumbu y [14].

Untuk membentuk struktur yang lebih kompleks, nilai amplitudo dan frekuensi pada setiap *octave* diperbarui secara iteratif berdasarkan parameter *persistence* dan *lacunarity* sebagai berikut:

$$a_i = a_{i-1} \cdot p, \quad a_0 = 1 \quad (2.3)$$

$$f_i = f_{i-1} \cdot l, \quad f_0 = 1 \quad (2.4)$$

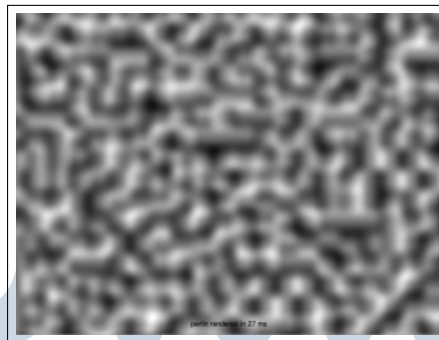
Pada persamaan tersebut, p merupakan parameter *persistence* yang mengontrol penurunan kontribusi amplitudo setiap lapisan, sedangkan l merupakan parameter *lacunarity* yang mengontrol peningkatan frekuensinya. Kombinasi dari kedua parameter ini menghasilkan struktur medan dengan detail makro hingga mikro secara bertingkat [15].

Dalam pembangkitan medan secara prosedural menggunakan algoritma *Perlin Noise*, terdapat beberapa parameter utama yang digunakan untuk mengontrol bentuk dan tingkat detail topografi yang dihasilkan [15, 31], yaitu:

1. *Scale*, yaitu parameter yang menentukan ukuran pola pada permukaan. Nilai yang lebih besar menghasilkan bentuk medan yang lebih luas dan landai.

2. *Octaves*, yaitu parameter yang menentukan jumlah lapisan *noise* yang digabungkan. Penambahan jumlah *octave* menghasilkan detail permukaan yang lebih kaya dan beragam.
3. *Persistence*, yaitu parameter yang mengontrol penurunan amplitudo pada setiap lapisan berikutnya. Nilai yang lebih besar membuat detail berukuran kecil pada permukaan menjadi lebih menonjol.
4. *Lacunarity*, yaitu parameter yang mengontrol peningkatan frekuensi pada setiap lapisan berikutnya. Nilai yang lebih besar menghasilkan variasi detail yang lebih rapat.
5. *Offset*, yaitu parameter yang digunakan untuk menggeser posisi pengambilan sampel *Perlin Noise*. Pergeseran tersebut memungkinkan sistem menghasilkan pola topografi yang berbeda tanpa mengubah struktur utama algoritma.

Kombinasi parametrik di atas memungkinkan sistem untuk menghasilkan berbagai variasi lingkungan visual dasar laut—seperti bukit, lembah, dan cekungan palung—secara sepenuhnya prosedural [14, 15, 32].



Gambar 2.2. Visualisasi pola *Perlin Noise* dua dimensi setelah proses interpolasi.

Gambar 2.2 menampilkan pola *Perlin Noise* dua dimensi dengan perubahan intensitas nilai yang berlangsung secara bertahap (gradien halus). Transisi yang tidak terputus tersebut membuktikan bahwa titik-titik koordinat yang saling berdekatan memiliki nilai keterhubungan ruang yang tinggi, menjadikannya fondasi yang ideal untuk pembentukan topografi dasar laut yang natural [15, 31].

2.6 Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS-18)

Game User Experience Satisfaction Scale versi 18 item atau GUESS-18 merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur kepuasan dan pengalaman pengguna setelah memainkan suatu permainan digital. Instrumen ini terdiri atas 18 pernyataan yang dikelompokkan ke dalam sembilan faktor, dengan dua pernyataan pada setiap faktor. Penggunaan jumlah item yang lebih ringkas memungkinkan proses evaluasi pengalaman pengguna dilakukan secara lebih efisien [7, 8].

GUESS-18 telah digunakan untuk mengevaluasi pengalaman pengguna dalam lingkungan virtual. Penelitian Carman et al. menunjukkan bahwa GUESS-18 memiliki kesesuaian model dan konsistensi internal yang memadai untuk mengukur pengalaman pengguna dalam permainan berbasis lingkungan virtual [9]. Oleh karena itu, instrumen ini relevan digunakan untuk mengevaluasi simulasi edukasi bawah laut yang dibangun dalam penelitian ini.

GUESS-18 mengukur pengalaman pengguna melalui sembilan faktor berikut [7–9]:

1. *Usability/Playability*, yaitu tingkat kemudahan pengguna dalam memahami kontrol, menggunakan antarmuka, dan menjalankan permainan.
2. *Narratives*, yaitu kemampuan cerita, latar, karakter, dan rangkaian peristiwa dalam menarik perhatian serta membangun keterlibatan pengguna.
3. *Play Engrossment*, yaitu tingkat pemusatan perhatian dan keterlibatan pengguna selama menjalankan permainan.
4. *Enjoyment*, yaitu tingkat kesenangan atau kebosanan yang dirasakan pengguna selama memainkan permainan.
5. *Creative Freedom*, yaitu tingkat kebebasan yang diberikan kepada pengguna untuk melakukan eksplorasi, menggunakan imajinasi, dan menentukan tindakan di dalam permainan.
6. *Audio Aesthetics*, yaitu kualitas efek suara, musik, dan unsur audio lainnya dalam mendukung pengalaman bermain.
7. *Personal Gratification*, yaitu kepuasan pengguna terhadap kemampuan dan pencapaian pribadi selama menjalankan permainan.

8. *Social Connectivity*, yaitu kemampuan permainan dalam mendukung komunikasi dan interaksi sosial antarpemain.
9. *Visual Aesthetics*, yaitu kualitas grafis, tampilan objek, lingkungan, dan unsur visual permainan secara keseluruhan.

Penelitian Mittmann et al. menunjukkan bahwa GUESS-18 dapat diterjemahkan dan diadaptasi untuk responden remaja. Instrumen hasil adaptasi tersebut tetap mempertahankan 18 item dan sembilan faktor serta menunjukkan kesesuaian model dan konsistensi internal yang dapat diterima [8].

GUESS-18 menggunakan skala Likert tujuh poin untuk mengukur tingkat persetujuan responden terhadap setiap pernyataan. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan penilaian pengalaman pengguna yang semakin positif [7, 9]. Skala penilaian yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Skala Likert Tujuh Poin GUESS-18

Nilai	Kategori Jawaban
1	Sangat Tidak Setuju
2	Tidak Setuju
3	Cukup Tidak Setuju
4	Netral
5	Cukup Setuju
6	Setuju
7	Sangat Setuju

Nilai rata-rata setiap item diperoleh dengan menjumlahkan seluruh skor jawaban responden, kemudian membaginya dengan jumlah responden. Perhitungan tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^N X_{ij}}{N} \quad (2.5)$$

Pada Persamaan 2.5, $\bar{X}_j$ merupakan rata-rata skor item ke- j , X_{ij} merupakan jawaban responden ke- i pada item ke- j , sedangkan N merupakan jumlah responden.

GUESS-18 terdiri atas sembilan faktor, dengan dua item pada setiap faktor. Skor setiap faktor dapat diperoleh dengan menghitung rata-rata item yang membentuk faktor tersebut [7, 9]. Pada faktor *Enjoyment*, terdapat item negatif yang berkaitan dengan rasa bosan selama bermain, sehingga skor pada item tersebut perlu

dibalik sebelum proses perhitungan dilakukan [9]. Pembalikan skor pada skala Likert tujuh poin dirumuskan sebagai berikut:

$$X_{\text{reverse}} = 8 - X \quad (2.6)$$

Berdasarkan Persamaan 2.6, nilai 1 diubah menjadi 7, nilai 2 menjadi 6, nilai 3 menjadi 5, nilai 4 tetap bernilai 4, nilai 5 menjadi 3, nilai 6 menjadi 2, dan nilai 7 menjadi 1.

Setiap faktor GUESS-18 terdiri atas dua item. Skor faktor diperoleh dengan menghitung rata-rata kedua item pada faktor tersebut menggunakan persamaan berikut:

$$S_k = \frac{\bar{X}_{k1} + \bar{X}_{k2}}{2} \quad (2.7)$$

Pada Persamaan 2.7, S_k merupakan skor faktor ke- k , sedangkan $\bar{X}_{k1}$ dan $\bar{X}_{k2}$ merupakan nilai rata-rata dari dua item yang membentuk faktor tersebut. Skor setiap faktor berada pada rentang 1 sampai 7.

Skor keseluruhan dalam penelitian ini diperoleh dengan menghitung rata-rata dari seluruh faktor yang digunakan. Perhitungan rata-rata faktor dilakukan agar skor akhir tetap berada pada rentang 1 sampai 7 dan dapat diinterpretasikan menggunakan kategori penilaian GUESS-18 berbasis skala Likert tujuh poin [7]. Perhitungan tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$S_{\text{total}} = \frac{\sum_{k=1}^K S_k}{K} \quad (2.8)$$

Pada Persamaan 2.8, S_{total} merupakan skor keseluruhan GUESS-18, S_k merupakan skor faktor ke- k , sedangkan K merupakan jumlah faktor yang digunakan. Dikarenakan *game* yang dibangun dalam penelitian ini bersifat *single-player*, maka faktor *Social Connectivity* tidak digunakan dalam proses pengujian, sehingga ditetapkan nilai $K = 8$.

Interpretasi hasil GUESS-18 pada penelitian ini dilakukan dengan mengubah skor rata-rata ke dalam bentuk persentase. GUESS-18 merupakan instrumen pengukuran pengalaman pengguna *game* yang terdiri dari 18 item dan menggunakan skala Likert tujuh poin, yaitu 1 untuk *strongly disagree* sampai 7 untuk *strongly agree*. Skor pada setiap subskala GUESS-18 dihitung berdasarkan rata-rata item yang terdapat pada subskala tersebut [7].

Konversi skor ke dalam bentuk persentase dilakukan dengan

membandingkan skor aktual terhadap skor ideal, kemudian dikalikan dengan 100%. Skor aktual merupakan skor yang diperoleh dari hasil jawaban responden, sedangkan skor ideal merupakan skor maksimum yang dapat diperoleh apabila seluruh responden memilih nilai tertinggi pada setiap item penilaian [33]. Rumus perhitungan persentase skor ditunjukkan pada Persamaan 2.9.

$$\text{Persentase Skor} = \frac{\text{Skor Aktual}}{\text{Skor Ideal}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Kategori interpretasi persentase skor mengacu pada kategori penilaian berbasis skala Likert yang digunakan oleh Wulandari et al. [33]. Kategori interpretasi persentase skor GUESS-18 ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kategori Interpretasi Persentase Skor GUESS-18

Rentang Persentase	Interpretasi
20,00%–36,00%	Tidak Baik
36,01%–52,00%	Kurang Baik
52,01%–68,00%	Cukup
68,01%–84,00%	Baik
84,01%–100%	Sangat Baik