

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Board Game*

Permainan papan atau *Board Game* merupakan permainan berbasis papan yang dapat dimainkan oleh 2 orang atau lebih yang memiliki komponen seperti kartu, dadu, pion, token untuk menentukan langkah Chasanah (2025). Whitton (2018, h.5) mengklasifikasikan Alat-alat bermain menggambarkan objek, artefak, dan teknologi yang menandakan adanya lingkungan belajar yang menyenangkan dan dapat digunakan untuk mendorong atau mengembangkan sifat bermain ke dalam kategori *Playful Tools* atau alat bermain. Berbeda dengan teknik pengajaran konvensional, *Board Game* sebagai alat bermain berfungsi untuk menciptakan ruang eksplorasi yang aman, di mana pemain dapat berinteraksi dengan materi atau sesama pemain melalui struktur yang telah ditentukan penulis.

Perspektif ini diperkuat oleh Schell (2019, h.272), yang memandang Setiap permainan terjadi dalam suatu ruang. Ruang ini adalah *Magic Circle* permainan yang mendefinisikan tempat-tempat di dalamnya dan hubungan antar-tempat tersebut. Tidak seperti gim digital yang memiliki *interface*, Dalam *Board Game*, pemain memproyeksikan diri ke game dan mengabaikan interface, sehingga fokus pada pengalaman lebih relevan atau bisa disebut *lens of transparency* dikutip dari Schell (2019, h.403-404). Hal ini menciptakan interaksi sosial yang intens dan keterlibatan kognitif yang mendalam, karena pemain harus memproses logika permainan sekaligus bernegosiasi dengan pemain lain secara tatap muka.

Relevansi pandangan Whitton tentang alat bermain dan analisis Schell mengenai mekanik transparan menjadikan *Board Game* media yang unik untuk membangun kompetensi sosial dan intelektual.

2.1.1 *Game Design*

Game Design bukan sekadar proses penciptaan aturan, melainkan upaya merancang sebuah pengalaman interaktif yang utuh. *Game Design*

adalah proses menciptakan struktur sistematis yang memungkinkan pemain berinteraksi dengan aturan untuk mencapai tujuan tertentu. *playcentric approach* merupakan pendekatan menempatkan pemain sebagai pusat dari pengalaman, di mana setiap pengalaman bermain akan menjadi *feedback* saat merancang sebuah gim dikutip dari Fullerton (2024, h.23).

Pandangan ini selaras dengan pemikiran Schell (2019, h.218) yang menegaskan bahwa seorang desainer gim pada hakikatnya tidak sekedar menciptakan permainan itu sendiri, melainkan menciptakan sebuah pengalaman yang baik dengan merasakan apa yang dirasakan pemain. Gim hanyalah media yang memungkinkan pengalaman tersebut terjadi dalam benak pemain. Oleh karena itu, memahami *Game Design* memerlukan pembedahan terhadap elemen-elemen pembentuknya, yang secara akademis dikategorikan menjadi elemen formal, elemen dramatis, dan dinamika sistem.

2.1.1.1 Formal Element of Game

Elemen formal adalah kerangka yang membentuk struktur dasar sebuah permainan. Elemen-elemen ini membedakan gim dari bentuk interaksi lainnya, seperti mainan atau teka-teki sederhana. Fullerton (2024, h.60-96) menyatakan bahwa elemen formal adalah struktur dalam permainan, terdiri dari pemain, tujuan, prosedur, aturan, sumber daya, konflik, batas, dan hasil. Tanpa elemen-elemen ini, sebuah permainan tidak akan memiliki bentuk yang jelas atau dapat dimainkan.

Schell (2019, h.135) mendukung konsep ini melalui "*The Lens of The Elemental Tetrad*", di mana ia mengategorikan elemen pembentuk gim menjadi empat bagian integral, yaitu *Mechanics*, *Story*, *Aesthetics*, dan *Technology*. Dalam konteks elemen formal, fokus utamanya adalah pada *Mechanics*, yaitu prosedur dan aturan yang mendefinisikan bagaimana pemain berinteraksi dengan sistem. Secara spesifik, elemen formal meliputi:

1. Pemain

Subjek yang berinteraksi dengan sistem permainan secara sukarela. menekankan bahwa pemain masuk ke dalam permainan dengan sikap bermain, yang membedakan aktivitas ini dari pekerjaan. Ada juga tipe-tipe pemain yang memiliki perilaku dan interaktifitas yang berbeda yang dikemukakan pertama kali oleh Richard Bartler yang menciptakan MUD atau *Multi User-Dungeon* yaitu *explorers* yang dimana suka eksplorasi keseluruhan mekanisme pemain, *achiever* yang ingin menjadi juara utama dalam permainan, *socializers* yang biasanya bersifat netral dan menikmati jalannya permainan, dan *killers* yang suka memanipulasi jalannya permainan dengan menghambat pemain lain.

2. Tujuan

Sasaran spesifik yang ingin dicapai pemain. Tujuan memberikan arah dan motivasi intrinsik bagi pemain untuk terus terlibat dalam sistem permainan.

3. Prosedur dan Aturan

Instruksi tentang apa yang boleh dan tidak boleh dilakukan. Aturan membatasi tindakan pemain, menciptakan tantangan yang harus diatasi.

4. Sumber Daya

Aset yang dimiliki pemain untuk mencapai tujuan, seperti nyawa, mata uang, atau item. Kelangkaan sumber daya inilah yang sering kali memicu konflik dan strategi.

5. Konflik

Hambatan yang mencegah pemain mencapai tujuan dengan mudah. Konflik adalah inti dari *gameplay* yang menciptakan ketegangan dramatis.

6. Batas

Pemisah antara dunia nyata dan dunia permainan, yang sering disebut sebagai *magic circle*. Di dalam batas ini, aturan permainan berlaku mutlak dan konsekuensi dunia nyata ditangguhkan sementara.

7. Hasil

Kepastian akhir dari permainan yang menentukan siapa yang menang dan siapa yang kalah secara adil. Dengan adanya hasil menandakan pencapaian setiap individu yang terlibat dalam permainan.

Kesimpulan secara keseluruhan, elemen formal merupakan kerangka yang menyusun struktur dasar sebuah permainan dan membedakan dari bentuk interaksi sederhana lainnya. Mengacu pada pandangan Fullerton dan Schell, elemen-elemen yang berfokus pada mekanika gim meliputi pemain, tujuan, prosedur dan aturan, sumber daya, konflik, batas, serta hasil. Keseluruhan elemen formal memiliki sinergi untuk satu sama lain. Tanpa adanya seluruh elemen tersebut, sebuah gim akan kehilangan arah, tantangan, dan ruang lingkungannya, sehingga gagal memberikan pengalaman bermain yang terstruktur, bermakna, dan memiliki kepastian hasil yang adil.

2.1.1.2 Dramatic Elements

Elemen dramatis adalah yang memberikan makna dan konteks emosional pada kerangka yang disusun sebelumnya. Fullerton (2024, h.101-123) menjelaskan bahwa elemen dramatis melibatkan premis, karakter, cerita, dan alur dramatis yang berfungsi untuk mengikat pemain

secara emosional dengan pengalaman bermain. Elemen ini mengubah interaksi logis menjadi narasi yang memikat.

Schell (2019, h.436) menambahkan bahwa penggunaan konsep *interest curve* untuk menggambarkan bagaimana elemen dramatis harus diatur ritmenya mulai dari awalan yang menyenangkan hingga bagaimana mempertahankan minat hingga ke akhir agar pemain tidak merasa bosan atau kewalahan:

1. Premis

Premis memberikan konteks awal serta alasan mendasar mengapa pemain harus melakukan serangkaian tindakan di dalam permainan. Dalam desain media edukasi, premis yang disusun dengan matang berfungsi untuk alur untuk aturan permainan. Dengan adanya premis, aturan permainan tidak lagi dianggap sebagai instruksi yang membebani, melainkan sebuah misi yang mudah dipahami, diterima, dan mampu membangun keterikatan logis bagi pemain sejak pertama kali mereka membuka kemasan permainan.

2. Karakter

Karakter berfungsi sebagai representatif yang menjadi perantara bagi pemain untuk memproyeksikan diri ke dalam permainan. Melalui desain karakter yang memiliki motivasi, latar belakang, serta tantangan yang unik, pemain dapat merasakan empati dan keterlibatan emosional. Karakter merupakan sosok yang bertindak dan mengambil keputusan, di mana keberhasilan maupun kegagalan karakter tersebut akan dirasakan oleh pemain sebagai pengalaman.

3. Cerita

Cerita merupakan urutan peristiwa yang berawal dari perjalanan pemain selama sesi permainan berlangsung. Dalam

desain gim, cerita tidak harus selalu bersifat linear atau kaku, melainkan dapat bersifat muncul secara alami dari interaksi antar pemain, taktik, dan respons pemain terhadap tantangan yang ada. Melalui alur ini, pemain berperan sebagai kreator narasi bagi diri mereka sendiri, setiap langkah yang diambil, setiap kartu yang dikeluarkan, dan setiap risiko yang dihadapi, akan membentuk sebuah cerita unik yang memperkaya pengalaman bermain secara keseluruhan.

4. Pembangun Dunia

Pembangun dunia adalah proses kreatif dalam merancang ruang, budaya, estetika, serta logika pada tempat permainan berlangsung. Dunia yang dirancang dengan detail dan konsisten akan meningkatkan pengalaman *immersion* atau rasa tenggelam pemain dalam permainan. Ketika pemain merasa bahwa permainan memiliki aturan, mereka akan lebih mudah untuk menerima narasi edukasi yang disampaikan, karena setiap elemen di dalam dunia tersebut terasa hidup dan saling terhubung secara fungsional dalam membangun pengalaman bermain yang utuh.

Kesimpulannya, elemen dramatis berfungsi untuk memberikan makna dan ikatan emosional pada struktur elemen formal sebuah permainan, mengubah interaksi mekanis menjadi narasi yang memikat. Mengacu pada pemikiran Fullerton dan Schell, komponen yang meliputi premis, karakter, cerita, dan pembangun dunia ini saling terintegrasi untuk membangun rasa empati serta mengajak pemain agar dapat tenggelam ke dalam realitas permainan. Elemen - elemen tersebut harus juga diatur ritmenya melalui pendekatan *interest curve*, sehingga minat dan

ketertarikan pemain dapat terus dipertahankan dari awal hingga akhir permainan tanpa membuat pemain merasa bosan.

2.1.1.3 *System Dynamic of Game*

Dinamika sistem adalah perilaku permainan yang muncul ketika aturan dan pemain saling berinteraksi secara *real time*. Fullerton (2024, h.148) menekankan bahwa desainer hanya dapat merancang aturan, tetapi tidak dapat sepenuhnya memprediksi jalannya permainan karena adanya agensi pemain.

Konsep ini selaras dengan pandangan Schell (2019, h.320), mengenai *predict human behaviour*, di mana interaksi sederhana antara berbagai mekanik dapat menghasilkan strategi atau pola permainan yang kompleks dan tidak terduga. Penulis menanam benih aturan, tetapi bagaimana tanaman itu tumbuh yang disebut dinamika bergantung pada faktor lingkungan atau disebut interaksi pemain.

1. Object

Elemen fisik atau konseptual dasar yang membangun sebuah sistem permainan. Objek merupakan entitas utama di dalam gim yang berupa komponen dalam permainan.

2. Properties

Properti memberikan nilai, status, atau kondisi pada objek, seperti poin nyawa, tingkat kelangkaan, atau jenis elemen yang membedakannya dari objek lain.

3. Behaviour

Tindakan yang dapat dilakukan oleh suatu objek pada kondisi tertentu di dalam permainan. Perilaku menentukan bagaimana sebuah objek berfungsi, bereaksi, dan membatasi apa saja yang boleh dilakukan objek tersebut ketika berinteraksi dengan pemain atau aturan sistem.

4. Relationship

Keterkaitan dan pola interaksi antara satu objek dengan objek lainnya yang dapat memberikan pengaruh. Yang pada akhirnya melahirkan dinamika sistem dan strategi yang kompleks bagi pemain.

Dinamika sistem mencakup pola strategi yang dikembangkan pemain, interaksi antar pemain seperti kerja sama atau persaingan, serta kondisi aliran permainan. Sistem yang dinamis harus mampu menyeimbangkan tantangan agar tidak terlalu mudah karena bisa dianggap membosankan atau terlalu sulit yang membuat pemain frustrasi, menciptakan pengalaman yang segar dan menarik bagi pemain.

2.1.1.4 *Fun & Accessibility*

Tujuan akhir dari sebagian besar permainan adalah *Fun*. Namun, mendefinisikan kesenangan secara akademis cukup kompleks. Fullerton (2024, h.372) mengaitkan kesenangan dengan keterlibatan emosional dan pemenuhan tantangan. Gim yang menyenangkan adalah gim yang mampu memberikan umpan balik positif atau *goals* dan rasa pencapaian kepada pemainnya.

Schell (2019, h.115) menawarkan definisi yang lebih spesifik melalui *The Lens of Fun: Fun is pleasure with surprises*. Menurutnya, kenikmatan semata tanpa adanya unsur kejutan atau hal baru lama-kelamaan akan menjadi membosankan. Sebaliknya, kejutan tanpa kenikmatan bisa menjadi pengalaman yang tidak menyenangkan. Kombinasi keduanya adalah kunci dari *gameplay* yang sukses.

Aspek *Accessibility* berkaitan dengan seberapa mudah permainan dipelajari dan dimainkan oleh berbagai kalangan. Fullerton (2024, h.218) menekankan pentingnya menghilangkan hambatan yang tidak perlu untuk menciptakan pengalaman bermain yang paling bagus. Hal ini didukung oleh (Schell, 2019, h.363) yang membahas tentang *The*

Lens of Simplicity/Complexity membahas tentang keseimbangan antara kesederhanaan dan kompleksitas.

Gim yang baik harus mudah dipahami aturan dasarnya namun memiliki kedalaman strategi yang cukup untuk mempertahankan minat pemain dalam jangka panjang. Aksesibilitas memastikan bahwa kesenangan tersebut dapat dinikmati oleh audiens yang seluas mungkin tanpa terhalang oleh antarmuka yang buruk atau pembelajaran yang terlalu curam. Sedangkan *Fun* dapat memberikan rasa pencapaian kepada pemain yang memberikan kesenangan atas kemenangan.

2.1.2 Desain Board Game

Kesan pertama sangat penting, dan permainan yang menarik secara visual lebih mungkin menarik perhatian calon pemain. Hal ini mencakup segala hal mulai dari desain kotak permainan hingga desain papan permainan, kartu, dan potongan permainan dikutip dari Asiapack (2024). Dalam membuat desain yang menarik mencakup beberapa elemen yang dijabarkan berikut:

2.1.2.1 Tipografi

Tipografi bukan sekadar pemilihan gaya huruf, melainkan sebuah disiplin desain yang penting dalam menyampaikan pesan secara visual. Landa (2019, h. 35) menyatakan tipografi didefinisikan sebagai desain bentuk huruf atau disebut *typeface* dan pengaturannya dalam ruang dua dimensi serta dalam kaitannya dengan media cetak maupun layar. Dalam perancangan, tipografi berperan penting untuk memastikan informasi teknis dapat dipahami dengan cepat oleh pemain tanpa kehilangan esensi visualnya.

Menurut Landa (2019, h.38-39) pengelompokan jenis huruf membantu desainer untuk mengidentifikasi karakteristik visual yang unik serta menentukan "suara" atau kesan yang ingin ditimbulkan oleh sebuah teks. Beberapa klasifikasi utama tipografi yang sering digunakan

dalam desain meliputi *old style*, *transitional*, *modern*, *salb serif*, *sans serif*, *blacletter*, *script* dan *display*.



Gambar 2.1 Tipografi Kartu Exploding Kittens
Sumber: www.goodgames.com.au/products/exploding...

Hirarki penulisan terhadap besar kecilnya *font* dapat mempengaruhi kontras yang dapat berpengaruh pada perhatian pembaca. Hal ini memberikan dampak terhadap urutan bacaan pada pemain dikutip dari Solis (2025, h.5).

Dalam perancangan, tipografi berperan sebagai penyampaian informasi baik deskripsi, aturan dan petunjuk. Pemilihan *font* juga perlu diperhatikan agar informasi yang ingin disampaikan jelas kepada pemain baik dari kartu ataupun *rule book*.

2.1.2.2 Warna

Warna merupakan salah satu elemen yang penting dikarenakan dapat mempengaruhi emosi, persepsi, dan perilaku audiens dikutip dari Ramadinoto (2025). Warna juga mampu mempegaruhi suasana hati, menarik perhatian, dan meningkatkan daya ingat kepada pembaca, hal ini

membantu pesan yang ingin disampaikan dapat mudah diingat dan lebih menarik pada pembaca.

Cleverine (2026, h.16) menyatakan bahwa warna harmoni yang sesuai dapat menciptakan estetika, harmoni warna dapat meliputi *monochromatic*, *analogous*, dan *complementary*.



Gambar 2.2 Contoh Pemakaian Warna Board Game Simpong Dago
Sumber: www.goodgames.com.au/products/exploding...

Mekanisme dan fungsi objek pada permainan dapat diinformasikan atau menjadi tanda melalui pemilihan warna yang tepat sama halnya dengan gambar diatas yang dimana suasana warna hijau dan biru menggambarkan simulasi kehidupan dikutip dari Cleverine (2026, h.16). Dengan pemilihan warna yang tepat dapat meningkatkan *user experience* pemain dengan estetika desain yang ada.

2.1.2.3 Ilustrasi

Menurut Hutasuhut et al. (2021, h.30) ilustrasi didefinisikan sebagai karya visual yang memperkuat keterkaitan antara subjek dan teks

melalui perpaduan berbagai teknik, mulai dari menrahmuggambar dan melukis hingga fotografi atau cabang seni rupa lainnya.



Gambar 2.3 Contoh Ilustrasi Kartun

Sumber: <https://www.shutterstock.com/id/search/vector...>

Chelsea et al. (2024, h.16) menyatakan bahwa generasi Z umumnya menyukai gaya ilustrasi kartun dikarenakan adanya rasa nostalgia serta gaya ilustrasi ini lebih fleksible dan cocok untuk semua kalangan. Male (2017, h.51) membedakan ilustrasi menjadi dua jenis, yaitu representasi objek secara langsung dan ilustrasi bermakna metaforis. Dalam perancangan ini, jenis pertama dipilih agar visualisasi objek tidak membingungkan pemain, sehingga penyampaian instruksi maupun arahan di dalam permainan menjadi lebih efektif.

2.1.2.4 *Copywriting*

Dalam perancangan, *copywriting* berperan sebagai media penyampai informasi sekaligus instrumen penulisan narasi dalam proses *storytelling*. Handley (2023, h.19) menjelaskan bahwa tulisan merupakan representasi dari pesan yang ingin disampaikan kepada konsumen maupun publik, yang memungkinkan sebuah produk dapat didistribusikan secara luas tanpa batasan jarak. Menurut Handley (2023, h.38) proses penulisan memerlukan waktu yang cukup panjang, dimulai dari penetapan tujuan, identifikasi audiens, riset data, hingga tahap penyusunan draf serta revisi berkali-kali. Hal ini menunjukkan bahwa

penulisan memerlukan proses iterasi yang konsisten guna menghasilkan pesan yang efektif dan mudah dipahami oleh audiens.

2.1.2.5 Material

Dalam perancangan *board game*, pemilihan material mempengaruhi pengalaman bermain. Material yang berkualitas dan sesuai akan memberikan kesan profesional, durabilitas, serta kenyamanan saat kartu atau komponen permainan digenggam dilansir dari website Academy (2024) . Penggunaan *Art Carton* atau *White Core Paper* dengan gramasi yang tepat untuk kartu, agar memastikan fleksibilitas kartu agar tidak mudah tertekuk. Sementara itu, pemilihan *cardboard* untuk papan permainan berfungsi sebagai struktur utama yang menjaga kestabilan *gameplay* di atas meja. Penggunaan akrilik pada bagian token juga dapat meningkatkan pengalaman bermain untuk mempermudah pemain dalam mengambil ataupun meletakkan karena ketebalannya dilansir dari Academy (2024).

2.1.2.6 Ukuran

Dalam perancangan *board game* memiliki ukuran yang ideal, penentuan ukuran dalam komponen *board game* memengaruhi optimalisasi dan keterbacaan informasi. Ukuran kartu yang ideal harus berada pada standar yang nyaman di tangan, sehingga memudahkan pemain dalam memegang kartu tanpa kesulitan shahid (2025). Ukuran ideal untuk papan permainan bergantung pada jumlah komponen yang ada dalam permainan, jika ada banyak komponen maka akan mempengaruhi ukuran dimensi permainan, sebaliknya jika sedikit maka akan lebih kecil ukuran papan permainan Kinne (2025). Perhitungan ukuran yang presisi pada setiap komponen, termasuk *rule book* dan kemasan, juga penting untuk efisiensi ruang saat disimpan serta efektivitas pengemasan, sehingga produk akhir menjadi ringkas namun tetap memiliki bobot visual yang menarik.

Kesimpulan dari keseluruhan teori ini, *Board Game* merupakan sebuah media bermain interaktif yang menciptakan ruang eksplorasi aman bagi pemain untuk berinteraksi secara sosial dan kognitif tanpa batasan layar digital. Perancangan media ini menuntut pendekatan *playcentric* yang menyatukan elemen formal berupa aturan dan mekanik permainan, elemen dramatis berupa keterlibatan emosional, dinamika sistem berupa interaksi dan strategi tak terduga pemain, serta keseimbangan antara kesenangan dan aksesibilitas. Dengan dukungan elemen visual seperti tipografi, psikologi warna, material, ukuran dan ilustrasi, *Board Game* mampu mengubah informasi teknis menjadi pengalaman edukatif yang menyenangkan, kompetitif, dan mudah diserap oleh audiens.

2.2 Gas Metana

Gas metana merupakan senyawa hidrokarbon paling sederhana yang menjadi komponen utama dari gas alam. Dalam konteks lingkungan, metana dikenal sebagai salah satu gas rumah kaca yang memiliki potensi pemanasan global jauh lebih kuat dibandingkan karbon dioksida dalam jangka pendek dikutip dari Nurfadillah & Imran, (2024, h.54). Secara fisik, gas metana memiliki karakteristik yang unik sekaligus berbahaya karena sifatnya yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, sehingga keberadaannya sering kali tidak disadari oleh indra manusia tanpa bantuan alat deteksi khusus. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam manajemen keselamatan di tempat pembuangan limbah, karena akumulasi gas yang tidak terlihat ini dapat mencapai konsentrasi yang sangat tinggi secara perlahan namun pasti.

2.2.1 Lingkungan Terciptanya Gas Metana

Gas metana umumnya terbentuk pada lingkungan yang memiliki tingkat kelembapan tinggi atau kondisi basah yang terisolasi dari oksigen atau disebut anaerobik. Salah satunya limbah organik, seperti sisa makanan atau limbah rumah tangga, tertimbun di bawah lapisan limbah lainnya dikutip dari Aktifiuddin & Awaluddin (2024, h.3). Kondisi penumpukan menyebabkan

oksigen tidak dapat masuk ke dalam tumpukan tersebut, sehingga menciptakan lingkungan yang terhambat oksigen atau disebut anaerobik yang lembap dikutip dari Pratama (2023, h.26). Hal ini umumnya ditemukan pada daerah dapur dimana terdapat banyak sisa makanan yang dibuang bersamaan dengan limbah anorganik lainnya.

2.2.2 Proses Pembentukan Gas Metana

Proses pembentukan gas metana, atau yang secara ilmiah dikenal sebagai metanogenesis, merupakan rangkaian dekomposisi biokimia kompleks yang dilakukan oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen atau disebut anaerobik dikutip dari Utami (2023). Pada lingkungan domestik, proses ini terjadi secara alami baik pada tumpukan limbah organik yang tertimbun maupun di dalam ruang tertutup seperti *septic tank*.

Secara teknis, Adli (2024, h.11-13) menyatakan transformasi material organik menjadi gas metana melibatkan empat tahapan utama dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Hidrolisis

Tahap awal di mana molekul organik kompleks seperti karbohidrat, protein, dan lemak dipecah oleh bakteri hidrolitik menjadi molekul yang lebih sederhana seperti gula, asam lemak, dan asam amino.

2. Asidogenesis

Molekul sederhana hasil hidrolisis kemudian diuraikan lebih lanjut oleh bakteri asidogenik menjadi asam lemak volatil, alkohol, hidrogen, dan karbon dioksida.

3. Asetogenesis

Pada tahap ini, produk dari asidogenesis diubah oleh bakteri asetogenik menjadi asam asetat, hidrogen, dan karbon dioksida yang merupakan prekursor langsung untuk pembentukan metana.

4. Metanogenesis

Tahap akhir di mana mikroorganisme metanogen atau disebut archaea mengonsumsi asam asetat dan hidrogen untuk menghasilkan gas metana dan karbon dioksida sebagai produk sampingan metabolisme.

2.2.3 Resiko Gas Metana

Keberadaan gas metana yang tidak dikelola dengan baik membawa risiko fatal, baik bagi keselamatan manusia maupun stabilitas ekosistem. Risiko utama yang sering terjadi adalah potensi ledakan dan kebakaran hebat dikutip dari ptali (2025). Karena metana sangat mudah terbakar, sedikit saja pemicu seperti percikan api, suhu iklim yang ekstrem, atau keberadaan limbah B3 seperti baterai atau logam di dalam gunungan limbah dapat menyebabkan ledakan spontan. Salah satu contoh nyata dari risiko ini adalah tragedi kebakaran pada Benda, kota tangerang, di mana salah satu pekerja di lapak mencoba membakar sampah dengan api kecil namun dikarenakan konsentrasi metana yang tinggi bertemu dengan api, memicu api yang sulit dipadamkan ditambah dengan angin kencang dan material mudah terbakar lainnya.

Selain risiko fisik berupa ledakan, metana juga memberikan dampak buruk bagi kesehatan. Gas ini dapat menyebabkan gangguan pernapasan serta menjadi kontributor signifikan terhadap pemanasan global yang merusak lapisan atmosfer secara jangka panjang dikutip Lestari et al. (2024, h.295). Kurangnya pemahaman masyarakat mengenai resiko dan proses terbentuknya gas dari limbah rumah tangga harian menjadi alasan utama mengapa media edukasi interaktif tentang gas metana perlu dirancang.

Kesimpulan dari keseluruhan ini adalah gas metana atau CH_4 merupakan gas berbahaya yang tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa, yang secara alami muncul dari tumpukan limbah organik di bawah kondisi anaerobik atau terhambat oksigen. Gas ini diproduksi oleh bakteri metanogen melalui proses metanogenesis yang mencakup empat tahapan dekomposisi yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Mengingat wujudnya yang tidak kasat mata dan sulit dideteksi oleh manusia, akumulasi gas ini sering kali menjadi ancaman tersembunyi yang membawa risiko berupa ledakan spontan dan kebakaran hebat apabila terpicu oleh percikan api atau limbah B3 di area penumpukan sampah.

2.3 Dewasa Awal

Dewasa awal termasuk dalam kelompok usia 18-25 Tahun Rahmadani (2024, h.1), Kelompok usia ini juga termasuk ke dalam usia yang produktif Junika Rorintulus et al. (2022, h.133) serta termasuk dalam generasi z. Gen z juga merupakan kelompok yang paling banyak menggunakan media digital dalam mencari informasi dibandingkan media konvensional Nugraha et al. (2025, h.671). Adapun penjabaran antara gaya hidup dan perilaku Gen Z sebagai berikut:

2.3.1 Gaya Hidup

Gaya hidup merupakan pola hidup seseorang yang menjalani kebiasaan dalam kehidupan sehari – hari yang mencerminkan bagaimana mereka menghabiskan waktu, uang, dan sumber daya yang dimiliki Gunawan (2023, h.1). Bagi kelompok dewasa awal pada rentang usia 18-25 tahun, gaya hidup mereka termasuk ke puncak produktivitas Fatimah Azzahra.M et al. (2026, h.1), mereka juga umumnya berstatus sebagai mahasiswa yang sedang sibuk belajar atau pekerja muda yang aktif mencari pengalaman baru di lingkungan masyarakat. Rentang usia tersebut juga termasuk dalam kategori gen z yang dimana sering mengakses media sosial salah satunya TikTok dan terpengaruh ke perilaku konsumtif Dewi Ningsih et al. (2025, h.2340)

2.3.2 Perilaku

Perilaku merujuk pada sikap dan tindakan nyata yang ditunjukkan oleh seseorang dalam merespons kondisi di sekitarnya Ayu Khorindari (2022, h.8). Dalam konteks lingkungan, tingginya produktivitas dan pengaruh media digital, kelompok dewasa awal tersebut pada akhirnya melahirkan perilaku yang konsumtif Dewi Ningsih et al. (2025, h.2340). Tingkat konsumsi yang masif, seperti kebiasaan membeli makanan kemasan dan minuman dari luar, secara otomatis menghasilkan volume limbah yang signifikan. Limbah ini bisa berupa limbah organik dari sisa makanan yang tidak habis dikonsumsi, maupun limbah anorganik dari wadah plastik dan kemasan sekali pakai.

Kesimpulan dari keseluruhan ini adalah usia 18-25 tahun termasuk dalam kategori dewasa awal, yang dimana juga merupakan usia produktif. Rentang usia

ini juga termasuk ke dalam gen z yang dimana kelompok yang paling banyak mengakses media digital, namun karena hal tersebut berpengaruh ke perilaku konsumtif gen z yang menghasilkan limbah yang banyak.

2.4 Penelitian yang Relevan

Dalam upaya memperkuat landasan teori dan metodologi perancangan, penulis melakukan peninjauan terhadap beberapa penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan isu gas metana dan pengelolaan limbah. Penelusuran literatur ini bertujuan untuk menentukan posisi penelitian penulis di antara studi-studi yang sudah ada, sekaligus sebagai bentuk pertanggungjawaban akademis guna menghindari adanya duplikasi karya. Melalui tinjauan ini, penulis dapat memahami berbagai perspektif mulai dari pemodelan emisi gas, dampak terhadap kesehatan manusia, hingga analisis risiko ledakan yang terjadi di Tempat Pemrosesan Akhir. Dengan memahami temuan-temuan dari peneliti sebelumnya, penulis dapat mengidentifikasi celah atau *gap* yang belum tersentuh, yang kemudian menjadi dasar bagi pengembangan media edukasi interaktif dalam tugas akhir ini. Berikut 3 sumber rangkuman penelitian relevan yang menjadi acuan dalam perancangan ini:

Tabel 2.1 Penelitian yang Relevan

No.	Judul Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian	Kebaruan
1.	Analisis Potensi Emisi Gas Rumah Kaca pada Tempat Pembuangan Sementara (TPS) Ilegal di Kawasan Perkotaan	Nafisah Rahma Yumna.	Membuktikan bahwa penumpukan limbah organik di TPS ilegal tanpa fasilitas pelapis memicu proses pembusukan anaerobik di lapisan dasar, yang	Menggeser fokus pengamatan dari fasilitas TPA resmi ke titik-titik penumpukan liar perkotaan, membuktikan bahwa bahaya akumulasi gas metana dapat

			menghasilkan akumulasi gas metana (CH ₄) pada tingkat yang berisiko di tengah lingkungan permukiman.	terjadi pada skala mikro di lahan kosong dekat warga.
2.	Potensi Risiko Gangguan Kesehatan Akibat Paparan Gas CH ₄ dan H ₂ S pada Pekerja TPA Air Dingin, Kota Padang	Resti Ayu Lestari, Nadia Chalida Nur, Rinda Andhita Regia, Hasnan Habib Marganof, Adhika Dhiwayusja	Penelitian membuktikan secara nyata bahwa penumpukan limbah organik menghasilkan akumulasi emisi gas metana yang melampaui batas aman. Paparan gas dekomposisi ini terbukti memicu risiko gangguan fungsi paru dan peningkatan keluhan saluran pernapasan akut pada individu di sekitar tumpukan sampah.	Menggeser fokus dari sekadar analisis teori emisi menuju pembuktian nyata di lapangan. Penelitian ini membuktikan bahwa risiko metana bukan hanya menyoal bahaya ledakan secara tiba-tiba, melainkan juga ancaman perlahan terhadap degradasi kesehatan pernapasan masyarakat.

3.	Analisa Risiko Emisi GHG terhadap Kesehatan Masyarakat di Sekitar TPA Tamangapa di Kota Makassar	Nurfadillah, Imam Hafidz Imran.	Mengidentifikasi bahwa akumulasi gas metana pada konsentrasi 5-15% sangat rentan terhadap risiko ledakan spontan dan kebakaran, serta dapat menyebabkan kondisi asfiksia bagi masyarakat sekitar.	Menitikberatkan pada analisis risiko keselamatan yaitu ledakan dan ambang batas konsentrasi gas berbahaya di area pemrosesan akhir.
----	--	---------------------------------	---	---

Berdasarkan tinjauan terhadap ketiga penelitian yang dipaparkan dalam tabel di atas, ditemukan sebuah benang merah bahwa risiko gas metana merupakan ancaman nyata, baik dari sisi lingkungan maupun keselamatan publik. Penelitian yang dilakukan oleh Rahma Yumna et al. (2025) membuktikan adanya gas metana dari TPS liar secara illegal dari warga setempat karena tidak dikelola. Sementara itu, studi yang dilakukan oleh Lestari et al. (2024) paparan gas metana dapat menimbulkan resiko gangguan pernafasan yang akut. Nurfadillah & Imran (2024) juga menegaskan adanya resiko kebakaran, ledakan dan gangguan pernafasan dengan konsentrasi 5-15% paparan gas metana, yang membuktikan benar adanya resiko tersebut.

Meskipun ketiga studi tersebut memberikan data yang kuat mengenai bahaya metana, penulis menemukan bahwa penyampaian informasi tersebut masih bersifat sangat teknis dan terbatas pada kalangan akademis atau praktis lingkungan. Di sinilah letak kebaruan dari perancangan yang penulis lakukan. Berbeda dengan

penelitian terdahulu yang berfokus pada analisis data dan dampak klinis, perancangan ini berfokus pada aspek komunikasi visual melalui media *board game* edukasi untuk menginformasikan.

