

Model Konseptual Value-Driven Procedural Content Generation (PCG) untuk Pengembangan *Game* Edukasi Karakter

Tamam Asrori^{1*}, Dzaky Isyuniandri², Mohammad Imron³

¹ Prodi Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Panca Marga

² Prodi PPKN, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Panca Marga

³ Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Panca Marga

¹tamam.asrori@upm.ac.id, ²dzakyisyuniandri@gmail.com, ³imron070904@gmail.com

*Penulis Korespondensi

(Tamam asrori, Universitas Panca Marga, tamam.asrori@upm.ac.id)

ABSTRAK

Transformasi digital dalam pendidikan mendorong perlunya media pembelajaran yang interaktif dan adaptif terhadap karakteristik generasi digital. *Game* edukasi (*edu-game*) menjadi salah satu media potensial dalam penanaman nilai karakter, namun pengembangannya masih menghadapi tantangan pada aspek rekayasa perangkat lunak, khususnya dalam menghasilkan konten yang dinamis dan bermakna. Sebagian besar *game* edukasi saat ini bersifat statis karena kontennya dibuat secara manual (*hard-coded*) dan tidak memperhatikan dimensi pedagogis secara mendalam. Artikel ini mengusulkan model konseptual baru bernama Value-Driven Procedural Content Generation (VD-PCG) sebagai kontribusi di bidang rekayasa perangkat lunak *game* edukasi. Model ini menempatkan nilai karakter (*values*) sebagai inti dari proses generatif, dengan arsitektur tiga lapis yang terdiri atas Value Layer, Mechanics Layer, dan Content Layer. Model VD-PCG mengintegrasikan beberapa fitur kunci, termasuk *value ontology* untuk representasi nilai, *template-based generation* untuk merumuskan struktur misi, serta *semantic mapping* yang memastikan keterkaitan antara nilai, mekanika permainan, dan konten yang dihasilkan. Pendekatan ini memungkinkan sistem secara otomatis menghasilkan konten *game* (misi, dialog, dan interaksi) yang selaras dengan nilai yang dituju, seperti kejujuran, kebersamaan, dan kemandirian. Penelitian ini bersifat konseptual dengan tiga tahapan metodologis: kajian literatur, analisis kesenjangan, dan sintesis model. Hasilnya adalah sebuah kerangka konseptual yang berpotensi menjadi dasar bagi pengembangan engine generatif berbasis nilai untuk educational serious games. Penelitian lanjutan akan difokuskan pada implementasi dan validasi empiris model melalui studi kasus *game* edukasi “Santri Cilik”.

Kata kunci: *Game* Edukasi, Procedural Content Generation, Pendidikan Karakter, Kecerdasan Buatan, Rekayasa Perangkat Lunak

ABSTRACT

The digital transformation in education demands learning media that are interactive, adaptive, and engaging for digital-native learners. Educational games (*edu-games*) have emerged as a promising medium for character education, yet their development still faces software engineering challenges, particularly in generating dynamic and pedagogically meaningful content. Most existing *edu-games* remain static because their content is manually crafted (*hard-coded*) and pedagogically shallow. This article proposes a novel conceptual model called Value-Driven Procedural Content Generation (VD-PCG) as a contribution to educational game software engineering. The model places character values at the core of the generative architecture, structured into three layers: the Value Layer, Mechanics Layer, and Content Layer. The VD-PCG model incorporates key features such as a value ontology for structured value representation, template-based generation for mission formulation, and semantic mapping to ensure alignment between targeted values, game mechanics, and generated content. This approach enables the system to autonomously generate in-game content—such as missions, dialogues, and interactions—that aligns with targeted moral values like honesty, cooperation, and independence. The study adopts a conceptual methodology consisting of three stages: literature review, gap analysis, and model synthesis. The resulting conceptual framework provides a foundation for developing a value-oriented generative engine for educational serious games. Future research will focus on implementing and empirically validating the VD-PCG model through a case study of the educational game “Santri Cilik.”

Keywords: Educational Game, Procedural Content Generation, Character Education, Artificial Intelligence, Software Engineering

1 PENDAHULUAN

Transformasi digital telah membawa perubahan mendasar dalam lanskap pendidikan modern. Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi tidak hanya mengubah cara guru mengajar, tetapi juga cara siswa belajar.

Siswa generasi saat ini, yang dikenal sebagai *digital natives*[1], tumbuh dalam lingkungan yang sarat dengan interaksi digital dan multimedia. Mereka cenderung memiliki preferensi terhadap media pembelajaran yang bersifat visual, interaktif, dan partisipatif. Kondisi ini menuntut inovasi dalam strategi pembelajaran, agar penyampaian materi tidak hanya informatif tetapi juga menarik secara emosional dan kognitif[2]. Di sisi lain, pemerintah Indonesia melalui berbagai kebijakan pendidikan menempatkan penguatan pendidikan karakter sebagai prioritas nasional. Namun, dalam praktiknya, penyampaian nilai-nilai karakter sering kali dilakukan melalui metode konvensional seperti ceramah atau pembacaan teks, yang cenderung bersifat satu arah dan kurang menarik bagi siswa generasi digital.

Salah satu pendekatan yang potensial untuk menjembatani kebutuhan tersebut adalah *game* edukasi (*edu-game*), yang menggabungkan unsur hiburan (*gameplay*) dengan tujuan pembelajaran (*learning objectives*). *Game* edukasi terbukti mampu meningkatkan motivasi belajar ([3], [4]), keterlibatan siswa ([5], [6]), serta retensi pengetahuan[7] melalui mekanisme *reward system*, *challenge*, dan *narrative engagement*. Meskipun demikian, pengembangan *game* edukasi bukan tanpa tantangan. Dari sisi rekayasa perangkat lunak, konten seperti misi, dialog, dan tantangan umumnya masih dirancang secara manual (*hard-coded*) oleh pengembang atau desainer *game*. Pendekatan ini memerlukan waktu, biaya, dan sumber daya manusia yang besar, serta menghasilkan sistem yang statis[8]. Ketika seluruh misi atau level telah diselesaikan, pemain kehilangan minat untuk bermain kembali karena tidak ada variasi konten yang baru. Dengan demikian, *replayability* menjadi salah satu kelemahan mendasar dalam sebagian besar *game* edukasi konvensional[9].

Dalam industri *game* komersial, masalah serupa telah lama diatasi dengan pendekatan *Procedural Content Generation* (PCG). PCG merupakan teknik algoritmik yang secara otomatis menghasilkan konten permainan—seperti level, peta, karakter, atau item—dengan memanfaatkan berbagai parameter dan aturan tertentu[10]. Melalui PCG, pengembang dapat menciptakan pengalaman bermain yang dinamis, adaptif, dan nyaris tak terbatas tanpa perlu membuat setiap elemen secara manual. Sejumlah penelitian ([11], [12], [13], [14]) menunjukkan bahwa PCG mampu meningkatkan *replayability* dan efisiensi produksi *game* secara signifikan. Oleh karena itu, PCG dapat dianggap sebagai paradigma penting dalam rekayasa perangkat lunak *game* modern yang berorientasi pada otomatisasi dan personalisasi pengalaman bermain.

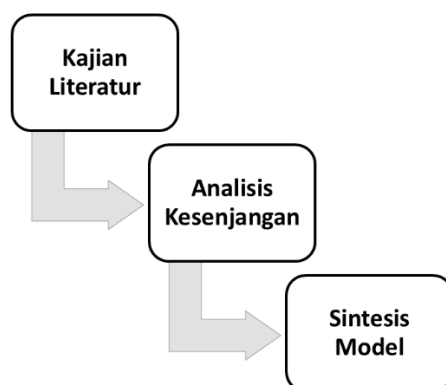
Di dalam konteks pendidikan karakter, kebutuhan terhadap PCG menjadi semakin penting bukan hanya karena alasan variasi konten, tetapi terutama untuk mendukung *personalization of moral experiences*, yaitu kemampuan sistem untuk menyesuaikan pengalaman belajar nilai berdasarkan perkembangan afektif setiap pemain. Nilai karakter seperti kejujuran, tanggung jawab, atau kemandirian membutuhkan penyajian situasi moral yang dinamis, berulang, dan kontekstual. Hal ini sulit dicapai melalui konten statis yang dibuat secara manual. Melalui PCG, skenario moral dapat dikonstruksi ulang secara berkelanjutan sehingga pemain dapat memperoleh *multiple moral encounters* yang mendukung pembentukan habituasi nilai—sebuah prinsip penting dalam taksonomi afektif. Dengan demikian, PCG tidak hanya menjadi solusi teknis untuk variasi konten, tetapi menjadi mekanisme pedagogis untuk memfasilitasi internalisasi nilai dalam konteks permainan.

Namun demikian, terdapat kesenjangan penelitian yang cukup besar dalam penerapan PCG di ranah *game* edukasi. Sebagian besar studi PCG berfokus pada optimasi aspek permainan (misal pada [12], [13], [14], [15]), seperti keseimbangan tingkat kesulitan, adaptasi gaya bermain, atau peningkatan kualitas estetika visual. Sangat sedikit penelitian yang membahas bagaimana PCG dapat diarahkan untuk menghasilkan konten yang memiliki muatan nilai edukatif dan karakter. Dengan kata lain, PCG yang ada saat ini bersifat *value-neutral*—ia mampu menghasilkan variasi konten yang luas, tetapi tidak memiliki kesadaran terhadap konteks pembelajaran atau tujuan moral yang ingin dicapai. Padahal, dalam konteks pendidikan karakter, konten yang dihasilkan perlu memiliki arah nilai (*value-driven*) yang konsisten dengan tujuan pedagogis.

Menjawab permasalahan tersebut, artikel ini mengusulkan sebuah model konseptual baru yang disebut *Value-Driven Procedural Content Generation* (VD-PCG). Model ini bertujuan untuk memperluas paradigma PCG dari sekadar menghasilkan konten berbasis algoritma menjadi penghasil konten yang terarah secara nilai (*value-oriented*). Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip pendidikan karakter ke dalam mekanisme generatif, VD-PCG diharapkan dapat menghasilkan misi, tantangan, atau narasi yang mencerminkan nilai-nilai tertentu, seperti kerja sama, kejujuran, atau tanggung jawab. Secara akademik, model ini berkontribusi pada pengembangan rekayasa perangkat lunak berbasis nilai (*value-based software engineering*) serta memperkaya kajian kecerdasan buatan dalam konteks pendidikan (*AI in Education*). Secara praktis, pendekatan ini diharapkan mampu menciptakan *game* edukasi yang tidak hanya adaptif dan menarik, tetapi juga efektif dalam membentuk karakter peserta didik.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Artikel ini merupakan artikel konseptual (*conceptual paper*) yang berfokus pada pengembangan model teoretis baru dalam konteks rekayasa perangkat lunak *game* edukasi. Pendekatan penelitian konseptual dipilih karena tujuan utama studi ini bukan untuk menguji hipotesis secara empiris, melainkan untuk membangun kerangka konseptual baru yang berpotensi menjadi dasar bagi penelitian empiris di masa mendatang. Model yang diusulkan dirumuskan melalui tiga tahapan metodologis, yaitu: (1) kajian literatur, (2) analisis kesenjangan (*gap analysis*), dan (3) sintesis model (*model synthesis*).



Gambar 1. Tahapan Metode Penelitian

Gambar 1 menggambarkan tiga tahapan utama pengembangan model: (1) Kajian Literatur, yang mencakup identifikasi teknik PCG, teori game edukasi, dan taksonomi ranah afektif; (2) Analisis Kesenjangan, yaitu proses komparasi antara kebutuhan pembelajaran karakter dengan kemampuan PCG konvensional, menggunakan kriteria value representation, semantic mapping, dan goal alignment; serta (3) Sintesis Model, yaitu perumusan arsitektur VD-PCG melalui integrasi ontologi nilai, aturan generatif berbasis template, dan jalur transformasi nilai-ke-konten. Ketiga tahapan ini bersifat iteratif, di mana hasil analisis dapat mempengaruhi revisi pada struktur nilai maupun mekanisme generatif.

2.1. Kajian Literatur (Literature Review)

Tahap pertama bertujuan untuk mengidentifikasi konsep, teori, dan pendekatan yang relevan dari tiga domain utama, yaitu (a) teknik *Procedural Content Generation* (PCG) dalam rekayasa perangkat lunak *game*, (b) desain *game* edukasi dan *serious games*, serta (c) teori pendidikan karakter dan taksonomi pembelajaran afektif.

Pada domain pertama, kajian diarahkan pada pemetaan teknik-teknik PCG yang umum digunakan, seperti *grammar-based PCG*, *template-based generation*, *search-based PCG*, dan *machine-learning-assisted PCG*. Kajian ini membantu mengidentifikasi potensi serta keterbatasan tiap pendekatan dalam menghasilkan konten yang adaptif dan bermakna secara kontekstual.

Domain kedua menelaah prinsip-prinsip desain *game* edukasi dan *serious games*, termasuk integrasi tujuan pembelajaran dalam mekanika permainan (*game mechanics*), serta peran narrative engagement dalam membangun motivasi belajar.

Sementara itu, domain ketiga memfokuskan pada teori pendidikan karakter dan taksonomi ranah afektif untuk memahami bagaimana nilai-nilai moral dapat dimodelkan dalam konteks pembelajaran digital. Hasil dari tahap ini menjadi landasan konseptual bagi perumusan model PCG yang berorientasi nilai.

Tabel 1. Literature Mapping Tiga Domain Penelitian

No	Domain	Fokus Literatur	Contoh Rujukan	Relevansi ke VD-PCG
1.	Procedural Content Generation (PCG)	Teknik generasi otomatis: grammar-based, search-based, ML-based	[10], [12], [13], [15]	Dasar untuk mekanisme generatif model VD-PCG
2.	Game Edukasi / Serious Game	Desain tujuan pembelajaran, narrative engagement, mekanika edukatif	[3], [4], [5], [6], [16], [17]	Menentukan bagaimana konten bernilai disampaikan secara interaktif
3.	Pendidikan Karakter & Ranah Afektif	Value formation, habituation, affective taxonomy	[18], [19]	Dasar konseptual Value Layer & semantic value encoding

2.2. Analisis Kesenjangan (Gap Analysis)

Tahap kedua berfungsi untuk mengidentifikasi keterbatasan konseptual dan teknis dari model-model PCG yang ada dalam konteks penerapannya pada *game* edukasi karakter. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan temuan dari literatur PCG (yang umumnya fokus pada aspek *gameplay* dan estetika) dengan kebutuhan khusus dari ranah *game* edukasi berbasis karakter yang menuntut adanya arah nilai (*value orientation*).

Analisis kesenjangan dilakukan berdasarkan tiga kriteria utama:

1. *Value Representation*

Mayoritas sistem PCG tidak memiliki mekanisme representasi nilai moral dalam bentuk struktur formal (ontologi nilai, *semantic keywords*).

2. *Semantic Mapping*

Tidak ada pemetaan eksplisit antara nilai karakter → aksi permainan → objek permainan. Ini menyebabkan konten yang dihasilkan tidak bermakna secara pedagogis.

3. *Goal Alignment*

Sebagian besar penelitian PCG berfokus pada optimasi gameplay tetapi tidak disejajarkan dengan *learning goals* atau *character goals*.

Dengan kriteria ini, celah penelitian terlihat jelas: belum ada model PCG yang mengintegrasikan value semantics sebagai bagian dari mekanisme generatif.

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar pendekatan PCG saat ini bersifat *value-neutral*, yaitu tidak mempertimbangkan dimensi moral, sosial, atau afektif dari konten yang dihasilkan. Sebagai contoh, *search-based PCG* banyak digunakan untuk menyeimbangkan tingkat kesulitan atau menyesuaikan peta permainan secara dinamis [11], namun tidak dirancang untuk menanamkan nilai-nilai seperti tanggung jawab atau kerja sama.

Kesenjangan ini juga diperkuat oleh minimnya literatur yang mengaitkan PCG dengan teori pendidikan afektif atau *value-based learning*. Dengan demikian, tahap analisis kesenjangan ini menjadi dasar yang kuat untuk mengusulkan model konseptual baru yang mampu mengintegrasikan nilai-nilai pendidikan ke dalam mekanisme generatif PCG.

2.3. Sintesis Model (Model Synthesis)

Tahap terakhir adalah sintesis model konseptual yang disebut *Value-Driven Procedural Content Generation (VD-PCG)*. Sintesis ini dilakukan dengan menggabungkan hasil kajian literatur dan temuan analisis kesenjangan menjadi suatu arsitektur konseptual yang menggambarkan integrasi antara *game generation system* dengan *value encoding mechanism*.

VD-PCG dirancang agar nilai-nilai karakter tidak hanya menjadi elemen eksternal (misalnya narasi atau pesan moral), tetapi diintegrasikan secara struktural ke dalam parameter generatif PCG. Misalnya, sistem dapat menghasilkan misi atau tantangan yang mencerminkan nilai kerja sama melalui mekanika permainan berbasis kolaborasi, atau menanamkan nilai kejujuran melalui mekanisme *choice-based narrative* yang memberikan konsekuensi moral terhadap setiap keputusan pemain.

Secara metodologis, tahap sintesis ini menghasilkan model konseptual yang dapat menjadi dasar bagi pengembangan prototipe teknis maupun penelitian lanjutan yang mengevaluasi efektivitas VD-PCG dalam konteks pembelajaran karakter. Dengan demikian, model yang dihasilkan tidak hanya memiliki kontribusi teoretis bagi pengembangan rekayasa perangkat lunak berbasis nilai, tetapi juga memberikan arah praktis bagi inovasi *AI-assisted educational game design*.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berbeda dengan model *Procedural Content Generation (PCG)* konvensional yang umumnya berorientasi pada gameplay experience, model *Value-Driven Procedural Content Generation (VD-PCG)* yang diusulkan dalam penelitian ini menempatkan nilai (*values*) sebagai inti dari proses generatif. Dengan demikian, sistem tidak hanya menghasilkan konten yang bervariasi dan adaptif, tetapi juga konten yang memiliki makna pedagogis dan selaras dengan tujuan pembelajaran karakter. Model ini menggeser paradigma PCG dari sekadar otomasi konten menuju otomasi berbasis nilai (*value-oriented automation*) dalam desain *game* edukasi.

3.1 Prinsip Dasar Model

Prinsip utama dari model VD-PCG dapat dirumuskan dalam kerangka hubungan kausal:

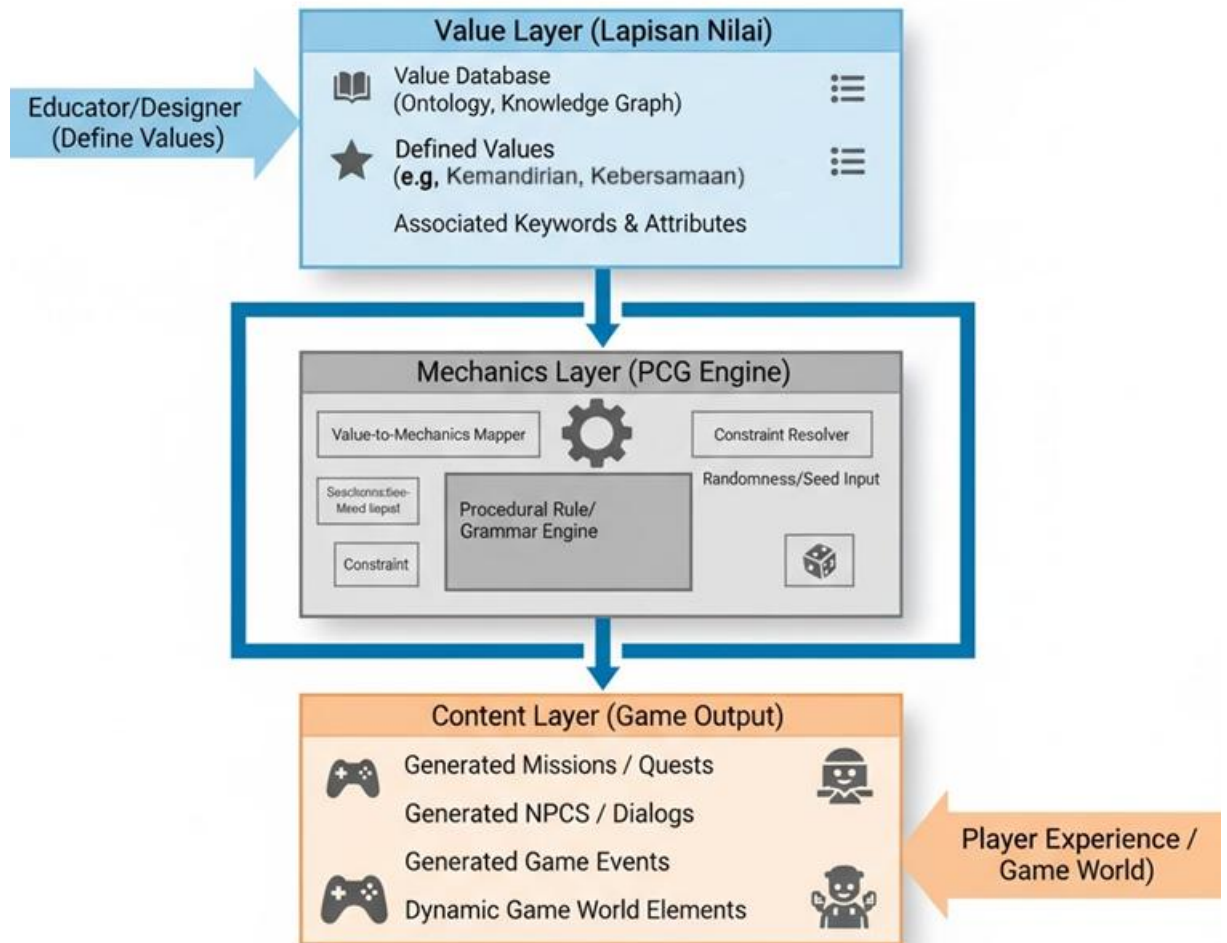
Nilai (Values) → Mekanika (Mechanics) → Konten (Content).

Artinya, nilai yang ingin diajarkan menjadi elemen pengendali utama yang memandu mekanisme permainan, dan pada gilirannya menghasilkan konten yang relevan dengan nilai tersebut. Dengan prinsip ini, sistem VD-PCG tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk membuat variasi misi secara acak, tetapi sebagai sistem cerdas yang dapat mengontekstualisasikan nilai ke dalam pengalaman bermain.

Sebagai contoh, jika pengembang menetapkan nilai target kejujuran, sistem tidak memerlukan skrip misi spesifik seperti “Bersikap jujur pada teman”. Sebaliknya, VD-PCG akan secara otomatis membentuk misi-misi yang mengekspresikan nilai kejujuran melalui tindakan, pilihan, dan konsekuensi dalam permainan. Hal ini memberikan fleksibilitas tinggi, meningkatkan *replayability*, sekaligus memastikan bahwa setiap misi tetap relevan terhadap tujuan karakter yang ingin ditanamkan. Dengan demikian, sistem ini mendukung prinsip *meaningful play* di mana setiap interaksi pemain mengandung makna moral yang dapat diinternalisasi.

3.2 Arsitektur Model VD-PCG

Model VD-PCG dirancang dalam bentuk arsitektur tiga lapis (*three-layer architecture*) yang mengintegrasikan aspek nilai, mekanika, dan konten. Setiap lapisan memiliki fungsi spesifik yang saling berinteraksi untuk membentuk proses generatif yang terarah secara nilai. Gambar 2 menggambarkan alur konseptual dari interaksi antar-lapis tersebut.



Gambar 2. Arsitektur Value Driven – Procedural Content Generation (VD-PCG)

Lapis 1: Value Layer (Lapis Nilai)

Lapis ini berfungsi sebagai basis pengetahuan pedagogis (*pedagogical knowledge base*) yang menyimpan definisi operasional dari nilai-nilai karakter yang akan diajarkan. Setiap nilai direpresentasikan melalui kumpulan semantic keywords yang meliputi kata kunci aksi (*action keywords*) dan kata kunci objek (*object keywords*).

Sebagai contoh:

- Nilai Kemandirian:
Aksi → [Mencuci], [Membersihkan], [Menyiapkan]
Objek → [Baju Sendiri], [Kamar Tidur], [Peralatan Sekolah]
- Nilai Kebersamaan:
Aksi → [Membantu], [Berbagi], [Bekerja Bakti]
Objek → [Teman], [Makanan], [Lingkungan Asrama]

Struktur representasi ini memungkinkan sistem memahami relasi semantik antara nilai dan tindakan konkret dalam konteks permainan. Dengan pendekatan semacam ini, *Value Layer* dapat diibaratkan sebagai ontologi nilai, yang menghubungkan domain moral dengan perilaku *game* yang terukur.

Lapis 2: Mechanics Layer (Lapis Mekanika)

Lapisan ini merupakan mesin generatif (*generation engine*) yang bertanggung jawab untuk memproses data dari *Value Layer* menjadi bentuk misi, dialog, atau tantangan dalam *game*. *Mechanics Layer* memanfaatkan pendekatan berbasis *template grammar* atau *rule-based generation*, di mana sistem menggunakan struktur tata bahasa formal untuk menyusun elemen permainan.

Sebagai ilustrasi, aturan dasar generasi misi dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\text{MISI} = [\text{Template_Aksi}] + [\text{Template_Objek}] + [\text{Template_Lokasi}]$$

Ketika nilai target adalah Kemandirian, sistem akan memanggil data dari *Value Layer* untuk mendapatkan pasangan aksi-objek seperti (Mencuci, Baju Sendiri). Kemudian, sistem memilih lokasi acak, misalnya (Kamar Mandi), dan menghasilkan misi:

“Cucilah Baju Sendiri di Kamar Mandi.”

Dengan memvariasikan kombinasi aksi, objek, dan lokasi, *Mechanics Layer* mampu menghasilkan ratusan bahkan ribuan misi yang berbeda namun tetap berakar pada nilai moral yang sama. Pendekatan ini menciptakan keseimbangan antara struktur generatif yang sistematis dan fleksibilitas kreatif, dua aspek yang menjadi ciri utama desain berbasis PCG[10].

Lapis 3: Content Layer (Lapis Konten)

Lapis terakhir adalah bagian yang berinteraksi langsung dengan pemain. *Content Layer* menerjemahkan keluaran dari *Mechanics Layer* menjadi bentuk konkret dalam permainan, seperti teks misi, perilaku *Non-Playable Character (NPC)*, narasi interaktif, dan *trigger* perilaku.

Hasil akhir dari lapisan ini bukan hanya konten yang bersifat dinamis, tetapi juga konten yang secara inheren merepresentasikan nilai karakter. Contoh hasil generasi antara lain:

“Misi: Mandiri Yuk! – Cucilah Baju Sendiri di Kamar Mandi.”

“Misi: Mandiri Yuk! – Bersihkan Kamar Tidurmu agar rapi.”

“Misi: Mandiri Yuk! – Siapkan Peralatan Sekolahmu untuk besok.”

Dengan kombinasi antar-lapis yang konsisten, VD-PCG memastikan bahwa setiap output *game* memiliki keterkaitan langsung antara mekanika permainan dan nilai karakter, sehingga mendukung proses pembelajaran afektif yang terinternalisasi melalui pengalaman bermain.

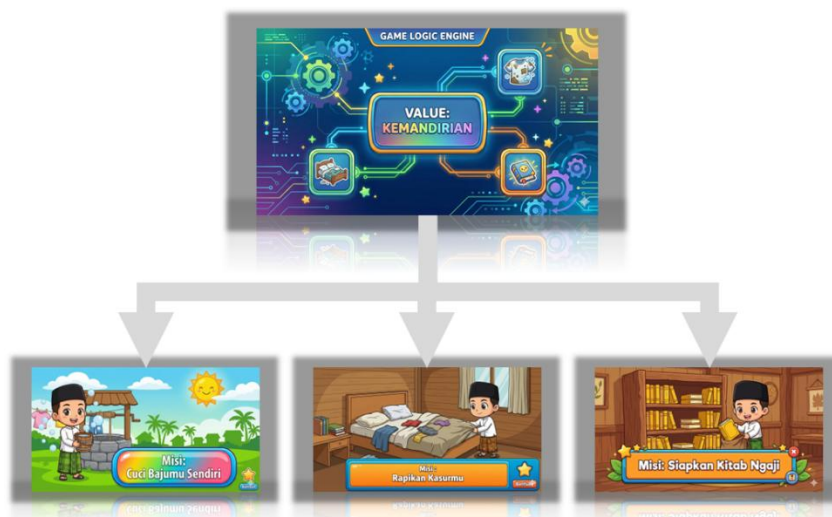
3.3 Studi Kasus Teoritis: Aplikasi pada Game “Santri Cilik”

Untuk mendemonstrasikan penerapan model ini secara konseptual, digunakan studi kasus hipotetis pada *game* edukasi berjudul “Santri Cilik”, yang berfokus pada pembentukan karakter santri melalui aktivitas kehidupan pesantren. Dalam skenario ini, pendidik atau desainer tidak perlu menulis misi secara manual. Mereka cukup menentukan nilai target yang ingin ditekankan, misalnya Kebersamaan.

Sistem VD-PCG kemudian akan:

1. Mengambil kata kunci dari *Value Layer* untuk nilai Kebersamaan seperti [Membantu], [Teman], dan [Piket].
2. *Mechanics Layer* memproses kata kunci tersebut menjadi misi, misalnya:
“Misi: Barengan Yuk! – Temanmu, Ahmad, kesulitan piket. Bantu dia membersihkan Asrama.”
3. Pada kesempatan lain, sistem dapat menghasilkan variasi baru seperti:
“Misi: Barengan Yuk! – Berbagilah makananmu dengan teman di sebelahmu.”

Dengan cara ini, sistem dapat menghasilkan misi-misi yang beragam namun konsisten secara nilai, menciptakan pengalaman belajar yang dinamis, personal, dan terus dapat diperbarui. Selain meningkatkan *replayability*, pendekatan ini juga memperkuat keterkaitan antara pengalaman bermain dan tujuan pembelajaran karakter, menjadikan VD-PCG sebagai pendekatan potensial untuk *game* edukasi berbasis nilai adaptif.



Gambar 3. Visualisasi Skenario Value-Driven PCG pada Game 'Santri Cilik'

Gambar 3 diatas mengilustrasikan mekanisme operasional Value-Driven PCG dalam menghasilkan konten yang bervariasi namun konsisten secara pedagogis pada studi kasus game 'Santri Cilik'. Alur dimulai engine menerima parameter nilai 'Kemandirian' sebagai input atau constraint utama. Berdasarkan input tunggal tersebut, algoritma prosedural kemudian menjabarkannya menjadi berbagai skenario misi konkret yang berbeda konteks visual dan mekanikanya, seperti aktivitas kebersihan diri, ketertiban ruang asrama, dan persiapan belajar. Visualisasi ini menegaskan keunggulan model VD-PCG dalam mengatasi masalah konten statis dengan menciptakan variasi misi dinamis (*replayability*) tanpa mengorbankan esensi penanaman nilai karakter yang dituju.

3.4 Implikasi Teoretis dan Praktis

Secara teoretis, model VD-PCG memperluas paradigma PCG menjadi *generative learning system* yang berlandaskan prinsip pendidikan karakter. Hal ini sejalan dengan arah penelitian terkini dalam *AI in Education* (AIED) dan *Value-Sensitive Design* (VSD), yang menekankan pentingnya integrasi nilai ke dalam sistem berbasis kecerdasan buatan [18].

Secara praktis, penerapan VD-PCG memungkinkan pendidik dan pengembang *game* untuk mengotomasi produksi konten edukatif tanpa kehilangan arah nilai. Model ini juga dapat digunakan sebagai fondasi dalam sistem pembelajaran adaptif, di mana misi dan tantangan disesuaikan dengan nilai karakter yang sedang difokuskan di kelas atau modul pembelajaran tertentu.

4 KESIMPULAN

Artikel ini telah mengusulkan suatu model konseptual baru, yaitu *Value-Driven Procedural Content Generation* (VD-PCG), sebagai kontribusi inovatif dalam bidang rekayasa perangkat lunak dan pengembangan *game* edukasi berbasis nilai. Model ini secara fundamental mengubah paradigma desain konten dalam Procedural Content Generation (PCG) dari pendekatan yang berorientasi pada konten (*content-first*) menuju pendekatan yang berorientasi pada nilai (*value-first*).

Melalui arsitektur tiga lapis—*Value Layer*, *Mechanics Layer*, dan *Content Layer*—VD-PCG menawarkan mekanisme sistematis untuk memastikan bahwa setiap elemen konten yang dihasilkan tidak hanya bervariasi secara procedural, tetapi juga berakar pada nilai pedagogis yang eksplisit dan terukur. Dengan demikian, model ini menjawab dua tantangan utama dalam pengembangan *game* edukasi saat ini, yaitu (1) keterbatasan variasi konten yang sering membuat pemain cepat kehilangan minat, dan (2) minimnya kedalaman pedagogis, di mana nilai-nilai karakter sering kali hanya hadir secara simbolik dan tidak tertanam dalam mekanika permainan.

Kontribusi ilmiah utama dari model VD-PCG terletak pada kemampuannya untuk menyatukan domain *moral education* dengan sistem generatif berbasis AI, menciptakan fondasi konseptual baru yang memungkinkan terjadinya *value-oriented procedural design*. Pendekatan ini dapat dikategorikan sebagai langkah awal menuju generasi baru dari *Educational Procedural Generation System*, yaitu sistem yang mampu menghasilkan pengalaman belajar yang adaptif, kontekstual, dan bermakna secara moral.

Selain itu, model ini memberikan peluang bagi pengembang *game* edukasi untuk memanfaatkan *intelligence-driven authoring tools*, sehingga proses pembuatan misi atau level dalam *game* dapat dilakukan secara semi-otomatis berdasarkan nilai yang ditentukan oleh pendidik. Dengan cara ini, model VD-PCG tidak hanya memperkaya aspek teknis dari PCG, tetapi juga memperluas fungsinya sebagai instrumen pendidikan karakter digital.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, model VD-PCG yang diusulkan masih berada pada tahap konseptual sehingga efektivitasnya dalam konteks implementasi nyata belum dapat diverifikasi secara empiris. Kedua, representasi nilai dalam Value Layer masih berbasis pasangan kata kunci aksi–objek sederhana, sehingga belum mampu menangkap kompleksitas nilai moral yang lebih abstrak. Ketiga, pendekatan ini belum mempertimbangkan dinamika perilaku pemain secara real-time, misalnya adaptasi misi berdasarkan riwayat keputusan moral pemain. Keterbatasan ini menjadi dasar untuk penelitian lanjutan yang berfokus pada validasi empiris dan pengayaan model.

Saran

Penelitian selanjutnya perlu memfokuskan upaya pada pengembangan prototipe teknis VD-PCG guna mengevaluasi stabilitas mekanisme generatif dan konsistensi pemetaan nilai-ke-konten dalam konteks permainan nyata. Implementasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai keandalan model dalam mengatasi kebutuhan adaptivitas dan kebermaknaan pedagogis.

Selain itu, perlu dilakukan eksplorasi pendekatan komputasional lanjutan, seperti integrasi pembelajaran mesin untuk mempelajari pola keputusan moral pemain, mekanisme resolusi konflik nilai, serta strategi optimasi untuk mengatasi tantangan scaling pada ontologi nilai. Pendekatan ini akan memperkuat kemampuan model dalam menghasilkan konten edukatif yang lebih adaptif dan kontekstual.

Pada akhirnya, evaluasi empiris berbasis eksperimen dengan melibatkan peserta didik sangat diperlukan untuk mengukur dampak VD-PCG terhadap internalisasi nilai karakter. Dengan demikian, penelitian lanjutan dapat memberikan kontribusi empiris yang melengkapi fondasi konseptual model ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. N. O. Sadiku, A. E. Shadare, and S. M. Musa, “Digital Natives,” *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, vol. 7, no. 7, p. 125, Jul. 2017, doi: 10.23956/ijarsse.v7i7.111.
- [2] N. Eni, A. Safitri, Suandi, and S. Salmia, “Inovasi Pembelajaran Digital Dalam Menghadapi Tantangan Pendidikan di Abad 21,” *JURNAL SARAWETA*, vol. 2, no. 2, pp. 120–131, 2024.
- [3] S. R. E. Agustina, Z. A. Saputri, H. Farisia, R. Mualawiyah, and A. Jafaar, “Analisis Dampak Pemanfaatan Permainan Edukasi Wordwall Terhadap Motivasi Belajar Matematika Peserta Didik Kelas III Madrasah Ibtidaiyah,” *Diniyah: Jurnal Pendidikan Dasar*, vol. 6, no. 1, p. 37, Apr. 2025, doi: 10.31332/dy.v6i1.10051.
- [4] M. I. Abdillah, W. Luqna Hunaida, and A. Muqit, “Implementasi Game Edukasi Untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa Dalam Pembelajaran PAI Di Era Digital,” *Al-Mau'izhoh*, vol. 6, no. 2, pp. 1099–1107, Dec. 2024, doi: 10.31949/am.v6i2.12294.
- [5] A. Z. Purba, F. H. Nasution, K. M. Parapat, M. Jannah, and N. Ulkhaira, “Gamifikasi Dalam Pendidikan: Meningkatkan Motivasi dan Keterlibatan Siswa,” *Maximal Journal: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya Dan Pendidikan*, vol. 1, no. 5, pp. 299–305, 2024.
- [6] E. R. Ananda, W. H. Irawan, and A. Abdussakir, “Strategi Meningkatkan Partisipasi Siswa dalam Pembelajaran Berhitung Matematika Melalui Penggunaan Game Edukasi Kartu Pintar,” *Al Madrasah Jurnal Pendidikan Madrasah Ibtidaiya*, vol. 8, no. 3, p. 1238, Jul. 2024, doi: 10.35931/am.v8i3.3634.
- [7] M. K. Ali, A. Hasanah, A. M. Ali, F. F. Ali, N. M. Sari, and N. Fadilah, “Inovasi Media Promosi Perbankan Syariah Berbasis Game Edukasi Untuk Siswa Sekolah Menengah Atas Menggunakan Scratch,” *Business and Investment Review*, vol. 2, no. 6, Nov. 2024, doi: 10.61292/birev.131.
- [8] M. H. Atthariq, D. Eridani, and A. Fauzi, “Implementasi Procedural Content Generation Pada Game Menggunakan Unity,” *Jurnal Teknik Komputer*, vol. 1, no. 2, pp. 62–72, 2022.
- [9] T. M. Siswoko, H. Haryanto, K. Hastuti, and R. Kadiasti, “Non-Playable Character (NPC) based on Behaviour Tree for Enhanced Immersive Experience in the Serious Game ‘Warik’s Adventure,’” *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 7, no. 2, pp. 284–290, Dec. 2023, doi: 10.30871/jaic.v7i2.6753.
- [10] G. N. Yannakakis and J. Togelius, “Procedural Content Generation,” in *Artificial Intelligence and Games*, Cham: Springer Nature Switzerland, 2025, pp. 235–251. doi: 10.1007/978-3-031-83347-2_7.
- [11] J. Togelius, G. N. Yannakakis, K. O. Stanley, and C. Browne, “Search-Based Procedural Content Generation: A Taxonomy and Survey,” *IEEE Trans Comput Intell AI Games*, vol. 3, no. 3, pp. 172–186, Sep. 2011, doi: 10.1109/TCIAIG.2011.2148116.
- [12] Eka Wahyu Hidayat, Euis Nur Fitriani Dewi, and Insan Saleh Ramadhan, “APPLICATION OF PROCEDURAL CONTENT GENERATION SYSTEM IN FORMING DUNGEON LEVEL IN DUNGEON DIVER GAME,” *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, vol. 5, no. 3, pp. 873–881, Jun. 2024, doi: 10.52436/1.jutif.2024.5.3.1465.
- [13] A. P. Purmijaji, E. M. A. Jonemaro, and M. A. Akbar, “Penerapan Procedural Content Generation untuk Perancangan Karakter pada 2D Endless Runner Game menggunakan Metode Genetic Algorithm,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 10, pp. 9876–9882, 2020.

- [14] M. G. Izza and D. Febria Wardhani, “Perkembangan Kecerdasan Buatan Dalam Industri Video Game,” *Jurnal Sintaks Logika*, vol. 5, no. 2, pp. 159–169, May 2025, doi: 10.31850/jsilog.v5i2.3773.
- [15] N. A. Ranggianto, A. P. Segara, D. Wijonarko, A. Andrianto, and M. H. Arief, “Procedural Content Generation pada Level Gim Sokoban Menggunakan Model Hybrid GPT2 dan Algoritma Genetika,” *remik*, vol. 9, no. 3, pp. 963–974, Aug. 2025, doi: 10.33395/remik.v9i3.15188.
- [16] J. P. Gee, “What video games have to teach us about learning and literacy,” *Computers in Entertainment*, vol. 1, no. 1, pp. 20–20, Oct. 2003, doi: 10.1145/950566.950595.
- [17] L. A. Annetta, “The ‘I’s’ Have It: A Framework for Serious Educational Game Design,” *Review of General Psychology*, vol. 14, no. 2, pp. 105–113, Jun. 2010, doi: 10.1037/a0018985.
- [18] D. R. Krathwohl, B. S. Bloom, and B. B. Masia, “Taxonomy of educational objectives,” *The Clusssirufion of &dtcurio/wd Guuls*, 1964.
- [19] B. Friedman, D. G. Hendry, and A. Borning, “A Survey of Value Sensitive Design Methods,” *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, vol. 11, no. 2, pp. 63–125, 2017, doi: 10.1561/11000000015.