

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Video Game

Video game atau gim pada dasarnya dapat didefinisikan sebagai sebuah perangkat lunak yang menyajikan hiburan, dimana pemain secara langsung berpartisipasi dalam aktifitas permainan tersebut (Ramadan and Widyani, 2013). Gim yang dimaksud dalam artian ini dimainkan pada perangkat keras digital dengan berbagai macam *platform*, seperti perangkat konsol, komputer personal, hingga perangkat ponsel pintar.

Gim sendiri terbagi ke dalam perspektif 2D dan 3D, dimana keduanya memiliki kelebihan, kekurangan, serta target pasarnya masing-masing. Perbedaan dari keduanya khususnya dari segi desain adalah imersi, lingkungan, kontrol, serta pergerakan karakter (Kay, 2018; Eden, 2019).

Beberapa jenis genre gim yang ada diantaranya yaitu: *Action Games*, *Action Adventure Games*, *Puzzle Games*, *Strategy Games*, *Simulation Games*, *Role-playing games*, *Sports Games*, *Adventure Games*, serta *Idle Games* (Alfatha, 2021).

2.1.1.1 Side Scroller

Side scroller merupakan salah satu jenis genre gim, dimana sudut kamera yang digunakan diambil dari perspektif tampak samping. *Side scroller* umumnya dibuat dalam format 2D dengan karakter permainan yang bergerak menyamping. Beberapa *Side scroller* mengharuskan pemain untuk bergerak dalam satu arah terus menerus (biasanya dari kiri ke kanan). Namun, banyak pula *Side scroller*

yang memungkinkan eksplorasi serta pergerakan bebas ke atas, bawah, kiri dan kanan.

Format *side-scroller* paling sering diterapkan dalam genre gim *platformer*, seperti gim aksi dengan karakter yang berlari, memanjat, dan melompat melalui serangkaian *level* lanjutan yang berurutan. Salah satu contoh paling murni dari *side scroller* adalah *Contra* (1988) pada platform *Nintendo Entertainment System* (NES), dimana pemain mengendalikan karakter yang selalu menembak di setiap *level* dengan bergerak dari kiri ke kanan, tanpa memungkinkan untuk mundur (*backtracking*).

Gim *side scroller* juga populer di genre *beat 'em up* dan *shooting*. Selama tahun '80-an hingga '90-an, ada banyak permainan *side scroller* yang populer, seperti *Super Mario*, *Sonic the Hedgehog*, *Metroid*, *Shinobi*, *Golden Axe*, *Streets of Rage*, *Double Dragon*, serta *Megaman* (Techopedia, 2022)

2.1.2 Procedural Content Generation

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Togelius et al., 2011), *Procedural Content Generation* dalam gim mengacu pada pembuatan konten gim secara otomatis menggunakan algoritma. Beberapa contoh terkenal adalah pembuatan *dungeon* di *Rogue* (AI Design 1980) (dan penerusnya seperti *Diablo* (Blizzard 1996), pembuatan peta di *Civilization* (MicroProse 1991), pembuatan senjata di *Borderlands* (Gearbox 2009) dan pembangkitan vegetasi oleh Perangkat lunak *SpeedTree* (Interactive Data Visualization 2003), termasuk dalam banyak gim modern.

PCG dalam gim mengacu pada pembuatan konten gim secara otomatis menggunakan algoritme. Definisi tersebut menjadi terlalu luas, karena mencakup hal-hal yang tidak dianggap PCG, khususnya konten yang dibuat langsung oleh pemain dalam editor atau sebagai bagian dari *gameplay*, tetapi dibantu oleh algoritme. Pada saat yang sama, definisinya bisa terlalu sempit: kata “otomatis” dapat menunjukkan bahwa masukan desainer atau pemain tidak dapat dipertimbangkan oleh algoritme PCG, yang mengecualikan pendekatan adaptif dan inisiatif campuran untuk PCG. Beberapa masukan dari desainer atau pemain biasanya diperlukan untuk pembuatan konten, bahkan jika sangat sederhana seperti mengklik tombol "mulai".

Oleh karena itu, (Togelius et al., 2011) secara tentatif mendefinisikan kembali PCG sebagai pembuatan algoritme konten gim dimana masukan atau *input* dari pengguna itu terbatas atau tidak langsung. Definisi ini tidak mengandung kata "acak" dan "adaptif", karena metode PCG dapat berupa keduanya, atau tidak sama sekali.

2.1.3 Procedurally Generated Level

Berdasarkan banyak penelitian yang dijadikan referensi, seperti penelitian (Putri, Jonemaro and Akbar, 2019; Risi and Togelius, 2020; Liu et al., 2021), *procedurally generated level* dapat diartikan sebagai bagian dari *procedural content generation*, dimana *level* serta konten yang ada dibuat atau digenerasi, dihasilkan melalui logika/algoritma tertentu, bukan melalui tangan manusia secara manual.

2.1.4 Cellular Automata

Cellular Automata (CA) adalah sebuah *array* dengan automata yang identik atau disebut juga sel yang saling berinteraksi satu dengan lainnya. *Array* tersebut dapat membentuk susunan sel 1, 2 maupun 3 dimensi. Susunan sel tersebut juga dapat membentuk *grid* segi empat sederhana maupun susunan lain, seperti sarang lebah yang terdiri dari bagian-bagian berbentuk segi enam (Sulistyanto and Pulungan, 2014).

Komponen utama dalam CA terdiri dari:

1. Geometri, mencakup bentuk sel dan konfigurasi geometris CA, seperti CA beroperasi dalam satu dimensi, dua dimensi, atau tiga dimensi, serta bentuk geometri dari masing-masing sel penyusunnya.
2. *State set*, adalah himpunan keadaan yang dapat dimiliki oleh setiap sel automaton seluler. Status ini dapat berupa angka atau ciri tertentu.
3. *Neighbourhood* atau ketetanggaan, adalah kumpulan sel yang dapat mempengaruhi status sel dalam CA. Umumnya, lingkungan sel hanya mencakup sel-sel di sekitarnya. Berdasarkan strukturnya, berbagai jenis *neighbourhood* umumnya diketahui, termasuk geometri dua dimensi. yaitu Aturan *Von Neumann Neighbourhood*, Aturan *Moore Neighbourhood*, dan Aturan *Margolas Neighbourhood*.
4. Fungsi transisi, adalah aturan yang menentukan bagaimana keadaan suatu sel berubah berdasarkan keadaan sel saat ini dan keadaan sel tetangganya.
5. Status awal sel, adalah keadaan setiap sel ketika sistem mulai beroperasi.

Berdasarkan penelitian oleh (Johnson, Yannakakis and Togelius, 2010), *Cellular automata* telah digunakan secara luas dalam permainan untuk pemodelan sistem lingkungan seperti panas dan aliran balik, hujan dan aliran, tekanan dan ledakan, serta dalam kombinasi dengan peta untuk pengambilan keputusan agen. Selain itu, disebutkan juga bahwa *Cellular Automata* bisa digunakan untuk erosi termal dan hidrolik dalam pembuatan medan prosedural.

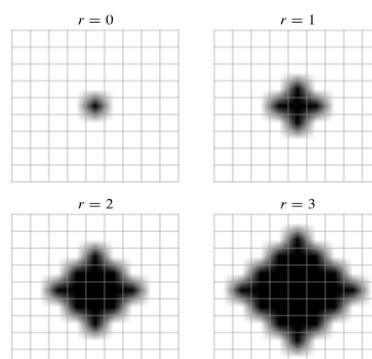
2.1.5 Von Neumann Neighbourhood

Von Neumann Neighbourhood merupakan sebuah ketetanggaan berbentuk berlian digunakan untuk menentukan sekelompok sel yang mengelilingi sel tertentu (x_0, y_0) dan dapat memengaruhi evolusi *cellular automata* dua dimensi pada kisi persegi (Weisstein, 2023). *Von Neumann Neighbourhood* dengan jangkauan r didefinisikan oleh Gambar 2.1 berikut:

$$N_{(x_0, y_0)}^r = \{(x, y) : |x - x_0| + |y - y_0| \leq r\}.$$

Gambar 2.1 Definisi aturan *von neumann neighborhood*.

Jumlah sel dalam tetangga von Neumann untuk rentang r adalah angka persegi berpusat $2r(r+1)+1$, beberapa di antaranya adalah 1, 5, 13, 25, 41, 61, dan seterusnya. *Von Neumann Neighbourhood* untuk rentang $r=0, 1, 2,$ dan 3 diilustrasikan pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Rentang ilustrasi *Von Neumann Neighbourhood*.

2.1.6 Dungeon Level

Dungeon Level Atau *level* ruang bawah tanah (rubanah) pada gim, bisa diartikan sebagai sebuah *level* yang menyerupai labirin, dimana pemainnya bisa menjelajahi ruangan yang ada, mengumpulkan harta karun, maupun membunuh monster yang ada di dalamnya (Shakesr et al., 2016). Inspirasi desain *Dungeon Level* kemungkinan besar berasal dari permainan papan *Dungeons & Dragons*, yang telah menjadi sumber inspirasi banyak gim *RPG* terkenal seperti *The Legend of Zelda*, *Final Fantasy*, hingga *The Elder Scrolls*.

2.2 Penelitian Terkait

Penelitian terkait yang dilakukan sebelumnya menunjukkan keterkaitan dengan *procedural level* yang difokuskan pada penelitian ini. Referensi penelitian terkait mayoritas berfokus pada solusi pendekatan Machine learning (deep learning) maupun pendekatan hybrid.

Penelitian ke-1 yang berjudul “Deep Learning for Procedural Content Generation” (Liu et al., 2021) Menjelaskan bahwa *procedural content generation* dalam dunia gim memiliki sejarah yang panjang dan beragam metode pendekatan telah diterapkan. Baru-baru ini, perkembangan dalam bidang *Deep Learning* telah mulai memberikan kontribusi pada penciptaan konten gim. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji berbagai metode *Deep Learning* yang digunakan dalam pembuatan konten gim, baik secara langsung maupun tidak langsung, serta mempertimbangkan metode yang jarang digunakan tetapi memiliki potensi.

Pada penelitian ke-2 yang berjudul “A Hybrid Approach to Procedural Generation of Roguelike Video Game Levels” (Gellel and Sweetser, 2020)

Menjelaskan bahwa *Procedural content generation* merupakan prospek menarik dalam industri pengembangan gim dengan tujuan menciptakan konten yang selalu segar dan memiliki variasi tanpa batas. Dalam penelitian ini, diterapkan pendekatan hibrida yang menggabungkan *Context-Free Grammar* dengan *Cellular Automata* dalam pembuatan level pada gim *dungeon roguelike*. Tujuan utama penelitian ini adalah mengembangkan generator tata letak *dungeon* yang efisien dan sederhana digunakan. Proyek ini berfokus pada pembuatan *level* yang digunakan dalam gim *dungeon crawler roguelike*.

Pada penelitian ke-3 yang berjudul “A Genetic Approach in Procedural Content Generation for Platformer Games Level Creation” (Moghadam and Rafsanjani, 2017) Menjelaskan bahwa tingkat kesulitan dalam gim memiliki peran penting dalam memberikan pemain kesempatan untuk mengeksplorasi mekanika gim dan dapat memengaruhi kesuksesan suatu gim. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan tingkat permainan yang menarik dalam konteks gim *2D runner platformer* dengan memanfaatkan pendekatan *Procedural Content Generation*.

Pada penelitian ke-4 yang berjudul “Combining Evolutionary Search with Behaviour Cloning for Procedurally Generated Content” (Muir and James, 2022) Menjelaskan tantangan dalam penggunaan *Procedural Content Generation* untuk tingkat dalam gim. Pendekatan sebelumnya mengandalkan metode *Evolutionary search* (ES), yang memang mampu menghasilkan tingkat yang beragam, tetapi memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan yang menjadi masalah dalam situasi gim waktu nyata. Selain itu, Pendekatan dengan *Reinforced Learning* (RL) juga telah diajukan untuk mengatasi masalah yang sama. Meskipun mampu menciptakan

level dengan cepat, *training time* yang dibutuhkan sangat tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menggabungkan elemen terbaik dari kedua pendekatan ini. ES digunakan untuk menghasilkan urutan tingkat yang berkembang dari waktu ke waktu. Kemudian, *behavior cloning* digunakan untuk menyaring *level* ini menjadi kebijakan (policy) yang dapat digunakan untuk menghasilkan *level* baru dengan cepat.

Pada penelitian ke-5 yang berjudul “Eliminating the Impossible: A Procedurally Generated Murder Mystery” (Mohr, Eger and Martens, 2018) Menjelaskan bahwa gim yang melibatkan pemecahan teka-teki atau misteri sering kali mengalami *replayability* yang rendah setelah solusinya diketahui. Namun, gim yang menampilkan informasi yang harus diperoleh pemain, dapat menghadirkan tantangan tambahan untuk mengeksplorasi pengetahuan pemain dan memastikan bahwa mereka dapat menyelesaikan gim. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sebuah gim detektif yang menggunakan pendekatan generasi prosedural untuk menghasilkan "kasus" baru di setiap gim.

Pada penelitian ke-6 yang berjudul “To Make Sense of Procedurally Generated Dungeons” (Tolinsson et al., 2020) Menjelaskan bahwa seiring dengan perkembangan PCG dalam industri pengembangan gim, ada kebutuhan mendesak untuk metode generatif yang efektif dalam memberikan konteks dan pemahaman terhadap konten dalam lingkungan gim. Penelitian ini mengusulkan penggunaan narasi prosedural sebagai konteks melalui tujuan, sebagai alat yang berguna dalam menyusun konten dalam gim. Dalam penelitian ini, diperkenalkan dan dijelaskan artefak yang telah dikembangkan sebagai bagian dari sistem *Evolutionary Dungeon*

Designer (EDD) yang secara prosedural menciptakan tujuan untuk *dungeon* yang dihasilkan menggunakan alat ini

Pada penelitian ke-7 yang berjudul “Stories of the Town: Balancing Character Autonomy and Coherent Narrative in Procedurally Generated Worlds” (Miller et al., 2019) Menjelaskan bahwa dalam pengembangan sistem pembangkit naratif prosedural, pendekatan yang berbeda seringkali fokus pada elemen yang berbeda. Beberapa berfokus pada simulasi berbasis agen otonom untuk menciptakan interaksi yang muncul, sementara yang lain mengadopsi pendekatan berbasis rencana untuk memastikan koherensi. Ada juga yang menggunakan unsur-unsur simulasi untuk membimbing pendekatan berbasis rencana. Namun, sebagian besar dari pendekatan ini mengorbankan tingkat otonomi karakter dalam rangka mendukung pengalaman yang lebih terkontrol oleh desainer atau pengembang konten. Hal ini berkaitan dengan mengelola cabang-cabang beragam dalam narasi dan tingkat partisipasi karakter. Penelitian ini menciptakan sebuah sistem bernama *Stories of the Town* yang menggabungkan tiga pendekatan berbeda dalam pembangkitan narasi tradisional, yakni *Context-Free Grammars*, perencanaan, dan simulasi. Dengan cara ini, sistem ini memanfaatkan kekuatan masing-masing pendekatan individual untuk menghasilkan narasi yang ekspansif, konsisten dengan kepribadian dan sejarah karakter yang disimulasikan, serta masih dapat dikendalikan dengan baik.

Pada penelitian ke-8 yang berjudul “Procedural Game Level Generation by Joining Geometry with Hand-Placed Connector” (Silva et al., 2020) Memaparkan metode pembuatan *level* 3D secara prosedural yang berdasarkan pada sistem

konektor menggunakan pin dan geometri yang telah dibuat oleh manusia. Metode pembangkitan konten PCG ini awalnya dikembangkan untuk *Trinity*, sebuah gim penembak orang ketiga multipemain yang dikembangkan sebagai proyek semester di Sarjana *Videogame* Universitas Lusófona. Dikarenakan sifat gim ini yang dinamis dan cepat, dengan pemain memiliki banyak opsi mobilitas, tujuannya adalah menciptakan *level* yang mendorong gaya bermain tersebut dan memfasilitasi navigasi yang lancar.

Pada penelitian ke-9 yang berjudul “Rancang Bangun Visual Novel Peduli Lingkungan dengan Metode Procedural Content Generation” (Rikandi and Nudin, 2022) Menyatakan bahwa dalam era digitalisasi yang berkembang begitu cepat, aplikasi telah menjadi bagian tak terpisahkan dari berbagai aktivitas, termasuk pendidikan masyarakat. Salah satu bentuk pendidikan yang semakin populer adalah melalui gim *visual novel*. Pemanfaatan gim *visual novel* dalam pendidikan masyarakat dianggap sebagai inovasi relatif baru. Gim *visual novel* yang menampilkan karakter dan latar belakang sebagai kontennya, memberikan cara yang menarik untuk menyampaikan pesan pendidikan. Agar cerita dalam gim tidak menjadi monoton, penelitian ini menerapkan metode PCG, yang memungkinkan pemain untuk mengalami berbagai cerita yang berbeda dalam permainan yang sama. Dalam penelitian ini, algoritma PCG dikembangkan dengan menggunakan metode *Genetic Algorithm*. Tujuan utama penelitian ini adalah mengembangkan dan mengimplementasikan PCG dalam aplikasi Ren'Py yang berbasis bahasa Python.

Pada penelitian ke-10 yang berjudul “Penerapan Procedural Content Generation pada Pembangkit Level Gim Maze Heksagonal” (Putri, Jonemaro and Akbar, 2019) Menjelaskan bahwa permintaan akan konten dalam gim semakin meningkat pesat. Ini mendorong kebutuhan akan metode pembangkitan konten *level* yang lebih praktis dan sesuai dengan perkembangan teknologi yang semakin otomatis. Pembuatan *level labirin* perlu memiliki keunikan sendiri tanpa membebani pengembang baik dari segi biaya maupun waktu. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, dipilih genre gim berbasis labirin, dan *Binary Tree Algorithm* digunakan sebagai metode untuk mengimplementasikan PCG sebagai pembangkit *level* dalam gim berbasis labirin ini.

Pada penelitian ke-11 yang berjudul “Penerapan Procedural Content Generation untuk Perancangan Level pada 2D Endless Runner Game menggunakan Genetic Algorithm” (Muslim, Jonemaro and Akbar, 2019) menjelaskan bahwa industri gim mengalami pertumbuhan pesat, dan seiring dengan itu, kebutuhan akan konten dalam gim juga meningkat secara signifikan. Peningkatan ini diperlukan untuk menjaga agar pemain tetap tertarik. Oleh karena itu, peran desain semakin penting dalam memenuhi tuntutan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan PCG dengan menggunakan *Genetic Algorithm* dalam pengembangan *level* permainan *endless runner*.

Pada penelitian ke-12 yang berjudul “Penerapan Procedural Content Generation untuk Perancangan Karakter pada 2D Endless Runner Game menggunakan Metode Genetic Algorithm” (Purmiaji, et al., 2019) menjelaskan bahwa dalam pengembangan gim, kualitas konten memainkan peran kunci. Gim

berjenis *endless* memiliki jumlah konten yang tak terbatas. Pembuatan konten semacam itu secara manual akan memakan waktu yang cukup lama. Dalam konteks ini, PCG muncul sebagai solusi yang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan PCG dengan menggunakan *Genetic Algorithm* dalam menciptakan *NPC* dalam gim *endless runner*.

Pada penelitian ke-13 yang berjudul “Algoritme Genetika untuk Desain Level Dinamis pada Game Edukasi Kebakaran Hutan” (Wijaya et al., 2021) menjelaskan bahwa kebakaran hutan dianggap sebagai ancaman serius terhadap pembangunan berkelanjutan karena dampak langsungnya terhadap ekosistem. Dalam upaya meningkatkan kesadaran masyarakat tentang kebakaran hutan, berbagai metode sosialisasi digunakan, termasuk penggunaan gim. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma genetika dalam desain level gim yang digunakan untuk menyosialisasikan isu kebakaran hutan.

Pada penelitian ke-14 yang berjudul “Penerapan Procedural Content Generation untuk generasi level dalam game Mythical Maze” (Putra, 2021) Menjelaskan bahwa dalam pengembangan gim dengan banyak *level*, salah satu tantangan utama adalah proses perancangan *level* yang memerlukan perhatian khusus. Dalam perancangan *level*, perlu mempertimbangkan aspek variasi *level*, efisiensi waktu dalam perancangan, dan penempatan berbagai elemen seperti titik awal pemain dan tujuan akhir *level*. Untuk mengatasi masalah ini, metode PCG digunakan untuk mempermudah pembuatan *level*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan dan menganalisis salah satu metode PCG ke dalam algoritma untuk merancang gim bertipe *maze*.

Pada penelitian ke-15 yang berjudul “Penerapan Naïve Bayes untuk NPC Braking Decision pada Racing Game” (Sanjaya, Muhammad Aminul and Afirianto, 2019) membahas tantangan yang muncul dalam gim balap mobil, yaitu kapan *NPC* harus memperlambat mobilnya dengan menggunakan rem. Salah satu metode yang lazim digunakan adalah *brake zone*, namun metode ini kurang efektif karena memerlukan penempatan zona pengereman secara manual di setiap tikungan. Pendekatan lain seperti *Smart AI System* pada *Racing Game Starter Kit* (RGSK) juga memiliki keterbatasan karena membutuhkan konfigurasi yang tepat. Penelitian ini bertujuan menerapkan algoritma *Naïve Bayes* untuk meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan pengereman *NPC* dalam permainan balap dengan performa yang akurat dan efisien.

2.3 Matriks Penelitian

Bagian ini merupakan matriks penelitian yang menunjukkan penelitian-penelitian terkait. Pada tabel 2.1 di bawah, menunjukkan daftar penelitiain terdahulu yang dijadikan referensi pada peneliian ini, yang menunjukkan tujuan serta algoritma yang digunakan pada penelitian masing-masing.

Tabel 2.1 Matriks Penelitian

No	Judul	Peneliti dan tahun	Tujuan Penelitian		Algoritma					
			Pengujian	Penerapan	Machine learning (DL, RL, dll)	Cellular automata	Genetic algorithm	Grammar	Hybrid	BTA
1	Deep Learning for Procedural Content Generation	(Liu, et al., 2020)	✓	-	✓	-	-	-	-	-
2	A Hybrid Approach to Procedural Generation of Roguelike Video Game <i>Levels</i>	(Gellel & Sweetser, 2020)	✓	-	-	✓	-	✓	✓	-
3	A Genetic Approach in Procedural Content Generation for Platformer Games <i>Level Creation</i>	(Moghadam & Rafsanjani, 2017)	✓	✓	-	--	✓	-	-	-

4	Combining Evolutionary Search with Behaviour Cloning for Procedurally Generated Content	(Muir & James, 2022)	✓	-	✓	-	✓	-	-	-
5	Eliminating the Impossible: A Procedurally Generated Murder Mystery	(Mohr, et al., 2018)	✓	✓	-	-	-	-	-	-
6	To Make Sense of Procedurally Generated Dungeons	(Tolinsson, et al., 2020)	✓	✓	-	-	-	-	-	-
7	Stories of the Town: Balancing Character Autonomy and Coherent Narrative in Procedurally Generated Worlds	(Miller, et al., 2019)	✓	-	-	-	-	✓	-	-

8	Procedural Game <i>Level</i> Generation by Joining Geometry with Hand-Placed Connector	(Silva, et al., 2020)	✓	✓	-	-	-	-	v	-
9	Rancang Bangun Visual Novel Peduli Lingkungan dengan Metode Procedural Content Generation	(Rikandi & Nudin, 2022)	-	✓	-	-	✓	-	-	-
10	Penerapan Procedural Content Generation pada Pembangkit <i>Level</i> Gim Maze Heksagonal	(Putri, et al., 2019)	-	✓	-	-	-	-	-	✓
11	Penerapan Procedural Content Generation	(Muslim, et al., 2019)	✓	✓	-	-	✓	-	-	-

	untuk Perancangan <i>Level</i> pada 2D Endless Runner Game menggunakan Genetic Algorithm									
12	Penerapan Procedural Content Generation untuk Perancangan Karakter pada 2D Endless Runner Game menggunakan Metode Genetic Algorithm	(Purmiaji, et al., 2019)	✓	✓	-	-	✓	-	-	-
13	Algoritme Genetika untuk Desain <i>Level</i> Dinamis pada Game Edukasi Kebakaran Hutan	(Wijaya, et al., 2021)	-	✓	-	-	✓	-	-	-

14	Penerapan Procedural Content Generation untuk generasi <i>level</i> dalam game Mythical Maze	(Putra & Liliana, 2021)	✓	✓	-	-	-	-	-	-
15	Penerapan Naïve Bayes untuk NPC Braking Decision pada Racing Game	(Sanjaya, et al., 2019)	✓	✓	✓	-	-	-	-	-
	Usulan Penelitian		✓	✓	-	✓	-	-	-	-

Berdasarkan penelitian terkait yang telah disebutkan sebelumnya, penelitian yang paling mendekati adalah penelitian dari Danny Wijaya dkk yang berjudul “Algoritme Genetika untuk Desain *Level* Dinamis pada Game Edukasi Kebakaran Hutan”, dimana pada penelitian tersebut, terdapat masalah yang sama berupa pembuatan variasi *level*, efisiensi *level*, dan gim yang dibuat sama-sama berbasis *level* 2D. Perbedaan dengan penelitian tersebut adalah tipe algoritma yang digunakan, yaitu menggunakan algoritma *genetic algorithm* (GA). GA dapat menghasilkan level yang lebih beragam dan kompleks dibandingkan dengan CA, namun memerlukan proses seleksi dan reproduksi yang memakan waktu dan sumber daya komputasi yang lebih besar.