

***PROCEDURAL CONTENT GENERATION PADA MAP UNTUK GAME
ROGUELIKE MENGGUNAKAN CELLULAR AUTOMATA DAN BINARY
SPACE PARTITION***

Diajukan Sebagai Syarat untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 pada
Jurusan Teknik Informatika



Oleh:

M. ALDI GUNAWAN

NIM: 09021281924086

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

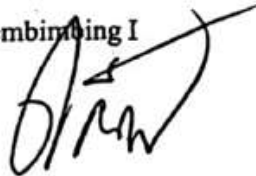
PROCEDURAL CONTENT GENERATION PADA MAP UNTUK GAME ROGUELIKE MENGGUNAKAN CELLULAR AUTOMATA DAN BINARY SPACE PARTITION

Oleh:

M. Aldi Gunawan
NIM: 09021281924086

Palembang, 27 Desember 2023

Pembimbing I



Samsuryadi, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197102041997021003

Pembimbing II,



Muhammad Qurhanul Rizqie, M.T., Ph.D.
NIP. 198712032022031006

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika




Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI

Pada hari Senin tanggal 18 Desember 2023 telah dilaksanakan ujian komprehensif Skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : M. Aldi Gunawan

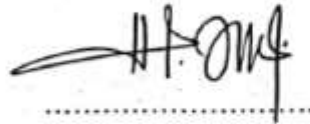
NIM : 09021281924086

Judul : *Procedural Content Generation pada Map untuk Game Roguelike Menggunakan Cellular Automata dan Binary Space Partition*

dan dinyatakan LULUS.

1. Ketua Penguji

Annisa Darmawahyuni, M.Kom.
NIP. 199006302023212044



2. Penguji I

Anggina Primanita, M.IT., Ph.D.
NIP. 198908062015042002



3. Pembimbing I

Samsuryadi, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197102041997021003



4. Pembimbing II

Muhammad Qurhanul Rizqie, M.T., Ph.D.
NIP. 198712032022031006



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.

NIP. 197812222006042003

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Aldi Gunawan

NIM : 09021281924086

Program Studi : Teknik Informatika

Judul : *Procedural Content Generation pada Map untuk Game Roguelike Menggunakan Cellular Automata dan Binary Space Partition*

Hasil Pengecekan *Software Turnitin* : 4%

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 17 Januari 2024

M. Aldi Gunawan

NIM. 09021281924086

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

A future is not given to you. It is something you must take for yourself.

- Pod 042 (Nier: Automata, 2017)

Kupersembahkan karya tulis ini kepada:

- Orang Tua dan Keluargaku
- Dosen Pembimbing Akademik dan Skripsi
- Teman-teman kelas IF Reguler C Angkatan 2019
- Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

Roguelike games have always been related to the production of content procedurally, which has become a major feature in the development of the game. As a result, the quality of roguelike games depends heavily on the creation of content that creates an environment within the game. Depending on the purpose, need, and method used, the generation of content in a game can vary. One method of generating content is generating maps using cellular automata and binary space partition algorithms. This method works by randomly dividing fields, creating rooms and corridors smoothed with the cellular automata. Therefore, the room will not overlap, have connectivity, and have a structure that looks natural. The map generation time test has an average time of 0.12 seconds. The connectivity tests showed that maps have connectivity with a percentage of area explored above 97%, and complexity variations were tested on 10 maps by 10 players, resulting in 2 low-grade maps, 7 medium-grade maps, and 1 high-grade maps in terms of complexity, showing that the resultings maps have varied complexity in structure and geographical layout.

Keywords: Procedural Content Generation, Procedural Generation, Map Generation, Roguelike.

ABSTRAK

Game dengan genre *Roguelike* selalu berkaitan dengan pembangkitan konten secara prosedural, yang sudah menjadi fitur utama dalam pengembangan *game* tersebut. Akibatnya, kualitas *game Roguelike* sangat bergantung pada pembangkitan konten yang menciptakan lingkungan dalam *game*. Salah satu metode pembangkitan konten adalah pembangkitan *map* dengan algoritma *Cellular Automata* dan *Binary Space Partition*. Metode ini bekerja dengan membagi bidang secara acak, menciptakan ruangan dan koridor yang dihaluskan dengan algoritma *Cellular Automata*. Oleh karena itu, ruangan tersebut tidak akan tumpah tindih, memiliki konektivitas dan struktur yang terlihat alami. Uji coba waktu pembangkitan *map* memiliki rata-rata waktu 0.12 detik. Uji coba konektivitas menunjukkan *map* memiliki konektivitas dengan persentase area yang dapat dijelajahi di atas 97%, dan variasi kompleksitas yang diujikan untuk 10 *map* oleh 10 orang pemain, memberikan hasil berupa 2 *map* berkategori rendah, 7 *map* berkategori sedang, dan 1 *map* berkategori tinggi dalam hal kerumitan, menunjukkan bahwa *map* yang dihasilkan memiliki kompleksitas yang beragam secara struktur dan tata letak geografis.

Kata Kunci: Pembangkitan Konten Secara Prosedural, Pembangkitan Prosedural, Pembangkitan *Map*, *Roguelike*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, Tuhan Semesta Alam atas berkat, rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga Skripsi berjudul “***Procedural Content Generation pada Map untuk Game Roguelike Menggunakan Cellular Automata dan Binary Space Partition***” dapat disusun dengan baik sebagai syarat dalam menyelesaikan studi Strata-1 program studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang memberikan dukungan, motivasi dan bimbingan selama penyusunan Skripsi dan penelitian. Secara khusus ucapan terima kasih ini ditujukan kepada:

1. Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si.
2. Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, Ibu Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
3. Dosen Pembimbing Akademik, Ibu Desty Rodiah, S.Kom., M.T.
4. Dosen Pembimbing Skripsi, Bapak Samsuryadi, M.Kom., Ph.D. dan Bapak Muhammad Qurhanul Rizqie, M.T., Ph.D., yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam pengerjaan Skripsi ini.
5. Keluarga tercinta, Ayah dan Ibu, serta kedua saudara penulis, Bang Rian dan Bang Arif, atas seluruh dukungan dan perhatian yang diberikan kepada penulis.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga.
7. Seluruh staf Fakultas Ilmu Komputer, Kak Ricy, Mbak Septy, Kak Welly, dan staf lainnya yang telah membantu kelancaran pengerjaan Skripsi ini.
8. Alif, Amos, Ari, Indra, Josie, Khoir yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis dalam pengerjaan Skripsi ini.
9. Teman-teman IF Reguler C angkatan 2019 Teknik Informatika Universitas Sriwijaya.
10. Semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan Skripsi, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Palembang, 16 November 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang Masalah	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-4
1.5 Manfaat Penelitian	I-4
1.6 Batasan Masalah	I-5
1.7 Sistematika Penulisan	I-5
1.8 Kesimpulan.....	I-6
BAB II KAJIAN LITERATUR	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 <i>Procedural Content Generation</i>	II-1
2.3 <i>Map</i>	II-1
2.4 <i>Roguelike</i>	II-2
2.5 <i>Cellular Automata</i>	II-3
2.6 <i>Binary Space Partition</i>	II-5
2.7 <i>Seed</i>	II-6

2.8 Penelitian Lain yang Relevan	II-6
2.9 Kesimpulan.....	II-9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	III-1
3.1 Pendahuluan	III-1
3.2 Pengumpulan Data.....	III-1
3.3 Tahapan Penelitian	III-3
3.3.1 Kerangka Kerja.....	III-3
3.3.2 Menetapkan Kriteria Pengujian	III-6
3.3.3 Format Analisis Pengujian.....	III-8
3.3.4 Alat yang Digunakan dalam Pelaksanaan Penelitian.....	III-10
3.3.5 Pengujian Penelitian	III-11
3.3.6 Analisis Pengujian dan Membuat Kesimpulan.....	III-11
3.4 Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-13
3.4.1 <i>Initiation</i>	III-14
3.4.2 <i>Pre-production</i>	III-14
3.4.3 <i>Production</i>	III-14
3.4.4 <i>Testing</i>	III-15
3.4.5 <i>Beta</i>	III-15
3.4.6 <i>Release</i>	III-16
3.5 Kesimpulan.....	III-16
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK	IV-1
4.1 Pendahuluan	IV-1
4.2 <i>Initiation</i>	IV-1
4.3 <i>Pre-production</i>	IV-2
4.3.1 Perancangan <i>Game</i>	IV-2
4.3.2 Kebutuhan Sistem.....	IV-4
4.3.3 Desain Perangkat Lunak	IV-5
4.3.4 Diagram Aktivitas.....	IV-18
4.3.5 <i>Sequence Diagram</i>	IV-22
4.3.6 <i>Prototype</i>	IV-27
4.4 <i>Production</i>	IV-29

4.4.1	Diagram Kelas	IV-29
4.4.3	Implementasi Kelas	IV-31
4.4.4	Hasil Integrasi <i>Assets</i> dan <i>Source Code</i>	IV-34
4.5	<i>Testing</i>	IV-38
4.5.1	Pengujian <i>Formal Details</i>	IV-38
4.5.1	Implementasi Pengujian <i>Formal Details</i>	IV-40
4.6	<i>Beta</i>	IV-45
4.7	<i>Release</i>	IV-45
4.8	Kesimpulan.....	IV-45
BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN.....		V-1
5.1	Pendahuluan	V-1
5.2	Data Hasil Penelitian	V-1
5.2.1	Konfigurasi Percobaan.....	V-1
5.2.2	Data Hasil Konfigurasi	V-2
5.2.2.1	Data Hasil Pengujian Waktu Pembangkitan.....	V-4
5.2.2.2	Data Hasil Pengujian <i>Connectivity</i>	V-6
5.2.2.3	Data Hasil Pengujian Variasi <i>Complexity</i>	V-8
5.3	Analisis Hasil Penelitian.....	V-10
5.3.1	Analisis Waktu Pembangkitan.....	V-10
5.3.2	Analisis Tingkat <i>Connectivity</i>	V-11
5.3.3	Analisis Variasi <i>Complexity</i>	V-16
5.4	Kesimpulan.....	V-20
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		VI-1
6.1	Kesimpulan.....	VI-1
6.2	Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar II-1. CA <i>Neighborhoods</i> (Adams & Louis, 2017).	II-3
Gambar II-2. <i>Map</i> yang Dihasilkan oleh Proses CA (Adams & Louis, 2017).	II-5
Gambar II-3. Pembagian Ruang oleh Algoritma BSP (Barcher, 2018).	II-6
Gambar III-1. Gambar Karakter Pemain.	III-1
Gambar III-2. Gambar <i>Boss</i>	III-2
Gambar III-3. Gambar <i>Floor Tile</i>	III-2
Gambar III-4. Gambar <i>Wall Tile</i>	III-2
Gambar III-5. Tahapan Penelitian.	III-3
Gambar III-6. Kerangka Kerja Perangkat Lunak.	III-3
Gambar III-7. Struktur <i>Map</i> BSP (Minini & Assuncao, 2020).	III-5
Gambar III-8. Tahapan GDLC (Ramadan & Widyani, 2013).	III-14
Gambar IV-1. Diagram <i>Use Case</i>	IV-5
Gambar IV-2. Diagram Aktivitas Memulai <i>Game</i>	IV-18
Gambar IV-3. Diagram Aktivitas Mengatur <i>Seed</i>	IV-18
Gambar IV-4. Diagram Aktivitas Menjelajahi <i>Map</i> yang dihasilkan Algoritma BSP dan CA.	IV-19
Gambar IV-5. Diagram Aktivitas Melanjutkan ke <i>Map</i> Selanjutnya.	IV-20
Gambar IV-6. Diagram Aktivitas Mengulang <i>Game</i>	IV-20
Gambar IV-7. Diagram Aktivitas Menampilkan <i>Menu-overlay</i>	IV-21
Gambar IV-8. Diagram Aktivitas Mengubah Pengaturan <i>Game</i>	IV-21
Gambar IV-9. <i>Sequence Diagram</i> Memainkan <i>Game</i>	IV-22
Gambar IV-10. <i>Sequence Diagram</i> Mengatur <i>Seed</i>	IV-23
Gambar IV-11. <i>Sequence Diagram</i> Menjelajahi <i>Map</i> yang Dihasilkan Algoritma BSP dan CA.	IV-24
Gambar IV-12. <i>Sub-sequence Diagram</i> Menyerang Musuh.	IV-25
Gambar IV-13. <i>Sequence Diagram</i> Melanjutkan ke <i>Map</i> Selanjutnya.	IV-25
Gambar IV-14. <i>Sequence Diagram</i> Mengulangi <i>Game</i>	IV-26
Gambar IV-15. <i>Sequence Diagram</i> Menampilkan <i>Menu-overlay</i>	IV-26
Gambar IV-16. <i>Sequence Diagram</i> Mengubah Pengaturan <i>Game</i>	IV-27
Gambar IV-17. <i>Prototype</i> Menu Utama.	IV-27
Gambar IV-18. <i>Prototype</i> Mengatur <i>Seed</i>	IV-28
Gambar IV-19. <i>Prototype</i> Memasuki <i>Scene</i> “ <i>Game</i> ”.	IV-28
Gambar IV-20. <i>Prototype Map</i> yang Dihasilkan Algoritma BSP dan CA.	IV-28
Gambar IV-21. <i>Prototype</i> Tampilan Menyelesaikan <i>Map</i>	IV-29
Gambar IV-22. Diagram Kelas.	IV-30
Gambar IV-23. Tampilan Menu Utama.	IV-34
Gambar IV-24. Tampilan Mengatur <i>Seed</i>	IV-35
Gambar IV-25. Tampilan Pemain Memasuki <i>Scene</i> “ <i>Game</i> ”.	IV-35
Gambar IV-26. Tampilan <i>Map</i> yang Dihasilkan Algoritma BSP dan CA.	IV-35
Gambar IV-27. Tampilan Pemain Menyerang Musuh.	IV-36
Gambar IV-28. Tampilan <i>Menu-overlay</i>	IV-36
Gambar IV-29. Tampilan Pemain Bertemu dengan <i>Boss</i>	IV-36
Gambar IV-30. Tampilan Pemain dikalahkan.	IV-37

Gambar IV-31. Tampilan Pemain Mengalahkan <i>Boss</i> .	IV-37
Gambar IV-32. Tampilan Menyelesaikan <i>Map</i> .	IV-37
Gambar IV-33. Tampilan <i>Panel System</i> .	IV-38
Gambar V-1. <i>Map 1</i> Hasil Pembangkitan Menggunakan Algoritma BSP dan CA.	V-3
Gambar V-2. <i>Map 2</i> Hasil Pembangkitan Menggunakan Algoritma BSP dan CA.	V-3
Gambar V-3. Diagram Waktu Pembangkitan.	V-5
Gambar V-4. <i>Map</i> dengan <i>Floor Cell</i> terisolasi	V-7
Gambar V-5. <i>Map</i> yang tidak Memiliki <i>Floor Cell</i> terisolasi	V-8
Gambar V-6. Struktur <i>Map</i> oleh Algoritma BSP dan Penambahan Noise.	V-13
Gambar V-7. Proses Perubahan Kondisi <i>Cell</i> oleh Algoritma CA.	V-14
Gambar V-8. Contoh <i>Map</i> yang Menggunakan Algoritma CA Saja.	V-15
Gambar V-9. Grafik Waktu Pencarian <i>Boss</i> Semua Pemain.	V-16

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel III-1. Format Analisis Pengujian Waktu Pembangkitan.....	III-8
Tabel III-2. Format Analisis Pengujian <i>Connectivity</i>	III-9
Tabel III-3. Format Analisis Pengujian <i>Complexity</i>	III-9
Tabel III-4. Format Hasil Pengujian <i>Connectivity</i>	III-12
Tabel III-5. Format Hasil Pengujian Variasi <i>Complexity</i>	III-13
Tabel IV-1. Tabel Kebutuhan Fungsional.	IV-4
Tabel IV-2. Tabel Kebutuhan Non-Fungsional.	IV-5
Tabel IV-3. Tabel Definisi Aktor.	IV-6
Tabel IV-4. Tabel Definisi <i>Use Case</i>	IV-6
Tabel IV-5. Skenario Memainkan <i>Game</i>	IV-7
Tabel IV- 6. Skenario Mengatur <i>Seed</i>	IV-8
Tabel IV-7. Menjelajahi <i>Map</i> yang Dihasilkan Algoritma BSP dan CA.	IV-10
Tabel IV-8. Skenario Melanjutkan ke <i>Map</i> Selanjutnya.	IV-12
Tabel IV-9. Skenario Mengulang <i>Game</i>	IV-14
Tabel IV-10. Skenario Menampilkan <i>Menu-overlay</i>	IV-15
Tabel IV-11. Skenario Mengubah Pengaturan <i>Game</i>	IV-16
Tabel IV-12. Tabel Implementasi Kelas.....	IV-31
Tabel IV-13. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Memainkan <i>Game</i>	IV-38
Tabel IV-14. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Mengatur <i>Seed</i>	IV-38
Tabel IV-15. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Menjelajahi <i>Map</i> yang Dihasilkan Algoritma BSP dan CA.	IV-39
Tabel IV-16. Rencana Pengujian <i>Use case</i> Melanjutkan ke <i>Map</i> Selanjutnya.	IV-39
Tabel IV-17. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Mengulang <i>Game</i>	IV-39
Tabel IV-18. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Menampilkan <i>Menu-Overlay</i>	IV-39
Tabel IV-19. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Mengubah Pengaturan <i>Game</i>	IV-40
Tabel IV-20. Pengujian <i>Use Case</i> Memainkan <i>Game</i>	IV-40
Tabel IV-21. Pengujian <i>Use Case</i> Mengatur <i>Seed</i>	IV-41
Tabel IV-22. Pengujian <i>Use Case</i> Menjelajahi <i>Map</i> yang Dihasilkan Algoritma BSP dan CA.....	IV-42
Tabel IV-23. Pengujian <i>Use Case</i> Melanjutkan ke <i>Map</i> Selanjutnya.	IV-43
Tabel IV-24. Pengujian <i>Use Case</i> Mengulang <i>Game</i>	IV-43
Tabel IV- 25. Pengujian <i>Use Case</i> Menampilkan <i>Menu-overlay</i>	IV-44
Tabel IV-26. Pengujian <i>Use Case</i> Mengubah Pengaturan <i>Game</i>	IV-44
Tabel V-1. Parameter Konfigurasi Percobaan.....	V-2
Tabel V-2. Data Hasil Pengujian Waktu Pembangkitan.	V-4
Tabel V-3. Data Hasil Pengujian <i>Connectivity</i>	V-6
Tabel V-4. Data Hasil Pengujian Waktu Pencarian <i>Boss</i>	V-9
Tabel V-5. Persentase <i>Floor Cell</i> yang Dapat Dijelajahi.	V-11
Tabel V-6. Jumlah <i>Map</i> Berdasarkan Hasil Kategorisasi <i>Complexity</i>	V-19

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah. Bagian ini akan memberikan penjelasan mengenai gambaran umum tentang *Procedural Content Generation* pada *Map* untuk *Game Roguelike* dengan Menggunakan *Cellular Automata* dan *Binary Space Partition*.

1.2 Latar Belakang Masalah

Roguelike adalah sebuah *genre* permainan yang merupakan turunan dari *genre Role-Playing Games*, atau yang biasa disebut RPG, dan sering kali menggunakan sistem *level* yang dihasilkan secara acak dan kematian permanen. Hal ini mengharuskan pemain untuk memulai kembali dari awal setiap kali kematian terjadi dengan lingkungan dan tantangan yang dihasilkan secara dinamis (Iskandar et al., 2022). *Genre roguelike* menjadi area utama di mana *Procedural Content Generation* (PCG) digunakan dalam permainan komersial, karena bergantung pada asumsi bahwa setiap sesi permainan harus selalu menjadi yang baru setiap kali dimainkan (Gellel & Sweetser, 2020).

Menurut Cerny & Dechterenko (2018) kualitas dari sebuah *game* dengan *genre roguelike* sangat bergantung pada *Procedural Content Generation* (PCG), yang menciptakan seluruh lingkungan. PCG sendiri mengacu pada penghasilan konten permainan secara algoritma dengan kontribusi manusia yang terbatas atau tanpa kontribusi manusia sama sekali, "konten permainan" di sini mencakup *level*,

peta, misi, tekstur, karakter, vegetasi, aturan, dinamika, dan struktur, tetapi bukan *game engine* itu sendiri atau perilaku NPC (Togelius et al., 2013).

Alasan umum dari menggunakan PCG adalah untuk *replayability* dan menyesuaikan konten untuk masing-masing *player* (Smith, 2014). Selain itu juga terdapat beberapa alasan kenapa para pengembang *game* tertarik dengan PCG, yang pertama adalah konsumsi memori dengan konten yang direpresentasikan secara *procedural* dapat dikompresi dengan menjaganya tetap tidak diperluas hingga diperlukan, alasan selanjutnya penggunaan PCG dapat mengurangi biaya untuk membuat konten secara manual yang tentunya membutuhkan biaya yang mahal, alasan ketiga yaitu PCG dapat memungkinkan munculnya jenis *game* yang baru dengan mekanisme *game* yang dibuat berdasarkan pembuatan konten, alasan terakhir memberikan sebuah pilihan baru dengan membuat aturan, *level*, narasi baru yang kemudian dapat menginspirasi *designer* untuk membentuk kreasi mereka sendiri (Togelius et al., 2011).

Banyak algoritma PCG yang dapat diimplementasikan untuk pembuatan *map*, algoritma yang sering digunakan adalah *Cellular Automata* dan *Binary Space Partition*. *Cellular Automata* (CA) dapat menghasilkan *Map* dengan efisiensi berupa kemungkinan menghasilkan bagian dari *level* secara *real-time*, kemampuan menghasilkan *level* yang tidak terbatas, algoritma yang relatif mudah, dan memiliki nuansa alami yang kacau, tetapi kekurangan utama dari algoritma ini adalah tidak dapat menjamin konektivitas antara dua ruangan yang dihasilkan (Van Der Linden et al., 2013).

Algoritma *Binary Space Partition* (BSP) digunakan untuk pembuatan *Map* dengan menjamin bahwa tidak ada dua ruangan yang akan tumpang tindih dan memungkinkan *dungeon* yang dihasilkan terstruktur (Shaker et al., 2016). *Map* yang dihasilkan algoritma BSP memiliki konektivitas berupa koridor antara dua ruangan yang menjadi salah satu kelemahan dari algoritma *Cellular Automata*. Sehingga kombinasi dua algoritma tersebut akan menghasilkan *map* yang lebih menarik dengan mengatasi setiap kekurangan pada algoritma.

Untuk itu, penelitian ini akan menghasilkan *game* dengan *map* yang dibuat menggunakan *Procedural Content Generation* dengan mengkombinasikan Algoritma *Cellular Automata* dan *Binary Space Partition*. Tujuannya adalah menghasilkan *map* dengan tingkat konektivitas tinggi dan kerumitan yang beragam. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan tingkat *replayability* dari *game* yang dihasilkan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka beberapa masalah penelitian menjadi fokus dalam *Procedural Content Generation* pada *Map* untuk *Game Roguelike* dengan menggunakan algoritma *Cellular Automata* dan *Binary Space Partition*, yaitu:

1. Bagaimana melakukan generasi *content* secara prosedural untuk *map* pada *game Roguelike*?
2. Bagaimana mengkombinasikan algoritma *Cellular Automata* dan *Binary Space Partition*?

3. Bagaimana waktu pembangkitan, tingkat *connectivity*, dan variasi *complexity* dari gabungan algoritma *Cellular Automata* dan *Binary Space Partition* untuk pembuatan *map*?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan teknik *Procedural Content Generation* untuk pembuatan *map* dalam pengembangan *game Roguelike*.
2. Melakukan pengembangan teknik *Procedural Content Generation* dengan mengkombinasikan algoritma CA dan BSP.
3. Menganalisis waktu pembangkitan, tingkat *connectivity*, dan variasi *complexity* dari kombinasi algoritma CA dan BSP untuk *map* pada *game Roguelike*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Teknik PCG dapat membantu pengembangan *game Roguelike* dalam pembuatan *map* secara otomatis, variatif, dan menarik.
2. Kombinasi algoritma CA dan BSP dapat menghasilkan peta yang lebih bervariasi, dan mengatasi kekurangan masing-masing dari algoritma.
3. Dapat memberikan wawasan terkait efisiensi dan karakteristik *map* yang dihasilkan, membantu pengembang untuk membuat keputusan lebih baik dalam proses pengembangan permainan, termasuk mengoptimalkan waktu pembangkitan dan meningkatkan variasi *map*.

1.6 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang diterapkan dari penelitian ini:

1. Penelitian akan terfokus pada teknik PCG pada *map* dan tidak akan membahas aspek lain seperti *gameplay*, *storyline* dan aspek lainnya yang terkait dengan pengembangan permainan secara keseluruhan.
2. Proses implementasi dilakukan menggunakan *game engine Unity* dan bahasa pemrograman *C#*.
3. Evaluasi hanya berdasarkan waktu pembangkitan, tingkat *connectivity*, dan variasi *complexity* melalui waktu pencarian *boss* oleh pemain dari *map* yang dihasilkan.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini memberikan uraian mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan penelitian.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini memberikan penjelasan tentang tinjauan pustaka yang digunakan untuk penelitian, seperti definisi dari *Procedural Content Generation*, dan metode yang digunakan untuk pembuatan *map*, *Cellular automata* serta *Binary Space Partition*.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang pembahasan mengenai tahapan-tahapan yang akan dikerjakan pada penelitian ini. Tahapan tersebut dijelaskan secara rinci pada kerangka kerja.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini membahas bagaimana mengembangkan perangkat lunak *game* dengan *map* yang dibuat secara prosedural menggunakan algoritma CA dan BSP.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini membahas hasil pengujian penelitian yang dilakukan sesuai dengan format yang telah ditentukan, serta hasil analisisnya. Hasil analisis ini akan digunakan sebagai dasar untuk kesimpulan penelitian ini.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan kesimpulan dari hasil penelitian, analisis yang dilakukan, dan saran yang diharapkan yang dapat membantu penelitian selanjutnya.

1.8 Kesimpulan

Kesimpulan dari bab ini adalah pembangunan *map* untuk *game roguelike* secara prosedural dapat menghasilkan *map* yang variatif, menarik, menghemat waktu dan usaha dalam pembuatan *map* dengan mengkombinasikan algoritma CA dan BSP.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, C., & Louis, S. (2017, November). Procedural maze level generation with evolutionary cellular automata. In *2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)* (pp. 1-8). IEEE.
- Adiwikarta, R., & Dirgantara, H. B. (2017). Pengembangan permainan video endless running berbasis android menggunakan framework game development life cycle. *Indonesia: KALBIScientia, ISSN, 2356-4393*.
- Ashlock, D. (2015, August). Evolvable fashion-based cellular automata for generating cavern systems. In *2015 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)* (pp. 306-313). IEEE.
- Bacher, T. (2018). Procedural Level Generation Algorithms.
- Cerny, V., & Dechterenko, F. (2015). Rogue-like games as a playground for artificial intelligence–evolutionary approach. In *Entertainment Computing-ICEC 2015: 14th International Conference, ICEC 2015, Trondheim, Norway, September 29-October 2, 2015, Proceedings 14* (pp. 261-271). Springer International Publishing.
- Chaudhari, N. S., Leng, K., & Ray, A. (2009, May). Binary Space Partitioning (BSP) for urban terrain. In *2009 4th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications* (pp. 58-64). IEEE.

- Compton, K., & Mateas, M. (2006). Procedural level design for platform games. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment* (Vol. 2, No. 1, pp. 109-111).
- Emam, A., & Mostafa, M. G. (2012, July). Using game level design as an applied method for Software Engineering education. In *2012 17th International Conference on Computer Games (CGAMES)* (pp. 248-252). IEEE.
- Gellel, A., & Sweetser, P. (2020, September). A hybrid approach to procedural generation of roguelike video game levels. In *Proceedings of the 15th International Conference on the Foundations of Digital Games* (pp. 1-10).
- Hendrikx, M., Meijer, S., Van Der Velden, J., & Iosup, A. (2013). Procedural content generation for games: A survey. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, 9(1), 1-22.
- Iskandar, I. D., Kuswardayan, I., & Fabroyir, H. (2022). Implementasi Algoritme Binary Space Partition untuk Pembuatan Peta Prosedural pada Aplikasi Permainan Roguelike Guns Blazing. *Jurnal Teknik ITS*, 11(2), A122-A127.
- Johnson, L., Yannakakis, G. N., & Togelius, J. (2010, June). Cellular automata for real-time generation of infinite cave levels. In *Proceedings of the 2010 Workshop on Procedural Content Generation in Games* (pp. 1-4).
- Pech, A. (2013). Using genetic algorithms to find cellular automata rule sets capable of generating maze-like game level layouts.

- Ramadan, R., & Widyani, Y. (2013, September). Game development life cycle guidelines. In *2013 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACISIS)* (pp. 95-100). IEEE.
- Sampaio, P., Baffa, A., Feijó, B., & Lana, M. (2017, November). A fast approach for automatic generation of populated maps with seed and difficulty control. In *2017 16th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)* (pp. 10-18). IEEE.
- Setyamurti, A., Wardhono, W. S., & Afirianto, T. (2018). Implementasi Procedural Generation untuk Membangun Level Tactical RPG dengan menggunakan Metode Occupancy Regulated Extension. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(8), 2416-2420.
- Shaker, N., Togelius, J., & Nelson, M. J. (2016). Procedural content generation in games.
- Shaker, N., Togelius, J., Nelson, M. J., Shaker, N., Smith, G., & Yannakakis, G. N. (2016). Evaluating content generators. *Procedural Content Generation in Games*, 215-224.
- Smith, G. (2014, April). Understanding procedural content generation: a design-centric analysis of the role of PCG in games. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 917-926).
- Smith, G., & Whitehead, J. (2010, June). Analyzing the expressive range of a level generator. In *Proceedings of the 2010 workshop on procedural content generation in games* (pp. 1-7).

- Sweetser, P., & Wiles, J. (2005, July). Combining influence maps and cellular automata for reactive game agents. In *International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning* (pp. 524-531). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Togelius, J., Champanand, A. J., Lanzi, P. L., Mateas, M., Paiva, A., Preuss, M., & Stanley, K. O. (2013). Procedural content generation: Goals, challenges and actionable steps. Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik.
- Togelius, J., Preuss, M., & Yannakakis, G. N. (2010, June). Towards multiobjective procedural map generation. In *Proceedings of the 2010 workshop on procedural content generation in games* (pp. 1-8).
- Togelius, J., Yannakakis, G. N., Stanley, K. O., & Browne, C. (2011). Search-based procedural content generation: A taxonomy and survey. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 3(3), 172-186.
- Van Der Linden, R., Lopes, R., & Bidarra, R. (2013). Procedural generation of dungeons. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 6(1), 78-89.
- Yannakakis, G. N., & Togelius, J. (2015, September). Experience-driven procedural content generation. In *2015 International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)* (pp. 519-525). IEEE.