

Analisis Pemilihan Dua Settlement Awal pada Catan Menggunakan Algoritma Greedy

Muhammad Naufal Romi Annafi - 13524058

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung

E-mail: naufalra219@gmail.com , 13524058@std.stei.itb.ac.id

Abstract— Fase awal pada permainan papan strategi Catan memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan jalannya permainan. Pemilihan lokasi bangunan awal biasanya hanya didasarkan pada intuisi pemain. Makalah ini mengkaji pemilihan lokasi tersebut menggunakan pendekatan algoritma greedy dengan merancang tiga model fungsi heuristik yang mewakili strategi berbeda, yaitu Expansion, City Rush, dan Balanced. Pengujian dilakukan melalui simulasi program pada 50 konfigurasi papan acak untuk mengevaluasi posisi awal, serta 5 simulasi permainan penuh untuk melihat dampak jangka panjangnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma greedy berhasil memilih lokasi terbaik sesuai dengan target masing-masing strategi. Namun, hasil dari simulasi permainan penuh membuktikan bahwa strategi Balanced jauh lebih unggul dengan persentase kemenangan 60% dan rata-rata 9.8 poin kemenangan. Strategi yang terlalu berfokus pada tipe sumber daya tertentu justru rentan mengalami kemacetan di pertengahan permainan. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi sumber daya yang merata lebih menentukan kemenangan dibandingkan hanya memaksimalkan satu jenis sumber daya secara ekstrem di awal permainan.

Kata kunci: catan, greedy, heuristik, simulasi, penempatan awal

I. PENDAHULUAN

A. Ringkasan



Catan merupakan permainan papan strategi yang dirancang oleh Klaus Teuber dan pertama kali diterbitkan pada tahun 1995. Sejak diperkenalkan, Catan menjadi salah satu permainan papan modern paling populer di dunia karena berhasil menggabungkan pengelolaan sumber daya, strategi pembangunan, negosiasi antar pemain, serta unsur probabilitas

dalam satu mekanisme permainan yang relatif sederhana namun memiliki kedalaman strategi yang tinggi.

Dalam permainan ini, setiap pemain berperan sebagai pemukim yang berusaha mengembangkan wilayah pada sebuah pulau yang terdiri atas berbagai sumber daya alam. Untuk mencapai kemenangan, pemain harus membangun jalan (road), pemukiman (settlement), dan kota (city) sambil mengumpulkan sumber daya yang dihasilkan oleh petak-petak pada papan permainan. Selain itu, pemain juga dapat memperoleh keuntungan tambahan melalui kartu pembangunan (development card) yang memberikan kemampuan khusus maupun poin kemenangan tambahan.

Salah satu karakteristik unik dari Catan adalah pentingnya keputusan yang diambil pada fase awal permainan. Berbeda dengan banyak permainan strategi lainnya yang memungkinkan pemain memperbaiki kesalahan pada tahap awal, keputusan penempatan settlement awal pada Catan memiliki dampak yang berlangsung sepanjang permainan. Posisi awal yang baik dapat menghasilkan aliran sumber daya yang stabil dan mendukung berbagai strategi pembangunan, sedangkan posisi yang kurang baik dapat menyebabkan keterbatasan sumber daya yang sulit diatasi meskipun permainan telah berlangsung lama.

Karena pentingnya keputusan tersebut, pemilihan dua settlement awal dapat dipandang sebagai suatu permasalahan optimasi. Pemain harus memilih lokasi yang memberikan keuntungan terbesar berdasarkan berbagai faktor seperti probabilitas produksi sumber daya, jenis sumber daya yang diperoleh, serta kesesuaian terhadap strategi permainan yang ingin dijalankan.

B. Latar Belakang

Pada papan permainan Catan, setiap settlement ditempatkan pada suatu simpul (node) yang berada di antara beberapa petak sumber daya. Sebuah settlement dapat terhubung dengan maksimal tiga petak sumber daya sekaligus. Ketika nomor pada salah satu petak muncul sebagai hasil pelemparan dua buah dadu, pemain yang memiliki settlement pada simpul yang berdekatan akan memperoleh kartu sumber daya dari petak tersebut.

Akibatnya, kualitas suatu posisi settlement dipengaruhi oleh dua aspek utama. Aspek pertama adalah probabilitas kemunculan nomor pada petak sumber daya. Petak dengan

nomor 6 atau 8 memiliki peluang muncul yang jauh lebih tinggi dibandingkan petak bernomor 2 atau 12. Aspek kedua adalah jenis sumber daya yang dihasilkan oleh petak tersebut. Setiap strategi permainan membutuhkan kombinasi sumber daya yang berbeda sehingga nilai suatu lokasi dapat berubah tergantung strategi yang digunakan pemain.

Dalam praktik permainan, pemain umumnya menggunakan intuisi atau pengalaman untuk menentukan lokasi settlement awal. Namun pendekatan tersebut bersifat subjektif dan sulit dievaluasi secara sistematis. Oleh karena itu diperlukan suatu metode yang mampu memberikan penilaian secara lebih terukur terhadap kualitas suatu posisi.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah algoritma greedy. Algoritma greedy membangun solusi secara bertahap dengan selalu memilih kandidat yang dianggap paling baik pada setiap langkah berdasarkan suatu fungsi evaluasi tertentu. Kualitas keputusan yang dihasilkan sangat bergantung pada fungsi heuristik yang digunakan untuk menilai setiap kandidat.

Melalui pendekatan ini, pemilihan settlement awal dapat dimodelkan sebagai proses pencarian posisi dengan nilai heuristik tertinggi. Dengan demikian, berbagai strategi permainan dapat direpresentasikan ke dalam fungsi heuristik yang berbeda dan dibandingkan efektivitasnya baik secara teoritis maupun melalui eksperimen.

C. Tujuan dan Kontribusi

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemilihan dua settlement awal pada permainan Catan menggunakan algoritma greedy.

Secara lebih spesifik, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas suatu posisi settlement pada permainan Catan.
2. Merancang model heuristik yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu posisi settlement.
3. Mengimplementasikan algoritma greedy untuk memilih dua settlement awal berdasarkan nilai heuristik yang diperoleh.
4. Membandingkan beberapa strategi permainan melalui analisis teoritis dan eksperimen.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pengembangan beberapa model heuristik yang merepresentasikan tujuan strategi permainan yang berbeda serta analisis efektivitas algoritma greedy dalam menentukan posisi settlement awal pada permainan Catan.

II. TEORI SINGKAT

A. Permainan Catan

Catan merupakan permainan papan multipemain yang umumnya dimainkan oleh tiga hingga empat orang pemain. Tujuan utama permainan adalah memperoleh sejumlah Victory Points (VP) yang menunjukkan tingkat perkembangan wilayah pemain.

Pada permainan standar, pemain yang pertama mencapai 10 Poin kemenangan dinyatakan sebagai pemenang. Poin kemenangan dapat diperoleh dari berbagai sumber, yaitu:

- Settlement = 1 Poin Kemenangan

- City = 2 Poin Kemenangan
- Longest Road = 2 Poin Kemenangan
- Largest Army = 2 Poin Kemenangan
- Victory Point Card = 1 Poin Kemenangan

Dengan demikian, kemenangan dalam Catan tidak hanya ditentukan oleh banyaknya sumber daya yang dimiliki pemain, tetapi juga oleh kemampuan pemain mengubah sumber daya tersebut menjadi pembangunan yang menghasilkan poin kemenangan.

Papan permainan Catan terdiri atas kumpulan petak heksagonal yang mewakili berbagai jenis sumber daya. Setiap petak memiliki nomor tertentu yang digunakan dalam mekanisme produksi sumber daya.

B. Resource Card, Building Cost, dan Development Card

Sumber daya merupakan elemen utama dalam permainan Catan. Seluruh pembangunan yang dilakukan pemain membutuhkan kombinasi sumber daya tertentu.

Terdapat lima jenis kartu sumber daya (resource cards) yang digunakan dalam permainan.

- Wood: Digunakan untuk pembangunan jalan dan settlement. Resource ini sangat penting pada fase awal permainan karena hampir seluruh aktivitas ekspansi memerlukan kayu.
- Brick: Digunakan bersama kayu untuk membangun jalan dan settlement. Sama seperti kayu, bata merupakan resource yang sangat bernilai pada tahap awal permainan.
- Sheep: Digunakan untuk pembangunan settlement dan pembelian development card.
- Wheat: Resource paling fleksibel karena digunakan pada pembangunan settlement, city, dan development card
- Ore: Digunakan untuk pembangunan city dan pembelian development card. Resource ini menjadi sangat penting pada tahap pertengahan hingga akhir permainan.

Kebutuhan sumber daya untuk setiap pembangunan ditunjukkan sebagai berikut:

- Road = 1 Wood + 1 Brick
- Settlement = 1 Wood + 1 Brick + 1 Sheep + 1 Wheat
- City = 3 Ore + 2 Wheat
- Development Card = 1 Ore + 1 Wheat + 1 Sheep

Selain pembangunan fisik, pemain juga dapat membeli Development Card menggunakan satu kartu bijih, satu kartu gandum, dan satu kartu domba. Kartu ini memberikan efek khusus yang dapat membantu pemain memperoleh keuntungan strategis selama permainan. Keberadaan development card membuat permainan Catan tidak hanya bergantung pada produksi sumber daya, tetapi juga pada kemampuan pemain memanfaatkan efek khusus yang tersedia.

C. Fase Permainan

Permainan Catan secara umum terdiri atas tiga fase utama, yaitu fase awal, fase pengembangan, dan fase akhir. Fase yang menjadi fokus utama penelitian ini adalah fase initial setup. Pada fase ini, setiap pemain secara bergantian menempatkan dua buah settlement dan dua buah road pada papan permainan. Settlement pertama ditempatkan mengikuti urutan giliran normal, sedangkan settlement kedua ditempatkan dengan urutan berlawanan. Posisi settlement yang dipilih akan menentukan jenis resource yang dapat diperoleh pemain, probabilitas produksi resource, potensi ekspansi wilayah pada

giliran berikutnya, kemudahan memperoleh resource tertentu, serta fleksibilitas strategi selama permainan.

Selain itu, settlement kedua memberikan resource awal kepada pemain berdasarkan petak yang terhubung dengan settlement tersebut.

Aturan penting yang harus diperhatikan pada fase ini adalah Distance Rule. Aturan tersebut menyatakan bahwa dua settlement tidak boleh dibangun pada node yang bersebelahan secara langsung. Karena keputusan yang diambil pada fase ini mempengaruhi seluruh jalannya permainan, banyak pemain menganggap initial setup sebagai salah satu tahap paling penting dalam permainan Catan.

D. Probabilitas Dadu

Produksi sumber daya pada permainan Catan ditentukan oleh hasil pelemparan dua buah dadu enam sisi. Jumlah kemungkinan hasil pelemparan adalah 36 kemungkinan. Setiap angka memiliki probabilitas kemunculan yang berbeda sesuai jumlah kombinasi yang menghasilkan angka tersebut. Misalnya, Angka 6 memiliki 5 kemungkinan yaitu {2,4}, {4,2}, {1,5}, {5,1}, dan {3,3}. Sedangkan, angka 2 hanya memiliki satu kemungkinan yaitu {1,1}. Distribusi probabilitasnya membentuk bel dengan nilai tertinggi di angka 7 dengan enam kemungkinan, namun angka 7 tidak menghasilkan produksi apa pun sehingga angka 6 dan 8 merupakan angka produksi paling bernilai. Akibatnya, lokasi settlement yang terhubung dengan petak bernomor 6 atau 8 umumnya memiliki nilai strategis yang lebih tinggi dibandingkan lokasi yang hanya terhubung dengan angka berprobabilitas rendah.

E. Heuristik

Heuristik adalah metode yang digunakan untuk memperoleh solusi yang baik dalam waktu yang relatif singkat melalui pemanfaatan pengetahuan mengenai karakteristik permasalahan yang sedang dihadapi. Metode heuristik berfokus pada pencarian solusi yang cukup baik dengan biaya komputasi yang lebih rendah. Secara matematis, fungsi heuristik dapat dinyatakan sebagai $S \rightarrow h(s)$ dengan:

- S adalah himpunan solusi yang mungkin.
- $h(s)$ adalah nilai heuristik solusi.

Nilai heuristik digunakan sebagai estimasi kualitas suatu solusi. Dalam konteks makalah ini, heuristik digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu posisi settlement berdasarkan karakteristik tertentu yang dianggap relevan terhadap strategi permainan.

F. Algoritma Greedy

Algoritma greedy merupakan algoritma yang membangun solusi secara bertahap dengan selalu memilih kandidat yang dianggap paling menguntungkan pada setiap langkah. Ide dasar algoritma greedy adalah membuat keputusan lokal terbaik dengan harapan menghasilkan solusi yang baik secara keseluruhan.

Komponen utama algoritma greedy terdiri atas:

1. Himpunan Kandidat: Berisi seluruh kandidat yang dapat dipilih pada setiap langkah algoritma.

2. Himpunan Solusi: Berisi kandidat yang telah dipilih sebagai bagian dari solusi akhir.
3. Fungsi Solusi: Menentukan apakah solusi yang dibangun telah lengkap atau belum.
4. Fungsi Seleksi: Memilih kandidat terbaik berdasarkan strategi greedy yang digunakan.
5. Fungsi Kelayakan: Memeriksa apakah kandidat yang dipilih memenuhi seluruh kendala permasalahan.
6. Fungsi Objektif: Mengukur kualitas solusi yang dihasilkan, baik dalam bentuk maksimisasi maupun minimisasi.

Pada penelitian ini, algoritma greedy digunakan untuk memilih posisi settlement berdasarkan nilai heuristik tertinggi yang masih memenuhi seluruh aturan permainan Catan, terutama aturan distance rule yang berlaku pada fase initial setup.

III. ANALISIS

A. Pemodelan Permasalahan

Pada fase Initial Setup, pemain harus memilih dua lokasi settlement dari sekumpulan node yang tersedia pada papan permainan. Setiap node memiliki karakteristik yang berbeda berdasarkan sumber daya yang terhubung, probabilitas kemunculan sumber daya tersebut, serta potensi pengembangan strategi yang dapat dilakukan pemain. Misalkan terdapat himpunan seluruh node yang tersedia:

$$N = \{n_1, n_2, \dots, n_m\}$$

Setiap node n_i memiliki atribut:

$$n_i = (R_i, P_i, T_i)$$

dengan:

1. R_i = himpunan resource yang terhubung,
2. P_i = nilai probabilitas produksi resource,
3. T_i = jumlah petak produktif yang bersinggungan dengan node.

Tujuan penelitian ini adalah memilih dua node: $S = \{s_1, s_2\}$ yang memberikan kualitas settlement awal terbaik sesuai strategi yang digunakan, dengan tetap memenuhi aturan permainan Catan. Permasalahan ini dapat dipandang sebagai masalah optimasi karena terdapat banyak kandidat yang dapat dipilih, namun hanya sebagian yang menghasilkan keuntungan strategis yang tinggi.

B. Asumsi Dasar

Perancangan heuristik pada penelitian ini didasarkan pada beberapa asumsi yang diperoleh dari mekanisme permainan Catan.

1. Semakin banyak petak produktif yang bersinggungan dengan settlement, semakin baik
Sebuah settlement dapat bersinggungan dengan maksimal tiga petak resource. Settlement yang hanya terhubung dengan satu atau dua petak memiliki peluang produksi resource yang lebih rendah dibandingkan settlement yang terhubung dengan tiga petak. Oleh karena itu jumlah petak produktif dianggap berbanding lurus dengan kualitas settlement.
2. Resource dengan probabilitas tinggi lebih bernilai

Petak bernomor 6 dan 8 memiliki peluang muncul lebih besar dibandingkan petak bernomor 2 atau 12. Akibatnya resource yang dihasilkan dari petak dengan probabilitas tinggi dianggap lebih bernilai.

3. Resource yang mendukung strategi tertentu memiliki nilai lebih tinggi

Tidak semua resource memiliki kepentingan yang sama untuk setiap strategi. Sebagai contoh, Expansion memerlukan Wood dan Brick, sedangkan City Rush memerlukan Ore dan Wheat. Karena itu resource yang mendukung tujuan strategi diberikan prioritas lebih tinggi.

4. Keragaman resource meningkatkan fleksibilitas
Semakin banyak jenis resource yang dimiliki pemain, semakin banyak pilihan pembangunan yang dapat dilakukan. Keragaman resource juga mengurangi ketergantungan terhadap trade.
5. Kualitas settlement awal dapat direpresentasikan menggunakan fungsi heuristik
Penelitian ini mengasumsikan bahwa kualitas suatu settlement dapat diperkirakan menggunakan kombinasi probabilitas, jenis resource, dan karakteristik strategi yang digunakan.

C. Pemilihan Algoritma Greedy

Pemilihan settlement awal merupakan proses pengambilan keputusan yang harus dilakukan dari sejumlah kandidat node yang tersedia. Pendekatan yang paling sederhana adalah mengevaluasi seluruh kemungkinan kombinasi dua settlement. Akan tetapi pendekatan tersebut menjadi kurang efisien ketika evaluasi dilakukan berulang kali pada banyak konfigurasi papan permainan. Oleh karena itu digunakan algoritma greedy yang secara bertahap memilih kandidat terbaik berdasarkan fungsi heuristik tertentu.

Pada penelitian ini digunakan satu kerangka algoritma greedy dengan tiga fungsi seleksi (selection function) yang berbeda. Perbedaan fungsi seleksi tersebut digunakan untuk merepresentasikan preferensi strategi yang berbeda dalam pemilihan settlement awal.

1) Expansion

Strategi Expansion bertujuan mempercepat pembangunan road dan settlement baru. Berdasarkan aturan permainan, dapat dilihat bahwa Wood dan Brick merupakan resource yang paling sering digunakan dalam proses ekspansi wilayah. Oleh karena itu strategi ini memprioritaskan node yang memiliki akses kuat terhadap kedua resource tersebut.

- Himpunan Kandidat
 $CE = \{n1, n2, \dots, nm\}$
- Himpunan Solusi
SE
- Fungsi Solusi
 $|SE| = 2$
- Fungsi Seleksi
 $SE = \max HE(n)$
 $HE(n) = 1000T(n) + 1000WB(n) + P(n)$
 $T(n)$ = jumlah petak produktif

$WB(n)$ = jumlah petak wood and brick

$P(n)$ = total bobot probabilitas

- Fungsi Kelayakan
Node harus memenuhi distance rule
- Fungsi Objektif
 $\max HE(n)$

2) City Rush

Strategi City Rush berusaha mempercepat pembangunan city. Pembangunan city membutuhkan City = 3 Ore + 2 Wheat Karena kebutuhan Ore dan Wheat sangat tinggi, strategi ini memprioritaskan kedua resource tersebut.

- Himpunan Kandidat
 $CC = \{n1, n2, \dots, nm\}$
- Himpunan Solusi
SC
- Fungsi Solusi
 $|SC| = 2$
- Fungsi Seleksi
 $SC = \max HC(n)$
 $HC(n) = 1000T(n) + 1000OW(n) + P(n)$
 $OW(n)$ = jumlah petak ore dan wheat
- Fungsi Kelayakan
Node harus memenuhi distance rule
- Fungsi Objektif
 $\max HC(n)$

3) Balanced

Strategi Balanced bertujuan memperoleh distribusi resource yang merata sehingga pemain memiliki fleksibilitas lebih besar dalam melakukan pembangunan. Strategi ini tidak memprioritaskan resource tertentu, melainkan berusaha memperoleh sebanyak mungkin jenis resource yang berbeda.

- Himpunan Kandidat
 $CB = \{n1, n2, \dots, nm\}$
- Himpunan Solusi
SB
- Fungsi Solusi
 $|SB| = 2$
- Fungsi Seleksi
 $SB = \max HB(n)$
 $HB(n) = 1000T(n) + 1000D(n) + P(n)$
 $D(n)$ = jumlah resource unik
- Fungsi Kelayakan
Node harus memenuhi distance rule
- Fungsi Objektif
 $\max HB(n)$

D. Analisis Algoritma Secara Teoretis

Ketiga algoritma greedy yang diusulkan memiliki fungsi seleksi yang berbeda sehingga diperkirakan akan menghasilkan karakteristik settlement yang berbeda pula. Secara umum, nilai heuristik setiap strategi dapat dituliskan sebagai:

$$H(n) = 1000T(n) + 1000X(n) + P(n)$$

dengan $X(n)$ merupakan komponen yang membedakan masing-masing strategi.

Pada strategi Expansion:

$$X(n)=WB(n)$$

sehingga node yang mengandung Wood dan Brick akan memperoleh nilai lebih tinggi.

Pada strategi City Rush:

$$X(n)=OW(n)$$

sehingga node yang mengandung Ore dan Wheat akan lebih diprioritaskan.

Pada strategi Balanced:

$$X(n)=D(n)$$

sehingga node dengan variasi resource yang lebih banyak akan lebih diprioritaskan.

Berdasarkan karakteristik tersebut, penelitian ini merumuskan hipotesis sebagai berikut.

1. Greedy Expansion akan menghasilkan settlement dengan nilai Wood-Brick lebih tinggi dibandingkan strategi lainnya.
2. Greedy City Rush akan menghasilkan settlement dengan nilai Ore-Wheat lebih tinggi dibandingkan strategi lainnya.
3. Greedy Balanced akan menghasilkan settlement dengan jumlah jenis resource unik lebih tinggi dibandingkan strategi lainnya.
4. Perbedaan fungsi seleksi pada algoritma greedy akan menghasilkan karakteristik settlement awal yang berbeda secara signifikan.

IV. EKSPERIMEN

A. Lingkungan dan Skenario Pengujian

Eksperimen dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh fungsi seleksi pada algoritma greedy terhadap kualitas settlement awal yang dihasilkan, serta dampaknya terhadap jalannya permainan. Pengujian diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Java dengan membangun agen cerdas (bot) yang berinteraksi di dalam simulator permainan Catan.

Terdapat tiga jenis bot yang diuji, masing-masing merepresentasikan strategi greedy yang berbeda:

- Expansion Bot: Menggunakan fungsi heuristik yang memprioritaskan perolehan wood dan brick.
- City Rush Bot: Menggunakan fungsi heuristik yang memprioritaskan perolehan ore dan wheat.
- Balanced Bot: Menggunakan fungsi heuristik yang memprioritaskan metrik keberagaman resource.

Pengujian dilakukan pada 50 konfigurasi papan permainan Catan yang di-generate secara acak untuk pengujian karakteristik settlement awal sedangkan lima konfigurasi untuk simulasi permainan penuh. Papan di-generate dengan tetap mengikuti standar aturan permainan, baik dari sisi distribusi jumlah petak sumber daya maupun probabilitas kemunculan angka. Pengujian menggunakan hasil tugas besar 2 IF2010 Pemrograman Berorientasi Objek yaitu Catan. Makalah kali ini hanya menambahkan tiga jenis bot untuk fitur permainan dengan bot yang sudah ada.

B. Hasil Pengujian Karakteristik Settlement Awal

Pada tahap ini, permainan dihentikan tepat setelah fase Initial Setup selesai (setelah setiap pemain menempatkan dua settlement dan dua road). Data yang dievaluasi adalah nilai objektif dari metrik Wood-Brick Score (WB), Ore-Wheat Score (OW), Diversity Score (D), dan Probability Score (P) dari posisi yang dipilih oleh masing-masing bot.

Pengujian dilakukan pada 50 konfigurasi papan acak. Rata-rata skor dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel

Greedy	Avg WB	Avg OW	Avg D	Avg P
Expansion	4.62	0.82	3.04	20.04
City Rush	0.74	4.64	3.16	20.64
Balanced	2.40	2.08	4.16	22.52

C. Analisis Karakteristik Settlement Awal

Berdasarkan Tabel 1, terlihat jelas bahwa perubahan fungsi heuristik pada masing-masing bot berhasil mengarahkan pencarian solusi lokal terbaik (local optimum) sesuai dengan tujuan strateginya.

- Analisis Expansion: Algoritma dengan strategi Expansion secara konsisten menghasilkan nilai Wood-Brick (WB) tertinggi dengan rata-rata 4.62, dan bahkan beberapa kali mencapai nilai maksimal absolut (6). Hal ini membuktikan bahwa pembobotan besar pada petak kayu dan bata dalam fungsi seleksinya berhasil memaksa bot untuk mencari simpul yang dominan dengan kedua sumber daya tersebut. Sebagai dampaknya, perolehan Ore-Wheat dikorbankan hingga turun drastis ke rata-rata 0.82.
- Analisis City Rush: Algoritma City Rush mencatatkan nilai Ore-Wheat (OW) yang sangat dominan dengan rata-rata 4.64 (dengan nilai maksimal mencapai 6). Sesuai rancangannya, bot ini mengabaikan ketersediaan kayu dan bata (rata-rata WB anjlok di 0.74) demi mengamankan lokasi di dekat pegunungan (Ore) dan ladang (Wheat), yang merupakan modal krusial untuk melakukan upgrade settlement menjadi city.
- Analisis Balanced: Balanced Bot menunjukkan nilai Diversity (D) yang paling stabil dan tinggi dengan rata-rata 4.16 (menyentuh angka maksimal 5). Menariknya, fungsi seleksi algoritma ini tidak hanya memberikan distribusi sumber daya yang merata (WB 2.40 dan OW 2.08), tetapi juga berhasil mencetak Probability Score (P) rata-rata tertinggi (22.52). Hal ini terjadi karena bot Balanced tidak membatasi ruang pencariannya pada tipe terrain tertentu, sehingga lebih leluasa mengambil titik singgung dengan angka dadu berprobabilitas tinggi.

D. Hasil Simulasi Permainan

Untuk mengamati dampak dari penempatan awal terhadap berjalannya permainan, pengujian dilanjutkan dengan simulasi permainan penuh. Mengingat tingginya beban komputasi untuk menjalankan pengambilan keputusan algoritma pada setiap giliran, simulasi dibatasi sebanyak 5 permainan penuh hingga ada bot yang mencapai minimal 10 VP (Victory Points).

Performa dievaluasi berdasarkan persentase kemenangan (Win Rate), rata-rata poin (VP), serta rata-rata pembangunan WatchPost (1 VP), Laboratory (2 VP), dan perolehan Special Card (Largest Army atau Longest Road, masing-masing 2 VP). Beberapa selisih total VP dengan aset fisik di papan disebabkan oleh perolehan kartu Victory Point rahasia dari tumpukan Development Card.

Greedy	Win Rate	Avg Settlement	Avg City	Avg Special Card	Avg VP
Expansion	0%	3.4	0.0	0.2	4.4
City Rush	40%	0.6	2.6	0.6	8.4
Balanced	60%	2.8	1.6	1.0	9.8

E. Analisis Simulasi Permainan

Hasil dari lima simulasi permainan sebelumnya memperlihatkan dengan dampak yang dipilih oleh setiap fungsi seleksi pada fase setup awal.

- Bot Expansion ini berhasil mengeksekusi strateginya untuk memperluas wilayah (rata-rata memiliki 3.4 WatchPost), namun mencatatkan Win Rate 0% dengan rata-rata VP terendah (4.4). Kekurangan akses terhadap Ore dan Wheat membuatnya sama sekali tidak mampu melakukan upgrade menjadi Laboratory (rata-rata 0). Bot ini mengalami stagnasi di pertengahan permainan karena kehabisan ruang bangun dan tidak bisa membeli Development Card.
- Dengan Win Rate 40% dan rata-rata 8.4 VP, bot City Rush ini membuktikan efektivitas taktik vertikal. Meskipun sangat jarang membangun WatchPost baru (rata-rata 0.6), ia berhasil mengubah settlement awalnya menjadi Laboratory secara masif (rata-rata 2.6). Namun, kurangnya Diversity membuatnya rentan terhadap Robber dan sangat bergantung pada angka dadu tertentu, sehingga performanya fluktuatif (pernah hanya mendapat 6 VP).
- Greedy Balanced keluar sebagai pemenang dominan dengan Win Rate 60% dan rata-rata 9.8 VP. Nilai Diversity yang tinggi sejak setup awal memungkinkannya menyeimbangkan pembangunan WatchPost (rata-rata 2.8) dan Laboratory (rata-rata 1.6). Ketersediaan sumber daya yang merata juga membuat bot ini selalu berhasil memonopoli Special Card di setiap permainan (rata-rata 1.0), baik melalui rantai jalan yang panjang (Longest Road) maupun pembelian kartu Knight secara stabil (Largest Army).

Hasil ini menegaskan bahwa strategi greedy yang terlalu agresif mengejar satu parameter (Wood/Brick atau Ore/Wheat) justru menciptakan bottleneck. Solusi terbaik pada Catan dimenangkan oleh algoritma heuristik yang memprioritaskan variansi.

F. Verifikasi Hipotesis

Berdasarkan hasil eksperimen empiris dari 50 papan setup awal dan 5 simulasi permainan penuh, verifikasi hipotesis yang dirumuskan pada Bab III dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Hipotesis	Pernyataan	Status
-----------	------------	--------

H1	Greedy Expansion menghasilkan rata-rata Wood-Brick tertinggi.	Diterima
H2	Greedy City Rush menghasilkan rata-rata Ore-Wheat tertinggi.	Diterima
H3	Greedy Balanced menghasilkan Diversity resource tertinggi.	Diterima
H4	Perbedaan fungsi seleksi greedy berdampak signifikan terhadap karakteristik setup dan hasil akhir jalannya permainan.	Diterima

G. Keterbatasan Penelitian

Penelitian dan implementasi eksperimen ini memiliki beberapa batasan:

- Waktu Komputasi: Tingginya kompleksitas permainan untuk bot di fase main phase membatasi simulasi penuh hanya dapat dijalankan sebanyak lima permainan.
- Cakupan Heuristik: Fungsi objektif yang dievaluasi pada penelitian ini berfokus eksklusif pada fase Initial Setup. Perilaku bot pada fase trade, peletakan Robber, dan prioritas pembelian kartu di fase selanjutnya belum dioptimisasi menggunakan algoritma cerdas yang lebih spesifik, sehingga masih terdapat elemen probabilistik yang memengaruhi hasil akhir.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menganalisis dan mengimplementasikan algoritma greedy dalam pemilihan dua settlement awal pada permainan Catan menggunakan tiga fungsi heuristik yang berbeda, yaitu Expansion, City Rush, dan Balanced. Berdasarkan hasil eksperimen dan simulasi yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma greedy terbukti efektif untuk mencari hasil terbaik pada fase initial setup. Dengan merancang fungsi seleksi yang tepat, perilaku bot dapat dikendalikan sesuai target strategi masing-masing. Hal ini dibuktikan oleh Expansion Bot yang berhasil mendominasi perolehan Wood-Brick (rata-rata 4.62) dan City Rush Bot yang unggul pada Ore-Wheat (rata-rata 4.64).
2. Metrik Diversity dan Probability memainkan peran yang sangat krusial di awal permainan. Strategi yang berfokus pada keberagaman sumber daya terbukti mampu membuka ruang pencarian yang lebih luas untuk mendapatkan node dengan Probability dadu yang tinggi (rata-rata 22.52 pada Balanced Bot).

3. Keberhasilan mencapai local optimum di fase awal tidak menjamin tercapainya global optimum untuk memenangkan permainan. Strategi awal yang terlalu ekstrem mengejar satu jenis resource justru menciptakan bottleneck di pertengahan game. Kondisi ini membuat bot terjebak pada trade yang mahal dan sangat rentan mati kutu saat letak resource utamanya diblokir oleh Robber.
4. Balanced Bot meraih Win Rate tertinggi sebesar 60% dengan rata-rata 9.8 Victory Points. Resource yang merata memungkinkannya untuk berkembang dengan lancar, baik untuk melakukan ekspansi jalan, upgrade bangunan, maupun memperebutkan special card secara konsisten.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas kekuatan, tekad, dan kesempatan yang diberikan untuk menyelesaikan makalah ini. Penulis juga menyampaikan penghargaan yang mendalam kepada Ir. Rila Mandala, M.Eng., Ph.D., dosen mata kuliah IF2211 Strategi Algoritma, atas bimbingan dan dukungan yang penuh dedikasi, yang telah menjadi sumber inspirasi sepanjang perjalanan pengajarannya bersama para mahasiswa.

LAMPIRAN

Github: <https://github.com/naufalromi/tugas-besar-2-tsr-public>
Cara menjalankan simulasi:

1. Clone repository
2. Masuk ke folder
3. Jalankan `./run_simulation.sh`

REFERENSI

- [1] M, R. (2026a). Algoritma Greedy. In Bahan Kuliah IF2211 Strategi Algoritma. [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2025-2026/05-Algoritma-Greedy-\(2026\)-Bag2.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2025-2026/05-Algoritma-Greedy-(2026)-Bag2.pdf)
- [2] M, R. (2026b). Algoritma Greedy. [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2025-2026/06-Algoritma-Greedy-\(2026\)-Bag3.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2025-2026/06-Algoritma-Greedy-(2026)-Bag3.pdf)
- [3] Rinaldi, M., Program Studi Teknik Informatika, & Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB. (2026). Algoritma Greedy (Bagian 1). [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2025-2026/04-Algoritma-Greedy-\(2026\)-Bag1.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2025-2026/04-Algoritma-Greedy-(2026)-Bag1.pdf)
- [4] Teuber, K. (n.d.). Game rules. https://www.catan.com/sites/default/files/2021-06/catan_base_rules_2020_200707.pdf
- [5] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). *Introduction to Algorithms, third edition*. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.708.9446>

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 19 Juni 2026



Muhammad Naufal Romi Annafi | 13524058