

Penerapan Algoritma Greedy pada Permainan Splendor

Steven Tjhia - 13522103

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
E-mail (gmail): stjhia5.ss@gmail.com

Abstrak—Splendor merupakan permainan papan yang dapat dimainkan dua hingga empat orang. Permainan ini memerlukan keterampilan dalam mengatur sumber daya, membuat perencanaan, dan melakukan pengambilan keputusan dengan cermat. Dengan demikian, kita tidak dapat bermain dengan asal-asalan jika kita ingin memenangkan permainan ini. Pertimbangan yang matang sangat diperlukan untuk memenangkan permainan ini. Kemudian timbul pertanyaan: apakah permainan ini dapat dimenangkan dengan menerapkan algoritma *Greedy*? Algoritma *greedy* terkenal dapat mengambil keputusan terbaik berdasarkan keadaan saat ini. Maka dari itu, seharusnya algoritma *greedy* dapat memenangkan permainan Splendor. Setelah dilakukan pengujian, ternyata memang benar bahwa algoritma *greedy* dapat diterapkan pada permainan Splendor dan memenangkan permainan tersebut.

(Sumber: <https://www.britannica.com/sports/backgammon>)

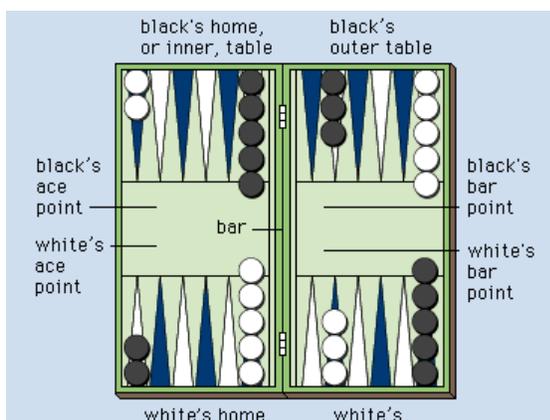
Splendor merupakan permainan papan yang dapat dimainkan mulai dari dua hingga empat pemain. Permainan ini memerlukan kemampuan dalam perencanaan dan pengambilan keputusan yang cermat untuk mengumpulkan 15 poin secepat mungkin. Terdapat beberapa variasi pilihan langkah yang dapat diambil pada setiap giliran. Setiap pilihan langkah yang diambil tentu akan memberikan nilai keuntungan yang berbeda-beda. Secara umum tentunya kita akan mengambil langkah yang paling menguntungkan saat itu juga, namun bagaimana kita mendefinisikan tingkat keuntungan tersebut? Maka dari itu, penelitian ini akan menganalisis penerapan algoritma *Greedy* pada permainan Splendor supaya dapat memenangkan permainan tersebut.

Kata Kunci—*Greedy; Splendor; Boardgame*

II. TEORI DASAR

I. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman tidak hanya berpengaruh pada kemajuan teknologi saja, tetapi juga industri permainan, terutama permainan papan. Permainan papan pertama kali muncul dan dimainkan di Mesir sekitar tahun 3100 SM, tetapi belum diketahui secara jelas mekanisme permainan papan tersebut. Selain Mesir, ada juga Mesopotamia yang lebih dari 5000 tahun yang lalu menemukan permainan papan bernama Backgammon.



Gambar 1 Permainan papan Backgammon dari Mesopotamia

A. Splendor

Splendor adalah permainan papan berbasis kartu yang dapat dimainkan oleh 2-4 orang. Permainan ini dirancang oleh Marc André, diilustrasikan oleh Pascal Quidault, dan dipublikasikan oleh *Space Cowboys* pada tahun 2014. Permainan ini pernah memenangkan berbagai penghargaan, salah satunya adalah 2014 *Golden Geek Award for Best Family Board Game*. Splendor mengambil tema yang berlatarkan zaman Renaissance dan kita sebagai pemainnya merupakan pedagang permata yang akan mengelola penambangan permata, transportasi, dan toko permata untuk mendapatkan poin yang disebut *prestige points*. Para pemain akan saling berkompetisi untuk mendapatkan 15 *prestige points* dan yang berhasil mendapatkan 15 *prestige points* terlebih dahulu yang akan menang.

Permainan Splendor memiliki beberapa komponen, diantaranya:

1) **Token** --- merepresentasikan permata sesuai warnanya masing-masing. Untuk token yang berwarna emas dapat digunakan untuk menggantikan token warna apapun, jadi semacam *wildcard*. Untuk ketentuan jumlah token yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Dua pemain : setiap token berjumlah 4, kecuali token emas berjumlah 5 token.
- Tiga pemain : setiap token berjumlah 5 (termasuk token emas).

- Empat pemain : setiap token berjumlah 7, kecuali token emas berjumlah 5.



Gambar 2 Komponen pada Permainan Splendor: Token
(Sumber: screenshot)

2) **Kartu** --- terdapat tiga tingkatan: baris paling bawah, baris tengah, dan baris atas. Pada umumnya kartu pada baris paling bawah memiliki harga yang murah tetapi *prestige point* yang didapatkan juga sedikit. Kartu pada baris tengah pada umumnya memiliki harga yang cukup mahal tetapi *prestige point* yang didapatkan juga lumayan banyak. Sedangkan kartu pada baris paling atas memiliki harga yang mahal tetapi *prestige point* yang didapatkan juga banyak. Adapun beberapa informasi pada sebuah kartu, yaitu:

- Cost*: jumlah permata yang diperlukan untuk membeli kartu tersebut, harus terpenuhi untuk setiap warna permata yang ada pada kartu tersebut.
- Prestige point*: jumlah *prestige point* yang didapatkan jika memiliki kartu tersebut.
- Permata: jumlah permata yang kita miliki bertambah 1 secara permanen sesuai warna permata pada kartu tersebut.



Gambar 3 Komponen pada Permainan Splendor: Kartu
(Sumber: screenshot)

3) **Noble** --- akan didapatkan jika jumlah kartu untuk setiap warna telah terpenuhi, kartu tidak ditukarkan (kartu tetap ada). Kemudian mendapatkan *prestige point* sesuai dengan angka yang tertera pada *noble* tersebut. Mekanisme pengambilan *noble* adalah otomatis; begitu jumlah kartu yang

dimiliki telah memenuhi *cost* yang diperlukan untuk memiliki *noble* tersebut maka *noble* tersebut otomatis menjadi milik pemain tersebut. Jumlah *noble* yang berada dalam permainan yaitu sebesar (jumlah pemain) + 1:

- Dua pemain: 3 *noble*.
- Tiga pemain: 4 *noble*.
- Empat pemain: 5 *noble*.



Gambar 4 Komponen pada Permainan Splendor: Noble
(Sumber: screenshot)

Setelah mengetahui komponen-komponen pada permainan Splendor, selanjutnya akan dijelaskan aturan-aturan pada permainan Splendor. Permainan Splendor dimulai dengan 0 *prestige points* pada masing-masing pemain. Selanjutnya adalah penentuan giliran pemain, metode pengurutan pemain dibebaskan: dapat menggunakan dadu, *hom-pim-pa*, ataupun cara lainnya. Setelah itu dimulailah giliran pemain pertama. Untuk setiap giliran, pemain dapat melakukan beberapa hal berikut:

1) Mengambil Token

- Jika warna token yang diambil berbeda semua, ambil maksimal 3 token.
- Jika warna token yang diambil sama dan token dengan warna tersebut tersisa lebih besar atau sama dengan 4, ambil maksimal 2 token.
- Jika warna token yang diambil sama dan token dengan warna tersebut tersisa 3, ambil maksimal 1 token.
- Jika token dengan warna sama tersisa lebih kecil atau sama dengan 2, tidak dapat mengambil 2 token dengan warna sama tersebut; harus memilih pilihan (a).
- Token warna emas tidak dapat diambil, hanya bisa didapatkan dengan melakukan reservasi kartu.
- Maksimal token yang bisa dimiliki adalah 10 token.



Gambar 5 Mengambil Token dengan warna yang berbeda semua
(Sumber: screenshot)



Gambar 6 Mengambil Token dengan warna yang sama
(Sumber: screenshot)

2) Membeli Kartu

- Jika memiliki permata (jumlah kartu permata + token permata) yang cukup, maka dapat membeli kartu tersebut dan token permata akan berkurang, sedangkan kartu permata tetap ada (diprioritaskan menggunakan kartu permata).
- Jika permata yang dimiliki (jumlah kartu permata + token permata) tidak mencukupi dapat melakukan reservasi kartu.



Gambar 7 Membeli kartu
(Sumber: screenshot)

3) Reservasi Kartu

- Setiap giliran hanya boleh melakukan reservasi pada satu kartu.
- Jumlah maksimal kartu yang boleh direservasi dalam satu waktu adalah 3 kartu.
- Setiap melakukan reservasi kartu akan mendapatkan satu Token emas yang berfungsi sebagai *wildcard* (dapat menggantikan Token yang lain).
- Kartu yang sudah direservasi dapat ditebus dengan membelinya ketika sudah memiliki jumlah permata (jumlah kartu permata + token permata) yang mencukupi untuk membeli kartu tersebut.
- Jika token emas habis, tidak dapat melakukan reservasi kartu.



Gambar 8 Reservasi Kartu



Gambar 9 Kartu yang direservasi
(Sumber: screenshot)

4) Menebus Kartu

- Kartu yang telah direservasi dapat ditebus jika sudah memiliki jumlah permata (jumlah kartu permata + token permata) yang mencukupi, penebusan kartu ini diitung sebagai satu giliran.



Gambar 10 Menebus/membeli kartu yang direservasi
(Sumber: screenshot)

Lakukan langkah tersebut pada setiap giliran pemain sampai ada pemain yang memiliki 15 *prestige point*.

B. Algoritma Greedy

Algoritma *Greedy* adalah algoritma yang menyelesaikan suatu persoalan dengan memecah masalah dan menyelesaikannya secara step-by-step. Pada tiap langkah, program dengan algoritma greedy akan mengambil pilihan terbaik yang akan memberikan hasil optimal pada saat itu dengan prinsip *take what you can get now*, tanpa memikirkan konsekuensinya ke depan, bahkan jika sebenarnya ada pilihan yang lebih menguntungkan di akhir namun kurang terlihat menguntungkan di awal. Dalam Algoritma Greedy tidak diperbolehkan melakukan *backtracking* sehingga pemrogram diharapkan untuk memilih solusi yang paling optimal pada langkah tersebut (*local optimum*). Hal ini dilakukan dengan harapan solusi-solusi optimum lokal tersebut akan menghasilkan solusi yang optimum untuk keseluruhan persoalan (*global optimum*).

Elemen-elemen dalam algoritma greedy antara lain sebagai berikut:

- Himpunan kandidat (C) yang berisi kandidat yang akan dipilih pada setiap langkah.
- Himpunan solusi (S) yang berisi kandidat terpilih.
- Fungsi solusi (solution function) yang merupakan fungsi untuk mengecek apakah himpunan kandidat yang terpilih sudah memberikan solusi.
- Fungsi seleksi (selection function) yang memilih kandidat berdasarkan algoritma greedy tertentu.
- Fungsi kelayakan (feasibility function) yang memeriksa apakah kandidat yang terpilih dapat dimasukkan ke dalam himpunan solusi.
- Fungsi objektif (objective function) yang merupakan fungsi untuk memaksimalkan atau meminimumkan.

III. APLIKASI ALGORITMA GREEDY

Terdapat berbagai strategi penerapan algoritma *Greedy* pada permainan Splendor: *Greedy by Card Density* (fokus mendapatkan poin dari kartu), *Greedy by Noble Density* (fokus

mendapatkan poin dari *noble*), Gabungan (gabungan keduanya).

A. Greedy by Card Density

Strategi *Greedy by Card Density* berfokus mendapatkan *prestige point* dari kartu.

Mapping Elemen Greedy

- Himpunan kandidat: seluruh kemungkinan langkah yang diambil pada saat giliran pemain tersebut.
- Himpunan solusi: himpunan langkah yang diambil.
- Fungsi solusi: memeriksa apakah *prestige point* lebih besar atau sama dengan 15.
- Fungsi seleksi: memilih kartu dengan *density* ($\{\textit{prestige point}\} / \{\text{jumlah token yang belum terpenuhi}\}$) paling besar.
- Fungsi kelayakan: memeriksa apakah permata yang dimiliki mencukupi, jika tidak mencukupi dapat melakukan reservasi, jika reservasi sudah penuh, maka prioritaskan menebus kartu yang direservasi terlebih dahulu.
- Fungsi objektif: *prestige point* yang didapatkan maksimum.

B. Greedy by Noble Density

Strategi *Greedy by Noble Density* berfokus mendapatkan *prestige point* dari *noble*.

Mapping Elemen Greedy

- Himpunan kandidat: seluruh kemungkinan langkah yang diambil pada saat giliran pemain tersebut.
- Himpunan solusi: himpunan langkah yang diambil.
- Fungsi solusi: memeriksa apakah *prestige point* lebih besar atau sama dengan 15.
- Fungsi seleksi: memilih kartu yang akan melengkapi kebutuhan kartu pada *noble*, utamakan *noble* yang memiliki *density* ($\{\textit{prestige point}\} / \{\text{jumlah kartu yang belum terpenuhi}\}$) paling besar.
- Fungsi kelayakan: memeriksa apakah *noble* masih ada atau sudah diambil terlebih dahulu oleh orang lain. Jika *noble* sudah diambil terlebih dahulu oleh orang lain, maka tujuan saat ini menyesuaikan dengan kondisi saat itu juga.
- Fungsi objektif: *prestige point* yang didapatkan maksimum.

C. Gabungan

Strategi ini merupakan gabungan dari kedua strategi diatas.

Mapping Elemen Greedy

- Himpunan kandidat: seluruh kemungkinan langkah yang diambil pada saat giliran pemain tersebut.
- Himpunan solusi: himpunan langkah yang diambil.
- Fungsi solusi: memeriksa apakah *prestige point* lebih besar atau sama dengan 15.

- Fungsi seleksi: jika terdapat beberapa *noble* yang memiliki *cost* kartu yang mirip, seperti misalnya *noble* pertama memerlukan 3 kartu biru, 3 kartu hijau, dan 3 kartu merah, sedangkan *noble* kedua memerlukan 3 kartu biru, 3 kartu hijau, dan 3 kartu putih, maka prioritaskan mengumpulkan kartu biru, hijau, merah, dan putih; fokuskan tujuan untuk membeli kartu pada baris paling bawah supaya memiliki kartu permata yang banyak sehingga untuk membeli kartu lain tidak memerlukan token yang banyak.
- Fungsi kelayakan: memeriksa apakah permata yang dimiliki mencukupi, jika tidak mencukupi dapat melakukan reservasi, jika reservasi sudah penuh, maka prioritaskan menebus kartu yang direservasi terlebih dahulu.
- Fungsi objektif: *prestige point* yang didapatkan maksimum.

Strategi yang digunakan adalah strategi gabungan karena strategi *Greedy by Card Density* dan *Greedy by Noble Density* dapat dilakukan secara bersamaan untuk menghasilkan pengambilan keputusan yang lebih baik.

IV. PENGUJIAN

Pengujian akan dilakukan sendiri melalui aplikasi Splendor secara *online*. Pada bagian pengujian ini akan ditampilkan gambar dan penjelasan pada *state* tersebut untuk setiap giliran pemain yang kita mainkan.

A) Hasil Pengujian

1) State 1



Lakukan reservasi pada kartu yang ditandai karena memiliki total *cost* yang paling kecil dan kartu permata berwarna biru dapat digunakan pada dua *noble*. Terlebih lagi, jika

dilihat dengan seksama, jika kita memiliki masing-masing warna sebanyak 3 kartu, maka kita bisa mendapatkan 4 *noble* sekaligus yang memiliki total 12 *prestige point*.

2) State 2



Lakukan reservasi pada kartu yang ditandai karena memiliki total *cost* yang paling kecil dan kartu permata berwarna putih dapat digunakan pada tiga *noble*.

3) State 3



Lakukan reservasi pada kartu yang ditandai karena memiliki total *cost* yang paling kecil dan kartu permata berwarna hijau dapat digunakan pada dua *noble*.

4) State 4

Menebus kartu permata biru untuk meringankan *cost* yang diperlukan untuk menebus kartu putih.

5) State 5



Lakukan reservasi kartu merah pada baris bawah paling kiri karena memiliki *density* paling besar dan kartu merah dapat digunakan pada tiga *noble*.

6) State 6



Mengambil dua token dengan warna yang sama yaitu biru untuk menebus kartu putih.

7) State 7



Menebus kartu putih supaya dapat meringankan *cost* untuk menebus kartu merah yang direservasi.

8) State 8



Lakukan reservasi pada kartu yang ditandai karena memiliki *density* yang besar dan kartu hijau dapat digunakan untuk mendapatkan 2 *noble*.

9) State 9



Mengambil 3 token dengan warna yang berbeda yaitu putih, merah, dan coklat untuk menebus kartu yang direservasi.

10) State 10



Menebus kartu yang ditandai supaya mendapatkan *prestige point* sebanyak 1 dan meringankan *cost* untuk menebus kartu hijau yang direservasi.

11) State 11



Mengambil tiga token dengan warna yang berbeda yaitu biru, merah, dan coklat untuk menebus kartu yang direservasi dan menabung untuk membeli kartu.

12) State 12



Melakukan reservasi kartu yang ditandai karena kita belum memiliki kartu coklat sama sekali dan kartu coklat dapat digunakan untuk 4 *noble*.

13) State 13



Menebus kartu yang ditandai supaya dapat melakukan reservasi lagi dan menambah kartu permata yang aktif.

14) State 14



Mengambil 3 token dengan warna hijau, putih, dan coklat untuk menebus kartu yang direservasi.

15) State 15

Menebus kartu coklat supaya kartu permata coklat menjadi aktif dan dapat meringankan *cost* untuk menebus kartu selanjutnya.

16) State 16



Menebus kartu yang ditandai agar kartu permata menjadi aktif dan dapat meringankan *cost* untuk membeli kartu yang lainnya.

17) State 17



Membeli kartu yang ditandai untuk menambah kartu merah.

18) State 18



Membeli kartu yang ditandai untuk menambah kartu hijau.

19) State 19



permata).

Membeli kartu yang ditandai secara gratis untuk meringankan *cost* yang diperlukan untuk mendapatkan *noble* (tidak memerlukan token karena sudah memiliki kartu

20) State 20



permata).

Membeli kartu yang ditandai secara gratis untuk meringankan *cost* yang diperlukan untuk mendapatkan *noble* (tidak memerlukan token karena sudah memiliki kartu

21) State 21



Membeli kartu yang ditandai secara gratis untuk meringankan *cost* yang diperlukan untuk mendapatkan *noble* (tidak memerlukan token karena

sudah memiliki kartu permata).

22) State 22



Melakukan reservasi pada kartu yang ditandai karena memiliki *density* yang besar.

23) State 23



Menebus kartu yang ditandai supaya menambah daya beli dan mengurangi *cost* untuk mendapatkan *noble*.

24) State 24



permata).

Membeli kartu yang ditandai secara gratis untuk meringankan *cost* yang diperlukan untuk mendapatkan *noble* (tidak memerlukan token karena sudah memiliki kartu

25) State 25



permata). Pada saat ini akan didapatkan sebuah *noble* karena telah melingkapi *cost* yang diperlukan *noble* tersebut.

Membeli kartu yang ditandai secara gratis untuk meringankan *cost* yang diperlukan untuk mendapatkan *noble* (tidak memerlukan token karena sudah memiliki kartu

26) State 26



permata). Pada saat ini akan didapatkan sebuah *noble* karena telah melingkapi *cost* yang diperlukan *noble* tersebut.

Membeli kartu yang ditandai secara gratis untuk meringankan *cost* yang diperlukan untuk mendapatkan *noble* (tidak memerlukan token karena sudah memiliki kartu

27) State 27



Membeli kartu yang ditandai secara gratis untuk meringankan *cost* yang diperlukan untuk mendapatkan *noble* (tidak memerlukan token karena sudah memiliki kartu permata). Pada saat ini akan didapatkan sebuah *noble* karena telah melingkapi *cost* yang diperlukan *noble* tersebut.

28) State 28



karena telah melingkapi *cost* yang diperlukan *noble* tersebut.

Mengambil 2 token dengan warna yang sama yaitu warna coklat untuk membeli kartu putih pada baris kartu paling atas. Pada saat ini akan didapatkan sebuah *noble*

29) State 29



Melakukan reservasi pada kartu yang ditandai untuk mendapatkan token emas dan juga *prestige point* pada kartu tersebut dan juga untuk memenuhi *cost* yang diperlukan *noble*.

30) State 30



permainan berakhir.

Menebus kartu yang ditandai supaya mendapatkan *prestige point* dan juga *noble* sehingga mendapatkan 19 *prestige point*. Karena *prestige point* lebih dari atau sama dengan 15, maka

31) Hasil



Permainan berhasil dimenangkan dengan algoritma *Greedy* mendapatkan 19 *prestige point* dalam 30 putaran pemain.

B. Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, algoritma *Greedy* yang digunakan berhasil membawa kita kepada kemenangan. Namun, apakah algoritma *Greedy* yang dirancang sudah pasti menghasilkan hasil yang optimal? Algoritma *Greedy* yang diterapkan memiliki kompleksitas waktu $O(n+m)$ dengan n adalah jumlah kartu dan m adalah jumlah warna token yang dapat diambil. Dalam kasus ini, algoritma *Greedy* yang digunakan belum pasti menghasilkan hasil yang selalu optimal karena sesuai dengan karakteristik algoritma *Greedy*, kita dapat terjebak pada *local optima*. Selain daripada itu juga terdapat faktor eksternal lainnya seperti keberuntungan dan peluang yang dimiliki masing-masing pemain tentunya berbeda, bisa jadi mereka bisa membaca langkah kita dan menghambat kita dengan menahan token-token yang kita butuhkan untuk mencapai tujuan kita. Namun setidaknya algoritma *Greedy* dapat menyelesaikan dengan baik pada kasus pengujian di atas.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, permainan Splendor dapat dimenangkan menggunakan algoritma *Greedy* dengan strategi gabungan yang mempertimbangkan *noble density* dan *card density*, tetapi tidak menjamin pasti menang karena terdapat faktor eksternal lain yang tidak dikalkulasikan seperti keberuntungan dan peluang setiap pemain yang berbeda-beda.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan ucapan syukur yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah menyertai selama pengerjaan makalah ini.
2. Orang tua penulis yang telah memberi dukungan yang tiada habisnya dan selalu menyemangati untuk selalu memberikan yang terbaik.
3. Dr. Ir. Rinaldi Munir sebagai pengampu mata kuliah IF2211 Strategi Algoritma di kelas K1 yang telah mengajari dan memberi bimbingan yang memperkaya pengetahuan penulis pada mata kuliah yang diajarkan.

REFERENCES

- [1] Apa itu Permainan Papan?. [online] Diakses dari: <https://www.twinkl.co.id/teaching-wiki/board-games>
- [2] Munir, Rinaldi. 2021. Algoritma *Greedy*. [online] Diakses dari: [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Greedy-\(2021\)-Bag1.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Greedy-(2021)-Bag1.pdf)
- [3] Splendor. [online] Diakses dari : <https://board-games.fandom.com/wiki/Splendor>

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, 12 Juni 2024



Steven Tjhia - 13522103