# Pendekatan Kombinatorika dalam Menganalisis Permainan di Seri Squid Game

Samantha Laqueenna Ginting - 13523138
*Program Studi Teknik Informatika*
*Sekolah Teknik Elektro dan Informatika*
*Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia*
lana.ginting@gmail.com, 13523138@std.stei.itb.ac.id

***Abstrak*—Kombinatorika merupakan sebuah cabang matematika yang sangat dekat dan relevan dalam kehidupan sehari-hari. Cabang matematika ini mempelajari perhitungan dari jumlah susunan objek-objek. Dalam seri fiksi berjudul Squid Game, konsep-konsep kombinatorika digunakan untuk mengidentifikasi langkah-langkah permainan. Dengan menghubungkan permainan pada teori matematis, makalah ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana konsep kombinatorika dapat diimplementasikan dalam konteks pengambilan keputusan.**

***Kata kunci*—Kombinatorika, Permainan, Objek, Squid Game.**

## I. Pendahuluan

Squid Game merupakan sebuah seri Netflix asal Korea Selatan yang mengisahkan tentang permainan bertahan hidup. Dalam cerita ini, sebanyak 456 orang yang berada dalam kesulitan ekonomi diundang ke sebuah arena permainan rahasia. Rangkaian permainan yang akan mereka mainkan merupakan permainan anak-anak. Namun, yang tidak mereka ketahui adalah bahwa setiap pemain yang tereliminasi dalam salah satu permainannya akan ditembak mati.

Kombinatorika merupakan cabang matematika yang mempelajari perhitungan, pengaturan, dan struktur diskrit. Dalam konteks permainan Squid Game, kombinatorika diaplikasikan untuk mengidentifikasi langkah-langkah dan menentukan jumlah kemungkinan strategi. Jika ditelusuri lebih lanjut, aplikasi kombinatorika pada permainan-permainan Squid Game dapat digunakan untuk memperhitungkan peluang bertahan hidup pemain.

Makalah ini akan menganalisis kombinasi dalam beberapa permainan Squid Game yang cukup sulit dengan menggunakan pendekatan kombinatorika. Konsep-konsep kombinatorika yang digunakan antara lain permutasi, kombinasi, kaidah dasar menghitung, teori graf dan implementasinya, serta prinsip-prinsip lainnya. Permainan yang dianalisa pada makalah ini adalah **Glass Stepping Stones**, **Rock, Paper, Scissor Minus One & Russian Roulette**, dan **Mingle**.

## II. Landasan Teori

### A. Definisi Kombinatorika

Kombinatorika (*combinatorics*) adalah sebuah studi untuk menentukan dan menghitung penyusunan objek-objek tanpa harus mengenumerasi semua kemungkinan susunannya. Cabang matematika modern ini berkembang begitu pesat karena kedekatan dan relevansinya dengan kehidupan sehari-hari.

Terdapat tiga permasalahan mendasar dalam kombinatorika yaitu, *The Existence Problem*, *The Counting Problem*, dan *The Optimization Problem*. *The Existence Problem* membahas apakah dapat dibentuk seminimal mungkin satu susunan dari objek-objek tertentu. *The Counting Problem* menghitung banyaknya susunan yang dapat dibentuk. Sementara *The Optimization Problem* menentukan susunan terbaik dari segala susunan yang ada, sesuai dengan kriteria tertentu.

### B. Kaidah Dasar Menghitung (*Basic Counting Rules*)

Dalam *The Counting Problem*, terdapat dua kaidah dasar menghitung yang digunakan sebagai dasar perhitungan kombinatorial.

1. Kaidah Perkalian (*Rule of Product*)

   Misal suatu kejadian dapat terjadi dengan $n_1$ cara. Kemudian, kejadian yang berbeda dapat terjadi dengan $n_2$ cara tanpa dipengaruhi oleh kejadian sebelumnya, lalu kejadian yang lain dapat terjadi dengan $n_3$ cara tanpa dipengaruhi oleh dua kejadian sebelumnya, dan begitu pula dengan kejadian-kejadian lainnya. Disimpulkan bahwa kejadian-kejadian tersebut dapat terjadi sebanyak
   $$n_1 \times n_2 \times n_3 \times ...$$
   cara.
2. Kaidah Penjumlahan (*Rule of Sum*)

   Jika suatu kejadian dapat terjadi dengan $n_1$ cara, kemudian sebuah kejadian lain dapat terjadi dengan $n_2$ cara, lalu sebuah kejadian yang berbeda kembali dapat terjadi dengan $n_3$ cara, dan seterusnya, maka terdapat
   $$n_1 + n_2 + n_3 + ...$$
   cara dimana hanya satu dari banyak kejadian yang dapat terjadi.

### C. Prinsip Inklusi dan Eksklusi

Inklusi dan eksklusi adalah teknik yang digunakan untuk menghitung jumlah elemen dalam gabungan beberapa himpunan dengan memperhitungkan interseksi (*intersection*) atau elemen gabungan antar himpunan. Dalam konteks kombinatorika, prinsip ini digunakan untuk menghitung cara-cara yang dapat terjadi dalam gabungan beberapa kejadian.

Misal dalam sebuah kejadian terdapat tiga buah cara ($A$, $B$, dan $C$) dimana kejadian tersebut dapat terjadi. Beberapa elemen dari ketiga cara tersebut dapat masuk ke lebih dari satu buah cara (terjadinya interseksi). Maka, untuk menghitung total cara dari kejadian tersebut,

$$|A \cup B \cup C| =$$
$$|A|+|B|+|C|-|A\cap B|-|A\cap C|-|B\cap C|+|A\cup B\cup C|$$

D. Permutasi

Permutasi adalah banyaknya urutan atau cara yang berbeda dari penempatan objek atau kejadian tertentu. Permutasi juga merupakan bentuk khusus dari aplikasi kaidah perkalian.

Misalkan jumlah objek adalah $n$, maka,

*urutan pertama dipilih dari $n$ objek,*
*urutan kedua dipilih dari $n-1$ objek,*
*urutan ketiga dipilih dari $n-2$ objek,*
...
*urutan terakhir dipilih dari $1$ objek yang tersisa.*

Menurut kaidah perkalian, permutasi dari $n$ buah objek adalah

$$n(n-1)(n-2)...(2)(1) = n!$$

Jika terdapat kemungkinan urutan $r$ buah elemen yang harus dipilih dari $n$ buah elemen, dengan $r \leq n$, permutasi $r$ dari $n$ dapat dihitung sebagai berikut

$$P(n,r) = n(n-1)(n-2)...(n-(r-1)) = \frac{n!}{(n-r)!}$$

(dalam hal ini, setiap kemungkinan urutan tidak mempunyai elemen yang sama).

E. Kombinasi

Kombinasi merupakan bentuk khusus dari permutasi. Bentuk ini memperhitungkan banyak cara pengaturan dari objek-objek yang sama, tanpa memperhatikan urutan dari objek-objek tersebut.

Kombinasi $r$ elemen dari $n$ buah elemen, dengan $r \leq n$, adalah jumlah pemilihan tidak terurut $r$ elemen yang diambil dari $n$ buah elemen. Kombinasi ini dapat dihitung sebagai berikut

$$C(n,r) = \frac{n(n-1)(n-2)...(n-(r-1))}{r!} = \frac{n!}{r!(n-r)!}$$

Kombinasi dapat diinterpretasikan sebagai banyaknya himpunan bagian yang terdiri dari $r$ elemen yang dpaat dibentuk dari himpunan dengan $n$ elemen.

F. Permutasi dan Kombinasi Bentuk Umum

Misalkan terdapat $n$ buah objek yang tidak seluruhnya berbeda, terdapat beberapa objek yang identik. Jika seluruh objek berbeda (tidak ada yang identik), cara pengaturan dapat dihitung menggunakan permutasi. Jumlah cara pengaturan $n$ buah objek yang tidak seluruhnya berbeda ke dalam $r$ buah susunan adalah,

$$P(n; n_1, n_2, ..., n_k) = \frac{P(n,n)}{n_1!n_2!...n_k!} = \frac{n!}{n_1!n_2!...n_k!}.$$

Cara pengaturan juga dapat dihitung dengan kombinasi, yang akan menghasilkan formula yang sama,

$$C(n; n_1, n_2, ..., n_k) = \frac{n!}{n_1!n_2!...n_k!}.$$

G. Implementasi Kombinatorika: Prinsip Sarang Merpati

Prinsip Sarang Merpati didefinisikan sebagai berikut. Jika $n+1$ atau lebih objek ditempatkan di dalam $n$ buah kotak, maka paling sedikit terdapat satu kotak yang berisi dua atau lebih objek.

Prinsip ini juga dapat dirampatkan. Jika terdapat $M$ objek yang ditempatkan di dalam $n$ buah kotak, maka paling sedikit terdapat satu kotak yang berisi minimal $\lfloor \frac{M}{n} \rfloor$ objek.

H. Teori Graf

Teori graf merupakan aplikasi kombinatorika yang mempelajari tentang struktur diskrit. Fungsi dari graf adalah untuk merepresentasikan dan memodelkan hubungan atau koneksi di antara berbagai entitas. Sebuah graf dapat dinotasikan sebagai berikut,

$$G = (V, E).$$

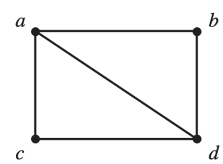


Fig. 1. Graf

$V$ merupakan himpunan dari simpul atau *vertices*, yang merepresentasikan titik atau objek dalam graf. Simpul pada Fig. 1 adalah $a, b, c$, dan $d$. $E$ merupakan himpunan dari sisi atau *edges* yang merepresentasikan hubungan atau koneksi antar dua simpul. Contoh sisi dari graf Fig. 1 adalah sisi $(a, b)$ dan $(a, d)$.

1. Graf Berdasarkan Orientasi Arah

Berdasarkan orientasi arah pada sisinya, graf dapat dibedakan menjadi dua, yaitu graf berarah dan graf tidak berarah.

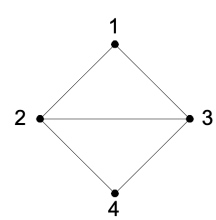


Fig. 2. Contoh Graf Tidak Berarah

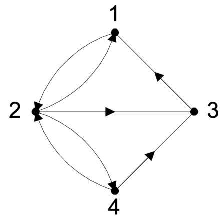


Fig. 3. Contoh Graf Berarah

2. Derajat Simpul

Sebuah simpul mempunyai derajat. Derajat adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Contoh, pada Fig. 2, simpul 2 mempunyai derajat tiga, sementara simpul 4 hanya mempunyai derajat dua.

Pada graf berarah, derajat simpul dibedakan menjadi dua, derajat masuk atau *in-degree* dan derajat keluar atau *out-degree*. Derajat masuk merupakan jumlah sisi yang masuk ke simpul, sementara derajat keluar merupakan jumlah sisi yang keluar dari simpul. Pada Fig. 3, simpul 4 adalah simpul yang berderajat masuk satu dan berderajat keluar dua.

3. Keterhubungan Graf

Dalam teori graf, terdapat sebuah konsep bernama keterhubungan atau *connection*. Suatu graf dikatakan terhubung jika terdapat lintasan antara setiap pasangan simpul.

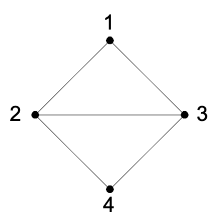


Fig. 4. Contoh Graf Terhubung

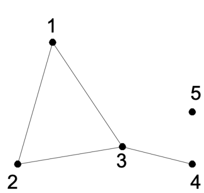


Fig. 5. Contoh Graf Tidak Terhubung

I. Implementasi Teori Graf: Breadth First Search (BFS)

Breadth First Search adalah algoritma pencarian dalam teori graf yang digunakan untuk mencari elemen-elemen (yang direpresentasikan oleh simpul) dalam graf. Algoritma ini bekerja dengan cara mengunjungi semua simpul pada suatu tingkat kedalaman sebelum melanjutkan pencariannya ke tingkat yang lebih dalam.

BFS memiliki berbagai aplikasi, termasuk dalam mencari jalur terpendek dalam graf, menemukan komponen terhubung dalam graf, dan memecahkan teka-teki seperti labirin dan Sudoku.

## III. Pembahasan

### A. Glass Stepping Stones

Permainan Glass Stepping Stones pada musim pertama seri Squid Game, mengharuskan pemain untuk menyebrang melalui panel-panel kaca. Permainan terdiri dari 36 panel kaca yang tersusun dalam dua baris sejajar, dengan masing-masing baris memiliki 18 panel.

Seorang pemain mempunyai opsi untuk melompat ke panel kiri atau panel kanan. Namun, salah satu dari dua panel yang akan dilompati merupakan panel kaca yang lebih lemah. Jika mereka menginjak panel tersebut, mereka akan terjatuh dan tereliminasi dari permainan. Pemain mempunyai misi untuk menebak panel mana yang aman untuk diinjak agar sampai ke seberang dengan selamat.

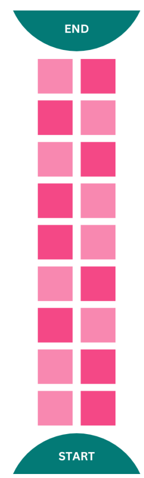


Fig. 6. Visualisasi Permainan Glass Stepping Stones (dengan 18 Petak Kaca)

Dengan mengimplementasikan rumus kombinasi, kita dapat memilih 18 buah panel kaca kuat dari 36 panel kaca yang tersedia. Banyaknya kombinasi pemilihan panel-panel kaca kuat adalah,

$$C(36, 18) = \frac{36!}{18!(36-18)!} = 9,075,135,300.$$

Jawaban yang sama juga didapat saat menentukan banyaknya cara memilih panel kaca yang lemah, karena jumlah panel kaca kuat dan kaca lemah sama.

Kita juga dapat menghitung total dari seluruh kemungkinan jalur yang dapat dilalui pemain (tanpa memperhitungkan pemilihan kaca yang benar atau salah). Perhitungan ini dilakukan dengan salah satu prinsip kombinatorika, yaitu kaidah perkalian,

$$2^{18} = 262144.$$

Dengan konsep yang sama, dapat disimpulkan bahwa pada setiap baris petak yang berhasil dilalui, dengan $n$

adalah sisa baris panel kaca, total sisa jalur yang dapat dilalui adalah sebanyak

$$2^n$$

jalur.

Pemain yang berada di posisi paling belakang adalah pemain yang lebih beruntung, karena ia dapat melihat panel yang berhasil dilompati seluruh pemain di depannya. Misalkan terdapat 16 orang pemain. Skenario terburuk yang dapat dialami pemain terbelakang adalah semua pemain di depannya gugur saat tiap pemain tersebut berada di posisi paling depan. Pemain terbelakang hanya perlu menebak dua buah petak lagi $(18 - 16 = 2)$. Menggunakan kaidah perkalian, sisa jalur yang dapat dipilih oleh pemain terbelakang adalah

$$2^2 = 4.$$

jalur. Sehingga, dibuktikan bahwa kesempatan pemain tersebut untuk bertahan hidup dan memenangkan permainan lebih besar.

Glass Stepping Stones dapat divisualisasikan dengan graf berarah. Graf tersebut menggambarkan salah satu jalur yang dapat ditempuh pemain. Arah dari sisi-sisi graf harus selalu sama, karena dalam permainan ini, pemain akan selalu bergerak maju. Berdasarkan visualisasi pada Fig. 6., berikut merupakan visualisasi dari graf permainan Glass Stepping Stones.

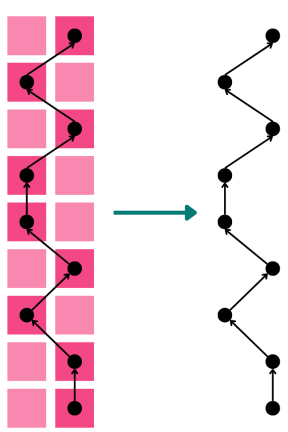

Fig. 7. Visualisasi Permainan Glass Stepping Stones dengan Graf Berarah

Jika diketahui simpul-simpul yang dapat dilalui pemain (kaca kuat) pada permainan ini, kita dapat mencari jalur dari simpul awal ke simpul akhir menggunakan algoritma Breadth First Search (BFS).

Berikut merupakan contoh sebuah kode algoritma BFS yang diterapkan pada permainan Glass Stepping Stones.

```python
# Deque adalah struktur data seperti list,
# tapi bisa append & pop dari ujung kiri & kanan
from collections import deque

# Breadth First Search (BFS)
# untuk Glass Stepping Stones (GSS)
def bfs_GSS(GSS, vertex_start, vertex_end):
    queue = deque([[vertex_start]])
    visited = set()
    while queue:
        path = queue.popleft()
        vertex = path[-1]
        if vertex == vertex_end:
            return path
        elif vertex not in visited:
            for neighbor in GSS.get(vertex, []):
                new_path = list(path) + [neighbor]
                queue.append(new_path)
            visited.add(vertex)
    return None
```

```python
# Data Petak-Petak Kaca Kuat GSS
GSS = {
    (1, 0): [(2, 1)],
    (1, 1): [],
    (2, 0): [],
    (2, 1): [(3, 1)],
    (3, 0): [],
    (3, 1): [(4, 0)],
    (4, 0): [(5, 1)],
    (4, 1): [],
    (5, 0): [],
    (5, 1): [(6, 0)],
    (6, 0): [(7, 1)],
    (6, 1): [],
    (7, 0): [],
    (7, 1): [(8, 0)],
    (8, 0): [(9, 1)],
    (8, 1): [],
    (9, 0): [],
    (9, 1): []
}

# Simpul awal dan simpul akhir
vertex_start = (1, 0)
vertex_end = (9, 1)

# Jalur yang aman
jalur = bfs_GSS(GSS, vertex_start, vertex_end)
print("Jalur Aman:", jalur)
```

Fig. 8. Kode Program Breadth First Search dalam Permainan Glass Stepping Stones

Tujuan dari BFS dalam kode tersebut adalah untuk menemukan jalur yang aman dan menjamin jalur tersebut merupakan jalur terpendek.

B. Rock, Paper, Scissor Minus One (RPS-1) & Russian Roulette

Permainan ini merupakan gabungan dari permainan-permainan sederhana, yang tujuannya untuk memperkecil kemungkinan seorang pemain untuk menang dan bertahan hidup. Permainan pertama adalah Rock, Paper, Scissor Minus One (RPS-1). RPS-1 dimainkan selayaknya permainan gunting, batu, dan kertas biasa, namun mula-mula dengan menggunakan dua tangan, sehingga pemain mempunyai dua objek (misal seorang pemain mempunyai gunting dan batu). Karena terdapat tiga buah objek, kombinasi dari objek-objek yang dipilih pemain dapat dihitung menggunakan kaidah perkalian,

$$3^2 = 9$$

(pemain dapat memilih objek yang sama).

Dalam permainan ini, hanya terdapat dua orang pemain, total kombinasi yang dapat dibentuk adalah,

$$3^2 \times 3^2 = 9 \times 9 = 81.$$

Kemudian, sebutan "*Minus One!*" dipanggil, dan secara bersamaan para pemain memilih objek yang ingin diadu dan memajukan salah satu tangannya. Kombinasi yang dihasilkan sebanyak

$$2^2 = 4.$$

Jika kedua langkah tersebut digabung, akan menghasilkan kombinasi sebanyak,

$$81 \text{ kombinasi awal} \times 4 \text{ kombinasi Minus One}$$
$$= 324 \text{ kombinasi}$$

(menggunakan kaidah perkalian).

Russian Roulette merupakan permainan tambahan yang dimainkan pada pemenang dari permainan RPS-1. Terdapat sebuah revolver dengan 6 slot peluru, namun hanya 1 peluru yang dimasukkan. Pemenang RPS-1 akan menembakkan revolver ke diri sendiri. Revolver diputar setiap giliran penembakan, sehingga posisi peluru selalu acak. Maka dari itu, ada satu kemungkinan di mana seorang pemain gugur dan seluruh permainan selesai. Rangkaian permainan RPS-1 dan Russian Roulette terus dimainkan hingga ada pemain yang gugur.

Dengan menggunakan rumus kombinasi, jumlah kemungkinan slot peluru dalam revolver adalah,

$$C(6,1) = \frac{6!}{(6-1)!} = \frac{6!}{5!} = 6.$$

Jika seluruh kemungkinan langkah-langkah digabung, akan menghasilkan kombinasi sebanyak,

$$\text{Total kombinasi unik} = 81 \text{ kombinasi awal} \times 4$$
$$\text{kombinasi Minus One} \times 6 \text{ kombinasi Russian Roulette}$$
$$= 1944.$$

Pada permainan ini, graf dapat digunakan untuk mensimulasikan berbagai jalur permainan hingga pemain gugur.

C. Mingle

Permainan Mingle mengharuskan pemain untuk membentuk kelompok-kelompok kecil dari seluruh peserta yang masih ada. Para pemain hanya dapat membentuk kelompok dalam hitungan detik, lalu masuk ke ruang aman. Jika pemain gagal membentuk kelompok yang lengkap sesuai aturan dan gagal masuk ke ruang aman dengan tepat waktu, pemain akan tereliminasi.

Dalam banyak kasus, banyak pemain yang gugur karena jumlah anggota kelompok yang ditentukan tidak habis membagi jumlah seluruh pemain. Sehingga setiap pemain harus dengan cepat memilih anggota kelompoknya dan masuk ke ruang aman. Di penghujung permainan, banyak pemain yang gugur karena keterbatasan jumlah ruang aman.

Kombinasi digunakan untuk menentukan cara pemilihan tim. Jika terdapat $n$ pemain dan ingin membuat tim beranggotakan $r$ pemain, maka,

$$C(n,r) = \frac{n!}{r!(n-r)!}.$$

Dengan menerapkan Prinsip Sarang Merpati Yang Dirampatkan, kita dapat menghitung jumlah tim yang dapat dibuat yaitu,

$$\lfloor \frac{n}{r} \rfloor.$$

Lebih lanjut, dalam konteks teori graf, permainan ini dapat direpresentasikan dengan graf tak berarah sederhana, yang menunjukan hubungan antar pemain atau hubungan antara pemain dan ruang aman yang tersedia.

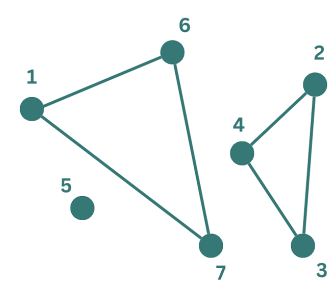


Fig. 9. Visualisasi Graf Antar Peserta di Permainan Mingle

Pada graf antar pemain, pemain direpresentasikan dengan simpul dan sisi merupakan representasi bahwa pemain-pemain berada dalam satu tim yang sama. Pada Fig. 9, terdapat tujuh pemain yang ingin membentuk tim kecil beranggotakan tiga orang. Terdapat dua buah graf yang terbentuk. Pemain no. 5, tidak terhubung pada graf manapun dan tidak memenuhi ketentuan permainan.

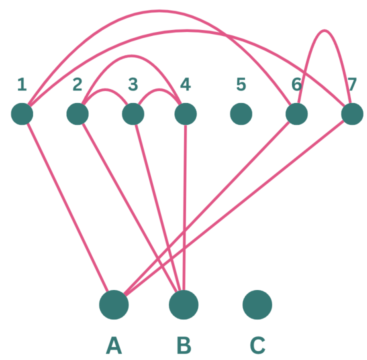


Fig. 10. Visualisasi Graf Peserta dan Ruang Aman di Permainan Mingle

Pada graf yang menghubungkan pemain dan ruang aman, pemain direpresentasikan dengan simpul angka, ruang aman direpresentasikan dengan simpul huruf, dan sisi merepresentasikan hubungan antar pemain dan hubungan pemain dan ruang amannya. Pada Fig. 10, pemain no.5 dan ruangan C merupakan simpul-simpul yang terisolasi.

## IV. Kesimpulan

Kombinatorika merupakan cabang matematika yang memiliki keterkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari. Dalam konteks permainan di seri Squid Game, kombinatorika diaplikasikan untuk menganalisis langkah-langkah serta menentukan jumlah kemungkinan strategi yang dapat diambil. Konsep-konsep seperti kaidah dasar menghitung dan kombinasi memberikan kerangka yang jelas untuk menjelaskan kemungkinan langkah dalam permainan.

Salah satu aplikasi kombinatorika adalah teori graf, yang berfungsi untuk merepresentasikan dan memodelkan hubungan atau koneksi di antara berbagai objek. Langkah-langkah dalam permainan dapat divisualisasikan dengn simpul dan sisi pada graf. Dengan representasi graf ini, permainan dapat dianalisis lebih mendalam menggunakan berbagai algoritma yang relevan.

## V. Kesalahan Umum

Dalam penulisan makalah penelitian yang terkait dengan konsep matematika, kesalahan tidak dapat dihindari. Makalah ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana konsep-konsep kombinatorika dapat diimplementasikan di permainan-permainan dalam sebuah seri bernama Squid Game. Namun, penelitian ini hanya menghubungkan teori atau konsep yang ada dengan permainan Squid Game, tanpa adanya benang merah yang cukup jelas. Pembahasan hanya mencakup analisa dan demonstrasi sederhana dari permainan-permainan Squid Game.

Permainan-permainan yang dibahas pada makalah ini hanya ada tiga. Hal ini dikarenakan permainan-permainan yang lain lebih bergantung pada strategi, kecekatan, dan keberuntungan pemain, yang sulit dianalisis menggunakan konsep matematika dan kombinatorika.

Meskipun terdapat berbagai keterbatasan, penelitian ini tetap memberikan titik awal untuk mengeksplorasi dan menganalisis aplikasi dari kombinatorika dalam sebuah rangkaian permainan fiksi. Pembaca diharapkan untuk mengeksplorasi mengenai bagaimana kombinatorika dapat memperkaya pemahaman pada berbagai jenis permainan. Selain itu, pembaca dapat mengeksplor lebih lanjut mengenai penerapan kombinatorika yang lebih kompleks di dunia nyata, seperti optimisasi, perancangan jaringan komputer, dan lain-lain.

## VI. Ucapan Terima Kasih

Pertama-tama, penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan bimbingan-Nya selama proses penulisan makalah ini serta pembelajaran mata kuliah IF1220 Matematika Diskrit. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen IF1220 Matematika Diskrit, Bapak Arrival Dwi, yang telah membagikan ilmu dan wawasannya selama proses pembelajaran di kelas.

Penulis juga bersyukur atas segala kasih sayang dan dukungan dari anggota keluarga, teman kelas, dan sahabatnya, Karina. Tidak hanya dukungan dan cinta mereka, namun kerja keras serta tekad mereka selalu meginspirasi penulis.

Terakhir, penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih pada dirinya sendiri karena telah bertahan dan selalu berusaha, bahkan ketika menghadapi tantangan atau kesulitan.

## References

[1] Hwang, Dong-Hyuk. 2024. *Squid Game*. Netflix. https://www.netflix.com/title/81040344. Diakses pada tanggal 27 Desember 2024.

[2] Geeks For Geeks. 2025. *Breadth First Search Or BFS For A Graph*. https://www.geeksforgeeks.org/breadth-first-search-or-bfs-for-a-graph/. Diakses pada tanggal 7 Januari 2024.

[3] Munir, Rinaldi. 2024. *Graf (Bagian 1)*. https://informatika.stei.itb.ac.id/ rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf. Diakses pada 7 Januari 2024.

[4] Munir, Rinaldi. 2024. *Kombinatorika (Bagian 1)*. https://informatika.stei.itb.ac.id/ rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/18-Kombinatorika-Bagian1-2024.pdf. Diakses pada tanggal 28 Desember 2024.

[5] Munir, Rinaldi. 2024. *Kombinatorika (Bagian 2)*. https://informatika.stei.itb.ac.id/ rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/19-Kombinatorika-Bagian2-2024.pdf. Diakses pada tanggal 28 Desember 2024.

[6] Roberts, Fred S., Tesman, Barry. 2024. *Applied Combinatorics, Third Edition*. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=iIIaEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=combinatorics&ots=0cYt_uZUk2&sig=ZuYUq2homOmfNpQrp0b9xDVg0hM&redir_esc=yv=onepage&q=combinatorics&f=false. Diakses pada tanggal 28 Desember 2024.

[7] Squid Game Fandom. 2021. *Games, Season 1 Games, Glass Stepping Stones*. https://squid-game.fandom.com/wiki/Glass_Stepping_Stones. Diakses 2 Januari 2025.

[8] Tucker, Alan. 2012. *Applied Combinatorics, Sixth Edition*. John Wiley & Sons, Inc. https://www.isinj.com/mt-usamo/Applied%20Combinatorics%20(6th%20Edition)%20by%20Alan%20Tucker%20Wiley%20(2012).pdf. Diakses 2 Januari 2025.

## Lampiran

https://github.com/sammmine/Makalah-Matematika-Diskrit

PERNYATAAN

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

Jatinangor, 7 Januari 2024

Samantha Laqueenna Ginting
13523138