

Aplikasi Kombinatorial dalam Menentukan *Opening* pada Permainan Tetris dengan Menghilangkan Fitur *Hold Piece*

Steven 13520131¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

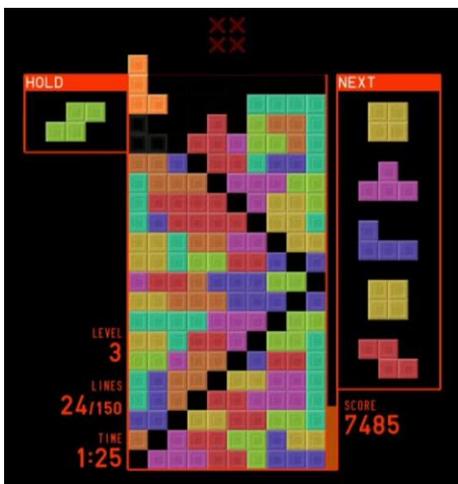
¹13520131@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Tetris merupakan sebuah permainan teka-teki yang memanfaatkan 7 buah bentuk balok atau biasanya disebut dengan *tetromino*. *Tetromino* ini kemudian disusun sedemikian rupa sehingga memenuhi satu baris penuh dari *board*. *Board* pada permainan tetris ini biasanya berukuran 10x20. Pada permainan tetris ini, terdapat sejumlah *opening* yang dapat digunakan untuk memaksimalkan poin pada permainan. Untuk menentukan *opening* mana yang akan digunakan, dapat diaplikasikan kombinatorial.

Keywords—Tetris, Kombinatorial, Himpunan, *Opening* Tetris.

I. PENDAHULUAN

Tetris merupakan sebuah permainan teka-teki yang memanfaatkan 7 buah balok dengan bentuk yang berbeda-beda yang biasa dikenal dengan istilah *tetromino*. Pada permainan tetris ini, juga terdapat sejumlah *opening* yang dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam permainan tetris ini. Dikarenakan *tetromino* dikeluarkan secara acak oleh permainan, maka dapat dimanfaatkan konsep kombinatorial untuk menghitung peluang dari *opening* yang mungkin berdasarkan *tetromino* yang diterima.



Gambar 1.1. *Board* Tetris

Sumber:

<https://i.ytimg.com/vi/YM4Qroj9a5A/maxresdefault.jpg>

Kumpulan dari ketujuh *tetromino* tersebut biasanya dikenal dengan istilah *bag*. Singkatnya, *bag* merupakan himpunan dari ketujuh *tetromino* tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *tetromino* yang dirandom oleh permainan tetris berdasarkan *bag*. Contohnya adalah permainan yang memiliki 2 buah *bag* dapat ditulis sebagai berikut:

→ Bag Pertama: {4, 5, 1, 2, 7, 3, 6}

→ Bag Kedua: {5, 1, 3, 2, 4, 7, 6}

Asumsi angka 1 sampai dengan 7 yang terdapat dalam *bag* merupakan *tetromino1*, *tetromino2*, ..., *tetromino7*. Dari contoh, dapat dilihat bahwa *bag tetromino* akan dilakukan pengacakan ulang lagi setelah terjadi pengambilan *tetromino* dari 1 sampai 7 sebanyak satu kali yang dimana setiap angka 1 sampai 7 tersebut melambangkan *tetromino-tetrimino* yang berbeda

II. KOMBINATORIAL

Kombinatorial merupakan sebuah cabang matematika yang menghitung jumlah kemungkinan dalam melakukan penyusunan tanpa mengenumerasi semua kemungkinan susunannya.

Kaidah Dasar Menghitung

- Kaidah perkalian (*rule of product*)

Percobaan 1: p hasil

Percobaan 2: q hasil

Percobaan 1 dan percobaan 2: $p \times q$ hasil

- Kaidah penjumlahan (*rule of sum*)

Percobaan 1: p hasil

Percobaan 2: q hasil

Percobaan 1 atau percobaan 2: $p + q$ hasil

Gambar 2.1. Kaidah Dasar Perhitungan Kombinatorial
Sumber:

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Kombinatorial-2020-Bagian1.pdf>

A. Permutasi

Permutasi merupakan bentuk khusus dari kaidah perkalian dalam dasar perhitungan kombinatorial. Misalnya objek yang ingin dihitung permutasinya adalah n objek, maka urutan pertamanya adalah n , urutan keduanya adalah $(n-1)$, urutan ketiganya adalah $(n-2)$, dan seterusnya. Permutasi n objek secara matematis dinyatakan sama dengan hasil faktorial dari objek tersebut.

Permutasi r dari n elemen merupakan sebuah perhitungan kemungkinan urutan dimana dalam perhitungan ini, diterapkan sebuah peraturan yakni kemungkinan urutan tidak ada elemen yang sama. Permutasi r dari n secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

B. Kombinasi

Kombinasi merupakan bentuk khusus dari permutasi. Bentuk khusus yang dimaksud adalah apabila pada permutasi urutan kemunculan diperhitungkan, pada kombinasi urutan kemunculan diabaikan. Kombinasi r dari n secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

III. HIMPUNAN

Himpunan merupakan sekumpulan objek yang berbeda. Himpunan biasanya dikenal dengan istilah *set*. Objek-objek yang terdapat di dalam himpunan disebut dengan elemen, unsur, ataupun anggota. Salah satu contoh himpunan adalah *bag* pada permainan tetris. *Bag* pada permainan tetris berisi anggota berupa 7 buah *tetromino* yang berbeda-beda.

A. Himpunan Kosong

Himpunan kosong biasanya dikenal dengan sebutan *null set*. Notasinya adalah $\{\}$ atau \emptyset .

B. Himpunan Bagian

Himpunan bagian biasanya dikenal dengan sebutan *subset*. Sebuah himpunan dikatakan merupakan himpunan bagian dari himpunan lain jika dan hanya jika setiap elemen pada himpunan tersebut merupakan elemen dari himpunan lainnya. Notasinya adalah $A \subseteq B$.

C. Himpunan yang Sama

Dua buah himpunan dikatakan himpunan yang sama jika dan hanya jika suatu himpunan merupakan himpunan bagian dari himpunan lainnya dan sebaliknya himpunan lainnya juga merupakan himpunan bagian dari himpunan tersebut. Notasinya adalah $A \subseteq B$ dan $B \subseteq A$.

D. Himpunan yang Ekuivalen

Sebuah himpunan dikatakan ekuivalen dengan himpunan lainnya jika dan hanya jika kardinal dari kedua buah himpunan tersebut sama. Notasinya adalah $A \sim B$.

E. Himpunan Saling Lepas

Himpunan saling lepas biasanya dikenal dengan sebutan *disjoint*. Dua buah himpunan dikatakan saling lepas apabila keduanya memiliki elemen yang sama. Notasinya adalah $A // B$.

F. Operasi Terhadap Himpunan

Operasi yang terdapat pada himpunan adalah irisan, gabungan, komplemen, selisih, beda setangkup, dan perkalian kartesian.

G. Hukum-hukum Himpunan

1. Hukum Identitas $A \cup \emptyset = A$ $A \cap U = A$	7. Hukum Komutatif $A \cup B = B \cup A$ $A \cap B = B \cap A$
2. Hukum Null/Dominasi $A \cap \emptyset = \emptyset$ $A \cup U = U$	8. Hukum Asosiatif $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap C$ $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup C$
3. Hukum Komplemen $A \cup \sim A = U$ $A \cap \sim A = \emptyset$	9. Hukum Distributif $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$
4. Hukum Idempoten $A \cup A = A$ $A \cap A = A$	10. Hukum De Morgan $\overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B}$ $\overline{A \cup B} = \overline{A} \cap \overline{B}$
5. Hukum Involusi $\overline{\overline{A}} = A$	11. Hukum 0/1 $\overline{\emptyset} = U$ $\overline{U} = \emptyset$
6. Hukum Penyerapan $A \cup (A \cap B) = A$ $A \cap (A \cup B) = A$	-

Tabel 1. Hukum-hukum Himpunan

Sumber:

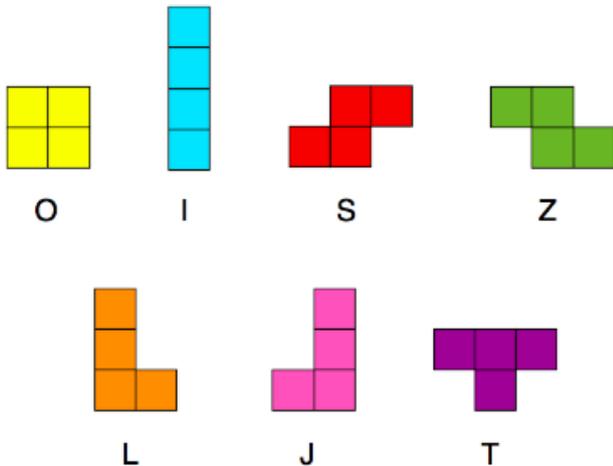
[https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Himpunan\(2020\)-2.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Himpunan(2020)-2.pdf)

IV. PEMBUKAAN TETRIS

Opening atau pembukaan pada tetris berfungsi untuk memaksimalkan poin pemain dalam permainan tetris tersebut. Tetris memiliki sangat banyak *opening*, yakni minimal sebanyak 103. Dari sekian banyaknya *opening* yang terdapat dalam permainan tetris, hanya terdapat beberapa *opening* yang cukup terkenal. Beberapa *opening* yang terkenal tersebut adalah *TKI Opening*, *MKO Stacking*, dan *Perfect Clear Opening*. *Opening-opening* yang disebutkan barusan biasanya digunakan oleh pemain-pemain dengan level yang tinggi. Hal ini dikarenakan diperlukan keterampilan dalam melakukan *spin piece* seperti *T-spin*, *I-spin*, *J-spin*, *L-spin*, *Z-spin*, dan *S-spin*. Pada makalah ini, hanya akan dibahas beberapa *opening* saja, yakni *TKI Opening*, *MKO Stacking*, *Pelican*, *Dodo*, dan *Speedboat*. *Opening-opening* ini dikategorikan sebagai *T-spin Opening* atau biasa disebut dengan *opening* yang diakhiri dengan *clear-line* dengan *T-piece*.

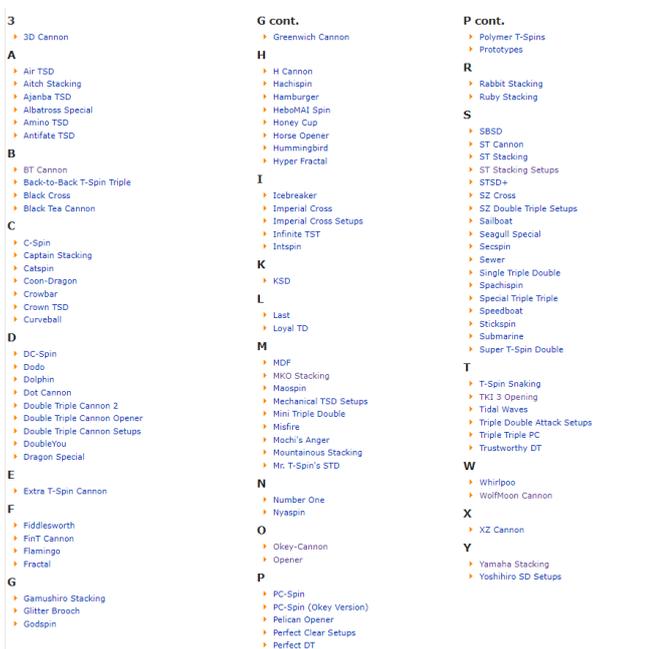
Pada permainan tetris, umumnya disediakan fitur *hold piece*. Sama seperti Namanya, fitur ini berfungsi untuk menyimpan *piece* sementara. Dikarenakan fitur ini, *opening-opening* pada permainan tetris memiliki peluang suksesnya penyusunan yang tinggi sehingga sulit untuk menentukan *opening* mana yang

efektif. Oleh karena itu, untuk mengetahui *opening* yang efektif, akan dilakukan penghapusan fitur *hold piece* lalu melihat seberapa banyak kemungkinan susunan yang dapat dibentuk oleh masing-masing *bag of piece*.

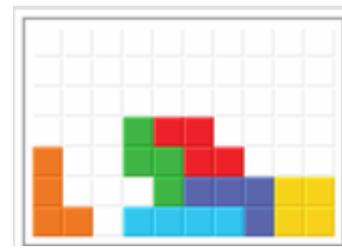


Gambar 4.1 *Piece/Tetromino* dalam Permainan Tetris

Sumber: <https://learnopencv.com/wp-content/uploads/2020/11/tetris-pieces.png>



Gambar 4.2 Daftar *T-Spin Openers* pada Tetris
 Sumber: [https://harddrop.com/wiki/Category:T-Spin openers](https://harddrop.com/wiki/Category:T-Spin%20openers)



Gambar 4.3 *Set-Up TKI Opening*

Sumber: [https://harddrop.com/wiki/TKI 3 Opening](https://harddrop.com/wiki/TKI_3_Opening)

Untuk cara menyusunnya, pertama kita membaginya menjadi 2, yaitu bagian kiri dan bagian kanan. Setelah itu, penyusunan dimulai dari Menyusun bagian kanan tepatnya *I-piece*.

Visualisasi:
I-piece

Selanjutnya, dilakukan penyisipan *O-piece*.

Visualisasi:
I-piece >> *O-piece*
O-piece >> *I-piece*

Selanjutnya, dilakukan penyisipan *L-piece* dengan aturan *L-piece* bukan merupakan yang pertama sehingga ada yang menopang *L-piece*.

Visualisasi 1:
I-piece >> *L-piece* >> *O-piece*
I-piece >> *O-piece* >> *L-piece*
O-piece >> *I-piece* >> *L-piece*
O-piece >> *L-piece* >> *I-piece*

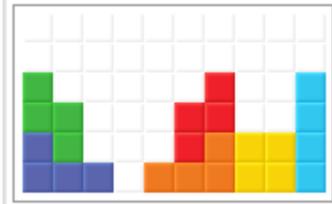
Selanjutnya, dilakukan menyusun *Z-piece* dengan aturan *Z-piece* harus setelah *L-piece*

Visualisasi:
I-piece >> *L-piece* >> *Z-piece* >> *O-piece*
I-piece >> *L-piece* >> *O-piece* >> *Z-piece*
I-piece >> *O-piece* >> *L-piece* >> *Z-piece*
O-piece >> *I-piece* >> *L-piece* >> *Z-piece*
O-piece >> *L-piece* >> *Z-piece* >> *I-piece*
O-piece >> *L-piece* >> *I-piece* >> *Z-piece*

Setelah selesai Menyusun bagian kanan, dilanjut dengan melakukan penyusunan di bagian kiri. Dikarenakan bagian kiri tidak berhubungan dengan bagian kanan dan *L-piece* harus terlebih dahulu berada pada *board* lalu diperbolehkan untuk Menyusun *Z-piece* dan juga diketahui bahwa bagian kanan terdapat 4 buah *piece*, dapat dilakukan penyelipan saja sehingga banyak cara menyusunnya adalah adalah $(5C2 + 5)$ cara dengan catatan $(5C2)$ merupakan penyelipan biasa dan $(+5)$ karena ada kemungkinan bahwa *L-piece* dan *Z-piece* dapat berdampingan. Maka, banyak cara untuk menyusun *opening* ini adalah $[(5C2 + 5) * 6]$ atau setara dengan 90 cara.

B. MKO Stacking

Opening ini merupakan *opening* yang sering dijumpai apabila telah mencapai tingkat yang cukup tinggi. Sama seperti pada *TKI Opening*, *MKO Stacking* juga bertujuan untuk membuat huruf “T” yang kosong sehingga kemudian bagian kosong ini dapat diisi dengan *T-piece*.



Gambar 4.4 *Set-Up MKO Stacking*

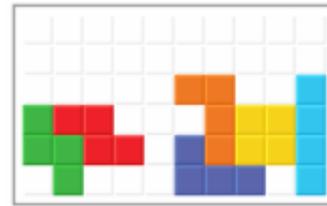
Sumber: https://harddrop.com/wiki/MKO_Stacking

Set-Up MKO Stacking pada gambar di atas memiliki peraturan penyusunan yang cukup banyak sehingga akan sulit sekali untuk menghitung kemungkinan susunan yang terjadi. Oleh karena itu, disederhanakanlah peraturan-peraturan tersebut. Peraturan pertamanya adalah *S-piece* dan *Z-piece* merupakan *piece* kedua dan ketiga terakhir. Peraturan berikutnya adalah *T-piece* merupakan *piece* yang terakhir.

Dikarenakan *S-piece* dan *Z-piece* merupakan *piece* kedua dan ketiga terakhir dan *T-piece* merupakan *piece* yang terakhir yang perlu disusun, maka dari itu disusun *L-piece*, *J-piece*, *I-piece*, dan *O-piece* terlebih dahulu. Dalam penyusunan keempat *piece* ini, banyak kemungkinan yang bisa terjadi adalah 4 faktorial. Hal ini disebabkan karena keempat *piece* tersebut tidak berhubungan sama sekali dalam penyusunan. Oleh karena itu, hal yang perlu diperhatikan hanyalah urutan-urutan kemunculan *pieceny* saja yang dimana kemungkinannya adalah (4!). Setelah selesai mendapatkan kemungkinan susunan dari dari *L-piece*, *J-piece*, *I-piece*, dan *O-piece*, akan disusun *S-piece* dan *Z-piece*. Dikarenakan kedua *piece* ini juga tidak berhubungan sama sekali dalam penyusunannya, maka dapat dikatakan bahwa kemungkinan susunannya adalah (2!). Selanjutnya, hanya tersisa *T-piece* yang kemudian *T-piece* ini akan digunakan untuk membersihkan 2 baris terbawah. Cara untuk melakukan penyusunan tersebut adalah (1!) karena hanya ada 1 *piece* saja. Untuk mendapatkan banyak kemungkinan susunan *opening* tersebut dapat terjadi dengan kondisi yang telah diberikan sebelumnya, hanya perlu dilakukan operasi perkalian pada hasil-hasil yang telah diperoleh sebelumnya. Jadi, karena hasil-hasil yang telah diperoleh adalah (4!), (2!), (1!), maka banyak cara untuk menyusun *opening* tersebut adalah (4! * 2! * 1!) atau 48 cara.

C. Pelican

Pelican merupakan *opening* yang cukup populer dikarenakan susunannya yang sederhana. Sama seperti *opening* yang sebelumnya, *opening* ini juga bertujuan untuk membuat huruf ‘T’ yang kosong sehingga kemudian bagian kosong ini diisi dengan *T-piece*.



Gambar 4.5 *Set-Up Pelican*

Sumber: https://harddrop.com/wiki/Pelican_Opener

Set-Up Pelican pada gambar di atas dapat dibagi menjadi 3 bagian, bagian kiri (*S-piece* dan *Z-piece*), bagian tengah (*J-piece*, *L-piece*, dan *O-piece*), dan bagian kanan (*I-piece*). Misalkan pertama dimulai dari bagian tengah, dapat dilihat yang pertama sudah pasti *J-piece*, lalu keduanya lagi bebas dikarenakan tidak berhubungan sama sekali, maka dapat dikatakan kemungkinan penyusunannya adalah (2!). Oleh karena itu, salah satu kemungkinan penyusunannya saat ini adalah *J-piece* – *L-piece* – *O-piece*. Misalkan selanjutnya adalah bagian kiri, maka sudah pasti harus *S-piece* terlebih dahulu baru selanjutnya *Z-piece*. Dengan dibekali informasi ini, tinggal dilakukan penyelipan kedua *piece* ini ke dalam tempat yang kosong. Dalam kasus ini, terdapat 4 buah tempat yang kosong, yaitu sebelum *J-piece*, sebelum *L-piece*, sebelum *O-piece*, dan setelah *O-piece*. Akan tetapi, tidak boleh dilupakan bahwa terdapat kemungkinan bahwa diantara slot itu ditaruh kedua *piece* tersebut sekaligus karena tidak menutup kemungkinan bahwa salah satu kemungkinannya adalah sebagai berikut

J-piece – *L-piece* – *O-piece* – *S-piece* – *Z-piece* atau

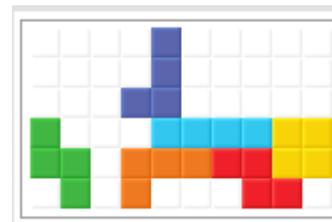
J-piece – *L-piece* – *S-piece* – *Z-piece* – *O-piece* atau

J-piece – *S-piece* – *Z-piece* – *L-piece* – *O-piece* atau

S-piece – *Z-piece* – *J-piece* – *L-piece* – *O-piece* sehingga diperoleh kemungkinan penyusunannya adalah (8C2/4). Selanjutnya, tersisa satu bagian yaitu *I-piece*. Dilakukan penyelipan *I-piece* sehingga diperoleh kemungkinan penyusunannya adalah (6C1). Maka, banyak cara untuk menyusun *opening* ini adalah [2! * (8C2/4) * 6C1] atau setara dengan 84 cara.

D. Dodo

Dodo merupakan *opening* yang tidak begitu populer karena *opening* ini akan menyisakan lubang yang tidak diinginkan yang dimana harus dilakukan pembersihan lagi. Sama seperti *opening-opening* yang sebelumnya, *opening* ini juga bertujuan untuk membuat huruf ‘T’ yang kosong sehingga kemudian bagian kosong ini diisi dengan *T-piece*.



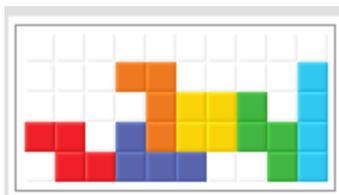
Gambar 4.6 *Set-Up Dodo*

Sumber: <https://harddrop.com/wiki/Dodo>

Untuk cara menyusunnya, pertama kita mulai dari Menyusun *Z-piece* sehingga hanya tersedia 1 cara sehingga cara menyusunnya adalah $(1!)$ cara. Selanjutnya, dilakukan penyusunan dengan menggunakan *O-piece* yang dimana juga hanya tersedia 1 cara sehingga cara menyusunnya adalah $(1!)$ cara juga. Selanjutnya, dilakukan penyusunan dengan menggunakan *L-piece*. Penyusunan *L-piece* ini dapat dilakukan dengan 3 cara (Bebas – *Z-piece* – Bebas – *O-piece* – Bebas) sehingga banyak cara menyusunnya adalah $(3C1)$ cara. Selanjutnya dilakukan penyusunan terhadap *I-piece*. Untuk *I-piece*, terdapat peraturan dimana *Z-piece* dan *L-piece* harus terlebih dahulu terdapat pada *board* sehingga dapat disimpulkan bahwa banyak cara Menyusun *I-piece* adalah $(3C1)$ cara. Selanjutnya dilakukan penyusunan *J-piece*. Untuk *piece* yang ini, terdapat beberapa kemungkinan. Akan tetapi, hanya perlu memperhatikan *J-piece* saja. *J-piece* hanya bisa ditaruh apabila *I-piece* ada pada *board* sedangkan untuk *I-piece* sendiri, harus terdapat *Z-piece* dan *L-piece* pada *board*. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa banyak cara penyusunannya adalah $(3C1+2C1+1C1)$ cara. Berikutnya, untuk *S-piece*, banyak cara menyusunnya adalah $(6C1)$ cara. Hal ini dikarenakan *S-piece* ini tidak berhubungan atau dikatan juga terpisah dengan bagian sebelah kanan sehingga hanya perlu dilakukan penyelipan saja. Maka, banyak cara untuk menyusun *opening* ini adalah $[1! * 1! * 3C1 * (3C1+2C1+1C1) * 6C1]$ atau setara dengan 108 cara.

E. Speedboat

Speedboat merupakan *opening* yang tidak begitu populer karena *opening* ini akan menyisakan lubang yang tidak diinginkan yang dimana harus dilakukan pembersihan lagi. Sama seperti *opening-opening* yang sebelumnya, *opening* ini juga bertujuan untuk membuat huruf ‘T’ yang kosong sehingga kemudian bagian kosong ini diisi dengan *T-piece*.



Gambar 4.7 Set-Up Speedboat

Sumber: <https://harddrop.com/wiki/Speedboat>

Untuk Menyusun *opening* ini, pertama-tama, kita lakukan pemisahan menjadi 4 bagian. Bagian-bagian tersebut adalah $\{Z-piece\}$, $\{J-piece, L-piece, O-piece\}$, $\{S-piece\}$, $\{I-piece\}$. Pertama-tama, dilakukan penyusunan terhadap bagian kedua. Pada bagian kedua, dapat dilihat bahwa *J-piece* sudah pasti yang pertama dan 2 *piece* sisanya bebas sehingga diperoleh cara penyusunannya adalah $(2!)$. Selanjutnya, dilakukan penyusunan pada bagian pertama. Cara meyusunnya adalah dengan melakukan penyelipan terhadap bagian kedua sehingga diperoleh banyak cara penyusunannya adalah $(4C1)$. Selanjutnya, dilakukan penyusunan terhadap bagian ketiga. Pada bagian ketiga ini, cara menyusunnya adalah dengan menyelipkannya ke gabungan dari bagian pertama dan kedua sehingga diiperoleh banyak cara penyusunannya adalah $(5C1)$.

Terakhir, dilakukan penyusunan terhadap bagian keempat. Pada bagian ini, cara menyusunnya adalah dengan melakukan penyelipan pada gabungan dari bagian pertama, bagian kedua, dan bagian ketiga sehingga diperoleh banyak cara menyusunnya adalah $(6C1)$. Maka, banyak cara untuk menyusun *opening* ini adalah $(2! * 4C1 * 5C1 * 6C1)$ atau setara dengan 240 cara.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan banyak cara untuk menyusun *opening-opening* yang telah saya sebutkan pada Bab IV, dapat dilihat bahwa banyak cara untuk menyusun *TKI Opening* adalah 90 cara penyusunan, banyak cara untuk menyusun *MKO Stacking* adalah 48 cara penyusunan, banyak cara untuk menyusun *Pelican* adalah 84, banyak cara untuk menyusun *Dodo* adalah 108, banyak cara untuk menyusun *Speedboat* adalah 240 cara. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa *opening Speedboat* merupakan *opening* yang paling efisien terhadap kasus yang telah ditentukan pada Bab IV, yaitu kasus hilangnya fitur *hold piece*. Walaupun *opening Speedboat* merupakan *opening* paling efisien berdasarkan perhitungan pada Bab IV, kita tetap harus mempertimbangkan urutan *tetromino* yang akan keluar. Hal ini disebabkan karena urutan *tetromino* yang keluar di setiap permainan kemungkinan besar akan berubah dan kemungkinan *tetromino* sama di setiap permainan hanyalah sangat kecil sehingga urutan *tetromino* tetap harus diperhatikan. Oleh kerena itu, pemain harus selalu memperhatikan urutan *tetromino* yang muncul pada permainan tersebut untuk menentukan *opening* yang paling cocok untuk digunakan pada permainan tersebut.

Opening	Banyak Cara Penyusunan
<i>TKI Opening</i>	90
<i>MKO Stacking</i>	48
<i>Pelican</i>	84
<i>Dodo</i>	108
<i>Speedboat</i>	240

Tabel 2. Banyak Cara Menyusun *Opening*

VI. KATA PENUTUP

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat yang diberikan-Nya sehingga penyusunan makalah ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Penulis juga berteima kasih kepada orang tua dan keluarga yang memberi dukungan dan doa kepada penulis. Tidak lupa rasa hormat dan terima kasih juga penulis tujukan kepada Ibu Nur Ulfa Maulidevi dan dosen pengampu mata kuliah Matematika Diskrit IF2120 Semester I 2021/2022 lainnya yang telah memberikan materi pembelajaran kepada penulis dengan baik selama satu semester. Penulis juga berterima kasih kepada teman-teman yang senantiasa memberikan semangat kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munir, Rinaldi. Kombinatorial Bagian 1. Diakses melalui <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Kombinatorial-2020-Bagian1.pdf> pada 4 Desember 2021 pukul 10.30 WIB.
- [2] Munir, Rinaldi. Himpunan Bagian 2. Diakses melalui [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Himpunan\(2020\)-2.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Himpunan(2020)-2.pdf) pada 4 Desember 2021 pukul 10.46 WIB.
- [3] Tepples. Random Generator. Diakses melalui https://tetris.fandom.com/wiki/Random_Generator pada 4 Desember 2021 pukul 11.03 WIB.
- [4] Anonim. T-Spin Openers. Diakses melalui https://harddrop.com/wiki/Category:T-Spin_openers pada 5 Desember 2021 pukul 00.08 WIB

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, 11 Desember 2021



Steven 13520131