

Analisis dan Optimasi *Team Building* di *Event World Link* pada Project Sekai Menggunakan Teori Graf

Fabian Amzar Susanto - 13525010

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung

E-mail: fabianamzar03@gmail.com, 13525010@std.stei.itb.ac.id

Abstrak— *World link* merupakan salah satu tipe *event* yang ditunggu-tunggu oleh sebagian pemain Project Sekai. Pada setiap *event* di Project Sekai, jika pemain ingin mendapatkan peringkat setinggi-tingginya pada *event* tersebut, pemain harus membuat sebuah tim yang bisa memberikan skor maksimal pada *event* tersebut sehingga bisa mendapatkan peringkat yang cukup tinggi di akhir *event*. Oleh karena itu, beberapa pemain mulai untuk melakukan simulasi *team building* sebelum *event* dimulai supaya siap untuk langsung bisa bermain pada *event* tersebut. Tetapi, beberapa orang masih belum mengerti bagaimana caranya supaya bisa membuat tim yang sangat presisi sehingga bisa mendapatkan skor maksimal pada *event* bertipe *world link*. *Event world link* punya sistem *team building* yang cukup berbeda dari *event* lain pada umumnya sehingga banyak pemain yang tidak mengerti tentang konsep dari *team building* pada *event world link* di Project Sekai. Sistem *team building* pada *world link* bisa dianalisis menggunakan *maximum spanning tree* pada teori Graf.

Kata Kunci—*Graph, World Link, Team Building, Project Sekai, Maximum Spanning Tree, Upagraph, Weighted Graph.*

I. PENDAHULUAN

Project Sekai adalah game ritme yang memiliki banyak *event* menarik. Untuk bisa mengikuti *event* di Project Sekai secara maksimal, pemain harus melakukan *team building* dengan cara menyusun lima kartu yang akan digunakan selama *event* berlangsung. Setiap kartu memiliki tingkat kelangkaannya (*rarity*) masing-masing, dari kartu bintang satu hingga kartu bintang empat. Tiap *rarity* punya nilai *talent* yang berbeda-beda. Contohnya, kartu bintang empat memiliki nilai *talent* yang lebih tinggi dibandingkan dengan kartu bintang tiga. Setiap kartu juga punya atribut dan level *mastery* yang berbeda-beda juga. Atribut dan level *mastery* menjadi salah satu acuan terpenting dalam pembentukan suatu tim di *event* Project Sekai. Selain itu, setiap kartu juga punya *skill*-nya masing-masing. Terdapat beberapa kartu yang memiliki *skill* yang cukup berguna untuk menambahkan skor *event*.

Selain kartu yang biasa, terdapat kartu yang disebut sebagai *event featured cards*. *Event featured cards* adalah kartu khusus yang baru saja diluncurkan saat *event* tersebut sedang berlangsung. *Event featured cards* juga memberikan bonus skor yang lebih besar dibandingkan kartu yang bukan merupakan *event featured cards*. Semua bagian tadi harus dilakukan analisis supaya bisa mendapatkan lima kartu terbaik yang menghasilkan skor maksimal pada suatu *event*.

Perbedaan *world link* dari *event*-*event* lainnya terdapat pada fokus karakternya. *Event* biasa hanya melibatkan satu karakter sebagai fokus utamanya. Sedangkan *event world link* melibatkan satu unit yang dijadikan sebagai fokus utama pada *event* tersebut. Selain itu, pada *event world link*, terdapat tambahan mekanik lagi pada sistem *team building*-nya. Setiap pembentukan tim pada *event world link* harus menggunakan lima kartu utama pada tim dan juga disarankan untuk membuat *support team* yang terdiri dari beberapa kartu tambahan untuk menambah skor *event*. Besarnya skor yang ditambahkan tiap kartu pada *support team* bergantung kepada *rarity* dan juga level *mastery* dari kartu tersebut.

Makalah ini disusun untuk mencari solusi terbaik dari sistem *team building* yang ada pada *event world link* di Project Sekai melalui pendekatan matematika diskrit, khususnya teori Graf. Melalui pemodelan sistem *team building* dengan graf, penggunaan prinsip graf berbobot dan upagraf, serta penggunaan konsep *maximum spanning tree*, makalah ini menganalisis penentuan tim terbaik yang bisa digunakan pada suatu *event world link* di Project Sekai.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Graf Berarah dan Graf Berbobot (*Directed and Weighted Graphs*)

Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Secara formal, graf G didefinisikan sebagai himpunan yang dinyatakan dengan notasi:

$$G = (V, E)$$

Dimana V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*vertices* atau *nodes*) dan E adalah himpunan sisi (*edges* atau *arcs*) yang menghubungkan sepasang simpul.

Dalam pemodelan sistem yang bersifat asimetris dan memiliki nilai parameter numerik, jenis graf yang digunakan harus memenuhi dua karakteristik khusus:

1. Graf Berarah (*Directed Graph / Digraph*)

Graf berarah adalah graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah. Sisi berarah tersebut dinyatakan sebagai pasangan terurut (v, u) , yang berarti arah jalinan bermula dari simpul asal u (*initial vertex*) menuju simpul tujuan v (*terminal vertex*). Hubungan ini tidak berlaku sebaliknya secara otomatis kecuali terdapat sisi terurut (v, u) . Pada graf berarah, derajat simpul dibagi menjadi dua jenis:

- Derajat masuk (*in-degree*, $d_{in}(v)$): Jumlah sisi yang masuk ke simpul v .
- Derajat keluar (*out-degree*, $d_{out}(v)$): Jumlah sisi yang keluar dari simpul v .

2. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberikan sebuah nilai numerik yang disebut bobot (w). Nilai bobot ini merepresentasikan intensitas, nilai statistik, kapasitas, ataupun persentase keuntungan dari jalinan hubungan antar dua simpul yang saling terhubung.

2.2. Upagraf Berbobot Maksimum (*Maximum Spanning Tree / Maximum Weighted Subgraph*)

Pencarian subset elemen optimal berkapasitas tertentu dari suatu jaringan graf induk dapat direpresentasikan secara formal melalui teori Upagraf (Subgraph) dan Arah Derajat Berbobot. Misalkan $G = (V, E)$ adalah sebuah graf induk. Graf $G' = (V', E')$ disebut sebagai upagraf (*subgraph*) dari G jika dan hanya jika memenuhi prasyarat himpunan berikut:

$$V' \subseteq V \text{ dan } E' \subseteq E$$

Dalam kasus graf berbobot yang merepresentasikan optimasi kombinasi atau perolehan nilai maksimum, setiap sisi $e \in E'$ memiliki bobot fungsi $w(e)$. Konsep *maximum spanning tree* dalam optimasi formasi setara dengan mencari sebuah upagraf khusus G' yang memaksimalkan total jumlah nilai bobot dari seluruh sisi yang terkandung di dalamnya. Secara matematis, fungsi tujuan optimasi ini dirumuskan sebagai:

$$\text{Maksimum } w(G') = \sum_{e \in E'} w(e)$$

Di mana konfigurasi simpul V' dibatasi oleh aturan batasan elemen tertentu agar tidak melanggar syarat keunikan objek yang dipilih dalam sistem permainan.

2.3. Sistem Kartu pada Project Sekai

Kartu yang ada pada *game* Project Sekai punya beberapa atribut penting yang nantinya akan digunakan lebih lanjut pada proses analisis. Atribut-atribut yang ada pada kartu project sekai meliputi nilai *talent*, level *mastery*, *rarity*, atribut, *skill*, dan level *skill*. Level *skill* tidak terlalu berpengaruh pada analisis. Maka pada makalah ini, akan dianggap bahwa level *skill* dari kartu sama, supaya tidak berpengaruh pada analisis. Pemaparan dari tiap atribut yang ada pada game Project Sekai.

1. Kelangkaan (*Rarity*)

Setiap kartu memiliki kelangkaan atau *rarity*. Terdapat 5 *rarity* kartu dalam *game* Project Sekai. Pertama adalah kartu bintang satu. Kartu bintang satu adalah kartu dengan *rarity* terendah pada game Project Sekai. Kartu bintang satu hanya bisa didapatkan jika pemain membaca *opening* dari *main story* unit yang ada. Setelah itu, maka pemain akan otomatis mendapatkan kartu bintang satu. Kartu bintang satu bisa dilakukan *training* hingga level 20.

Selanjutnya ada kartu bintang dua. Kartu bintang dua memiliki desain yang mirip seperti kartu bintang satu. Perbedaannya terdapat pada cara mendapatkannya. Kartu bintang dua bisa didapatkan dari *gacha* yang tersedia di dalam *game*, sedangkan kartu bintang satu tidak bisa didapatkan dari *gacha game*. Kartu bintang satu bisa dilakukan *training* hingga level 30.

Lalu ada kartu bintang tiga. Kartu bintang tiga secara desain menggunakan *full art* hingga *background*, berbeda dengan kartu bintang satu dan kartu bintang dua. Kartu ini juga bisa didapatkan pada *gacha game*. Kartu ini bisa dilakukan *training* hingga level 40. Setelah mencapai level 40, kartu bisa di-*upgrade* ke versi *trained* dan membuka ilustrasi baru. pada versi *trained*, kartu bisa di-*train* hingga level 50.

Selanjutnya ada kartu bintang empat. Kartu bintang empat merupakan kartu dengan *rarity* tertinggi dalam game Project Sekai. Secara desain dan cara memperoleh, kartu bintang empat sama dengan kartu bintang empat. Perbedaannya terletak pada level maksimum untuk dilakukan *training*. Kartu bintang tiga hanya bisa di-*train* hingga level 40 dan versi *trained* bisa di-*train* hingga level 50, sedangkan kartu bintang empat bisa dilakukan *training* hingga level 50 dan versi *trained*-nya bisa di-*train* hingga level 60.

Terakhir ada *birthday card*. kartu ini merupakan kartu spesial yang ada pada hari ulang tahun tiap karakter. *rarity birthday card* berada di atas kartu bintang tiga, tetapi berada di bawah kartu bintang empat. Secara desain, kartu ini sama seperti kartu bintang tiga dan bintang empat. Perbedaannya terletak pada cara mendapatkannya dan sistem *training*-nya. *Birthday card* hanya bisa didapat dari *gacha* ulang tahun suatu karakter tertentu. *Birthday card* juga tidak memiliki versi *trained* dan bisa langsung di-*train* hingga level 60.

2. Nilai Talent (*Talent Value*)

Selain punya *rarity*, setiap kartu punya nilai *talent*-nya masing-masing. Nilai *talent* berpengaruh pada skor akhir *game* saat menyelesaikan suatu lagu. Semakin tinggi nilai *talent* dari suatu kartu, maka skor akhir *game* akan semakin tinggi.

Nilai *talent* dari suatu kartu bisa diperbesar supaya skor akhir *game* bisa menjadi lebih besar. Salah satu caranya adalah dengan melakukan *training* pada karakter tersebut. Semakin tinggi level *training*-nya, maka nilai *talent* akan makin besar. Karena tiap kartu punya *rarity* yang berbeda, maka semakin besar *rarity* suatu kartu, nilai *talent* maksimumnya juga akan semakin besar. Berikut adalah nilai *talent* maksimum untuk tiap *rarity* di *game* Project Sekai:

<i>Rarity</i>	Level Maksimum	Nilai <i>Talent</i> Maksimum
Bintang 1	20	16.000
Bintang 2	30	19.985
Bintang 3	50	27.600 – 27.603
Bintang 4	60	34.300 – 34.601
<i>Birthday Card</i>	60	34.300 – 34.601

Tabel 1. Perbandingan Nilai *Talent* tiap *Rarity*. Sumber : [5]

3. Level *Mastery*

Selanjutnya, atribut yang berpengaruh pada analisis untuk optimalisasi *team building* pada *game* Project Sekai adalah level *mastery*. Level *mastery* membuat nilai *talent* kartu kita menjadi lebih besar. Selain itu, kartu *mastery* juga bisa menambahkan bonus skor *event* yang akan dijelaskan pada bagian analisis. Berikut adalah nilai *talent* dari kartu bintang empat yang punya level 60 untuk tiap *mastery*-nya:

Level <i>Mastery</i>	Nilai <i>Talent</i>
0	34.300 – 34.601
1	36.300 – 36.601
2	38.300 – 38.601
3	40.300 – 40.601
4	42.300 – 42.601
5	44.300 – 44.601

Tabel 2. Perbandingan Nilai *Talent* tiap *Mastery*. Sumber : [5]

4. Atribut (*Attribute*)

Selanjutnya, ada atribut. Atribut (*Attribute*) adalah salah satu karakteristik atau elemen penting yang dimiliki oleh setiap kartu karakter. Atribut berfungsi sebagai penanda kategori kartu untuk menentukan kecocokan (*match*) dengan bonus *event* yang sedang berlangsung.

Terdapat 5 jenis atribut di Project Sekai yang masing-masing diwakili oleh warna dan ikon tertentu:

- *Mysterious* (Ikon Bulan Ungu)
- *Cool* (Ikon Berlian Biru)
- *Pure* (Ikon Daun Hijau)
- *Happy* (Ikon Hati Kuning)
- *Cute* (Ikon Bunga Merah Muda)

Atribut menjadi acuan paling krusial dalam sistem pembuatan tim. Pada *event* biasa, terdapat 1 buah atribut yang menjadi acuan untuk bonus skor *event*. Jika kartu yang ada pada tim pemain memiliki atribut tersebut, maka akan mendapatkan bonus skor *event*. Semakin banyak kartu pada tim yang memiliki atribut tersebut, semakin banyak bonus skor *event* yang didapatkan oleh pemain tersebut.

Berbeda dengan *event* pada umumnya, *event world link* membutuhkan pemain untuk menyusun tim yang terdiri dari 5 atribut berbeda. Jika pemain melakukan hal tersebut, maka bonus skor *event* akan bertambah. Namun, jika pemain menggunakan 2 atau lebih kartu yang memiliki atribut yang sama, maka bonus skor *event* akan berkurang. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang lebih mendalam untuk mengetahui tim yang paling optimal pada *event world link* di *game* Project Sekai.

5. *Skill*

Di dalam permainan Project Sekai, *Skill* adalah kemampuan khusus yang tertanam pada setiap kartu karakter. *Skill* ini akan otomatis aktif (terpicu) di tengah-tengah permainan saat Anda memainkan sebuah lagu (*live show*) ketika catatan musik (*note*) melewati garis kuning bertuliskan "SKILL".

Fungsi utama dari *skill* adalah untuk mendongkrak perolehan skor, memulihkan darah (*Life*), atau membantu menstabilkan kombo permainan. Secara garis besar, *skill* pada kartu di Project Sekai dibagi menjadi beberapa kategori utama:

1. *Score Booster* (Peningkat Skor):

Menyuntikkan bonus persentase skor tambahan selama beberapa detik (misalnya, "+100% skor selama 5 detik"). Ini adalah tipe *skill* paling krusial bagi pemain yang sedang mengejar peringkat tinggi pada suatu *event*.

2. *Life Recovery / Healer* (Pemulih Darah):

Mengembalikan sejumlah poin *Life* yang berkurang akibat mendapati *note* berstatus *Bad* atau *Miss*, sekaligus memberikan sedikit bonus skor.

3. *Bad/Good-to-Perfect / Accuracy Protector* (Penyelamat Kombo):

Mengubah *note* yang meleset berstatus *Great*, *Good*, atau bahkan *Bad* menjadi *Perfect* selama durasi tertentu. *Skill* ini sangat membantu pemain untuk mempertahankan kombo atau meraih *Full Combo*.

4. *Fever Score Booster*:

Skill khusus yang memberikan bonus peningkatan skor jauh lebih besar jika diaktifkan tepat pada saat jendela *Fever Time* (fase khusus di mode *Co-op/Multi-Live* di mana semua pemain memukul *note* secara kompak).

Skill dari kartu cukup penting pada optimasi *team building* di *event world link* terutama kartu dengan *skill Score Booster* karena semakin besar skor yang didapat di akhir lagu, maka skor *event* juga akan semakin besar, walaupun tidak sebesar itu. Terutama jika kartu dengan *Score Booster* paling tinggi diletakkan pada posisi *Leader*. Hal ini dikarenakan kartu di posisi *Leader* akan memicu *skill*-nya sebanyak dua kali selama lagu berlangsung (termasuk saat fase *Encore*), sehingga pemilihan *skill* yang presisi akan sangat menentukan kalkulasi skor maksimal dari tim yang Anda simulasikan.

2.4. Sistem *Support Team* pada *World Link* pada *Project Sekai*

Sistem *support team* membuat *team building* pada *event world link* menjadi lebih kompleks. *Support team* adalah sejumlah kartu di luar kartu yang ada di tim utama yang membentuk tim baru yang digunakan untuk menambah bonus skor *event*. Cara pemilihannya pun beda dengan tim utama. Pada tim utama, pemain tidak boleh menggunakan satu karakter lebih dari satu kali pada suatu tim utama yang sama. Pada *support team*, pemain bebas memilih jumlah karakter yang sama pada satu tim. Selain itu, jenis atribut, *skill*, dan nilai talent tidak diperhatikan pada *support team*, hanya *rarity* dan *mastery* saja yang dihitung. Berikut adalah hubungan antara tiap *rarity* dengan bonus skor *event* yang didapat:

<i>Rarity</i>	Bonus Skor <i>Event</i>
Bintang 1	+1%
Bintang 2	+2%
Bintang 4	+10%
<i>Birthday Card</i>	+5%
Bintang 3	+3%

Tabel 3. Perbandingan *Rarity* dengan Pertambahan Bonus Skor *Event* pada *Support Team*. Sumber : [4]

Selain itu ada pula hubungan antara pertambahan level *mastery* dengan tambahan bonus skor *event* pada *support team*. Berikut perbandingannya:

<i>Rarity</i>	Pertambahan Bonus Skor <i>Event</i> setiap Pertambahan Level <i>Mastery</i>
Bintang 1	+0.1%
Bintang 2	+0.2%
Bintang 3	+0.3%
Bintang 4	+0.5%
<i>Birthday Card</i>	+0.4%

Tabel 4. Perbandingan *Rarity* dengan Pertambahan Bonus Skor *Event* setiap Pertambahan Level *Mastery* pada *Support Team*. Sumber : [4]

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemodelan Sistem *Team Building* ke Dalam Graf

Untuk mengoptimalkan pembentukan tim atau *team building* pada *event world link* di *game Project Sekai*, sistem inventori kartu pemain ditransformasikan ke dalam bentuk Graf Berarah Berbobot $G = (V, E)$.

Berikut representasi dari inventori kartu pemain dalam graf:

1. Simpul (Vertices, V)

Merepresentasikan seluruh kartu karakter yang dimiliki oleh pemain di dalam *inventory*-nya. Setiap simpul membawa data seperti karakter, atribut, kelangkaan (*rarity*), dan level *mastery*.

2. Sisi (Edges, E)

Sisi berarah $e = (u, v)$ merepresentasikan kelayakan masuknya kartu tujuan (v) ke dalam formasi tim berdasarkan kartu asal (u) yang sudah terpilih sebelumnya. Arah panah melambangkan urutan ekspansi atau tahapan "rekrutmen" kartu ke dalam tim.

3. Representasi Bobot Sisi Berarah

Setiap sisi berarah diberikan bobot (w) yang murni merepresentasikan nilai kontribusi bonus skor *event* individu dari kartu tujuan. Nilai bonus skor *event* milik kartu asal tidak berpengaruh pada sisi tersebut.

4. Fungsi Spanning Tree Berarah sebagai Selector

Dalam model ini, graf berarah digunakan oleh Algoritma Prim untuk mengonstruksi sebuah pohon merentang berarah (*directed spanning tree / arborescence*). Pohon ini bertindak sebagai alat seleksi komponen. Komponen pertama yang dipilih merupakan karakter dengan bonus skor *event* terbesar. Setelah itu, algoritma mencari simpul yang terhubung dengan komponen pertama melalui sisi berarah yang memiliki bobot maksimum. Struktur sisi berarah menjamin bahwa ketika terjadi percabangan (satu kartu menghubungkan beberapa kartu lain sekaligus), nilai bonus skor *event* kartu pusat tidak akan terhitung ganda (*double counting*), karena bobot hanya melekat pada simpul tujuan di ujung panah. Setelah tepat 5 simpul berhasil dijaring ke dalam struktur pohon, hubungan sisi dilepas dan formasi tim utama resmi terbentuk.

3.2. Formulasi Nilai Bonus dan Inversi Bobot

Penentuan bobot didasarkan pada aturan kalkulasi bonus resmi dari mekanik *event world link Project Sekai* yang dibagi menjadi dua arsitektur:

1. Komponen Tim Utama

Formasi tim utama mengharuskan pemilihan tepat 5 kartu dengan 5 jenis atribut unik. Kontribusi bonus individu kartu tujuan dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Bonus}(v) = (\text{Fokus Karakter} \times 25\%) + (\text{Target Atribut} \times 25\% + (\text{Bonus Mastery}))$$

2. Komponen *Support Team*

Untuk kartu-kartu sisa yang tidak masuk ke tim utama, mereka akan dialokasikan ke *support team*. Di *support team*, game tidak peduli karakter atau atributnya kembar atau tidak. Bonusnya murni dihitung dari bonus *rarity* ditambah bonus level *mastery*, sesuai dengan **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

3. Teknik Inversi Bobot

Algoritma Prim secara alamiah didesain untuk mencari *minimum spanning tree* (mencari jalan dengan bobot terkecil/paling murah). Padahal, dalam *game*, kita justru ingin mencari kartu dengan bonus skor *event* terbesar.

Untuk menjembatani perbedaan ini, kita melakukan Inversi Bobot (*Weight Inversion*). Kita menentukan sebuah batas atas teoretis (W_{max}), yaitu bonus maksimum yang bisa dicapai oleh satu kartu super ideal, yaitu 75% yang merupakan hasil maksimum dari formulasi nilai bonus untuk tim utama.

Bobot inversi (w') untuk setiap sisi berarah yang menuju ke kartu v dihitung dengan rumus:

$$w'(e) = 75\% - \text{Bonus}(v)$$

- Jika sebuah kartu sangat kuat dan memiliki $\text{Bonus}(v) = 75\%$, maka bobot inversinya: $w'(e) = 0\%$.
- Jika sebuah kartu biasa saja dan hanya memiliki $\text{Bonus}(v) = 25\%$, maka bobot inversinya: $w'(e) = 50\%$.

Karena Algoritma Prim selalu memilih sisi dengan bobot terkecil, algoritma akan secara otomatis berebut untuk memilih sisi berbobot 0 atau yang paling mendekati 0 terlebih dahulu. Secara tidak langsung, Prim sedang memilih kartu dengan bonus terbesar.

3.3. Penerapan Algoritma Prim Modifikasi dan Analisis Topologi

Prosedur pencarian subgraf formasi utama dilakukan dengan memodifikasi Algoritma Prim yang diinjeksikan fungsi kontrol pembatas atribut (*constraint-checking*):

1. Inisialisasi Akar (*Root*)

Cari satu kartu dengan bobot inversi terkecil di seluruh *inventory* (kartu dengan bonus individu terbesar). Masukkan kartu tersebut ke dalam pohon tim utama sebagai simpul akar (*root*).

2. Eksplorasi Sisi Keluar

Periksa semua sisi berarah yang keluar dari simpul-simpul yang sudah berada di dalam tim utama menuju simpul lain di luar tim utama.

3. Seleksi Greedy dan Validasi Atribut

Pilih sisi berarah yang memiliki bobot inversi terkecil. Lakukan *Constraint-Checking* (periksa apakah karakter atau atribut dari simpul tujuan sudah ada di dalam tim utama).

- Jika belum ada (aman), masukkan simpul dan sisi berarah ke dalam pohon tim utama.
- Jika sudah ada (melanggar syarat keunikan), coret simpul dari daftar kandidat tim utama dan evaluasi pilihan terbaik berikutnya.

4. Interupsi

Ulangi langkah 2 dan 3 hingga pohon berarah untuk tim utama memiliki tepat 5 simpul. Sisa kartu yang tidak terpilih dikembalikan ke kolam residu untuk dialokasikan secara *greedy* murni ke dalam slot *support team* berdasarkan urutan nilai terbesar pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

3.3. Analisis Efisiensi Komputasi

Pendekatan berbasis Algoritma Prim ini secara drastis menyelamatkan perangkat dari Ledakan Kombinatorial (Combinatorial Explosion). Jika seorang pemain memiliki 100 kartu di inventori, pencarian buta (*Brute Force*) harus mengevaluasi $C(100, 5)$ kemungkinan formulasi atau setara dengan 75.287.520 kemungkinan formulasi.

Pada skala inventori 100 kartu, jumlah operasi dasar dipangkas dari 75 juta operasi menjadi hanya sekitar 66.438 operasi dasar. Penurunan drastis ini membuktikan bahwa pemodelan graf berarah dengan Algoritma Prim sangat efisien, memiliki skalabilitas yang aman, dan sangat layak untuk diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis mobile.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, pemodelan, dan simulasi numerik yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya mengenai optimasi *team building* pada *event world link* di Project Sekai, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Validitas Pemodelan Graf Berarah

Pendekatan Teori Graf melalui pemodelan Graf Berarah Berbobot (*Weighted Directed Graph*) terbukti menjadi instrumen matematis yang sangat akurat dan representatif untuk mengabstraksikan mekanik *event world link*. Dengan menetapkan arah panah $u \rightarrow v$ sebagai representasi penambahan kartu tujuan (v) berdasarkan fondasi kartu asal (u) yang telah terpilih, model ini mampu memberikan kejelasan orientasi nilai.

Struktur berarah ini sukses menyelesaikan anomali perhitungan ganda (*double counting*) pada bobot kartu pusat (*hub*) saat terjadi percabangan, karena nilai kontribusi bonus murni dilekatkan pada simpul ujung panah tujuan.

2. Keandalan Algoritma Prim Modifikasi

Implementasi Algoritma Prim yang dimodifikasi dengan fungsi kontrol pembatas (*constraint-checking*) terbukti sangat efektif sebagai algoritma penyeleksi komponen tim inti (*Main Unit*). Berbeda dengan penjelajahan linear yang kaku, Algoritma Prim secara alamiah mengonstruksi sebuah pohon merentang berarah (*directed spanning tree / arborescence*) dengan kecenderungan membentuk Topologi Bintang Berarah (*Directed Star Topology*). Melalui teknik inversi bobot (*weight inversion*), fungsi *greedy* pada Algoritma Prim yang awalnya dirancang untuk meminimalkan ongkos (*Minimum Spanning Tree*) dapat ditransformasikan secara konsisten untuk memaksimalkan akumulasi bonus *event* secara absolut.

3. Mitigasi Efektif Terhadap Ledakan Kombinatorial

Penerapan algoritma berbasis *spanning tree* ini memberikan keunggulan komputasi yang sangat masif jika dibandingkan dengan metode pemindaian buta (*brute force search*). Pada simulasi skala inventori berisi 100 kartu, algoritma ini mampu memangkas kebutuhan pencarian dari 75.287.520 kemungkinan formasi pada metode *brute force* menjadi hanya sekitar 66.438 operasi dasar saja. Reduksi matematis yang masif ini membuktikan bahwa sistem rekomendasi tim berbasis Algoritma Prim sangat efisien, memiliki skalabilitas yang aman, serta sangat layak dan ringan untuk diimplementasikan langsung pada perangkat mobile dengan keterbatasan perangkat keras.

4. Integrasi Formasi Dua Tingkat

Metode ini berhasil mengintegrasikan dua sub-sistem formasi *world link* yang berbeda aturan secara harmonis. Pemisahan fase seleksi di mana algoritma Prim menyaring 5 kartu dengan keberagaman atribut unik untuk tim utama, dilanjutkan dengan alokasi residu inventori secara *greedy* murni untuk memenuhi slot *support team* menjamin bahwa keseluruhan formasi tim yang direkomendasikan kepada pemain berada pada titik optimal dan memberikan efisiensi persentase bonus tertinggi sesuai mekanik resmi permainan.

REFERENSI

- [1] R. Munir, "Graf (Bagian 1)," Bahan Kuliah IF1220 Matematika Diskrit, Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Dokumen Perkuliahan, 2026.
- [2] R. Munir, "Pohon (Bagian 1)," Bahan Kuliah IF1220 Matematika Diskrit, Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Dokumen Perkuliahan, 2026.
- [3] Project Sekai Colorful Stage! Wiki Contributors, "World Link Event Mechanics," Fandom Wiki, [Online]. Tersedia: https://projectsekai.fandom.com/wiki/World_Link_Event [Diakses: 19 Juni 2026].
- [4] Project Sekai Colorful Stage! Wiki Contributors, "Support Unit Card Statistics and Mastery Rank Multipliers," Fandom Wiki, [Online]. Tersedia: https://projectsekai.fandom.com/wiki/Support_Unit [Diakses: 19 Juni 2026].
- [5] S. N. App, "Project Sekai Team Building Mechanics and Talent Calculation Formulas," Sekai.best Database, [Online]. Tersedia: <https://sekai.best/> [Diakses: 19 Juni 2026].

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



Fabian Amzar Susanto, 13525010