

Aplikasi *Tree* dan *Graph* dalam Menentukan Sistem Kompetisi *Valorant Champions 2021*

Aira Thalca Avila Putra - 13520101
 Program Studi Teknik Informatika
 Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
 Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
 13520101@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Makalah ini membahas sistem-sistem yang ada pada kompetisi di dunia e-sport. Sistem kompetisi tersebut dibahas dengan representasi pohon dan juga graf. Menggunakan teori graf dan juga pohon dapat dihitung banyaknya pertandingan untuk memilih sistem kompetisi yang paling tepat untuk digunakan

Keywords—Graf, Pohon, Sistem kompetisi, Valorant.

I. PENDAHULUAN

Sebagai seorang *event organizer*, Memilih sistem kompetisi yang paling efektif dalam suatu kompetisi adalah hal yang sangat penting. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertimbangan sistem yang dipakai diantaranya jumlah pertandingan, waktu yang tersedia, jumlah tim yang bertanding, banyaknya *venue* yang dapat digunakan dalam satu waktu, dan lain-lain. Biasanya, *venue* yang digunakan dalam kompetisi *E-Sport* bisa digunakan untuk lebih dari satu pertandingan dalam waktu yang sama karena tidak memerlukan ruangan yang sangat besar dan bahkan bisa dilaksanakan secara *online*. Hal ini tentu menjadi pertimbangan yang cukup penting juga untuk para *event organizer* dalam menentukan system kompetisi yang akan mereka pakai agar peserta, panitia, dan juga penonton menikmatinya.

Pada makalah ini, penulis berusaha untuk membuat representasi setiap sistem kompetisi yang lazim digunakan dalam representasi graf dan pohon lalu menghitung faktor-faktor yang membedakan satu sistem dengan yang lainnya lalu melakukan analisa untuk menentukan sistem kompetisi yang paling efisien.

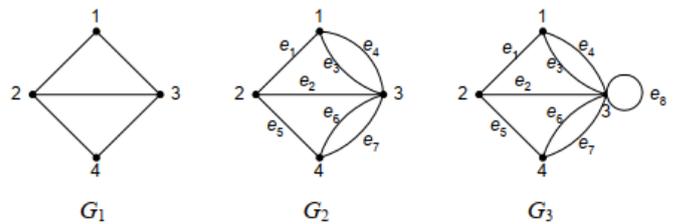
II. DASAR TEORI

A. Graf

Graf didefinisikan sebagai graf $G = (V, E)$, yang dalam hal ini:

V = himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul (*node* atau *vertices*) = $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

E = himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul = $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$



Gambar 2.1 Contoh graf

Sumber : *Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit*

Sebagai contoh, graf-graf pada gambar diatas dapat diubah dengan representasi $G = (V, E)$ sebagai berikut:

$G_1 = (\{1,2,3,4\}, \{(1,2), (1,3), (2,3), (2,4), (3,4)\})$

$G_2 = (\{1,2,3,4\}, \{(1,2), (1,3), (1,3), (2,3), (2,4), (3,4), (3,4)\})$

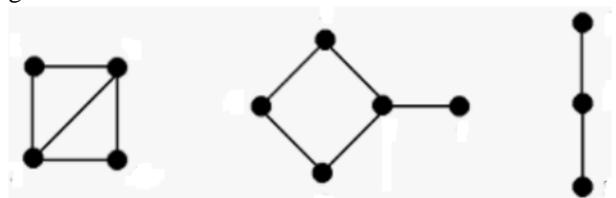
$G_3 = (\{1,2,3,4\}, \{(1,2), (1,3), (1,3), (2,3), (2,4), (3,3), (3,4), (3,4)\})$

Pada G_2 , terdapat sisi ganda yaitu $(1,3)$ dan $(3,4)$ sementara pada G_3 terdapat sisi gelang yaitu $(3,3)$.

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, maka graf digolongkan menjadi dua jenis:

1. Graf sederhana

Graf yang tidak mengandung sisi gelang maupun sisi ganda.

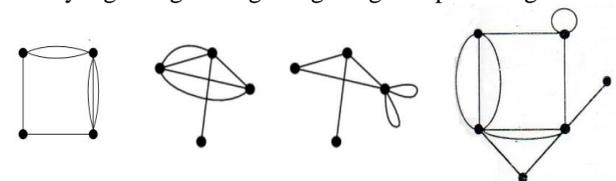


Gambar 2.2 Contoh graf sederhana

Sumber : *Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit*

2. Graf tak-sederhana

Graf yang mengandung sisi gelang maupun sisi ganda.



Gambar 2.3 Contoh graf tak-sederhana

Sumber : *Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit*

Graf tak sederhana dibedakan lagi menjadi dua jenis:

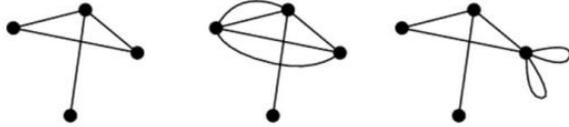
1. Graf ganda(multi-graph)

Graf yang mengandung sisi ganda.

- Graf semu (pseudo graph)
Graf yang mengandung sisi gelang.

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dibedakan atas 2 jenis:

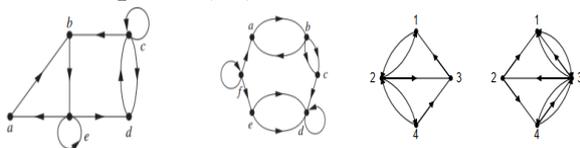
- Graf tak-berarah
Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah sehingga (u,v) dan (v,u) adalah sisi yang sama.



Gambar 2.4 Graf tak-berarah

Sumber : Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit

- Graf berarah
Graf yang setiap sisinya diberi orientasi arah. Sisi (u,v) berbeda dengan sisi (v,u) .



Gambar 2.5 Graf berarah

Sumber : Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit

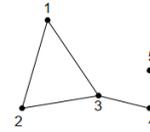
Jenis	Sisi	Sisi ganda diperbolehkan?	Sisi gelang diperbolehkan?
Sederhana	Tak-berarah	Tidak	Tidak
Semu	Tak-berarah	Ya	Ya
Ganda	Tak-berarah	Ya	Tidak
Berarah	Berarah	Tidak	Ya
Ganda Berarah	Berarah	Ya	Ya

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Graf

Sumber : Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit

Graf memiliki beberapa terminologi yang cukup umum, yaitu:

- Ketetanggaan (*adjacent*)
Dua buah simpul dikatakan bertetangga jika keduanya terhubung langsung. Tinjau G_1 pada gambar 2.1. Simpul 1 bertetangga dengan simpul 2 dan 3 namun tidak bertetangga dengan simpul 4
- Bersisian (*incidency*)
Untuk sembarang sisi $e = (v_j, v_k)$ dikatakan
 - e bersisian dengan simpul v_j
 - e bersisian dengan simpul v_k
 Tinjau kembali G_1 pada gambar 2.1. Sisi $(1,2)$ bersisian dengan simpul 1 dan simpul 2
- Simpul terpencil (*isolated vertex*)
Simpul terpencil ialah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya.



G_3

Gambar 2.6 Simpul terpencil

Sumber : Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit

Tinjau gambar diatas, simpul 5 dikatakan simpul terpencil karena tidak bersisian dengan sisi manapun.

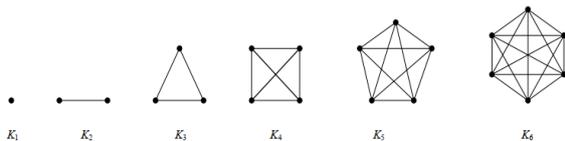
- Graf kosong (*empty graph*)
Graf yang sisinya merupakan himpunan kosong.
- Derajat (*degree*)
Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Tinjau kembali G_1 pada gambar 2.1. Simpul 1 memiliki derajat 2 karena bersisian dengan simpul 2 dan 3 sementara simpul 2 berderajat 3 karena bersisian dengan simpul 1,3, dan 4. Pada graf berarah, derajat simpul dibedakan menjadi derajat masuk(banyak sisi berasal dari simpul tersebut) dan derajat keluar(banyak sisi menuju simpul tersebut). Pada graf, terdapat lemma jabat tangan yang berbunyi sebagai berikut:

“Jumlah derajat semua simpul pada suatu graf adalah genap, yaitu dua kali jumlah sisi pada graf tersebut.”
Dalam operasi matematika, lemma tersebut berbunyi:

$$\sum_{v \in V} d(v) = 2|E|$$

- Lintasan (*path*)
Lintasan dari simpul v_0 ke simpul v_n di dalam graf G adalah kumpulan berselang-seling simpul dan sisi yang menghubungkan simpul v_0 dan juga v_n . Tinjau Kembali G_1 pada gambar 2.1. Lintasan dari simpul 1 ke 4 salah satunya adalah 1, $(1,2)$, 2, $(2,4)$, 4. Panjang lintasan itu sendiri adalah banyaknya sisi pada barisan lintasan tersebut. Dalam contoh diatas maka panjang lintasan dari simpul 1 ke simpul 4 adalah 2.
- Siklus (*cycle*) atau sirkuit (*circuit*)
Siklus atau sirkuit adalah lintasan yang simpul awal dan simpul tujuannya sama. Tinjau Kembali graf G_1 pada gambar 2.1. Lintasan 1,2,3,1 adalah sebuah sirkuit karena simpul awalnya dan akhirnya sama.
- Keterhubungan (*connected*)
Dua buah simpul v_i dan v_j dikatakan *connected* jika dalam graf tersebut ada lintasan yang menghubungkan simpul v_i dan v_j . Sebuah graf G dikatakan graf terhubung jika untuk seluruh v_i dan v_j dalam himpunan V pada graf G memiliki lintasan. Jika tidak maka graf tersebut dikatakan sebagai *disconnected graph*. Graf berarah G dikatakan terhubung jika graf tidak berarahnya terhubung (graf tidak berarah dari G diperoleh dengan menghilangkan arahnya). Dua simpul, u dan v , pada graf berarah G disebut terhubung kuat (*strongly connected*) jika terdapat lintasan berarah dari u ke v dan juga lintasan berarah dari v ke u . Jika u dan v tidak terhubung kuat tetapi terhubung pada graf tidak berarahnya, maka u dan v dikatakan terhubung lemah (*weakly connected*).
- Graf lengkap (*complete graph*)

Graf lengkap adalah graf sederhana yang setiap simpulnya memiliki sisi ke setiap simpul lainnya. Graf lengkap dengan banyak simpul n ditulis dengan K_n . Jumlah sisi pada graf lengkap adalah $\frac{n(n-1)}{2}$.

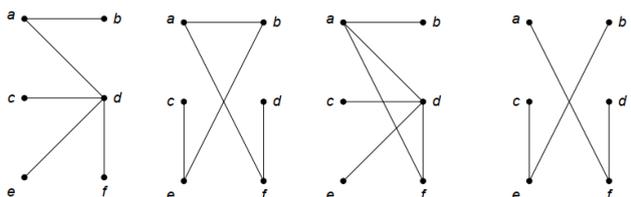


Gambar 2.7 Graf lengkap $n=1$ sampai $n=6$

Sumber : Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit

B. Pohon

Pohon adalah graf tak-berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit.



pohon pohon bukan pohon bukan pohon

Gambar 2.8 Contoh Pohon dan bukan pohon

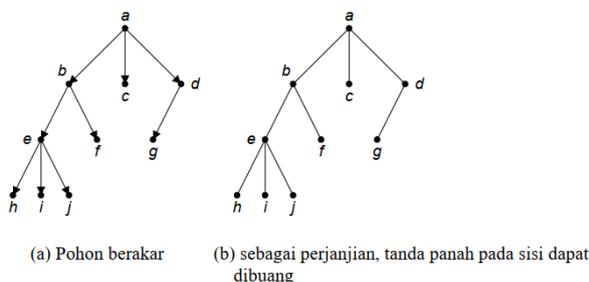
Sumber : Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit

Pada gambar diatas, graf ke 3 bukanlah pohon karena lintasan a,d,f membentuk sirkuit sementara graf ke 4 bukan pohon karena lintasan a,d,f dan lintasan c,e,b tidak terhubung.

Misalkan graf $G = (V,E)$ adalah sebuah graf tak-berarah terhubung sederhana dan memiliki jumlah simpul n , maka G memiliki beberapa properti yaitu:

1. G adalah pohon.
2. G memiliki $n-1$ buah sisi.
3. G tidak mengandung sirkuit
4. Setiap pasang simpul di G hanya memiliki 1 lintasan yang menghubungkannya
5. G terhubung dan semua sisinya adalah jembatan (jika sisi tersebut diputus akan menyebabkan G menjadi dua pohon).

Pohon yang satu buah simpulnya diperlakukan sebagai akar dan sisi-sisinya diberi arah sehingga menjadi graf berarah dinamakan pohon berakar (*rooted tree*).



Gambar 2.9 Contoh Rooted Tree

Sumber : Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit

Pohon berakar memiliki beberapa terminologi, yaitu:

1. Anak (*child/children*) dan orangtua (*parent*)

Perhatikan gambar 2.8. simpul b,c, dan d adalah anak dari simpul a. Sebaliknya, simpul a adalah orangtua dari simpul b,c, dan d.

2. Lintasan (*path*)

Lintasan dari simpul v_0 ke simpul v_n di dalam pohon G adalah kumpulan simpul yang menghubungkan v_0 dan v_n termasuk kedua simpul tersebut. Perhatikan kembali gambar 2.8. Lintasan dari simpul a ke simpul h adalah a,b,e,h dan memiliki panjang lintasan 3.

3. Saudara Kandung (*siblings*)

Saudara kandung pada pohon G adalah kumpulan simpul yang memiliki orang tua yang sama. Perhatikan gambar 2.8. Simpul h memiliki saudara kandung simpul i dan simpul j.

4. Derajat (*degree*)

Derajat sebuah simpul adalah jumlah anak pada simpul tersebut. Derajat dari sebuah pohon adalah derajat maksimum dari simpul yang ada di pohon tersebut.

5. Daun (*leaf*)

Simpul yang berderajat nol atau tidak mempunyai anak disebut daun. Perhatikan kembali gambar 2.8. Simpul h, i, j, f, c, dan g adalah daun karena tidak memiliki anak.

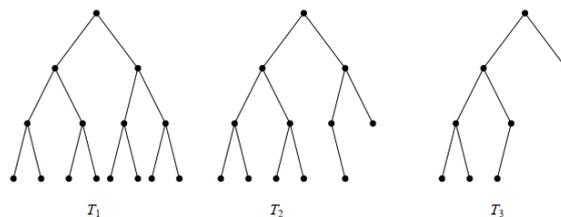
6. Simpul dalam (*internal nodes*)

Simpul yang mempunyai anak disebut simpul dalam. Perhatikan kembali gambar 2.8. Simpul a, b, d, dan e disebut simpul dalam karena memiliki anak.

7. Tinggi (*height*).

Tingkat maksimum dari sebuah pohon adalah tinggi pohon tersebut. Pada gambar 2.8, pohon tersebut memiliki tinggi 3.

Pohon n -ary adalah pohon berakar yang setiap simpul cabangnya mempunyai paling banyak n buah anak. Jika $n=2$, maka pohon tersebut disebut pohon biner (*binary tree*). Anak pada setiap simpul dari pohon biner dibedakan menjadi *left child* dan *right child*.



Gambar 2.10 Contoh Pohon Biner

Sumber : Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit

C. Valorant Champions 2021

Valorant Champions adalah kompetisi terbesar dalam permainan Valorant. Kompetisi ini diikuti oleh 16 tim dari seluruh dunia. Kompetisi ini diadakan dari tanggal 1-12 Desember 2021 dengan hari terakhir adalah *match grand final* dan 1-11 Desember terdiri dari maksimal 3 pertandingan per hari.



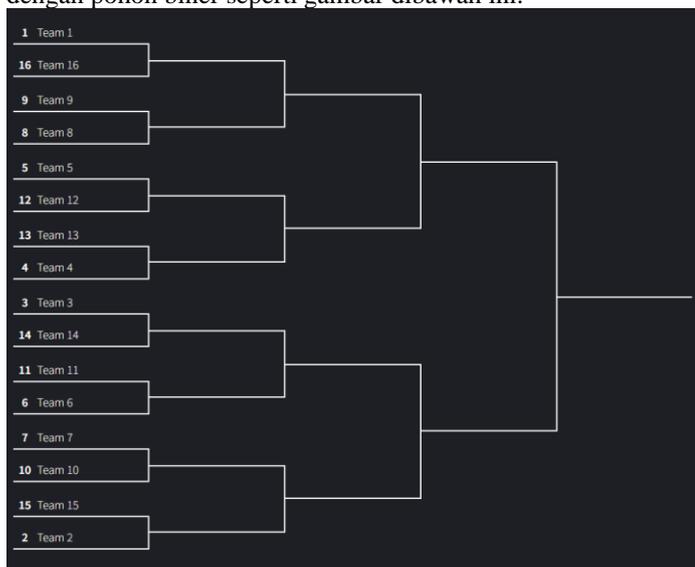
Gambar 2.11 Peserta Valorant Champions 2021

Sumber : <https://valorantesports.com/news/valorant-champions-everything-you-need-to-know/>

III. PENERAPAN GRAF DAN POHON DALAM VALORANT CHAMPIONS 2021

A. Sistem Single-Elimination

Sistem *single-elimination* adalah sistem babak gugur dimana setiap tim akan dipasangkan dengan tim lainnya untuk bertanding, lalu tim yang menang akan dipasangkan lagi dengan tim yang menang seterusnya hingga tersisa dua tim dan diadakanlah *grand final* untuk menentukan pemenang kompetisi. Pada sistem ini, tim yang kalah akan langsung tereliminasi sehingga pada setiap babak, tim yang akan tereliminasi maksimal ada sebanyak setengah dari total tim yang berkompetisi. Sistem *single-elimination* dapat direpresentasikan dengan pohon biner seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Representasi Graf Single Elimination 16 tim.

Terminologi pohon	Representasi dalam <i>bracket</i>
Akar	Juara Kompetisi
Daun	Peserta Kompetisi
Simpul Dalam	Pertandingan yang terjadi

Tabel 3.1 Representasi Terminologi Pohon dalam *Bracket*

Pada representasi diatas, setiap daun adalah seluruh peserta awal yang mengikuti kompetisi dan akar dari pohon biner tersebut adalah juara dari kompetisi. Representasi pohon biner pada sistem ini akan berbentuk pohon biner penuh jika jumlah peserta dalam kompetisi adalah 2^x tim. Namun jika jumlah tim yang bertanding tidak sebanyak 2^x tim, maka ada yang dinamakan sistem bye.

Sistem bye adalah sistem dimana sebagian tim akan langsung lolos ke ronde 2 agar pada ronde 2 dan seterusnya banyak tim yang berkompetisi adalah sebanyak 2^x tim. Misal ada sebanyak n tim yang bertanding dan 2^a adalah bilangan dua pangkat terkecil yang lebih tinggi atau sama dengan n . Maka banyak tim yang akan di bye adalah sebanyak

$$tim\ bye = 2^a - n$$

Dalam hal ini, jika n sudah sebanyak 2^a , maka tidak ada tim yang di bye sehingga terbentuk pohon biner penuh. Berikut ini adalah contoh *bracket single-elimination* dengan beberapa tim di bye.



Gambar 3.2 Representasi Graf Single Elimination 12 tim.

Pada gambar 3.2, dapat dilihat bahwa ada sebanyak 4 tim yaitu tim 9, 10, 11, dan 12 yang akan langsung melaju ke ronde 2 agar di ronde 2 ada sebanyak 8 tim tersisa dan selanjutnya kompetisi akan berjalan sesuai pohon biner penuh.

Dalam menentukan tim yang di bye ataupun pasangan tim untuk bertanding dari ronde ke ronde, biasanya ada yang dinamakan *seeding*. Seeding adalah pemetaan kekuatan setiap tim agar tim-tim terbaik bisa terhindar untuk saling bertemu di ronde-ronde awal. Hal ini juga dilakukan agar *bracket* yang terbentuk seadil mungkin. Berikut ini adalah implementasi penentuan *bracket* dalam *javascript*.

```
function getBracket(participants)
{
  var TotalTim = participants.length;
  var rounds = Math.ceil(Math.log(TotalTim)/Math.log(2));
  var bracketSize = Math.pow(2, rounds);
  var Byes = bracketSize - TotalTim;
  console.log("Total Tim: {0}".format(TotalTim));
  console.log("Total Round: {0}".format(rounds));
  console.log("Bracket size: {0}".format(bracketSize));
  console.log("Banyak tim bye: {0}".format(Byes));
  if(TotalTim < 2) {
    return [];
  }
  var matches = [[1,2]];
  for(var round = 1; round < rounds; round++) {
    var roundMatches = [];
    var sum = Math.pow(2, round + 1) + 1;
    for(var i = 0; i < matches.length; i++) {
      var home = changeBye(matches[i][0], TotalTim);
      var away = changeBye(sum - matches[i][0], TotalTim);
      roundMatches.push([home, away]);
      home = changeBye(sum - matches[i][1], TotalTim);
      away = changeBye(matches[i][1], TotalTim);
      roundMatches.push([home, away]);
    }
    matches = roundMatches;
  }
  return matches;
}

function changeBye(seed, TotalTim)
{
  return seed <= TotalTim ? seed : null;
}

var COMPETITOR = 8;
var participants = Array.from({length: COMPETITOR}, (v, k) => k + 1);
var bracket = getBracket(participants);
console.log(bracket);
```

Gambar 3.3 Implementasi penentuan bracket dengan javascript

Dengan mengganti variabel COMPETITOR dengan jumlah tim yang bertanding, *bracket* bisa dibentuk sesuai *seeding*.

```
Total Tim: 8
Total Round: 3
Bracket size: 8
Banyak tim bye: 0
[ [ 1, 8 ], [ 5, 4 ], [ 3, 6 ], [ 7, 2 ] ]
```

Gambar 3.4 Penentuan *Bracket* dengan 8 tim.

```
Total Tim: 6
Total Round: 3
Bracket size: 8
Banyak tim bye: 2
[ [ 1, null ], [ 5, 4 ], [ 3, 6 ], [ null, 2 ] ]
```

Gambar 3.5 Penentuan *Bracket* dengan 6 tim. Null mengindikasikan bahwa tim tersebut di *bye*.

Pada sistem *single-elimination*, misal total tim yang bertanding ada sebanyak n tim dan banyak pertandingan yang dilakukan adalah X . Karena pada sistem ini setiap pertandingan akan membuat satu tim gugur dari kompetisi dan kita harus mencari satu tim tersisa, maka banyaknya pertandingan dapat dicari dengan rumus berikut ini:

$$X = n - 1$$

Dalam hal ini, karena pada Valorant Champions 2021 ada sebanyak 16 tim, maka banyak pertandingan ada sebanyak 15

pertandingan.

B. Sistem *Double-Elimination*

Sistem *double-elimination* adalah sistem babak gugur dimana setiap tim akan dipasangkan dengan tim lainnya untuk bertanding, lalu tim yang menang akan dipasangkan lagi dengan tim yang menang di *upper-bracket* atau *bracket* pemenang, dan tim yang kalah akan turun ke *lower-bracket* atau *bracket-losers* dan tim baru akan gugur jika ia kalah di *bracket-losers*. Dengan kata lain, jika pada babak *single-elimination* tim akan gugur jika ia kalah satu kali, namun pada sistem ini tim baru akan gugur jika ia kalah dua kali, terkecuali pada *grand final*, dimana tim yang belum kalah hingga *grand final* hanya butuh satu kekalahan agar tereliminasi dan menjadi juara 2.

Pada sistem *double-elimination*, misal total tim yang bertanding ada sebanyak n tim dan banyak pertandingan yang dilakukan adalah X . Karena pada sistem ini setiap tim butuh 2 kekalahan untuk gugur dari kompetisi dan kita harus mencari satu tim tersisa, maka banyaknya pertandingan dapat dicari dengan rumus berikut ini:

$$X = 2(n - 1)$$

Dalam hal ini, karena pada Valorant Champions 2021 ada sebanyak 16 tim, maka banyak pertandingan ada sebanyak 30 pertandingan.

Gambar dibawah ini adalah contoh *bracket double-elimination* untuk 16 tim.



Gambar 3.6 *Bracket Double-Elimination* 16 tim.

Sama halnya dengan sistem *single-elimination*, *bye* mungkin terjadi jika total tim pada kompetisi tidak sebanyak 2^x tim dan biasanya dilakukan *seeding* terlebih dahulu untuk menentukan tim yang akan bertanding pada babak pertama. Penentuan *bracket* dengan *seeding* bisa dilakukan dengan cara yang sama

dengan implementasi kode dengan *javascript* pada gambar 3.3. Perbedaan dari sistem *single-elimination* dan *double-elimination* hanya pada jumlah pertandingan untuk mengeliminasi satu tim dimana pada *single-elimination* satu kekalahan akan mengeliminasi tim tersebut, sementara pada *double-elimination* butuh dua kekalahan untuk mengeliminasi tim tersebut.

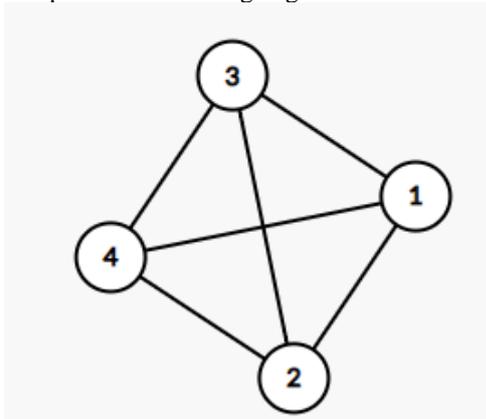
C. Sistem Grup

Biasanya, grup dijadikan fase awal dalam sebuah kompetisi. Tujuannya untuk menyaring tim dan juga menentukan seeding dan pairing yang sesuai agar penyelenggara bisa menentukan siapa yang akan bertemu siapa di babak berikutnya yang biasanya diadakan dalam bentuk fase gugur seperti *single-elimination* dan *double-elimination*.

Sistem ini memiliki banyak tipe, namun biasanya ada 3 format yang sering dipakai untuk fase grup dalam sebuah kompetisi, yaitu *round-robin* atau sistem setengah kompetisi, *double round-robin* atau sistem kompetisi penuh, dan juga *GSL-format*.

1. Round-robin

Dalam format *round robin*, semua tim dalam grup yang sama akan bertemu satu sama lain masing-masing satu kali. Hasil setiap pertandingan akan diakumulasikan menjadi poin sesuai dengan ketentuan penyelenggara, dan peringkat grup akan dilihat berdasarkan perolehan poin tersebut. Untuk tim yang bertanding, hal ini membuat mereka mendapat lebih banyak pengalaman karena bisa menghadapi semua tim yang tergabung dalam grup. Namun di sisi lain, format *round-robin* akan menghabiskan waktu kompetisi cukup banyak jika penyelenggara tidak bisa mengadakan beberapa pertandingan sekaligus di waktu yang sama. Sistem ini dapat direpresentasikan dengan graf dibawah ini.



Gambar 3.7 Sistem *round-robin* 4 tim

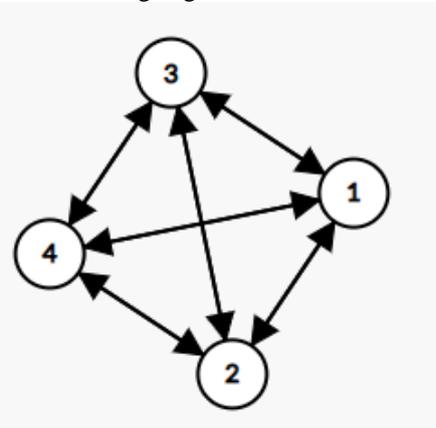
Setiap simpul mewakili tim-tim pada grup tersebut dan setiap busur mewakili pertandingan antara 2 tim. Banyaknya pertandingan pada sistem ini dapat dihitung dengan menghitung banyaknya busur pada graf. Dalam kasus 4 tim, banyak pertandingan dari satu grup adalah 6 pertandingan. Lebih umum lagi, jika total tim pada suatu grup ada n tim dan banyak pertandingan yang dilakukan adalah X , maka X dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$X = \frac{n(n-1)}{2}$$

Dalam hal ini, karena pada Valorant Champions 2021 ada sebanyak 16 tim, banyak grup yang mungkin agar setiap grup memiliki jumlah yang sama adalah 1,2, atau 4 grup. Jika satu grup, maka banyak pertandingan ada sebanyak 120 pertandingan, jika dua grup ada sebanyak 56 pertandingan(28 pertandingan satu grup), dan jika ada empat grup ada sebanyak 24 pertandingan (enam pertandingan satu grup).

2. Double round-robin

Dalam format *double round robin*, semua tim dalam grup yang sama akan bertemu satu sama lain masing-masing dua kali. Hasil setiap pertandingan akan diakumulasikan menjadi poin sesuai dengan ketentuan penyelenggara, dan peringkat grup akan dilihat berdasarkan perolehan poin tersebut. Format kompetisi ini tentu saja memberikan semua tim lebih banyak kesempatan bertanding dan memuncaki grup, serta benar-benar mempelajari lawan-lawan yang ada dalam grup. Namun, karena melakukan *round robin* dua kali, format ini jelas memakan waktu dua kali lebih banyak. Sistem ini biasanya dipakai jika kompetisi menggunakan sistem liga seperti pada kompetisi speakbola. Sistem ini dapat direpresentasikan dengan graf dibawah ini.



Gambar 3.8 Sistem *double round-robin* 4 tim

Setiap simpul mewakili tim-tim pada grup tersebut dan setiap busur mewakili pertandingan antara 2 tim. Banyaknya pertandingan pada sistem ini dapat dihitung dengan menghitung banyaknya busur berarah pada graf. Dalam kasus 4 tim, banyak pertandingan dari satu grup adalah 12 pertandingan. Lebih umum lagi, jika total tim pada suatu grup ada n tim dan banyak pertandingan yang dilakukan adalah X , maka X dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

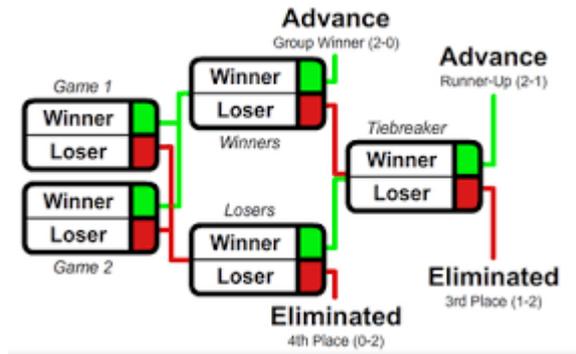
$$X = n(n-1)$$

Dalam hal ini, karena pada Valorant Champions 2021 ada sebanyak 16 tim, banyak grup yang mungkin agar setiap grup memiliki jumlah yang sama adalah 1,2, atau 4 grup. Jika satu grup, maka banyak pertandingan ada sebanyak 240 pertandingan, jika dua grup ada sebanyak

112 pertandingan(56 pertandingan satu grup), dan jika ada empat grup ada sebanyak 48 pertandingan (12 pertandingan satu grup).

3. GSL-format

GSL adalah format grup yang cukup unik karena berbentuk *double elimination bracket*. Sistem ini sama seperti *double-elimination bracket* dengan empat tim, namun pertandingan terakhir antara *upper winner* melawan *lower winner* tidak diselenggarakan. Sistem ini dapat direpresentasikan dengan pohon dibawah ini.



Gambar 3.9 GSL-format Grup

Sumber :

[https://liquipedia.net/starcraft2/Dual Tournament Format](https://liquipedia.net/starcraft2/Dual_Tournament_Format)

Pada Valorant Champions 2021, karena tiap grup hanya terdiri dari empat tim, maka ada empat grup dan setiap grup bermain sebanyak 5 kali, sehingga total pertandingan pada system ini ada sebanyak 20 pertandingan.

D. Gabungan Sistem Grup dan Gugur

Dari tiga macam sistem grup yang ada, sistem GSL-format dan *round-robin* adalah yang paling efektif dengan membagi tiap tim ke empat grup sehingga ada empat tim setiap grupnya. Setelah itu, untuk *round-robin*, dapat diambil 1,2, atau 3 tim dari setiap grup untuk masuk ke babak gugur sehingga total tim di babak gugur ada 4, 8, atau 12 tim. Sementara itu, untuk sistem GSL, karena setiap grup diambil dua tim, maka akan ada 8 tim yang masuk ke babak gugur. Untuk babak gugur itu sendiri, bisa diadakan dengan sistem *single-elimination* ataupun *double-elimination*. Berikut ini tabel perhitungan jumlah pertandingan dari masing-masing kombinasi sistem yang telah disebutkan sebelumnya.

Sistem Grup	Jumlah tim lolos per grup	Sistem Gugur	Jumlah Pertandingan
Round-robin	1 tim	Single-elim	$24+3 = 27$
		Double-elim	$24+6 = 30$
	2 tim	Single-elim	$24 + 7 = 31$
		Double-elim	$24 + 14 = 38$
	3 tim	Single-elim	$24 + 11 = 35$
		Double-elim	$24 + 22 = 46$
GSL Format	2 tim	Single-elim	$20 + 7 = 27$
		Double-elim	$20 + 14 = 34$

Tabel 3.2 Jumlah pertandingan masing-masing Sistem Gabungan

E. Pemilihan Sistem paling Efektif

Pada kompetisi Valorant Champions 2021, pada satu waktu hanya boleh terjadi satu pertandingan saja dikarenakan tempat yang tersedia hanya satu dan hanya ada satu *platform live streaming*. Selain itu, karena setiap hari maksimal hanya ada tiga pertandingan dan hari terakhir dikhususkan untuk *grand final*, maka ada maksimal $11 * 3 = 33$ pertandingan + satu pertandingan *grand final* di hari terakhir sehingga total ada 34 pertandingan. Pertandingan yang dilakukan juga harus sebanyak mungkin karena ada faktor penonton dan semakin banyak orang menonton maka semakin banyak uang yang dihasilkan dari kompetisi tersebut.

Dari analisis yang sudah dilakukan, sistem *double elimination* penuh memiliki 30 pertandingan dan *single elimination penuh* memiliki 15 pertandingan. Namun, dari tabel 3.2 dapat dilihat bahwa format grup GSL lalu dilanjutkan dengan *double-elimination* 8 tim akan tepat memiliki 34 pertandingan, sama dengan jumlah pertandingan maksimal yang dapat dilakukan sehingga sistem grup GSL-format lalu dilanjutkan dengan sistem gugur *double-elimination* 8 tim adalah sistem paling efektif dalam kompetisi Valorant Champions 2021

IV. KESIMPULAN

Dengan merepresentasikan sistem gugur pada sistem kompetisi dengan pohon, baik itu sistem *single elimination* ataupun *double elimination*, dan juga merepresentasikan sistem grup dengan graf, dapat dicari jumlah pertandingan yang dilaksanakan oleh masing-masing sistem kompetisi. Dengan mencari jumlah pertandingan masing-masing sistem, dapat dianalisa sistem mana yang paling efektif dan efisien untuk dijadikan sistem dalam kompetisi, dalam hal ini Valorant Champions 2021. Waktu dan tempat pun menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan maksimal jumlah pertandingan yang dapat dilaksanakan dalam suatu kompetisi.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penciptaan makalah ini sehingga selesai tepat pada waktunya, terutama kepada Tuhan Yang Maha Esa karena tanpa karunianya penciptaan makalah ini tidak dapat terlaksana. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dra. Harlili, M.Sc. selaku dosen pengampu mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit kelas 02.

REFERENCES

- [1] Munir,Rinaldi. 2021. *Graf (Bag. 1): Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit*. Merupakan slide bahan ajar perkuliahan yang diunduh dari Edunex pada tanggal 02 Desember 2021.
- [2] Munir,Rinaldi. 2021. *Pohon (Bag. 1): Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit*. Merupakan slide bahan ajar perkuliahan yang diunduh dari Edunex pada tanggal 02 Desember 2021.
- [3] Munir,Rinaldi. 2021. *Pohon (Bag. 2): Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit*. Merupakan slide bahan ajar perkuliahan yang diunduh dari Edunex pada tanggal 02 Desember 2021.
- [4] JOKRCANTSPELL. *Valorant Champions : Everything You Need To Know. Diakses pada 12 Desember 2021.*
- [5] Passer, Yaragian. *Mengenal Format Turnamen yang Sering Digunakan dalam Esports. Diakses pada 14 Desember 2021*

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, 13 Desember 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Aira Thalca Avila Putra', written in a cursive style with a large, sweeping underline.

Aira Thalca Avila Putra 13520101