

Menentukan Pergerakan Pemain Ganda pada Permainan Bulu Tangkis menggunakan Graf

Azhar Abdurrasyid - 13517097
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13517097@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Bulu tangkis adalah salah satu yang olahraga paling populer di dunia termasuk juga Indonesia. Indonesia memiliki sejarah yang panjang dan penuh dengan prestasi dalam dunia bulu tangkis. Dalam memenangkan permainan bulu tangkis ada beberapa aspek yang penting salah satunya adalah strategi. Dalam bulu tangkis, yang dimaksud dengan strategi adalah pola-pola penempatan bola di lapangan. Dalam permainan ganda khususnya, istilah strategi bukan hanya pada penempatan bola di lapangan namun bertambah dengan pergerakan posisi pemain di lapangan. Pada pembahasan kali ini penulis menggunakan teori graf berbobot berarah akan menentukan strategi pergerakan posisi pemain ganda di lapangan.

Kata kunci—Graf, Graf Berbobot, Bulu Tangkis, Posisi Pemain Ganda.

I. PENDAHULUAN

[1]Badminton diambil dari nama sebuah gedung yaitu *Badminton House* yang terletak di Gloucester, Inggris. Bahasa Indonesia dari *badminton* adalah bulu tangkis. Beberapa ahli mengatakan bahwa permainan itu berasal dari Mesir sekitar 2000 tahun lalu namun sebagian lagi berpendapat bahwa permainan tersebut berasal dari India dan Republik Rakyat Cina. Nenek moyang yang berasal dari Cina biasa memainkan ini dengan menggunakan kok tanpa raket melainkan dengan kaki. Tujuan dari permainan tersebut adalah untuk menjaga agar kok tidak jatuh ke tanah selama mungkin.

Di negara Inggris, pada abad pertengahan, terdapat permainan anak-anak populer yang disebut dengan *Battledores and Shuttlecocks*. Permainan itu menggunakan dayung atau tongkat dan bertujuan untuk menjaga kok agar tidak jatuh ke tanah. Permainan ini sangat populer pada tahun 1854 bahkan salah satu majalah populer pada saat itu, *Punch*, mempublikasikan kartun untuk permainan ini. Penduduk Inggris mulai mempopulerkan permainan ini ke Republik Rakyat Cina, Thailand, Malaysia, dan Jepang sewaktu mengolonisasi Asia.

Rancangan permainan bulu tangkis mulai ditetapkan oleh Klub Bulu Tanding Bath pada tahun 1877. Kejuaraan bulu tangkis internasional pertama kali diadakan pada tahun 1899 di Inggris dengan nama *All England*.

International Badminton Federation (IBF) didirikan pada tahun 1934 dan berubah nama menjadi Badminton World Federation (BWF) pada tahun 2006. Olah raga baru dimasukkan ke dalam cabang lomba Olimpiade Musim Panas pada tahun

1922 di Barcelona. Saat itu Indonesia mendapat 2 medali emas yaitu pada cabang tunggal putra yang diwakili oleh Alan Budikusuma dan Tunggal Putri yang diwakili oleh Susi Susanti.

[2]Secara umum graf adalah cara untuk merepresentasikan hubungan antara objek-objek tertentu. Graf terdiri dari berbagai macam jenis salah satunya adalah graf berbobot. Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya memiliki orientasi nilai. Selain graf berbobot salah satu jenis graf lainnya adalah graf berarah. Graf berarah adalah graf yang pada tiap sisinya memiliki orientasi arah.

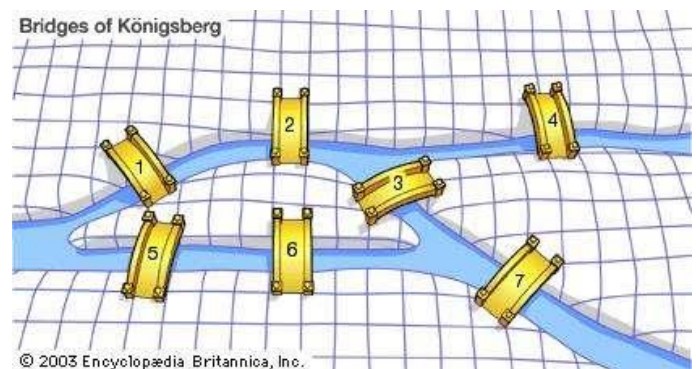
Dalam permainan bulu tangkis, khususnya pada permainan ganda, pergerakan posisi pemain sangatlah penting. Pergerakan posisi pemain dilakukan untuk menutup celah-celah kosong pada lapangan untuk memperkecil kemungkinan kok jatuh di lapangan sendiri.

Pada kali ini penulis akan membuat graf berbobot dan graf berarah. Graf berbobot digunakan untuk merepresentasikan pergerakan pemain ganda di lapangan dan graf berarah akan merepresentasikan kemungkinan arah kok selanjutnya.

Dengan menggunakan graf tersebut penulis akan menentukan pergerakan pemain yang efisien agar pemain dapat mengembalikan bola dengan usaha seminimal mungkin sehingga akan menaikkan kemungkinan untuk menang.

II. TEORI GRAF

A. Pendahuluan



Gambar 2.1

(Sumber : <https://cnd.britannica.com/> diakses pada 7 Desember 2018 22:25 GMT+7)

Menurut catatan sejarah, masalah jembatan Königsberg adalah masalah yang pertama kali menggunakan graf pada tahun 1736 (Munir, 2005 : 354). Kota Königsberg berada pada sebelah timur Prussia (sekarang Jerman) yang sekarang bernama Kaliningrad. Terdapat sungai yang bernama Pregal yang mengelilingi pulau Kneiphof yang berada di kota tersebut. Sungai Pregal akhirnya bercabang dan menjadi dua buah anak sungai.

Seorang matematikawan Swiss, L. Euler, menjadi orang pertama yang berhasil memecahkan masalah tersebut. Ia menggunakan graf untuk memodelkan masalah tersebut. Jawaban yang dikemukakan oleh Euler adalah orang tidak mungkin melalui ketujuh jembatan itu masing-masing satu kali dan kembali lagi ke tempat asal keberangkatan jika derajat setiap Gambar tidak seluruhnya genap. Derajat adalah banyaknya garis yang berisian dengan suatu titik. Peristiwa itu telah memantik ilmuwan pada zaman itu untuk mempelajari ilmu graf lebih dalam.

B. Definisi Graf

Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Representasi geometri dari sebuah graf adalah kumpulan dari beberapa objek yang dinyatakan dalam bentuk bulatan dan hubungan antar objek tersebut direpresentasikan dengan garis.

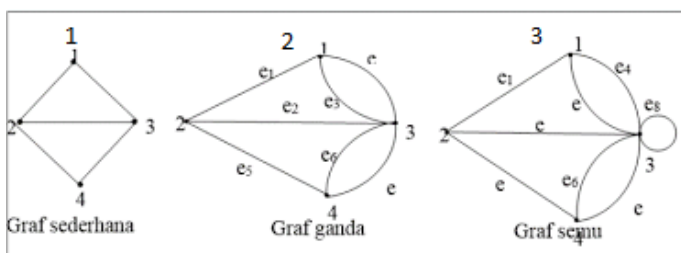
Secara matematis Graf G dapat didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) , yang dalam hal ini:

V = himpunan tidak-kosong dari Gambar-Gambar = $\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$

dan

E = himpunan sisi yang menghubungkan Gambar = $\{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$

Dari definisi tersebut dapat ditarik keGambaran bahwa sebuah graf dimungkinkan tidak memiliki sisi namun harus memiliki minimal satu titik atau objek. Untuk lebih memahami graf perhatikan contoh berikut :



Gambar 2.2

(Sumber : <https://ejurnal.stmik-budidama.ac.id/> diakses pada 7 Desember 2018 23:14 GMT+7)

Representasi matematis dari graf pada Gambar 2.2 :

1 :

$$V = \{1, 2, 3, 4\}$$

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

2 :

$$V = \{1, 2, 3, 4\}$$

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

3 :

$$V = \{1, 2, 3, 4\}$$

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

C. Jenis-jenis Graf

Graf dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis berantung pada sudut pandang pengelompokannya.

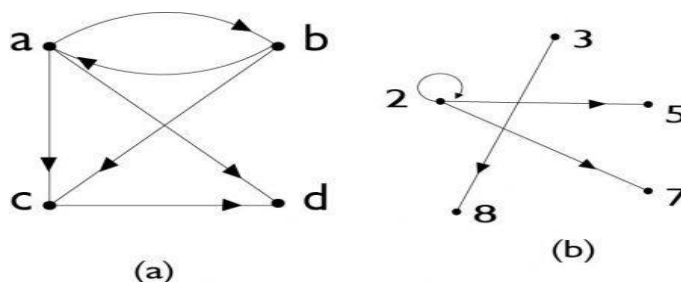
Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada graf, graf dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu

1. Graf sederhana (*simple graph*)

Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung gelang dan sisi ganda. Salah satu contoh graf sederhana ada pada graf pertama Gambar 2.2.

2. Graf tak-sederhana (*unsimple-graph*)

Graf tak-sederhana adalah graf yang mengandung sisi ganda atau gelang. Graf tak-sederhana terbagi lagi menjadi dua yaitu graf ganda (*multigraph*) dan graf semu (*pseudograph*). Graph ganda adalah graph yang mengandung sisi ganda. Sisi ganda terjadi ketika ada dua sisi yang bersisian dengan dua Gambar yang sama. Salah satu contoh graf ganda adalah graf kedua Gambar 2.2. Graf semua adalah graf yang mengandung gelang. Gelang adalah ketika sebuah sisi bersisian dengan Gambar yang sama. Salah satu contoh graf semu adalah graf ketiga pada Gambar 2.2.



Gambar 2.3

(Sumber : <https://catatanrobert.com/> diakses pada 8 Desember 2018 00:14 GMT+7)

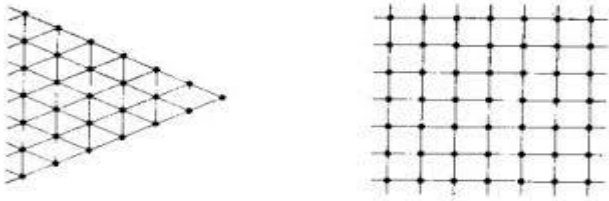
Sisi pada graf dapat memiliki orientasi, salah satunya adalah orientasi arah. Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu

1. Graf tak-berarah (*undirected graph*)

Graf tak-berarah adalah graf yang sisinya tidak memiliki orientasi arah. Salah satu contoh dari graf ini adalah Gambar 2.2.

2. Graf berarah (*directed graph*)

Grad berarah adalah graf yang setiap sisinya memiliki orientasi arah. Sisi yang berarah biasa disebut sebagai busur (*arc*). Salah satu contoh graf berarah adalah Gambar 2.3.



Gambar 2.4

(Sumber : <https://mafiadoc.com/> diakses pada 8 Desember 2018 00:29 GMT+7)

Berdasarkan jumlah Gambar yang dimiliki sebuah graf, graf dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu

1. Graf berhingga (*limited graph*)
 Graf berhingga adalah graf yang jumlah Gambarnya n , berhingga. Contoh dari graf berhingga adalah Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.
2. Graf tak-berhingga (*unlimited graph*)
 Graf tak-berhingga adalah graf yang jumlah Gambarnya n , tak terhingga banyaknya. Contoh dari graf tak-berhingga adalah Gambar 2.4.

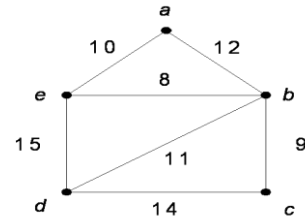
D. Istilah Dasar

[3] Pada pembahasan selanjutnya akan sering menggunakan terminologi yang berkaitan dengan graf. Di bawah ini didefinisikan beberapa terminologi yang sering dipakai.

1. Bertetangga (*Adjacent*)
 Dua buah Gambar pada graf tak-berarah dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung dengan sebuah sisi. Pada graf berarah, jika (v_i, v_j) adalah busur maka v_i bertetangga dengan v_j . Pada graf pertama Gambar 2.2 Gambar 1 dan 2 dikatakan bertetangga. Pada graf pertama Gambar 2.3 Gambar a bertetangga dengan c.
2. Bersisian (*Incident*)
 Untuk sembarang sisi $e = (v_i, v_j)$, sisi e dikatakan bersisian dengan Gambar v_i dan v_j . Pada Gambar 2.2 sisi (1, 2) bersisian dengan Gambar 1 dan 2.
3. Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)
 Simpul terpencil adalah simpul yang tidak memiliki sisi yang bersisian dengannya. Dapat juga dinyatakan bahwa simpul tersebut tidak bertetangga dengan simpul manapun.
4. Graf Kosong (*Null Graph* atau *Empty Graph*)
 Graf kosong adalah graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong. Graf kosong biasa ditulis sebagai N_n dengan n adalah jumlah simpul.
5. Derajat (*Degree*)
 Derajat suatu simpul pada graf tak-berarah adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

6. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya memiliki orientasi harga atau berat. Salah satu contoh graf berbobot adalah Gambar 2.5.



Gambar 2.5

(Sumber : <https://sha-essa.blogspot.com/> diakses pada tanggal 8 Desember 2018 08:48 GMT+7)

7. Lintasan (*Path*)

Lintasan yang panjangnya n dari simpul awal v_0 ke simpul tujuan v_n di dalam graf G adalah barisan berselang-selang simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ sedemikian sehingga $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$ adalah sisi-sisi dari graf G .

Jika graf yang ditinjau adalah graf sederhana, maka kita cukup menuliskan lintasan sebagai barisan simpul-simpul saja $v_0, v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, v_n$, karena antara dua buah simpul berturut-turut di dalam lintasan tersebut hanya ada satu sisi.

III. TEORI BULU TANGKIS

Bulu tangkis adalah permainan yang bertujuan untuk menjaga agar kok tidak jatuh ke daerah sendiri selagi berusaha untuk menjatuhkan kok ke daerah lawan.

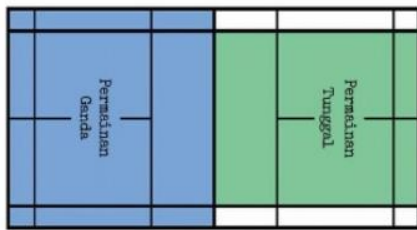
Pertandingan bulu tangkis terdiri dari maksimal tiga permainan. Sebuah tim dikatakan memenangkan pertandingan jika tim tersebut lebih dulu merebut dua kemenangan. Sebuah tim dikatakan memenangkan suatu permainan jika mencapai poin 21 lebih dahulu dan berselisih setidaknya 2 poin dengan lawan. Jika selisih poin masih kurang dari 2 maka permainan akan dilanjutkan sampai salah satu tim mendapat 30 poin.

A. Perlengkapan Bulu Tangkis

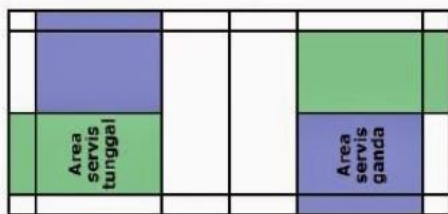
[4] Pada permainan bulu tangkis ada beberapa perlengkapan mendasar yang dibutuhkan sebelum memulai. Berikut adalah beberapa perlengkapan tersebut

1. Lapangan
 - Panjang : 13,4 meter
 - Lebar : 6,1 meter
 - Luas : 81,74 m²
 - Tinggi tiang net : 1,55 meter
 - Tinggi atas net : 1,52 meter
 - Jarak net ke garis servis : 1,98 meter
 - Jarak garis servis ke sisi luar lapangan : 4,72 meter

Secara garis besar cabang olah raga bulu tangkis dibedakan menjadi dua yaitu tunggal dan ganda. Masing-masing memiliki batasan lapangan yang berbeda. Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 menunjukkan pembagian lapangan tersebut.



Gambar 3.1



Gambar 3.2

2. Net dan Tiang

Net dibuat dari untaitan tali yang halus dan umumnya tali tersebut berwarna helap. Untaian benang itu akan menghasilkan lubang-lubang yang berjarak sekitar 15 mm. Panjang dari net diharuskan melebihi lebar lapangan namun tidak disarankan untuk terlalu panjang. Biasanya panjang net berukuran 6,1 meter dan memiliki lebar sebesar 76 cm.

3. Shuttlecock (kok)

Shuttlecock atau kok adalah bola yang digunakan dalam permainan ini. Kok biasanya terbuat dari bulu-bulu angsa yang dirangkai sehingga menyerupai bentuk kerucut terbuka. Ujung bawah atau pangkal bawah kok tersebut biasanya terbuat dari campuran gabus dan kayu yang berguna sebagai titik pukul dan sebagai pemberat kok.

4. Raket

Pada awalnya raket biasa dibuat menggunakan kayu. Seiring perkembangan zaman, bahan raket berubah-ubah agar mendapatkan tingkat keberatan dan kekuatan yang ideal. Dewasa ini, raket bulu tangkis biasanya dibuat dengan serat karbon yang memiliki sifat ringan dan cukup kuat.

B. Teknik Dasar Permainan Bulu Tangkis

[5]Sebagaimana olah raga lainnya, bulu tangkis juga memiliki teknik-teknik dasar yang perlu dikuasai pemain bulu tangkis. Berikut adalah beberapa teknik dasar bulu tangkis.

1. Cara Memegang Raket

Setidaknya terdapat empat macam teknik memegang raket yang biasa digunakan dan disesuaikan dengan kenyamanan dan kebutuhan pemain. Adapun ke empat macam teknik tersebut adalah sebagai berikut:

- *American Grip*
Teknik pegangan raket ini sangat efektif dalam melakukan pukulan smash, terutama ketika kok berada di daerah depan lapangan. Selain itu, pegangan ini sering menjadi andalan pemain bulu tangkis ketika kok berada di atas (*overhead*). Bahkan untuk mengarahkan bola ke kanan ataupun kiri pegangan ini sangat nyaman untuk digunakan. Pegangan ini memiliki banyak keuntungan karena dianggap sebagai pegangan netral.

- *Forehand Grip*
Pada teknik memegang raket bulu tangkis dengan tipe *forehand grip*, pemain biasanya bakal melakukan pukulan kok secara lebih mudah, khususnya pada sebelah kanan tubuh. Bahkan keuntungan lainnya lagi adalah bahwa tak perlu sulit-sulit dalam memutar pegangan raket saat hendak melakukan pukulan *forehand*.

- *Backhand Grip*
Pegangan teknik ini sangat sering digunakan dan sangat diandalkan ketika posisi kok berada di bagian kiri tubuh pemain. Selain itu, teknik ini sangat sering digunakan untuk pukulan *drive* karena arah kok cenderung sulit diduga. Selain sulit diduga, butuh waktu yang sangat singkat saat memukul kok dengan pegangan ini. Dengan begitu pemain memiliki respon yang lebih baik. Selain cepat, kok cenderung melesat lebih cepat dengan pegangan ini.

- *Combination Grip*
Seperti namanya, pegangan ini merupakan bentuk kombinasi dari *forehand grip*, dan *backhand grip*. Ketika menggunakan pegangan ini pemain cenderung merasa lebih mudah untuk melakukan perubahan pegangan sehingga dapat menyesuaikan dengan kondisi posisi kok. Pegangan ini biasa digunakan ketika pemain ragu apakah ingin menyerang atau bertahan. Adapun kelemahan dari pegangan ini adalah *combination grip* ini sering dianggap susah untuk dicermati bagi sebagian besar pemain.

2. Teknik Gerakan Kaki (*Footwork Technic*)

Teknik gerakan kaki atau *footwork technic*, adalah teknik bagaimana pemain bulu tangkis seharusnya menuju posisi yang diinginkan. Teknik ini sangatlah mendasar dan juga vital untuk semua pemain baik itu pemain amatir maupun pemain profesional sehingga sangatlah penting bagi pemain untuk menguasai teknik ini.

Tujuan dari penggunaan teknik ini adalah agar pemain dapat menjangkau penempatan kok yang dilakukan oleh lawan. Selain itu teknik ini juga sangat membantu pemain untuk menempatkan posisinya agar sigap dalam menyerang maupun bertahan dan bahkan bisa menyerang balik jika sudah menguasainya.

3. Teknik Memukul

Setelah menguasai cara memegang raket, tentu teknik selanjutnya yang sangat penting untuk dikuasai adalah teknik memukul. Dalam permainan bulu tangkis, ada sejumlah jenis pukulan yang dapat dipelajari, yakni

a. Teknik Servis

Pukulan servis adalah teknik paling awal yang harus dikuasai dengan sempurna guna meningkatkan potensi perolehan poin. Ada tiga macam teknik servis yang biasa digunakan yaitu

- Servis *Forehand* Pendek

Servis ini dilakukan untuk memaksa lawan agar tidak mampu melakukan serangan. Selain itu, lawan juga akan terpaksa ada pada posisi bertahan.

- Servis *Forehand* Tinggi

Servis ini bertujuan untuk menjatuhkan kok di bagian paling belakang lawan. Dengan begitu lawan akan menghabiskan energi yang cukup banyak untuk mengembalikan kok.

- Servis *Backhand*

Servis ini merupakan teknik yang paling sulit dikuasai dari kedua teknik lainnya. Servis ini bertujuan untuk meletakkan kok ke bagian paling dekat dengan net. Dengan begitu lawan akan kesulitan dalam mengembalikan bola.

b. Teknik *Drive*

Pukulan *drive* adalah sebuah pukulan cepat dan mendatar sehingga lawan dipaksa untuk bergerak cepat. Jika lawan bergerak kurang cepat, mereka akan terpojok dan dipaksa ke dalam posisi bertahan. Pemain perlu meningkatkan teknik memegang raket dan meningkatkan reflek.

Teknik ini sering digunakan dalam permainan ganda yang memiliki tempo lebih cepat dibanding dengan permainan tunggal. Kevin Sandjaja (salah satu atlet nasional Indonesia) terkenal dengan kemahirannya memanfaatkan teknik ini karena kecepatan dan reflek memukulnya sangat tinggi.

c. Teknik *Netting*

Pukulan *netting* adalah ketika pemain meletakkan raket sedekat mungkin dengan net sehingga dapat menyongssong kok dan kembali ke posisi menyerang. Agar dapat melakukan teknik ini dengan efektif, dibutuhkan tenaga yang halus dan hati-hati.

Pukulan *netting* dikatakan efektif ketika kok dipukul dengan halus sehingga kok tersebut menggelintir tipis dengan net. Dengan begitu akan sangat sulit untuk lawan mengembalikan bola.

d. Teknik *Overhead*

Teknik *overhead* dilakukan ketika posisi kok

berada di atas kepala pemain. Teknik ini adalah teknik yang paling sering digunakan baik di kelas amatir maupun profesional. Ada beberapa variasi yang biasa dipakai ketika melakukan teknik ini diantaranya adalah sebagai berikut

- Pukulan *Dropshot*

Pukulan *dropshot* bertujuan untuk meletakkan kok sedekat mungkin dengan net dan sekaligus menipu lawan. Untuk melakukan gerakan tipuan ini pemain harus menipu lawan dengan seolah-olah ingin melakukan pukulan *smash* padahal tidak.

Untuk melakukan pukulan ini tidak dibutuhkan tenaga yang besar namun dengan dorongan halus saja. Selain tenaga, faktor lain yang memengaruhi adalah pegangan raket, gerakan kaki, posisi tubuh, dan perpindahan titik berat badan.

- Pukulan *Smash*

Pukulan ini bertujuan untuk menyerang lawan dengan cara mengarahkan kok ke bawah dengan tenaga penuh. Selain tenaga, faktor lain yang tidak kalah penting adalah penempatan bola. Akan lebih baik jika penempatannya berada jauh dari jangkauan lawan. Karena jarak yang cukup jauh dari jangkauan dan cepatnya kok maka lawan akan kesulitan untuk mengembalikan bola.

- Pukulan *Lob*

Pukulan *lob* bertujuan untuk menempatkan bola di bagian paling belakang lawan. Pukulan ini biasa digunakan untuk mengembalikka posisi pemain ke posisi yang ideal. Karena alasan itulah pukulan *lob* juga dikenal dengan pukulan *clear* karena meng-'*clear*'-kan posisi pemain.

e. Teknik *Underhand*

Nama lain dari teknik ini adalah teknik pukulan dari bawah. Tujuan utama dari pukulan ini adalah untuk mengembalikan pukulan *netting* lawan ataupun pukulan *dropshot* lawan. Kebanyakan pemain juga menggunakan teknik ini ketika sedang dalam posisi bertahan. Pada praktiknya teknik ini bisa menggunakan pukulan *forehand* maupun *backhand*.

IV. PENERAPAN GRAF

Pada permainan bulu tangkis, salah satu faktor utama untuk menang adalah strategi. Setidaknya terdapat dua strategi yang terdapat dalam permainan yaitu strategi menyerang dan strategi bertahan. Strategi menyerang adalah serangkaian pola penempatan kok ke lapangan lawan sedemikian sehingga posisi lawan rusak dan terdapat celah kosong. Sebaliknya, strategi bertahan adalah bagaimana seorang menempatkan dirinya di lapangan sedemikian sehingga pemain dapat menjangkau kok lawan dengan usaha seminimal mungkin.

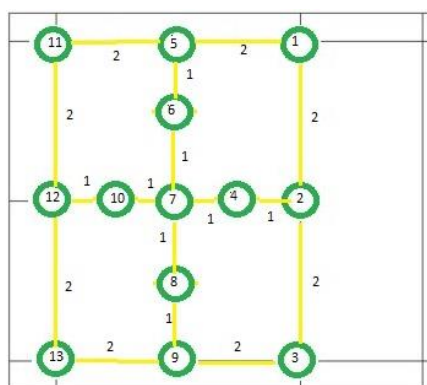
Strategi yang digunakan pada permainan cabang tunggal dan

ganda memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Permainan cabang ganda memiliki strategi yang lebih rumit daripada cabang tunggal karena terdapat lebih banyak pemain di lapangan sehingga terdapat lebih banyak variabel yang harus dipertimbangkan. Selain itu, porsi lapangan cabang ganda lebih luas daripada cabang tunggal.

Pada strategi bertahan khususnya, pemain ganda harus memiliki perpindahan posisi (rotasi) yang tepat untuk menutupi lapangan seluas mungkin. Untuk menentukan rotasi yang ideal juga diperlukan kemungkinan kok oleh lawan. Oleh karena itu di sini akan disajikan setidaknya dua buah graf yaitu graf posisi pemain dan graf perpindahan kok.

A. Graf Posisi Pemain

Untuk graf posisi pemain akan digunakan graf lengkap berbobot. Bobot tersebut merepresentasikan jarak antara dua simpul yang akan disederhanakan. Simpul menandakan kemungkinan posisi-posisi pemain ganda. Sisi akan merepresentasikan aksesibilitas antara dua simpul. Graf tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.

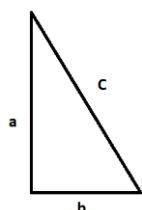


Gambar 4.1

Walaupun penulis menggunakan graf lengkap namun pada Gambar 4.1 sisi yang disajikan adalah sisi yang sudah disederhanakan agar memudahkan penglihatan. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 bahwa graf disajikan dalam setengah lapangan bulu tangkis. Untuk graf lengkapnya disediakan dengan representasi sebagai berikut:

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13\}$$

$$E = \{(1, 2), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (1, 6), (1, 7), (1, 8), (1, 9), (1, 10), (1, 11), (1, 12), (1, 13), (2, 3), (2, 4), (2, 5), (2, 6), (2, 7), (2, 8), (2, 9), (2, 10), (2, 11), (2, 12), (2, 13), (3, 4), (3, 5), (3, 6), (3, 7), (3, 8), (3, 9), (3, 10), (3, 11), (3, 12), (3, 13), (4, 5), (4, 6), (4, 7), (4, 8), (4, 9), (4, 10), (4, 11), (4, 12), (4, 13), (5, 6), (5, 7), (5, 8), (5, 9), (5, 10), (5, 11), (5, 12), (5, 13), (6, 7), (6, 8), (6, 9), (6, 10), (6, 11), (6, 12), (6, 13), (7, 8), (7, 9), (7, 10), (7, 11), (7, 12), (7, 13), (8, 9), (8, 10), (8, 11), (8, 12), (8, 13), (9, 10), (9, 11), (9, 12), (9, 13), (10, 11), (10, 12), (10, 13), (11, 12), (11, 13), (12, 13)\}$$



Dengan menggunakan rumus pythagoras

$$c^2 = a^2 + b^2$$

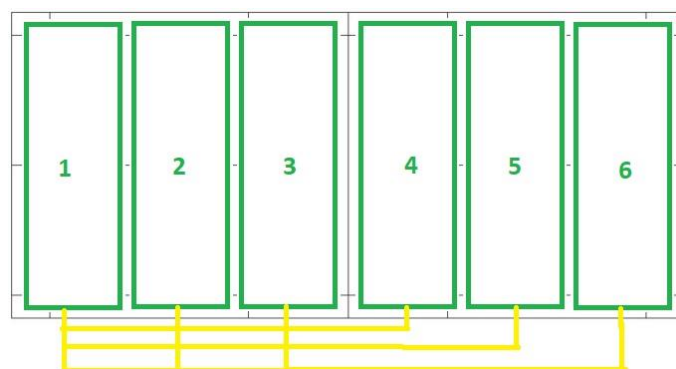
Dan dengan mengasumsikan bahwa $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_{78}\}$ maka dapat dibuat notasi $W(n, w_n)$ dimana w berarti *weight* (bobot) dan n merupakan e ke n . Dengan menggunakan data yang didapat dari Gambar 4.1 maka akan membentuk himpunan sebagai berikut:

$$W = \{(1, 2), (2, 4), (3, 5^{0.5}), (4, 2), (5, 5^{0.5}), (6, 8^{0.5}), (7, 13^{0.5}), (8, 20^{0.5}), (9, 13^{0.5}), (10, 4), (11, 20^{0.5}), (12, 20^{0.5}), (13, 2), (14, 1), (15, 8^{0.5}), (16, 5^{0.5}), (17, 2), (18, 5^{0.5}), (19, 8^{0.5}), (20, 3), (21, 20^{0.5}), (22, 4), (23, 20^{0.5}), (24, 5^{0.5}), (25, 20^{0.5}), (26, 13^{0.5}), (27, 8^{0.5}), (28, 5^{0.5}), (29, 2), (30, 13^{0.5}), (31, 32^{0.5}), (32, 20^{0.5}), (33, 4), (34, 5^{0.5}), (35, 2^{0.5}), (36, 1), (37, 2^{0.5}), (38, 5^{0.5}), (39, 2), (40, 13^{0.5}), (41, 3), (42, 13^{0.5}), (43, 1), (44, 2), (45, 3), (46, 4), (47, 5^{0.5}), (48, 2), (49, 8^{0.5}), (50, 20^{0.5}), (51, 1), (52, 2), (53, 3), (54, 2^{0.5}), (55, 5^{0.5}), (56, 5^{0.5}), (57, 13^{0.5}), (58, 1), (59, 2), (60, 1), (61, 8^{0.5}), (62, 2), (63, 8^{0.5}), (64, 1), (65, 2^{0.5}), (66, 13^{0.5}), (67, 5^{0.5}), (68, 5^{0.5}), (69, 5^{0.5}), (70, 32^{0.5}), (71, 8^{0.5}), (72, 2), (73, 5^{0.5}), (74, 1), (75, 5^{0.5}), (76, 3), (77, 4), (78, 2)\}$$

B. Graf Perpindahan Kok

Maksud dari dibuatnya graf perpindahan kok adalah untuk mengetahui semua kemungkinan kok dari semua kemungkinan posisi. Dengan mengetahui area mana saja yang dapat dituju oleh kok lawan maka pemain dapat menentukan daerah mana saja yang harus dipertahankan dan daerah mana yang tidak perlu dipertahankan.

Graf disajikan di atas lapangan bulu tangkis penuh. Pada praktiknya, graf akan dibagi menjadi 6 simpul, 3 simpul pada masing-masing daerah lapangan. Ketiga simpul ini mewakili daerah-daerah pada lapangan yang dibagi menjadi tiga daerah yaitu depan, tengah, dan belakang. Metode pembuatan graf ini adalah dengan mempertimbangkan semua jenis teknik pukulan yang mungkin pada seluruh posisi di lapangan.



Gambar 4.2

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$E = \{(1, 4), (1, 5), (1, 6), (2, 4), (2, 5), (2, 6), (3, 4), (3, 5), (3, 6)\}$$

Dapat diperhatikan bahwa graf yang terbentuk adalah graf jenis bipartit. Dan terlihat pula bahwa darimanapun posisi memukulnya ternyata kok dapat ditempatkan ke semua

kemungkinan daerah lawan. Hal ini dapat dibuktikan dengan tes kasus. Misal kok berada di daerah belakang pemain. Pemain dapat melakukan pukulan *dropshot* sehingga kok akan berada di daerah depan lawan, pemain juga dapat melakukan pukulan *smash* sehingga bola akan mengarah ke daerah tengah lawan, dan yang terakhir pemain dapat melakukan pukulan *lob* sehingga kok akan menuju daerah belakang lawan. Tes kasus seperti itu dilakukan untuk daerah tengah dan depan.

C. Pembuatan Rumus

Prinsip dari perpindahan posisi ini adalah mencari sepasang simpul sedemikian sehingga jumlah bobot simpul itu ke simpul-simpul lainnya adalah yang terkecil.

Berdasarkan prinsip tersebut dengan asumsi bahwa $W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_{78}\}$ maka dapat diajarkan rumus sebagai berikut:

$$f(g, k) = \left(\frac{\sum_{i=1}^{12} W(e(v_i, g), g) + \sum_{j=1}^{12} W(e(v_j, v_k), w_k)}{12} \right)$$

$$g, k = \{x \mid 1 \leq x \leq 13, \quad x \in Z\}$$

$$g \neq k$$

Dengan $f(g, k)$ adalah rata-rata jarak antara dua buah simpul dengan simpul-simpul lain.

D. Penyusunan Algoritma

Inti dari masalah ini adalah untuk mencari nilai g dan k sedemikian sehingga $f(g, k)$ memiliki nilai terkecil di antara seluruh kemungkinan nilai. Salah satu cara untuk memecahkan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

```
{KAMUS}
  i, j, min : integer
{ALGORITMA}
  min <- f(1, 1)
  i traversal [1..12]
    j traversal [i..13]
      if (f(i, j) < min) then
        min <- f(i, j)
```

E. Hasil Algoritma

Dengan menggunakan algoritma tersebut penulis mendapatkan bahwa kombinasi simpul 4 dan 10 merupakan posisi ideal karena $f(4, 10)$ memiliki nilai terkecil dibanding kemungkinan lainnya. Namun setelah menganalisa lebih lanjut ternyata $f(6, 8)$ memiliki hasil yang sama dengan $f(4, 10)$ dengan hasil 2,29544. Dengan begitu maka terdapat dua kombinasi yang memungkinkan yaitu (4, 10) dan (6, 8).

V. STUDI KASUS

Perpindahan posisi (rotasi) pemain adalah salah satu strategi bertahan maka kasus yang akan diberikan adalah ketika kok berada di lapangan lawan sehingga pemain harus mengembalikan kok dari lawan.

A. Kok berada di daerah belakang lawan

Ketika kok berada di daerah belakang lawan, berdasarkan graf pada Gambar 4.2, kok bisa menuju daerah depan, tengah, maupun belakang pemain. Yang membedakan adalah ketika kok berada di daerah belakang maka akan memerlukan waktu lebih lama agar kok sampai ke daerah pemain. Namun di sisi lain, ketika bola berada di daerah belakang lawan maka posisi ini sangat cocok untuk lawan melakukan serangan menyerang karena bola yang berada di daerah belakang biasanya merupakan *overhead*.

Sebagaimana hasil algoritma yang telah diketahui, terdapat 2 kemungkinan posisi yaitu (4, 10) atau (6, 8). Kelemahan dari posisi (4, 10) adalah cenderung sulit untuk pemain mengembalikan kok yang berada di daerah kanan dan kiri. Sedangkan saat lawan mendapat bola *overhead* lawan dapat menggunakan pukulan *smash* yang memiliki kecepatan yang sangat tinggi. Oleh karena itu posisi (4, 10) tidaklah efektif untuk kasus ini.

Sebaliknya, posisi (6, 8) sangatlah cocok untuk kasus ini. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.1, sangatlah mudah untuk posisi (6, 8) untuk mengembalikan bola yang mengarah ke daerah kanan maupun kiri.

B. Kok berada di daerah tengah lawan

Ketika kok berada di daerah belakang lawan, berdasarkan graf pada Gambar 4.2, kok bisa menuju daerah depan, tengah, maupun belakang pemain. Yang membedakan adalah ketika kok berada di tengah maka waktu yang diperlukan kok agar sampai ke daerah pemain lebih cepat dibanding ketika kok berada di daerah belakang namun relatif lebih lambat dibanding ketika kok berada di daerah depan.

Ketika kok berada di tengah, kok biasanya berada di *underhead* ataupun kok datang mendarat. Ketika kok berada di *underhead* maka posisi (4, 10) sangatlah efektif karena lebih mudah untuk menyerang dalam posisi tersebut. Sebaliknya jika kok datang dengan mendarat maka kemungkinannya lawan akan menggunakan pukulan *drive* ataupun *dropshot*. Dalam kondisi ini posisi (6, 8) lebih ideal karena cenderung lebih mudah untuk bertahan.

C. Kok berada di daerah depan lawan

Ketika kok berada di daerah depan lawan, biasanya kok berada dalam posisi *underhead*. Dalam posisi ini lawan dipaksa untuk bertahan sehingga pemain memiliki kesempatan yang bagus untuk memulai penyerangan. Karena pemain cenderung untuk menyerang maka akan lebih efektif jika menggunakan posisi (4, 10) karena cenderung lebih mudah untuk melakukan penyerangan.

VI. KESIMPULAN

Dewasa ini olah raga sudah berkembang menjadi bukan hanya sekedar permainan untuk meningkatkan kebugaran tubuh namun juga menjadi ajang untuk adu kemampuan antar individu bahkan antar negara. Pada zaman modern ini banyak sekali teknologi dan ilmu pengetahuan yang dimanfaatkan untuk

meningkatkan kekuatan dan kebugaran atlet olah raga. Selain itu teknologi juga sudah mulai digunakan untuk menganalisa permainan baik untuk mengetahui kelemahan lawan ataupun menentukan strategi yang tepat.

Makalah ini adalah salah satu cara pengaplikasian ilmu pengetahuan khususnya graf dalam dunia olah raga. Olah raga yang dulunya dianggap sebagai adu ketangkasan yang hanya menggunakan otot kini berubah menjadi adu ketangkasan dan strategi yang tidak hanya otot namun pengetahuan juga dipakai.

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama dan yang paling utama, penulis bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala nikmat yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Penulis juga berterima kasih kepada dosen mata kuliah Matematika Diskrit, bapak Judhi Santoso, ibu Harlili, dan khususnya bapak Rinaldi Munir yang telah membagikan ilmunya sehingga saya memiliki ilmu yang cukup untuk menyelesaikan ini. Terakhir, penulis berterima kasih kepada orang tua penulis yang terus mendukung dan memfasilitasi seluruh kebutuhan penulis.

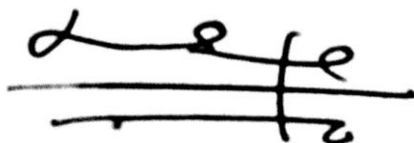
REFERENSI

- [1] <https://perpustakaan.id/sejarah-bulu-tangkis/> diakses pada tanggal 7 Desember 2018 20:13 GMT+7.
- [2] Munir, Rinaldi. *Matematika Diskrit*, Bandung: Informatika, 2012, edisi kelima.
- [3] <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2018-19/matdis18-19.htm> diakses pada tanggal 8 Desember 2018 08:37 GMT+7.
- [4] http://www.academia.edu/9495637/Sejarah_Peraturan_dan_Teknik_dasar_dalam_Bulu_Tangkis diakses pada tanggal 8 Desember 2018 14:44 GMT+7.
- [5] <https://olahragapedia.com/teknik-dasar-permainan-bulu-tangkis> diakses pada tanggal 8 Desember 2018 09:50 GMT+7.

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, 9 Desember 2018



Azhar Abdurrasyid 13517097