

Menentukan Arah Pukulan Terbaik dalam Pertandingan Bulutangkis Kategori Tunggal dengan Teori Graf Terbalik

Jaisyalmatin Pribadi
13510084¹

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
¹13510084@itb.ac.id

Abstrak—Bulutangkis adalah salah satu olahraga yang menggunakan raket dan dimainkan oleh dua orang (untuk permainan tunggal) atau dua pasangan (untuk permainan ganda) yang saling berlawanan. Olahraga ini memiliki aturan permainan yaitu memukul sebuah kok menggunakan raket, melewati jaring ke wilayah lawan, sampai lawan tidak dapat mengembalikannya kembali. Karena itu, kita harus menentukan arah pukulan terbaik agar lawan sulit mengembalikan kok ke wilayah kita. Makalah ini akan membahas tentang pemanfaatan teori graf berbobot yang sedikit berbeda, yaitu mencari jalur terpanjang agar tercipta arah pukulan yang efektif.

Kata Kunci : Teori Graf, bulutangkis, graf berbobot, lintasan terpanjang.

I. PENDAHULUAN

Olahraga bulutangkis adalah suatu jenis olahraga yang dimainkan dengan kok dan raket. Olahraga ini berkembang di Mesir sekitar 2000 tahun yang lalu. Namun ada sumber lain yang menyebutkan bahwa olahraga ini berkembang di India dan Republik Rakyat Cina.

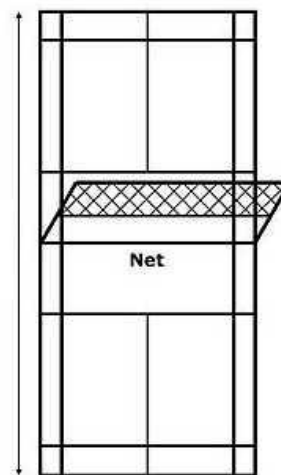
Bulutangkis adalah olahraga raket yang memiliki banyak hal unik dalam permainannya. Olahraga ini tidak hanya sekedar memukul sebuah kok ke daerah lawan, namun harus memikirkan arah pukulan kita. Jika kita memukul kok ke arah yang tidak tepat, dalam hal ini wilayah yang membuat lawan mudah untuk memukul kok, maka kita akan semakin diserang oleh lawan, Namun, jika kita dapat memukul ke wilayah lawan yang sulit dijangkau, dalam hal ini kok diarahkan menuju wilayah yang sulit dijangkau lawan, maka lawan akan kesulitan memukul kok tersebut bahkan menyebabkan kok tidak dapat dipukul oleh lawan.

Berdasarkan tinjauan hal di atas, maka diperlukan suatu perumusan agar kita bias memilih wilayah lawan yang terbaik untuk arah pukulan kita. Solusi permasalahan ini akan dijelaskan dalam teori graf berbobot yang sedikit berbeda dengan aplikasi graf berbobot pada umumnya, yaitu dengan melakukan tinjauan rute terpanjang.

II. DASAR TEORI

II.A Sistem Permainan Bulutangkis Kategori Tunggal

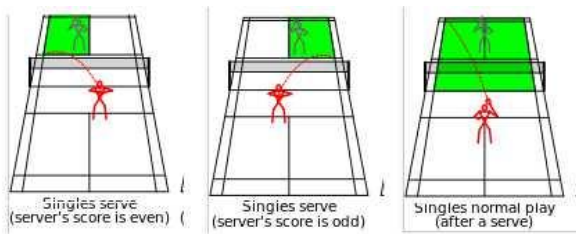
Olahraga bulutangkis dilakukan di lapangan yang memiliki bentuk persegi panjang dan memiliki ukuran 13,4 x 6,1 meter. Wilayah kita dan lawan dibatasi oleh jaring setinggi 1,55 meter, berada tepat di tengah lapangan.



Gambar 1 : Gambar lapangan bulutangkis

Permainan bulutangkis dimulai dengan melakukan servis ke daerah lawan secara menyilang menyebrangi jaring. Posisi pemain yang melakukan servis ditentukan dari jumlah poin yang telah dikumpulkan oleh pemain yang akan melakukan servis. Posisi kanan untuk jumlah poin genap dan posisi kiri untuk jumlah poin ganjil. Saat jumlah poin masih nol, maka pemain akan melakukan servis dari posisi sebelah kanan. Bila kok jatuh di luar wilayah yang telah ditentukan maka kok akan dinyatakan “keluar” dan poin untuk lawan.

Posisi pemain yang akan melakukan servis dan wilayah servis untuk permainan bulutangkis kategori tunggal dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2 : Wilayah permainan tunggal putra

II.B Definisi Graf

Graf adalah sebuah struktur diskrit yang dapat digunakan untuk merepresentasikan berbagai objek diskrit dan hubungan dengan objek lainnya. Notasi graf sebagai berikut:

$$\text{Graf } G = (V, E)$$

Beberapa istilah adalah: V = himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*vertices*) dan E = himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul.

Berdasarkan tinjauan gelang atau sisi ganda yang terdapat dalam suatu graf, maka:

- Graf Sederhana : Graf yang tidak mengandung gelang ataupun sisi ganda.
- Graf tak sederhana : Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang.

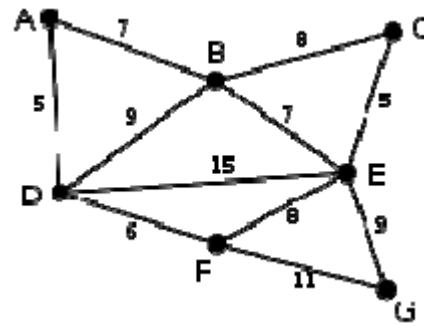
Sedangkan bila ditinjau dari ada atau tidaknya arah pada sisi-sisi graf, maka:

- Graf tak berarah : graf yang sisinya tidak memiliki orientasi arah.
- Graf berarah : Graf yang setiap sisinya memiliki orientasi arah.

Dalam suatu graf dikenal suatu istilah yaitu sirkuit dan lintasan. Lintasan yang memiliki panjang n dari simpul awal V_0 ke simpul tujuan V_n dalam graf G adalah barisan berselang-seling simpul dan sisi yang berbentuk $V_0, E_1, V_1, E_2, \dots, V_{n-1}, E_n, V_n$ sedemikian sehingga $E_1 = (V_0, V_1), \dots, E_n = (V_{n-1}, V_n)$ adalah sisi-sisi dari graf G . Sirkuit dalam sebuah graf adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.

II.C Graf Berbobot

Graf berbobot merupakan graf yang memiliki sebuah nilai yang disebut juga bobot pada setiap sisi yang terdapat dalam graf tersebut. Bobot tersebut merupakan angka. Graf berbobot ini dapat diaplikasikan dalam berbagai persoalan, misalnya tentang graf yang setiap simpulnya mewakili suatu tempat tujuan, dan setiap sisinya merupakan jalan antar tempat sedangkan bobotnya merupakan panjang jalan tersebut.



Gambar 3: Graf Berbobot

III. PEMBAHASAN

Dalam makalah ini, prinsip penilaian dan teori arah pukulan terbaik dijelaskan berdasarkan pengamatan yang telah penulis lakukan. Hal tersebut akan diaplikasikan dalam graf berbobot.

III.A Penerapan Teori Graf Berbobot Secara Terbalik

Prinsip utama dari penggunaan teori graf berbobot adalah mencari lintasan yang memiliki nilai bobot paling kecil, dari posisi awal suatu titik menuju titik tujuan, untuk dijadikan lintasan efektif yang akan digunakan.

Teori graf berbobot yang akan dijelaskan dalam makalah ini juga menghitung nilai bobot setiap lintasan. Perbedaannya adalah pada makalah ini, lintasan yang akan dipilih adalah lintasan yang memiliki nilai bobot yang tinggi.

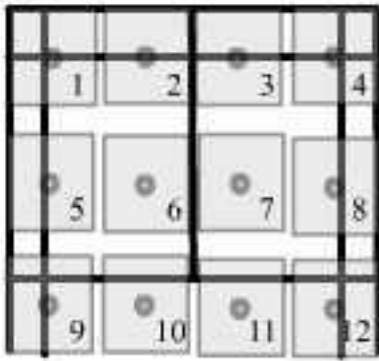
Prinsip dasar penerapan teori graf berbobot secara terbalik digunakan dengan landasan bahwa lintasan yang memiliki nilai bobot yang tinggi dapat kita artikan pemain lawan akan membutuhkan energi yang lebih besar untuk menempuh mencapai akhir dari lintasan itu. Aplikasi yang dapat kita lihat dari penggunaan teori ini adalah, saat kita dapat memukul kok ke wilayah musuh yang memiliki nilai bobot lintasan yang tinggi, berarti lawan harus berusaha lebih keras untuk mencapai wilayah kok, tempat kita memukul kok.

Pendefinisian lebih jelas mengenai lintasan dalam makalah ini sebagai berikut, titik awal lintasan adalah posisi lawan saat kita memukul kok. Lalu titik akhir lintasan adalah wilayah yang kita jadikan sasaran saat memukul kok.

III.B Analisis Nilai Bobot

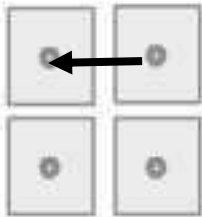
Besarnya nilai bobot yang digambarkan dalam lintasan pada makalah ini didasarkan pada kompleksitas gerakan yang dibutuhkan lawan untuk mencapai titik akhir lintasan yang ditentukan.

Lapangan yang dijadikan sebagai wilayah musuh digambarkan sebagai berikut:



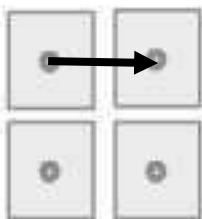
Gambar 4 : Lapangan Wilayah Lawan

Dalam analisis pada makalah ini, lapangan wilayah lawan digambarkan dengan pembagian dua belas kotak kecil yang di setiap pusat kotak diberi titik sebagai acuan pergerakan lawan dan titik arah pukulan kita.



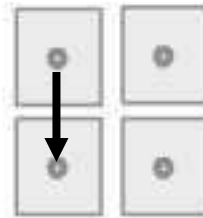
Gambar 5 : Nilai Bobot Sepuluh

Pergerakan lawan secara horizontal ke sebelah kiri setiap kotaknya akan diberi nilai bobot sepuluh, yaitu nilai bobot terkecil dalam analisis ini. Hal ini didasarkan pada gerakan lawan yang cenderung mudah. Arah kiri dalam analisis ini mempunyai arti gerakan lawan ke arah kanan.



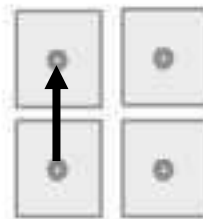
Gambar 6 : Nilai Bobot Dua Puluh

Untuk pergerakan lawan secara horizontal ke sebelah kanan setiap kotaknya akan diberi nilai bobot dua puluh. Hal ini didasarkan pada gerakan yang sedikit lebih kompleks, karena pada posisi ini, lawan harus memukul kok dengan cara *backhand*. Pukulan dengan teknik ini memiliki resiko kegagalan dan tingkat akurasi pukulan yang cukup tinggi.



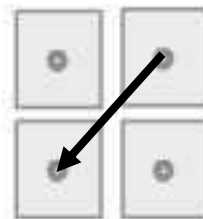
Gambar 7 : Nilai Bobot Lima Belas

Pergerakan lawan vertical ke bawah, yang berarti lawan bergerak ke depan setiap kotaknya diberi nilai bobot lima belas. Hal ini didasarkan pada kemudahan gerakan ini namun gerakan lawan ke depan akan memberikan tingkat kompleksitas yang tinggi jika lawan salah melakukan gerakan berhenti atau rem.



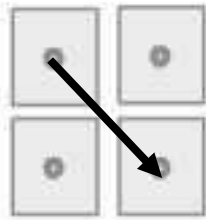
Gambar 8 : Nilai Bobot Dua Puluh Lima

Untuk pergerakan lawan vertikal ke atas, yang merepresentasikan lawan bergerak ke belakang, setiap kotaknya akan diberi nilai bobot dua puluh lima. Hal ini didasarkan karena gerakan memukul di wilayah belakang lawan akan memberikan tekanan pada saat memukul. Posisi tubuh yang tepat untuk melakukan pukulan juga dapat dikatakan cukup sulit.



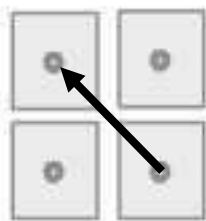
Gambar 9 : Nilai Bobot Tiga Puluh

Saat lawan bergerak diagonal ke arah kiri bawah, nilai bobot yang akan diberikan setiap kotaknya adalah tiga puluh. Keadaan ini merepresentasikan lawan yang bergerak ke depan secara menyilang dengan memperhitungkan waktu untuk melakukan rem agar dapat memukul kok.



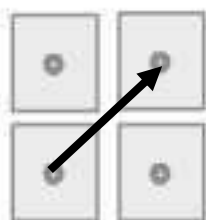
Gambar 10 : Nilai Bobot Tiga Puluh Lima

Untuk pergerakan lawan ke arah diagonal kanan bawah, nilai bobot yang akan diberikan adalah tiga puluh lima setiap kotaknya. Hal ini didasarkan seperti halnya gerakan diagonal ke arah kiri-bawah, namun ditambah posisi tangan saat melakukan pukulan yang sering mengharuskan lawan melakukan pukulan *backhand*.



Gambar 11 : Nilai Bobot Empat Puluh

Pergerakan lawan diagonal ke arah kiri-atas akan diberi nilai bobot sebesar empat puluh setiap kotaknya. Seperti hanya penjelasan dasar pemberian nilai bobot saat kok berada di belakang lawan, ditambah dengan kompleksitas saat posisi kok mengharuskan kita melakukan gerakan menyilang ke belakang. Gerakan ini cenderung membuat lawan kehilangan keseimbangan atau tingkat akurasi yang menurun cukup jauh.



Gambar 12 : Nilai Bobot Empat Puluh Lima

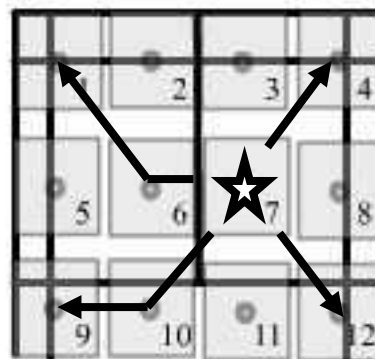
Pergerakan terakhir yang diberi nilai bobot tertinggi adalah gerakan diagonal ke arah kanan-atas. Keadaan ini akan diberi nilai bobot empat puluh lima karena memiliki tingkat kompleksitas gerakan yang sangat tinggi. Keadaan ini membuat lawan mengharuskan melakukan pukulan *backhand*. Hal ini ditambah dengan posisi kok yang berada di belakang lawan sehingga pukulan *backhand* yang harus dilakukan juga harus lebih bertenaga.

Perlu diketahui bahwa gerakan melakukan pukulan *backhand* memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi.

Pukulan ini juga cenderung memiliki tenaga yang cukup kecil. Karena itu, semua gerakan lawan yang membuat lawan harus melakukan pukulan *backhand* pasti memiliki nilai bobot yang lebih tinggi, disbanding saat lawan hanya cukup melakukan pukulan secara *forehand*.

III.C Aplikasi Teori Graf Berbobot Terbalik dalam Kondisi Dasar

Dalam permainan olahraga bulutangkis kategori tunggal, pemain diharuskan berdiri pada kotak 6 atau kotak 7, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Ketentuan ini bukan merupakan aturan wajib setiap pemain, namun saat seorang pemain berada di kotak 6 atau kotak 7, pemain akan memiliki lintasan graf berbobot yang minimal menuju segala arah.



Gambar 13 : Analisis Lintasan Dasar

Seperti yang ditunjukkan oleh gambar di atas, akan dilakukan analisis dengan pemain berada di kotak 7. Analisis lintasan dasar untuk membuktikan nilai bobot yang dihasilkan adalah nilai bobot yang minimum akan diuji dengan permisalan kok yang kita pukul akan mengarah di antara empat kotak terujung dari lapangan, kotak 1, kotak 4, kotak 9, dan kotak 12. Alasan menggunakan empat kotak terujung dari lapangan adalah tempat yang digunakan sebagai contoh adalah tempat tersulit bagi pemain lawan untuk mengambil kok yang telah dipukul oleh pemain lain.

Jika kok bergerak menuju kotak 1, maka akan ada dua kotak yang menjadi lintasan lawan. Kedua kotak tersebut adalah kotak 6 dan kotak 1. Berdasarkan nilai bobot yang telah ditentukan dalam sub bab sebelumnya, nilai bobotnya adalah $(10) + (40) = 50$.

Jika kok bergerak menuju kotak 4, maka hanya akan ada satu kotak yang menjadi lintasan lawan. Kotak tersebut adalah kotak 4. Berdasarkan nilai bobot yang telah ditentukan dalam sub bab sebelumnya, nilai bobotnya adalah $(45) = 45$.

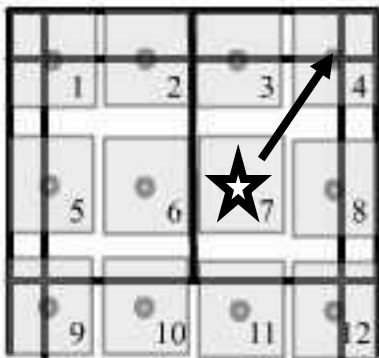
Jika kok bergerak menuju kotak 9, maka akan ada dua kotak yang menjadi lintasan lawan. Kedua kotak tersebut adalah kotak 10 dan kotak 9. Berdasarkan nilai bobot

yang telah ditentukan dalam sub bab sebelumnya, nilai bobotnya adalah $(30) + (10) = 40$.

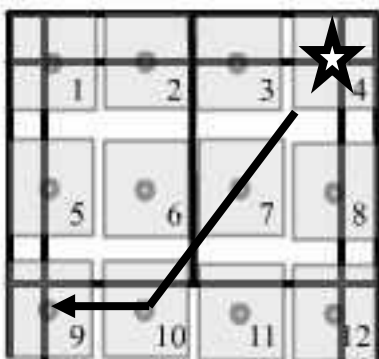
Jika kok bergerak menuju kotak 12, maka hanya akan ada satu kotak yang menjadi lintasan lawan. Kotak tersebut adalah kotak 12. Berdasarkan nilai bobot yang telah ditentukan dalam sub bab sebelumnya, nilai bobotnya adalah $(35) = 35$.

Kita dapat melihat bahwa saat lawan berada di kotak 7, maka lawan dapat dikatakan menguasai lintasan. Hal tersebut terbukti dari nilai bobot keempat lintasan tersebut tidak ada yang melebihi lima puluh. Jika posisi lawan sedang berada di kotak 9, lawan memang tidak membutuhkan lintasan untuk memukul kok yang mengarah ke kotak 9. Namun saat kok dipukul ke arah kotak 4, hal itu akan menjadi lintasan terpanjang. Kotak yang harus dilalui adalah kotak 10, kotak 7, kotak 4. Konversi dengan nilai bobot menjadi $(20) + (45) + (45) = 110$. Nilai bobot yang melebihi seratus menunjukkan bahwa posisi tersebut merupakan posisi yang tidak menguntungkan. Bahkan posisi tersebut merupakan posisi dengan lintasan terpanjang dalam analisis makalah ini.

Ketika posisi lawan berada di kotak 6 atau kotak 7, ada taktik yang harus kita lakukan untuk menciptakan suatu peluang agar lawan dapat memiliki lintasan yang panjang.



Gambar 14 : Taktik 1 Gerakan 1

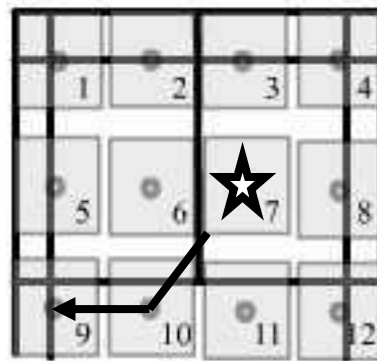


Gambar 15 : Taktik 1 Gerakan 2

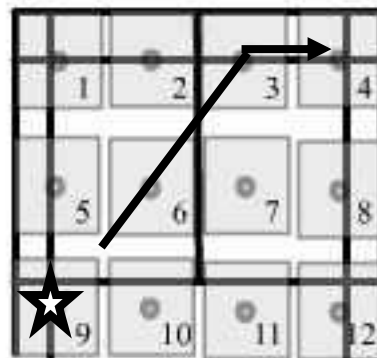
Taktik yang digunakan untuk menciptakan peluang tersebut adalah dengan mengarahkan pukulan ke kotak 4 terlebih dahulu. Karena saat posisi lawan berada di kotak 6 atau kotak 7, lintasan terpanjang hanya akan terbentuk jika kok dipukul ke arah kotak 4. Saat lawan berada di kotak 4, lintasan terpanjang lawan dapat kita lihat, yaitu kotak 9. Lawan diharuskan melewati dua kotak secara diagonal ke arah kiri-bawah dan satu kotak ke arah kiri.

Konversi nilai bobot yang didapat adalah,

- Kotak 4 : 45
- Kotak 7, 10, 9 : $(30) + (30) + (10) : 70$
- Total = 115



Gambar 16 : Taktik 2 Gerakan 1



Gambar 17 : Taktik 2 Gerakan 2

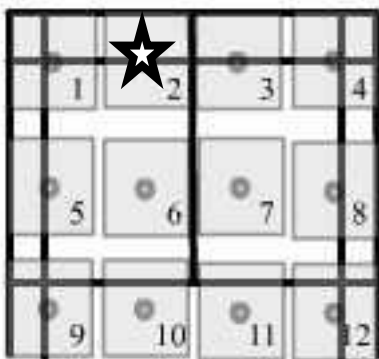
Ada satu taktik lagi yang dapat menghasilkan lintasan yang lebih panjang, yaitu dengan mengarahkan kok ke kotak 9. Gerakan ini hanya membutuhkan nilai bobot yang cukup kecil. Namun hal ini akan membuat kita dapat melihat lintasan besar yang tercipta, yaitu tujuan kotak 4. Lintasan ini membuat lawan harus melewati kotak secara diagonal ke arah kanan-atas dan satu kotak ke arah kanan.

Konversi nilai bobot yang didapat adalah:

- Kotak 9 : 30
- Kotak 6, 3, 4 : $(45) + (45) + (20) : 110$
- Total = 140

III.D Aplikasi Teori Graf Berbobot Terbalik dalam Kondisi Tertentu

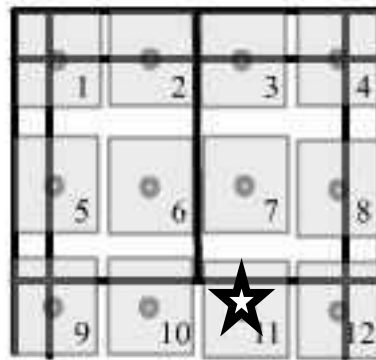
Kondisi tertentu yang akan dianalisis dalam makalah ini adalah kondisi saat lawan tidak berada di kotak 6 atau kotak 7. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor yang beberapa faktor tersebut terjadi karena: kelelahan, lupa karena terjadi rally di kotak lain, pergerakan lawan yang lambat, dan sebagainya.



Gambar 18 : Simulasi 1

Arah pukulan kita harus ditentukan berdasarkan posisi lawan saat kita akan memukul kok. Pada gambar 18 terlihat bahwa lawan berada pada kotak 2. Hal pertama yang harus kita ingat adalah kita tidak boleh mengarahkan pukulan kita ke kotak yang berada di garis horizontal lawan. Meskipun yang dituju adalah kotak 4 yang memiliki jarak paling jauh dalam arah horizontal, namun dapat dikatakan tidak efektif.

Pada simulasi 1 dapat kita lihat bahwa lintasan akan memiliki nilai bobot yang lebih besar saat titik akhir kok berada di titik 12. Berdasarkan konversi nilai bobot didapat $(35) + (35) = 70$. Kita bias saja mengarahkan pukulan kita ke kotak 9, namun lintasan yang terbentuk untuk lawan bernilai cukup kecil, yaitu : $(30) + (15) = 45$.



Gambar 19 : Simulasi 2

Analisis pada gambar 19 memperlihatkan bahwa lawan berada di kotak 11. Jika kok kita pukul ke arah kotak 4, maka konversi nilai bobot yang didapat adalah $(45) + (20) = 65$. Sedangkan saat kita mengarahkan kok ke kotak 1, maka nilai bobot yang didapat adalah $(40) + (40) = 80$. Hal ini menunjukkan bahwa lintasan panjang yang akan didapat lawan akan terjadi saat kita memukul ke arah kotak 1.

III.E Algoritma Floyd-Warshall

Algoritma Floyd-Warshall merupakan algoritma yang menghitung jarak terpendek untuk semua pasangan titik pada sebuah graf, dan melakukannya dalam waktu berorde kubik.

Algoritma ini memiliki input graf berarah dan berbobot (V,E) , yang berupa daftar titik dan daftar sisi. Bobot jalur ditentukan dengan menjumlahkan bobot-bobot sisi pada sebuah jalur

```
function fw(int [1..n,1..n] graph)
{
  //Inisiasi
  var int [1..n,1..n] jarak := graph
  var int [1..n,1..n] sebelum

  for i from 1 to n
    if jarak [i,j] < Tak-hingga
      sebelum[i,j] := i

  //Perulangan utama pada algoritma
  for k from 1 to n
    for i from 1 to n
      for j from 1 to n
        if jarak[i,j] < jarak[i,k]+jarak[k,j]
          jarak[i,j] = jarak[i,k]+jarak[k,j]
          sebelum[i,j] = sebelum[k,j]

  return jarak
}
```

Gambar 20 : Algoritma Floyd-Warshall Terbalik

Untuk menunjang algoritma dalam makalah ini, maka penulis menggunakan dasar dari algoritma *shorting path* dah diganti untuk mencari lintasan terpanjang.

IV. KESIMPULAN

Olahraga bulutangkis membutuhkan taktik yang cermat dalam menentukan arah pukulan terbaik dalam kategori tunggal. Pengamatan posisi lawan sebelum memukul kok diperlukan untuk menganalisis wilayah lawan yang akan membuat lawan memiliki lintasan terpanjang untuk menggapai kok yang kita pukul. Jika posisi lawan berada di posisi dasar, maka kita harus memancing gerakan lawan untuk bergerak ke suatu kotak lain dan melanjutkan pukulan berikutnya ke arah kotak yang memiliki lintasan terpanjang yang juga memiliki nilai bobot terbesar.

Algoritma yang digunakan dalam memanfaatkan teori graf terbalik ini adalah algoritma Floyd-Warshall yang diubah untuk menyesuaikan dengan kebutuhan dalam analisis makalah ini.

REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi. 2005. Matematika Diskrit. Bandung: Penerbit
- [2] http://id.wikipedia.org/wiki/Algoritma_Floyd-Warshall
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Shortest_path_problem
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/Badminton>

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 2011

ttd



Jaisyalmatin Pribadi
13510084