

Aplikasi *Decision Tree* pada *Hawk-Eye: Line Call Decision* Olahraga Bulu Tangkis

Rava Naufal Attar - 13520077¹
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
¹13520077@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—*Tree* (pohon) merupakan sebuah graf tak-berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit. Salah satu jenis dari *tree* adalah *decision tree* yang setiap simpul dalamnya menghasilkan suatu keputusan. Terdapat berbagai macam aplikasi dari *decision tree*, salah satunya dianalisis pada makalah ini, yaitu aplikasi *decision tree* pada *Hawk-Eye: Line Call Decision* untuk menentukan keputusan *in/out* dari *shuttlecock* dalam olahraga bulu tangkis.

Kata kunci: bulu tangkis, *decision*, *hawk-eye*, *tree*.

I. PENDAHULUAN

Bulu tangkis adalah salah satu cabang olahraga yang termasuk ke dalam kelompok olahraga permainan. Olahraga ini dimainkan oleh dua orang (untuk tunggal) atau dua pasangan (untuk ganda) yang berlawanan. Tujuan dari permainan ini adalah memukul bola permainan (*shuttlecock*) dengan menggunakan raket agar melewati *net* dan jatuh di area permainan lawan. Oleh karena itu, pemain juga harus mencegah lawan melakukan hal tersebut ke area permainannya.

Dalam penentuan keputusan masuk atau keluarnya *shuttlecock* seringkali menjadi perdebatan disaat *shuttlecock* tersebut jatuh sangat dekat dengan garis area permainan. Hal ini lumrah terjadi dikarenakan *shuttlecock* jatuh sangat cepat, sehingga *linesman* tidak dapat melihat dengan jelas letak jatuhnya *shuttlecock*. Apabila hal ini terjadi, *match umpire* dapat memutuskan apakah *shuttlecock* dinyatakan masuk atau keluar, tetapi, tidak jarang pula *match umpire* mengembalikan keputusan tersebut kepada *linesman* karena memiliki jarak pandang yang lebih dekat terhadap *shuttlecock* dibandingkan dirinya.

Pada tahun 2014, *Badminton World Federation* (BWF), memperkenalkan teknologi *Hawk-Eye* setelah menguji teknologi *instant review* lainnya untuk *line call decision* dalam acara besar BWF. Teknologi *SMART Replay Hawk-Eye* digunakan pada banyak turnamen besar BWF untuk membantu *umpire* dalam hal *line call decision*. Selain itu, *Hawk-Eye* juga dapat memberikan data yang akurat terkait kecepatan dari *shuttlecock* untuk keperluan siaran.

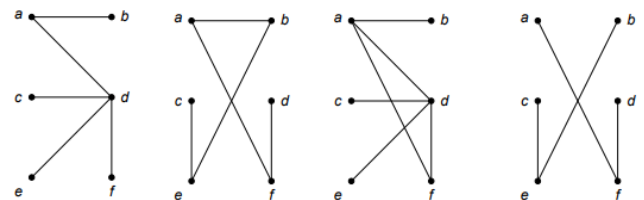
Pada permainan bulu tangkis, area *in/out* permainan tunggal dan ganda memiliki aturan yang berbeda, saat servis dilakukan dan saat permainan berlangsung juga memiliki area *in/out* yang berbeda. Oleh karena itu, pada makalah ini dilakukan penyusunan strategi untuk menentukan *line call decision* dengan

skenario sederhana menggunakan konsep dari *decision tree*.

II. DASAR TEORI

A. Pohon

Pohon merupakan sebuah graf tak-berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit. Sebagai contoh gambar berikut, graf pertama dan kedua merupakan pohon, sedangkan graf ketiga bukan pohon karena terdapat sirkuit dan graf keempat juga bukan pohon karena tidak terhubung.



Gambar 2.1. Contoh Graf

(sumber: [PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 20.24)

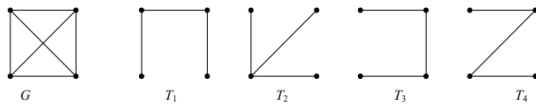
B. Sifat-Sifat Pohon

Misalkan $G = (V,E)$ adalah graf tak-berarah sederhana yang memiliki n simpul. Maka, sifat dari G adalah sebagai berikut.

1. G adalah pohon
2. Setiap pasang simpul di dalam G terhubung dengan lintasan tunggal
3. G terhubung dan memiliki $m = n - 1$ buah sisi
4. G tidak mengandung sirkuit dan memiliki $m = n - 1$ buah sisi
5. G tidak mengandung sirkuit dan penambahan satu sisi pada graf akan membuat hanya satu sirkuit
6. G terhubung dan semua sisinya adalah jembatan

C. Pohon Merentang (*Spanning Tree*)

Pohon merentang (*spanning tree*) dari graf terhubung adalah suatu upagraf merentang yang berupa pohon. Pohon merentang dapat diperoleh dengan memutus sirkuit di dalam graf. Selain itu, pohon merentang juga terdapat pada setiap graf terhubung.

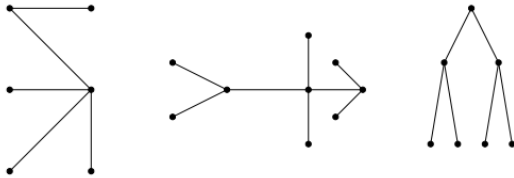


Gambar 2.2 Pohon Merentang

(sumber: [PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 20.27)

D. Hutan

Hutan (*forest*) adalah suatu graf tidak terhubung yang tidak mengandung sirkuit dan pada setiap komponen di dalam graf terhubung tersebut adalah pohon.

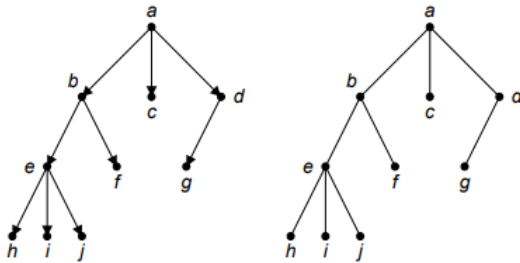


Gambar 2.3. Contoh Hutan

(sumber: [PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 20.30)

E. Pohon Berakar (Rooted Tree)

Pohon berakar adalah suatu pohon yang memiliki satu simpul sebagai akar dan seluruh sisinya mengarah menjauh dari akar.



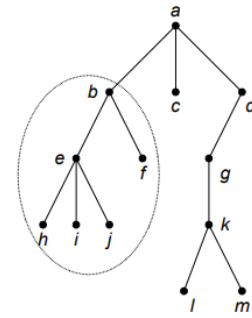
Gambar 2.4. Pohon Berakar

(sumber: [PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 21.53)

F. Terminologi pada Pohon Berakar

Berikut adalah beberapa terminologi pada pohon berakar.

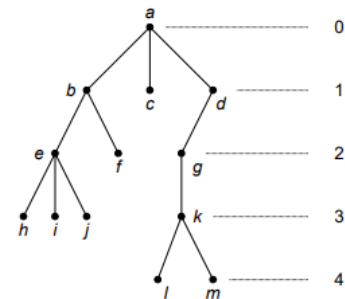
1. Anak (*Child*) dan Orangtua (*Parent*)
Bila merujuk pada Gambar 2.4, *b*, *c*, dan *d* adalah anak-anak (*child* atau *children*) dari simpul *a*. Sedangkan simpul *a*, adalah orangtua (*parent*) dari anak-anak tersebut.
2. Lintasan (*Path*)
Merujuk pada Gambar 2.4, lintasan dari *b* ke *j* adalah *b*, *e*, *j*. Panjang lintasan dari *b* ke *j* adalah 2.
3. Saudara Kandung (*Sibling*)
Merujuk pada Gambar 2.4, *f* adalah saudara kandung dari *e*, tetapi *g* bukan saudara kandung *e*, karena kedua simpul tersebut memiliki orangtua yang berbeda.
4. Upapohon (*Subtree*)
Berikut adalah contoh dari upapohon, bagian yang dilingkari merupakan upapohon dari pohon utamanya yang memiliki akar *a*.



Gambar 2.5. Upapohon

(sumber: [PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 21.57)

5. Derajat (*Degree*)
Derajat sebuah simpul adalah jumlah banyaknya anak dari simpul tersebut.
6. Daun (*Leaf*)
Daun adalah simpul yang tidak memiliki anak (simpul berderajat nol).
7. Simpul Dalam (*Internal Nodes*)
Simpul dalam adalah simpul yang mempunyai anak.
8. Tingkat (*Level*)
Merujuk pada Gambar 2.6, simpul *b*, *c*, dan *d* berada pada tingkat (*level*) satu.



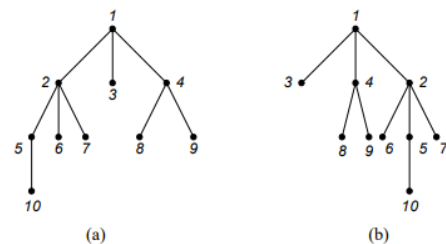
Gambar 2.6. Tingkat Pohon

(sumber: [PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 22.00)

9. Kedalaman (*Depth*)
Kedalaman suatu pohon adalah tingkat (*level*) maksimum dari pohon tersebut.

G. Pohon Terurut (Ordered Tree)

Pohon terurut adalah pohon berakar yang memiliki urutan pada setiap anak-anaknya.

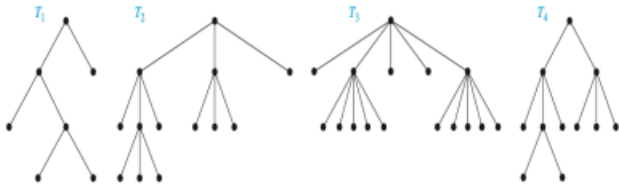


Gambar 2.7. Pohon Terurut

(sumber: [PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#) diakses pada 11

H. Pohon n-Ary

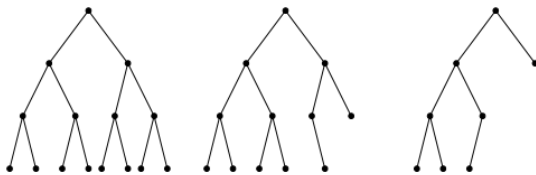
Pohon *n-ary* merupakan pohon berakar yang setiap simpul cabangnya memiliki paling banyak *n* buah anak. Pohon *n-ary* dikatakan teratur apabila setiap simpul dalam (*internal nodes*) cabangnya memiliki tepat *n* buah anak.



Gambar 2.8. Pohon *n-ary*
(sumber: Discrete Mathematics and Its Applications, 7th Edition)

I. Pohon Biner (Binary Tree)

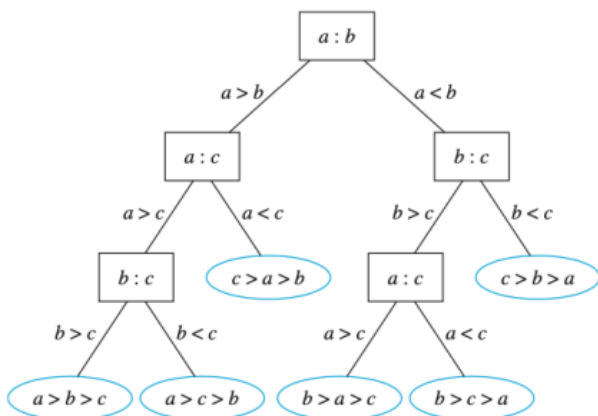
Pohon biner adalah pohon *n-ary* dengan $n = 2$. Pada pohon biner, anak dibedakan menjadi anak kiri (*left child*) dan anak kanan (*right child*). Dikarenakan ada perbedaan urutan anak, maka pohon biner adalah pohon terurut.



Gambar 2.9. Pohon Biner
(sumber: [PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 22.15)

J. Pohon Keputusan (Decision Tree)

Pohon keputusan merupakan salah satu aplikasi dari pohon berakar, yang mana setiap simpul dalamnya menghasilkan suatu keputusan. Berikut adalah contoh pohon keputusan untuk mengurutkan tiga buah elemen.



Gambar 2.10. Pohon Keputusan
(sumber: Discrete Mathematics and Its Applications, 7th Edition)

K. Terminologi pada Bulu Tangkis

Berikut adalah beberapa terminologi pada bulu tangkis.

1. Shuttlecock

Shuttlecock adalah bola permainan yang digunakan dalam olahraga bulu tangkis. Bola permainan ini terbuat dari bulu angsa atau bebek yang tertanam ke dasar suatu gabus bulat.



Gambar 2.11. *Shuttlecock*
(sumber:

<https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1030rRpXXXXa9aXXXq6xXFXXXT/1-Tube-12-pcs-Badminton-shuttlecock-Ci-Gu-duck-feather-durable-training-shuttlecock-clubs-shuttlecock-Free.jpg> diakses pada 11 Desember 2021 pukul 22.20)

2. Net

Net pada bulu tangkis merupakan jaring pemisah antara kedua pemain atau pasangan. *Net* berada tepat di tengah lapangan permainan.

3. Servis

Servis adalah pukulan pertama pada *shuttlecock* yang dilakukan dari satu pemain (*server*) ke pemain lawan (*receiver*). Servis juga sering disebut sebagai pukulan yang memulai permainan.



Gambar 2.12. Marcus F G Melakukan Servis
(sumber:

<https://i.ytimg.com/vi/AdGonS6RAb4/maxresdefault.jpg> diakses pada 12 Desember 2021 pukul 01.35)

4. Match Umpire

Match umpire bertugas untuk memastikan pertandingan berjalan lancar dan berhak untuk memutuskan setiap

peraturan, termasuk pelanggaran yang ada selama permainan berlangsung. Berikut adalah posisi *match umpire* selama permainan berlangsung.



Gambar 2.13. *Match Umpire*

(sumber: [Common Badminton Terms \(masterbadminton.com\)](https://www.badminton.com) diakses pada 12 Desember 2021 pukul 01.43)

5. *Service Judge*

Service judge bertugas untuk memantau kesalahan servis selama pertandingan. Berikut adalah posisi *service judge* selama permainan berlangsung.



Gambar 2.14. *Service Judge*

(sumber: [Common Badminton Terms \(masterbadminton.com\)](https://www.badminton.com) diakses pada 12 Desember 2021 pukul 01.45)

6. *Line Judge/Linesman*

Line judge atau biasa disebut juga *linesman* bertugas untuk melihat lurus ke bawah garis lapangan dan memutuskan apakah *shuttlecock* mendarat di area dalam atau luar lapangan. Berikut adalah posisi para *line judge* selama permainan berlangsung.



Gambar 2.15. *Line Judge*

(sumber: [Common Badminton Terms \(masterbadminton.com\)](https://www.badminton.com) diakses pada 12 Desember 2021 pukul 01.47)

7. *Hawk-Eye*

Hawk-eye adalah sebuah sistem *computer vision* untuk melacak lintasan bola secara visual dan menampilkannya dalam bentuk video.



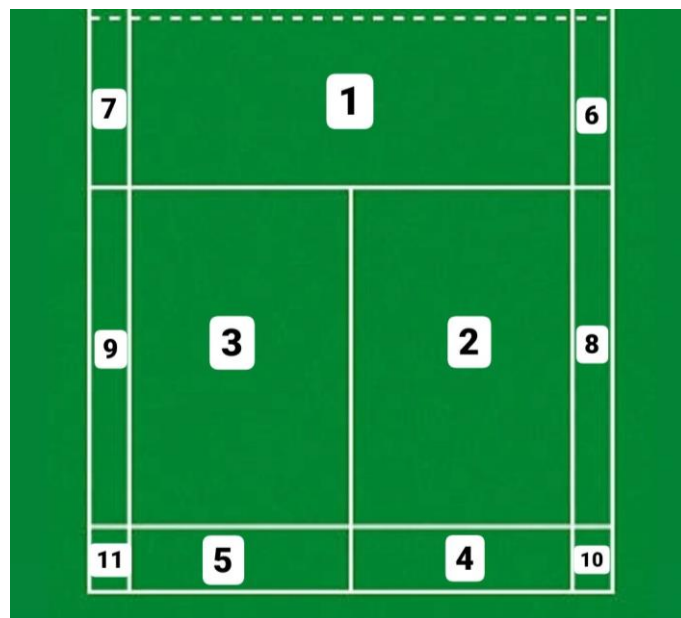
Gambar 2.16. Penggunaan *Hawk-eye* pada turnamen BWF

(sumber: <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-f5d40f70e8306f824144d05ab91e5733-c> diakses pada 12 Desember 2021 pukul 01.59)

8. *Line Call Decision*

Line call decision adalah suatu panggilan untuk memutuskan letak jatuhnya *shuttlecock* dan menyatakan apakah *shuttlecock* berada di posisi *in* atau *out*. Dengan adanya teknologi *hawk-eye*, pemain dapat meminta *match umpire* untuk melihat tayangan ulang dari *hawk-eye* apabila ragu dengan keputusan yang telah ditetapkan oleh *linesman* atau *match umpire*. Proses meminta tayangan ulang tersebut dikenal dengan istilah “*challenge*”. Dan setiap pemain hanya memiliki dua kesempatan untuk melakukan *challenge* di setiap pertandingan.

L. *Segmentasi Area Lapangan pada Bulu Tangkis*



Gambar 2.17. Segmentasi Area Lapangan Bulu Tangkis

Pada permainan bulu tangkis, area *in/out* pada permainan tunggal dan ganda memiliki aturan yang berbeda. Pada permainan tunggal, untuk area servis dinyatakan masuk apabila bola jatuh di area 3 dan 5 atau 2 dan 4. Jika poin ganjil, maka bola dinyatakan masuk bila jatuh di lapangan bagian kiri penerima servis (area 3 dan 5), sedangkan pada poin genap, bola

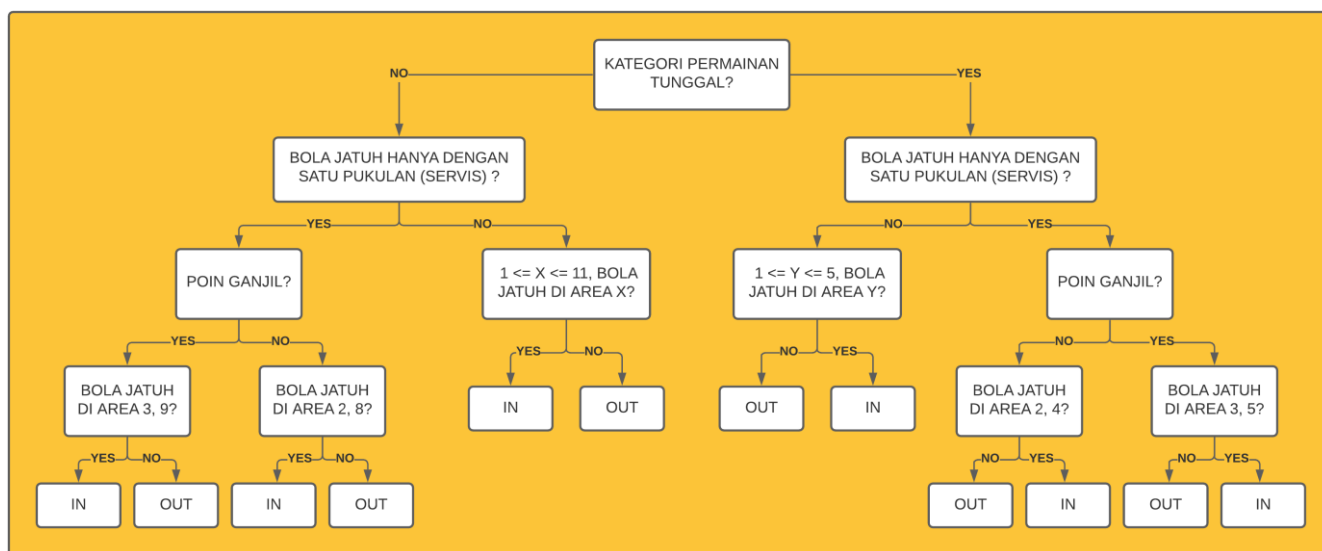
dinyatakan masuk bila jatuh di lapangan bagian kanan penerima servis (area 2 dan 4). Apabila bola tidak jatuh hanya karena satu pukulan (persis setelah servis), maka permainan tetap berlanjut dan area dimana bola dinyatakan masuk berubah menjadi area 1, 2, 3, 4, dan 5.

Untuk permainan ganda pada dasarnya memiliki aturan yang serupa seperti permainan tunggal, hanya saja sisi terluar kiri dan kanan lapangan termasuk *in-area* saat permainan berlangsung. Akan tetapi, terdapat perbedaan pada *in-area* untuk aturan servis. Untuk servis dengan poin ganjil, maka *in-area* adalah area 3 dan 9. Sedangkan untuk servis dengan poin genap, *in-area* berada di area 2 dan 8. Apabila bola tidak jatuh hanya karena satu pukulan (persis setelah servis), maka permainan tetap berlanjut dan *in-area* berubah menjadi semua area yang memiliki angka.

III. APLIKASI DECISION TREE DALAM LINE CALL DECISION

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada bagian segmentasi area lapangan pada bulu tangkis, terdapat beberapa faktor yang membedakan *line call decision* pada bulu tangkis. Diantaranya adalah kategori permainan termasuk tunggal atau ganda dan jumlah pukulan pada *shuttlecock* yang menyebabkan bola jatuh ke lapangan permainan.

Decision tree pada Gambar 3.1 menggambarkan keputusan yang dapat diambil *hawk-eye* untuk *line call decision* berdasarkan dari kategori permainan dan banyaknya pukulan yang menyebabkan bola jatuh ke lapangan permainan.



Gambar 3.1. *Decision Tree* untuk *Hawk-Eye: Line Call Decision*

IV. KESIMPULAN

Tree adalah salah satu jenis graf terhubung yang tidak memiliki sirkuit. Karena sifat yang dimiliki tersebut, membuat *tree* dapat diaplikasikan untuk menentukan suatu keputusan. Sebuah *tree* yang menghasilkan keputusan ini disebut juga sebagai *decision tree*.

Terdapat berbagai bentuk dalam pengaplikasian *decision tree*, salah satunya adalah pada *line call decision* dalam olahraga bulu tangkis. Beberapa indikasi dalam penentuan *in/out area* pada bulu tangkis mungkin saja berubah seiring waktu apabila terdapat perubahan kebijakan oleh BWF.

Pengembangan teknologi *hawk-eye* tentu mengonsumsi dana yang sangat besar. Akan tetapi, dengan adanya teknologi *hawk-eye*, perdebatan terkait masuk atau keluarnya bola di area lapangan dapat diatasi.

Sebagai refleksi, *decision tree* untuk *line call decision* yang disajikan pada makalah ini mungkin masih terdapat kekurangan, yang tentunya masih dapat dikembangkan lagi di lain waktu.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih dan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas nikmat dan karunia yang diberikan-Nya, penulis dapat menyelesaikan makalah yang berjudul “Aplikasi *Decision Tree* pada *Hawk-Eye: Line Call Decision* Olahraga Bulu Tangkis”. Selain itu, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Harlili S. atas pengajaran dalam perkuliahan IF2120 Matematika Diskrit.
2. Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. atas bimbingan dalam perkuliahan IF2120 Matematika Diskrit.
3. Orangtua penulis atas dukungan dan doanya kepada penulis dalam mengikuti kegiatan perkuliahan.
4. Rava Naufal Attar, penulis, yang pernah menekuni olahraga bulu tangkis.
5. Teman-teman IF'20 yang telah membantu dan menginspirasi penulis dalam menjalani perkuliahan IF2120 Matematika Diskrit.

REFERENSI

- [1] K. Rosen, Discrete Mathematics and Its Applications, 7th Edition.
- [2] [The Hawk-Eye under the loop - Badminton Famly](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 20.15.
- [3] [PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 20.24.
- [4] [PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 21.53.
- [5] [Teknologi Hawk Eye "Mata Elang" Pada Badminton dan Olahraga lainnya - Muhammad Fauzan Gusti Triyanto - anakteknik.co.id](#) diakses pada 11 Desember 2021 pukul 22.21.
- [6] [Common Badminton Terms \(masterbadminton.com\)](#) diakses pada 12 Desember 2021 pukul 01.43.

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.

Jakarta, 14 Desember 2021



Rava Naufal Attar - 13520077