

Penerapan Pohon Keputusan dalam Teori Parallel Universe di Film Avengers: Endgame

Ryo Richardo 13519193
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13519193@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Kesuksesan film *Avengers: Endgame* yang rilis pada 2019 lalu membuat banyak pengamat film tertarik untuk menganalisis film ini. Selain memiliki jalan cerita dan kualitas *audiovisual* yang menarik, *Avengers: Endgame* juga memiliki unsur *science fiction* dan salah satu misteri dunia yaitu *parallel universe*. Dengan menggunakan teori pohon yang berada dalam mata kuliah Matematika Diskrit, kita dapat memahami alur cerita dari film *Avengers: Endgame* serta teori-teori mengenai *parallel universe* yang masih menjadi misteri dunia hingga saat ini.

Keywords—*Avengers: Endgame, Parallel universe, Pohon.*

I. PENDAHULUAN

Penggemar film superhero Marvel pasti pernah menonton film *Avengers*. Bagaimana tidak, semua *superhero* berkolaborasi untuk mengalahkan karakter antagonis terkuat untuk menyelamatkan Bumi. Hingga saat ini, sudah ada 4 film *Avengers* dengan film terakhir yang tayang pada tahun 2019 lalu membawa subjudul *Endgame*.

Film *Avengers: Endgame* sendiri merupakan sequel dari film pendahulunya, *Avengers: Infinity War* (2018) dimana karakter antagonis utama Thanos berhasil mengumpulkan 6 *infinity stones* dan melakukan genosida terhadap separuh dari seluruh makhluk hidup di alam semesta. Para *superhero* yang selamat dari genosida menemukan cara untuk mengembalikan jiwa-jiwa yang dibunuh Thanos dengan cara kembali ke masa lalu untuk merebut 6 *infinity stones* sebelum Thanos mengambilnya, kemudian menggunakan batu-batu itu untuk mengembalikan jiwa-jiwa yang dibunuh Thanos kembali ke kehidupan.

Meskipun seluruh cerita dari film *Avengers: Endgame* adalah fiksi, namun teori mengenai penjelajahan waktu dan adanya *parallel universe* sering dibahas oleh para fisikawan dunia. Penemuan teori relativitas oleh Albert Einstein memungkinkan suatu objek mengalami dilatasi waktu jika memiliki kecepatan mendekati kecepatan cahaya. Prinsip inilah yang membuat para fisikawan berpikir apakah mungkin seseorang kembali ke masa lalu dan menemukan *parallel universe*. Salah satu tulisan paling terkenal yang membahas tentang *parallel universe* berada pada buku yang berjudul “*The Theory of Everything*” yang ditulis oleh fisikawan terkenal Stephen Hawking.

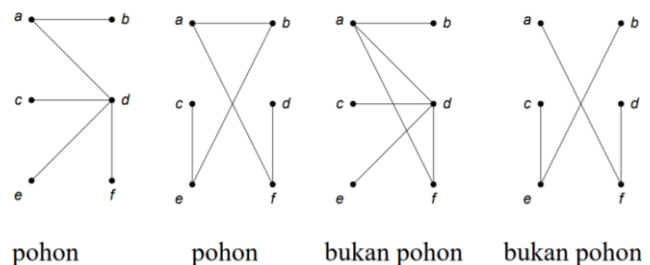
Hingga saat ini, belum ada orang yang berhasil membuktikan keberadaan *parallel universe*. Kendati demikian, makalah ini tetap akan membahas salah satu teori *parallel universe* yang

dipakai dalam alur film *Avengers: Endgame* karena memiliki hubungan yang erat dengan konsep pohon dalam mata kuliah Matematika Diskrit.

II. DASAR TEORI

2.1 Pohon

Pohon adalah graf tak-terhubung yang tidak mengandung sirkuit [1]. Dalam menggambar sebuah pohon, biasa digunakan simbol lingkaran penuh atau titik sebagai simpul dan garis lurus yang menghubungkan dua titik sebagai sisi.



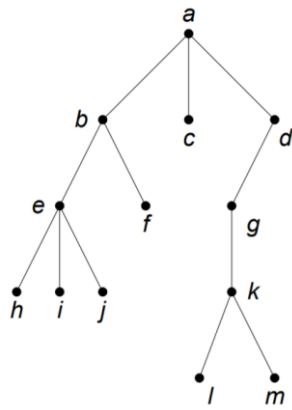
Gambar 2.1.1 Representasi pohon

Sumber: <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Pohon-2020-Bag1.pdf>

Pohon merupakan graf yang mempunyai sifat-sifat khusus. Berdasarkan teorema, isalkan $G = (V, E)$ adalah sebuah graf tak-berarah sederhana dan jumlah simpulnya n . Maka, semua pernyataan di bawah ini adalah ekuivalen:

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.

Pohon yang salah satu simpulnya diperlakukan sebagai akar dan sisi-sisinya diberi arah sehingga menjadi graf berarah disebut pohon berakar (*rooted tree*). Adapun terminologi pada pohon berakar adalah:



Gambar 2.1.2 Contoh pohon berakar

Sumber: <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Pohon-2020-Bag2.pdf>

1. Anak (*child* atau *children*) dan Orangtua (*parent*)
 Anak adalah simpul yang menjadi suksesor suatu simpul akarnya, sedangkan orangtua adalah predesesor dari anak. Sebagai contoh, simpul b, c, d adalah anak-anak simpul a, dan a adalah orangtua dari anak-anak itu.
2. Lintasan
 Lintasan adalah sisi-sisi yang diperlukan untuk mencapai simpul tertentu. Contohnya lintasan dari a ke j adalah a, b, e, j dengan panjang lintasan 3.
3. Saudara kandung (*sibling*)
 Saudara kandung adalah relasi antara simpul yang memiliki orangtua sama. Contohnya f adalah saudara kandung e.
4. Upapohon (*subtree*)
 Upapohon adalah pohon dengan ukuran lebih kecil yang berada di dalam sebuah pohon. Contohnya adalah upapohon k l m (disebutkan secara *infix*).
5. Derajat
 Derajat sebuah simpul adalah jumlah upapohon atau jumlah anak pada simpul tersebut. Contohnya simpul a memiliki derajat 3.
6. Daun (*leaf*)
 Daun adalah simpul berderajat nol atau tidak mempunyai anak. Simpul l dan m adalah contoh daun.
7. Simpul dalam (*internal nodes*)
 Simpul yang mempunyai anak disebut simpul dalam. Contohnya adalah simpul b dan e.
8. Aras (*level*) atau Tingkat
 Aras atau tingkat adalah jumlah predesesor yang dimiliki suatu simpul hingga simpul akar. Contohnya simpul f memiliki tingkat 3.
9. Tinggi (*height*) atau Kedalaman (*depth*)
 Aras maksimum dari suatu pohon disebut tinggi atau kedalaman. Contohnya pohon pada gambar 2.1.2 mempunyai tinggi 4.

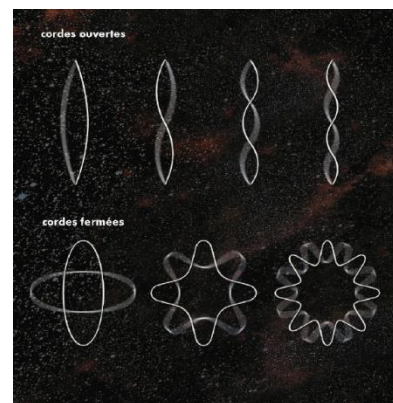
2.2 Parallel Universe

Salah satu ide awal yang membuat para fisikawan berpikir bahwa *parallel universe* mungkin terjadi adalah munculnya

teori relativitas yang ditemukan oleh Albert Einstein. Dalam salah satu teori relativitas, terdapat pembahasan mengenai gaya gravitasi, gaya yang paling berpengaruh diantara objek-objek alam semesta. Dalam teori relativitas umum (*general relativity*), Einstein menyebutkan bahwa gaya gravitasi yang disebabkan oleh objek masif akan memberikan distorsi terhadap ruang dan waktu. Hal ini juga menjadi dasar bahwa setiap objek yang berada di dalam lubang hitam (*black hole*) yang memiliki gaya gravitasi sangat kuat akan mengalami distorsi ruang dan waktu dimana setiap atom pada objek akan terhisap oleh gaya gravitasi dan objek tersebut tidak akan merasakan perubahan waktu. Distorsi ruang dan waktu ini membuat para fisikawan berpikir bahwa konsep ruang dan waktu yang selama ini kita pelajari bukanlah konsep yang paling benar, karena kita juga dipengaruhi oleh gaya gravitasi dari Bumi, Matahari, maupun objek-objek alam semesta lainnya.

Untuk memahami misteri alam semesta yang begitu luas, para fisikawan melakukan penelitian terhadap objek terkecil yang membentuk semua benda di alam semesta. Meskipun menurut fisika klasik dikatakan atom adalah objek terkecil yang tidak bisa dibagi lagi, percobaan menabrakkan 2 atom dengan kecepatan yang sangat tinggi ternyata berhasil memecahkan atom menjadi komponen-komponen yang lebih kecil lagi. Komponen-komponen tersebut diberi nama quark. Sayangnya, kita tidak dapat melihat quark karena ukurannya lebih kecil dari gelombang cahaya. Untuk melihatnya, diperlukan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang lebih pendek. Namun, karena energi yang dibawah oleh gelombang elektromagnetik ini besar, maka ketika gelombang ini ditembakkan menuju quark, gelombang tersebut akan mengubah wujud (*state*) dari quark tersebut. Fenomena ini diberi nama teori ketidakpastian Heisenberg (*Heisenberg uncertainty principle*), dimana dengan melakukan observasi pada suatu partikel kuantum akan merubah tingkah laku partikel tersebut.

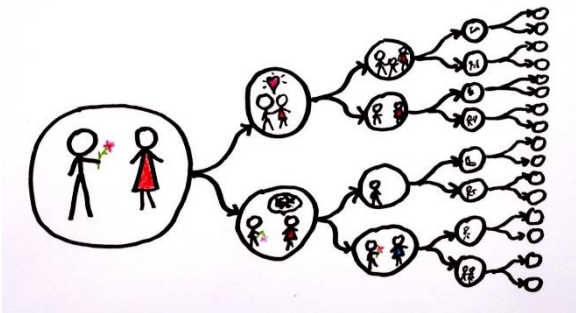
Keberadaan teori ketidakpastian Heisenberg menyebabkan partikel kuantum tidak memiliki satu wujud tertentu dalam satu waktu, melainkan semua kemungkinan wujud sekaligus yang disebut superposisi (*superposition*). Untuk menjelaskan fenomena ini, seorang fisikawan Jepang Michio Kaku menemukan *string theory*, dimana partikel kuantum atau quark digambarkan dalam bentuk garis (*string*) seperti karet gelang, dan semua tingkah laku partikel tersebut ditentukan dari getaran yang terjadi pada garis tersebut dalam 11 dimensi yang berbeda.



Gambar 2.2.1 Representasi string theory

Sumber: https://www.researchgate.net/figure/In-string-theory-the-elementary-constituent-of-matter-is-a-miniscule-string-having_fig1_227330311

Teori-teori mengenai partikel kuantum di atas membuat para fisikawan dunia berpikir *parallel universe* mungkin saja terjadi, dimana partikel kuantum yang sama memiliki tingkah laku yang berbeda sehingga menciptakan dunia alternatif diluar dunia tempat kita berada. Namun hingga saat ini, masih belum ada pembuktian yang kuat untuk teori-teori mengenai *parallel universe* karena tidak semua objek alam semesta bisa diamati menggunakan gelombang cahaya maupun gelombang elektromagnetik lainnya sehingga sangat mungkin ada objek alam semesta yang tidak kita ketahui keberadaannya karena keterbatasan alat dan indera manusia untuk mengidentifikasinya.



Gambar 2.2.2 Contoh skenario parallel universe

Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=Ywn2Lz5zmYg&a_b_channel=minutephysics

Terelepas dari banyaknya teori *parallel universe* yang belum terbukti, kita gunakan salah satu teori *parallel universe* yang dijelaskan di film Avengers: Endgame, yaitu kita tidak dapat mengubah apa yang telah terjadi pada saat ini, namun kita dapat kembali ke masa lalu untuk membuat realita yang baru.

2.3 Avengers: Endgame

Avengers: Endgame adalah sebuah film dengan genre *action* dan *superhero* yang diproduksi oleh Marvel Studios pada 26 April 2019 lalu. Film ini disutradarai oleh Anthony Russo dan Joe Russo yang sudah berpengalaman dalam menyutradarai film-film Marvel sebelumnya. Avengers: Endgame berhasil meraih pendapatan kotor sebanyak \$2,797,800,564 dan menjadi film dengan pendapatan terbesar sepanjang sejarah. Film ini dibintangi oleh beberapa aktor/aktris terkenal seperti Robert Downey Jr., Chris Evans, Mark Ruffalo, Chris Hemsworth, dan Scarlett Johansson.



Gambar 2.3.1 Poster Avengers: Endgame

Sumber: <https://www.imdb.com/title/tt4154796/>

Alur cerita dari film Avengers: Endgame dimulai dari kekalahan Avengers (sebutan tim para *superhero*) mencegah misi sang antagonis utama Thanos untuk melakukan genosida terhadap separuh dari seluruh makhluk hidup di alam semesta. Avengers kemudian berhasil menangkap Thanos yang bersembunyi setelah genosida terjadi, namun 6 *infinity stones*, 6 batu terkuat yang mengandung kekuatan seluruh alam semesta telah dihancurkan oleh Thanos sehingga para Superheroes tidak dapat mengembalikan jiwa-jiwa yang dibunuh.

Setelah 5 tahun tanpa harapan, Scott Lang alias Ant man yang baru saja terjebak dalam dunia kuantum memberikan ide untuk kembali ke masa lalu melalui dunia kuantum. Ide gila yang sempat ditolak ini kemudian berhasil direalisasikan oleh Tony Stark (Iron man) dan Bruce Banner (Hulk). Kemudian, Avengers dipecah menjadi 3 tim kecil untuk pergi ke masa lalu dan mengumpulkan keenam *infinity stones* sebelum Thanos mengambilnya.

Saat sedang menjalankan misi, salah satu tim yang terdiri atas Tony Stark (Iron man), Steve Rogers (Captain America) dan Scott Lang (Ant man) mengalami kecelakaan sehingga salah satu *infinity stones* berhasil dicuri oleh Loki, pemeran antagonis yang ada di masa lalu. Untuk memperbaiki kesalahannya, maka tim tersebut harus kembali ke waktu yang lebih lama untuk mendapatkan batu tersebut.



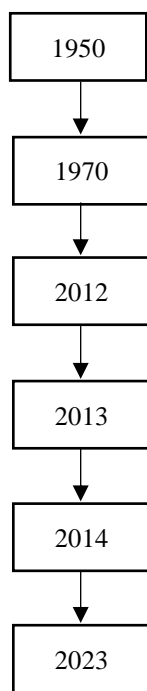
Gambar 2.3.2 Loki berhasil mencuri infinity stone

Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=tQ4EzF6akCs&a_b_channel=Dizi-FilmEvreni

Setelah berhasil mengumpulkan 6 *infinity stones*, Avengers berhasil menghidupkan kembali jiwa-jiwa yang dibunuh. Di luar dugaan, Avengers Kembali diserang oleh Thanos dan pasukannya yang datang dari masa lalu bersama salah satu tim kecil Avengers. Pertempuran sengit terjadi hingga Tony Stark (Iron man) harus mengorbankan nyawanya untuk menghabisi Thanos dan pasukannya. Di akhir cerita, Steve Rogers (Captain America) harus mengembalikan keenam *infinity stones* kembali ke masa lalu agar tidak merusak keseimbangan di antara *parallel universe*. Namun, Steve memutuskan untuk menghabiskan sisa hidupnya di masa lalu bersama pasangannya yang ia tinggalkan saat perang pada jaman dahulu. Steve kemudian muncul sebagai sosok yang sudah berusia lanjut karena ia tidak menggunakan mesin waktu untuk kembali ke masa depan.

III. PEMBAHASAN

Mula-mula kita buat pemodelan yang menggambarkan peristiwa-peristiwa penting dalam alur cerita Avengers: Endgame. Pada film tersebut, tim-tim kecil Avengers pergi ke masa lalu dengan tempat dan waktu yang berbeda-beda untuk mengambil setiap *infinity stones*.

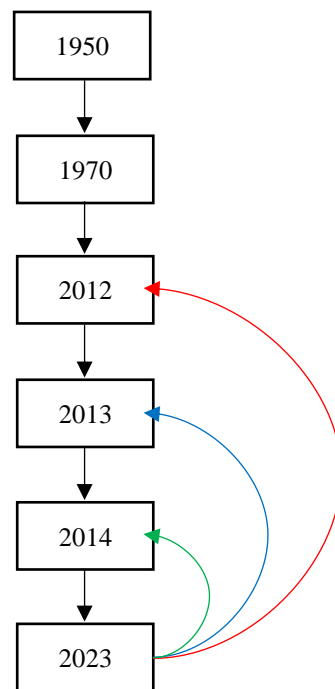


Gambar 3.1 Pemodelan timeline Avengers: Endgame

Avengers dipecah menjadi 3 tim kecil yang terdiri dari:

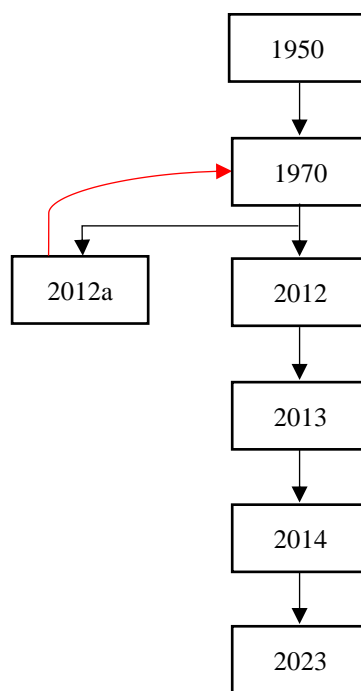
1. Tim 1, beranggotakan Tony Stark (Iron man), Steve Rogers (Captain America), Bruce Banner (Hulk), dan Scott Lang (Ant man). Mereka memiliki misi untuk mengambil *mind stone*, *time stone* dan *space stone* di New York pada 2012.
 2. Tim 2, beranggotakan Rocket Raccoon dan Thor. Mereka memiliki misi untuk mengambil *reality stone* di Asgard pada 2013.
 3. Tim 3, beranggotakan Clint Barton (Hawk Eye), Natasha Romanoff (Black Widow), James Rhodes (War Machine), dan Nebula. Mereka memiliki misi untuk mengambil *power stone* di Morag dan *soul stone* di Vormir pada 2014.
- Untuk menggambarkan peristiwa ini, kita gunakan garis

berwarna merah untuk tim 1, biru untuk tim 2, dan hijau untuk tim 3.



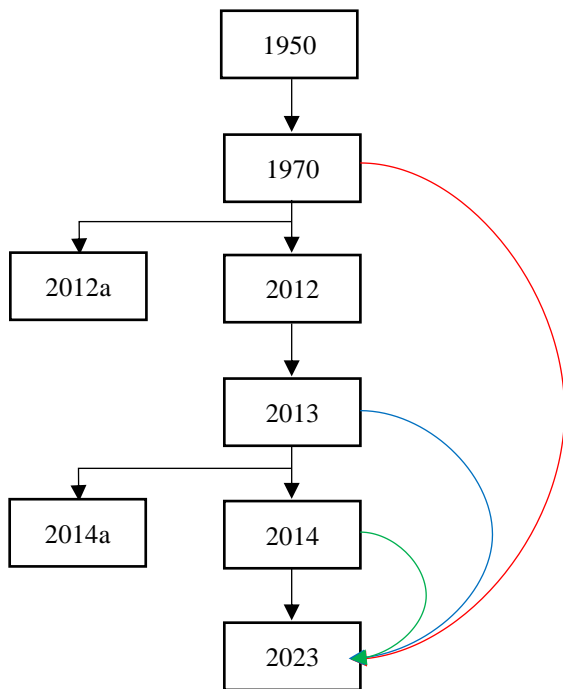
Gambar 3.2 Setiap tim menjalankan misi kembali ke masa lalu

Tim 1 mengalami kecelakaan sehingga *space stone* dicuri oleh Loki, pemeran antagonis pada timeline tahun 2012. Kejadian ini membentuk *timeline* baru yang berbeda dengan *timeline* sebelumnya. Oleh karena itu, kita tambahkan cabang baru sebagai simbol terbentuknya *parallel universe* pada tahun 2012 yang kita beri nama 2012a. Setelah tim 1 melakukan kesalahan ini, mereka pergi ke Camp Lehigh pada tahun 1970 untuk mengambil *space stone* (digambarkan dengan panah berwarna merah).



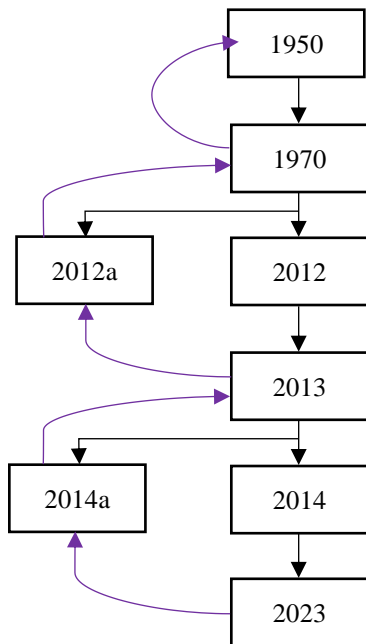
Gambar 3.3 Terbentuk *parallel universe* 2012a dan tim 1 kembali ke tahun 1970

Setelah semua tim berhasil mengumpulkan 6 *infinity stones*, mereka kembali ke tahun 2023. Namun, terjadi peristiwa Thanos pada tahun 2014 diam-diam ikut menyelip ke masa depan. Hal ini menyebabkan terbentuknya *parallel universe* yang diberi nama 2014a dimana Thanos menghilang ke masa depan. Kita dapat menggambarkan kejadian ini dengan diagram di bawah.



Gambar 3.4 Setiap tim kembali ke masa depan

Setelah membunuh Thanos dan mengembalikan jiwa-jiwa yang dibunuh, Steve Rogers (Captain America) harus mengembalikan keenam *infinity stones* ke tempat mereka diambil. Namun di akhir cerita, Steve tidak kembali ke masa depan, melainkan menetap pada tahun 1950 untuk hidup bersama istrinya di masa lalu. Perjalanan Steve dapat dilihat melalui garis-garis berwarna ungu berikut.



Gambar 3.5 Setiap tim kembali ke masa depan

Di akhir film Avengers: Endgame yang mengambil waktu pada tahun 2023, dapat disimpulkan bahwa terbentuk 2 *parallel universe* bernama 2012a dan 2014a yang masing-masing memiliki alur cerita yang berbeda.

IV. KESIMPULAN

Aplikasi teori pohon sebagai salah satu materi dalam mata kuliah Matematika Diskrit sangatlah beragam, salah satunya dalam memberikan pengertian mengenai *parallel universe* yang terjadi dalam film Avengers: Endgame. Selain dalam film, konsep pohon juga membantu para fisikawan yang hingga saat ini masih meneliti kemungkinan keberadaan *parallel universe*, serta bagaimana konsep dan tingkah laku dari *parallel universe* itu sendiri. Semoga di masa yang akan datang, jawaban dari misteri-misteri alam semesta yang masih dicari oleh para fisikawan segera terjawab dan menjadi cara pandang baru kita terhadap alam semesta.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas penyertaan dan bimbingan-Nya sehingga makalah ini dapat ditulis dengan baik. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Bapak Rinaldi Munir selaku Dosen Matematika Diskrit kelas K1 atas ilmu dan kesempatan yang diberikan untuk mempelajari ilmu-ilmu Matematika Diskrit serta menyelesaikan makalah ini. Penulis juga berterima kasih kepada orang tua, keluarga, serta teman-teman yang senantiasa mendoakan dan mendukung saya dalam pembuatan makalah ini sebagai salah satu tanggung jawab penulis sebagai mahasiswa Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung. Semoga makalah ini memberikan manfaat baik secara langsung maupun tidak langsung bagi pembacanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munir, Rinaldi. Pohon (Bag. 1). <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Pohon-2020-Bag1.pdf> diakses pada 3 Desember 2020 pukul 21.00 WIB.
- [2] Redd, Nola Taylor. Einstein's Theory of General Relativity. <https://www.space.com/17661-theory-general-relativity.html> diakses pada 4 Desember 2020 pukul 8.49 WIB.
- [3] Clark, Josh. Do Parallel Universe Really Exist? <https://science.howstuffworks.com/science-vs-myth/everyday-myths/parallel-universe.htm> diakses pada 4 Desember 2020 pukul 9.05 WIB.
- [4] Howell, Elizabeth. Parallel Universes: Theories & Evidence. <https://www.space.com/32728-parallel-universes.html> diakses pada 4 Desember 2020 pukul 11.02 WIB.
- [5] <https://www.imdb.com/title/tt4154796/> diakses pada 4 Desember 2020 pukul 21.34 WIB.
- [6] Chua, Terence. Making sense of the Avengers: Endgame timeline. <http://www.thefifth.world/2019/05/making-sense-of-avengers-endgame.html> diakses pada 4 Desember 2020 pukul 21.34 WIB.

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.

Tangerang, 5 Desember 2020



Ryo Richardo 13519193