

Pemodelan dan Analisis Kolaborasi *Arranger* Musik *Doujin* Alstroemeria Records Berbasis Teori Graf dan Pohon

Eliana Natalie Widjojo - 13524116¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung

E-mail: eliananwidjojo@gmail.com, 13524116@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Fungsi utama dari teori graf adalah melihat berbagai hubungan antar elemen dalam suatu sistem. Salah satu contoh aplikasi teori graf adalah untuk membuat pemodelan hubungan antar berbagai artis, dalam konteks ini, kolaborasi *arranger* musik *doujin* Touhou Project. Makalah ini bertujuan untuk mengkaji dan menganalisis dari sisi matematis dengan pendekatan teori graf. Selain itu, dari aplikasi graf, makalah ini juga akan menggunakan teori pohon untuk meneliti lebih lanjut. Hal ini memberikan panduan praktis mengenai dunia musik *doujin* Touhou Project, baik untuk para penggemar musik hingga orang-orang yang tertarik teori graf.

Keywords—teori graf; teori pohon; aplikasi graf; aplikasi pohon; visualisasi

I. PENDAHULUAN

Doujin (dikenal juga sebagai 同人, *dōjin*) adalah kata istilah Jepang untuk sekelompok orang yang memiliki kegemaran yang sama. Dalam Bahasa Inggris, kata ini dikenal sebagai *fandom*. *Doujin* biasanya memproduksi berbagai macam karya berdasarkan kegemarannya, seperti musik, film animasi, komik, karya tulis, poster, gantungan kunci, hiasan, dan karya seni lainnya. Karya seni *doujin* diterbitkan tanpa bantuan penerbit dan umumnya dibuat berdasarkan karya-karya orisinal dan populer dari Jepang seperti *anime*, *manga*, novel, dan permainan video yang telah dikenal luas oleh publik.

Musik *doujin* adalah musik yang diproduksi *doujin*. Pada umumnya, musik *doujin* merupakan aransemen ulang dari musik permainan video dan film animasi. Musik *doujin* dapat diaransemen menjadi berbagai genre, seperti pop, rock, metal, dan EDM. Banyak produser dan *arranger* musik Jepang terkenal yang memulai karirnya dengan memproduksi musik *doujin*. Produser musik *doujin* dapat memproduksi album musiknya secara solo atau dengan sebuah organisasi. Organisasi tersebut dinamakan *circle*. Sebuah *circle* biasanya terdiri atas, namun tidak terbatas pada produser musik, *arranger*, pemain musik, vokalis, dan penulis lirik. *Circle* tersebut biasanya sering melakukan kolaborasi saat merilis album, baik dengan produser solo maupun dengan *circle* lainnya.

Touhou Project (dikenal juga sebagai 東方Project, 東方プロジェクト, atau Touhou) adalah sebuah permainan video komputer yang terkenal di Jepang. Touhou Project sendiri

terlahir dari budaya *doujin*, diciptakan dan dipublikasi sendiri hanya oleh satu orang (ZUN). Berbeda dengan permainan video lainnya, Touhou Project memiliki peraturan copyright yang cukup santai. Oleh karena itu, terdapat banyak hasil karya *doujin* yang dibuat berdasarkan material dari Touhou. Popularitas Touhou Project mendorong terciptanya sebuah acara annual di Jepang yang bernama Reitasai. Pada acara ini, ribuan penggemar dapat memiliki kesempatan untuk memamerkan dan memperjualbelikan hasil karya *doujin* Touhou mereka.

Alstroemeria Records adalah salah satu *circle* *doujin* Touhou yang memproduksi musik aransemen bergenre EDM. *Circle* ini telah menciptakan berbagai lagu terkenal di komunitas *doujin* Touhou. Pencipta, *arranger*, dan produser musik Alstroemeria Records bernama Masayoshi Minoshima (褒島正佳). Alstroemeria Records telah menerbitkan berbagai macam album musik, baik yang bersifat mandiri (bukan bagian dari suatu seri) maupun yang merupakan bagian dari seri tertentu. Beberapa seri yang cukup dikenal antara lain *Dancehall Series*, *Pop | Culture Series*, *"Podium" Series*, *BEST & REFIX COMPILATION Series*, serta series album khusus peringatan seperti *10th Anniversary Bad Apple!!*. Selain merilis album secara internal, Alstroemeria Records juga pernah melakukan kolaborasi dengan *circle* lain dalam sejumlah proyek musik. Makalah ini akan terfokus pada Alstroemeria Records dan *arranger* yang pernah berkolaborasi dengannya pada album yang berhubungan dengan Touhou Project, diterbitkan secara mandiri, dan bukan merupakan bagian dari seri.

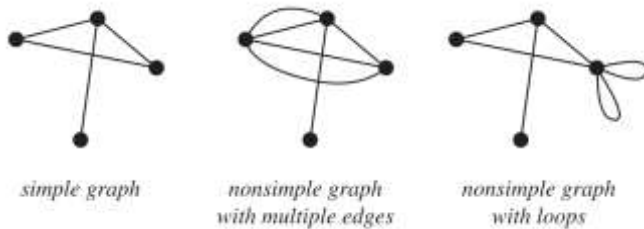
Teori graf adalah cabang dari matematika diskrit. Pada umumnya, graf digunakan untuk menggambarkan objek-objek diskrit dan hubungannya antara objek-objek tersebut. Sementara itu, pohon adalah bagian dari materi graf yang berfungsi sebagai penyelesaian masalah yang melibatkan struktur hirarkis atau hubungan antar elemen. Pendekatan aplikasi graf sederhana dan pohon dapat digunakan untuk melihat hubungan kolaborasi antara *arranger* musik *doujin* touhou dari sisi matematis. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi contoh penggunaan aplikasi graf dan pohon di bidang musik.

II. DASAR TEORI

A. Graf

Graf adalah struktur data yang terdiri dari simpul dan sisi. Simpul (*nodes*, *vortex*) merepresentasikan entitas atau objek dalam suatu system. Sementara itu, sisi (*edges*) merepresentasikan hubungan antara dua simpul. Secara formal, graf didefinisikan sebagai $G(V,E)$. Di dalam konteks ini, V adalah himpunan simpul dan E adalah himpunan sisi. Graf berfungsi untuk memodelkan berbagai jenis hubungan, menganalisis struktur data, mencari pola, dan menemukan solusi masalah.

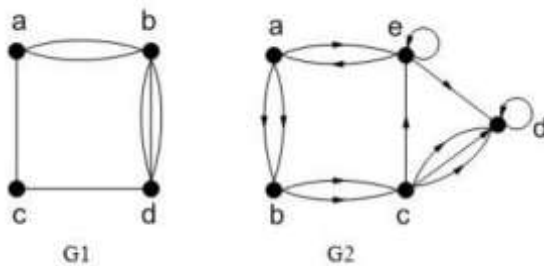
Berdasarkan terdapatnya jumlah gelang atau sisi ganda pada graf, graf terbagi menjadi dua, yaitu graf sederhana (*simple graph*) dan graf tak-sederhana (*nonsimple graph*). Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda. Sebaliknya, graf tak-sederhana adalah graf yang mengandung gelang atau sisi ganda.



Gambar II-1. Visualisasi Graf Sederhana

Sumber: <https://mathworld.wolfram.com/SimpleGraph.html>

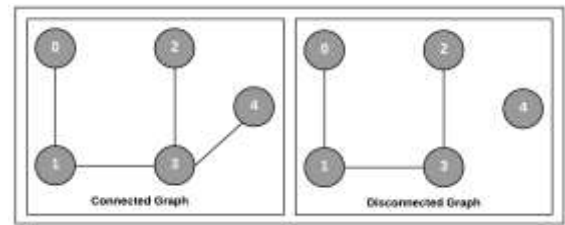
Selain itu, berdasarkan orientasinya, terdapat beberapa jenis graf, yaitu graf tak-berarah (*undirected graph*) dan graf berarah (*directed graph*). Graf tak-berarah adalah graf yang tiap sisinya tidak memiliki arah tertentu. Sementara itu, graf berarah adalah graf yang tiap sisinya memiliki arah.



Gambar II-2. Visualisasi Graf Tak-Berarah (G1) dan Graf Berarah (G2)

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

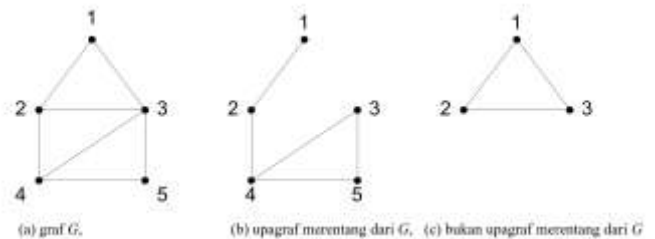
Berdasarkan keterhubungannya, terdapat dua jenis graf, yaitu graf terhubung (*connected graph*) dan graf tak-terhubung (*disconnected graph*). Graf yang dapat disebut sebagai graf terhubung adalah graf yang untuk setiap pasangan simpul terdapat sebuah lintasan antara simpul-simpul tersebut. Graf tak-terhubung adalah kebalikannya, merupakan graf yang memiliki minimal satu pasang simpul yang tidak ada lintasan di antaranya.



Gambar II-3. Visualisasi Graf Terhubung dan Graf Tak-Terhubung

Sumber: <https://tutorialhorizon.com/algorithms/check-if-given-undirected-graph-is-connected-or-not/>

Upagraf (*subgraph*) adalah graf yang tersusun dari sebagian atau seluruh simpul dan sisi graf aslinya. Upagraf merupakan subhimpunan dari graf aslinya. Seluruh simpul dan sisi dari upagraf berasal dari elemen-elemen yang membentuk graf aslinya. Upagraf sendiri dapat dibagi menjadi berbagai jenis. Suatu upagraf dapat dikatakan upagraf merentang (*spanning subgraph*) apabila mengandung seluruh simpul graf aslinya.



Gambar II-4. Visualisasi Upagraf Merentang

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

Graf planar (*planar graph*) adalah graf yang dapat digambarkan tanpa ada sisi-sisi yang saling tumpang-tindih atau bersilangan. Tidak semua graf merupakan graf planar. Graf yang sisinya pasti bersilangan disebut graf tak-planar. Untuk mengetahui apakah graf planar atau tidak, dapat digunakan rumus ketidaksamaan Euler, yaitu

$$e \leq 3n - 6$$

dengan e merupakan jumlah sisi dan n merupakan jumlah simpul. Apabila graf tidak memenuhi ketidaksamaan Euler, maka graf adalah tidak planar. Graf bidang (*plane graph*) adalah graf planar yang digambarkan dengan sisi-sisi yang tidak saling tumpang-tindih.

Derajat (*degree*) adalah jumlah sisi yang bersisian dengan suatu simpul. Dalam konteks ini, bersisian (*incidency*) mengacu pada apakah sebuah sisi terhubung langsung dengan suatu simpul dalam graf. Jika sembarang sisi $e = (v_j, v_k)$, e dapat dikatakan bersisian dengan v_j dan v_k .

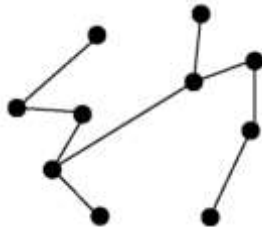
Lemma jabat tangan (*handshaking lemma*) adalah salah satu sifat dari graf. Bunyi lemma jabat tangan adalah jumlah derajat semua simpul pada graf adalah genap dan dua kali dari jumlah sisi pada graf tersebut. Secara matematis, jika graf $G(V,E)$, maka lemma jabat tangan memiliki formula

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

dengan $d(v)$ merupakan derajat dari suatu simpul, v merupakan simpul, dan E merupakan jumlah sisi.

B. Pohon

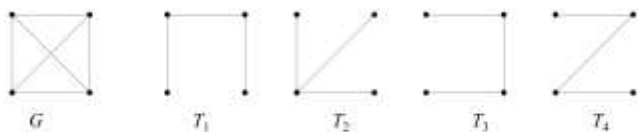
Pohon merupakan graf tak-berarah dengan sifat terhubung dan tidak mengandung sirkuit. Sirkuit adalah lintasan tertutup pada graf yang berakhir pada simpul yang sama. Jumlah sisi pohon dapat dihitung dengan rumus $E = V - 1$, di mana E adalah jumlah sisi yang didapat dan V adalah jumlah simpul pada graf.



Gambar II-5. Visualisasi Pohon

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/23-Pohon-Bag1-2024.pdf>

Pohon merentang adalah upagraf merentang dari suatu graf. Upagraf merentang adalah upagraf yang di dalamnya terdapat semua simpul dari suatu graf. Setiap graf terhubung pasti memiliki minimal satu pohon merentang. Fungsi pohon merentang adalah untuk memutus sirkuit yang terdapat pada graf.



Gambar II-6. Visualisasi Pohon Merentang

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/23-Pohon-Bag1-2024.pdf>

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif, yang bertujuan untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara sistematis dan objektif berdasarkan frekuensi dan pola keterhubungan antar elemen. Data diambil dari touhouwiki, yaitu situs penggemar terpecaya yang memuat dokumentasi dan dibuat secara kolaboratif. Data yang diambil terbatas pada judul album dan *arranger* lagu. Penulis lirik, vokalis, dan ilustrator sengaja tidak disertakan dalam penelitian karena fokus utama makalah ini adalah kolaborasi antar *arranger*.

Data kemudian dikumpulkan secara manual ke file spreadsheet (.xlsx) melalui Microsoft Excel. Setiap entri diperiksa lagu satu per satu untuk memastikan tidak ada kesalahan. Data kemudian dianalisis dengan fitur-fitur pada Microsoft Excel, yaitu *delete duplicate*, *sort*, dan mencari frekuensi data.

Setelah data dikumpulkan ke dalam spreadsheet, perlu dilakukan pembersihan data. Pembersihan data berupa penghapusan entri yang salah, koreksi ejaan yang tidak konsisten, dan penyatuan nama *arranger* yang nama-nama yang merujuk pada individu yang sama. Dalam kasus ini, banyak *arranger* yang memiliki dua nama, yaitu nama dalam Bahasa Jepang dan Bahasa Inggris.

Selanjutnya, graf dibuat berdasarkan tabel di aplikasi desain gratis Canva. Dengan memanfaatkan fitur *shapes* dan *lines*, graf dapat dibuat dengan rapi, menarik, dan mudah terbaca. Fitur *shapes* digunakan untuk merepresentasikan simpul, sementara fitur *lines* digunakan untuk merepresentasikan sisi. Penataan graf dilakukan secara manual agar dapat menghindari penataan yang berantakan.

Melalui fitur *duplicate* pada Canva, contoh graf dan pohon lainnya dapat dibuat dengan mudah. Penggunaan Canva memang sangat fleksibel untuk penataan graf. Dengan pendekatan ini, graf tidak hanya menjadi alat analisis, tetapi juga penyajian data yang komutatif dan efektif.

IV. IMPLEMENTASI DAN HASIL

Dalam proses implementasi pembuatan graf dan pohon untuk analisis kolaborasi, terdapat beberapa langkah sistematis yang perlu dilakukan. Langkah-langkah ini bertujuan agar graf dapat tercipta dengan rapi dan valid. Sangat perlu untuk memahami teori graf dan pohon terlebih dahulu untuk melakukan langkah-langkah ini.

A. Pemrosesan Data

Berikut adalah cuplikan dari tabel yang telah dibuat di spreadsheet. Cuplikan ini hanya memuat 20 baris pertama. Tabel yang asli memiliki 99 baris. Data yang dimuat masih belum terurut berdasarkan abjad dan mengandung banyak nama yang duplikat.

Tabel IV-1. 20 Baris Pertama dari Tabel *Arranger*

Album	Arranger
against, perfect cherry blossom	Masayoshi Minoshima
東方幻楽編曲集第二集 舞 -MAI-	Masayoshi Minoshima
東方幻楽編曲集第三集 禅 -ZEN-	Masayoshi Minoshima
trace phantasmagoria	Masayoshi Minoshima
genealogy shrinemaiden	Masayoshi Minoshima
stem of radiant	Masayoshi Minoshima
stem of radiant	Tsukasa Yatoki
stem of radiant	Atsushi Ohara
stem of radiant	beatMARIO
stem of radiant	Tsukasa Yatoki
stem of radiant	愛新覺羅溥儀
stem of radiant	男氣SOUND'S
A. aurantiaca	Masayoshi Minoshima
Lily of the Incas	男氣SOUND'S
Lily of the Incas	Masayoshi Minoshima
NITE VERSIONS	Masayoshi Minoshima
BLUE NOTE	Masayoshi Minoshima
STRINGS OF LIFE	Masayoshi Minoshima
LAST MOMENT TO REMEMBER	Masayoshi Minoshima
The Garnet Star	Masayoshi Minoshima

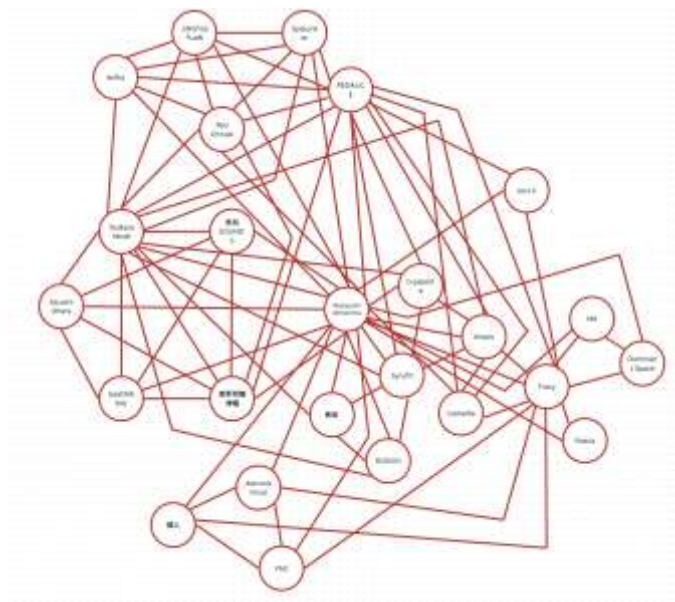
Tabel kemudian dianalisis agar dapat menemukan simpul dengan jelas. Berikut adalah tabel yang sudah dirapikan (tidak ada duplikat dan terurut berdasarkan urutan abjad).

Tabel IV-2. Tabel *Arranger* yang Sudah Dirapikan

Arranger (Tanpa Duplikat)
Masayoshi Minoshima
Astronomical
Atsushi Ohara
beatMARIO
Camellia
Dominant Space
estha
FN2
JING*da*LaW
kors k
MK
Nasca
Nhato
REDALICE
ROSIVO
Ryo Ohnuki
Spelunker
Syrufit
t+pazolite
Tracy
Tsukasa Yatoki
愛新覺羅溥儀
男氣SOUND'S
隣人
黒鳥

B. Pembuatan Graf

Pembuatan graf dimulai dengan menentukan simpul-simpul yang merepresentasikan masing-masing *arranger* musik. Sementara sisi merepresentasikan apakah kedua *arranger* pernah bekerja sama dalam produksi album yang sama. Dengan kata lain, adanya sisi menunjukkan bahwa pernah terjadi kolaborasi antar *arranger*.

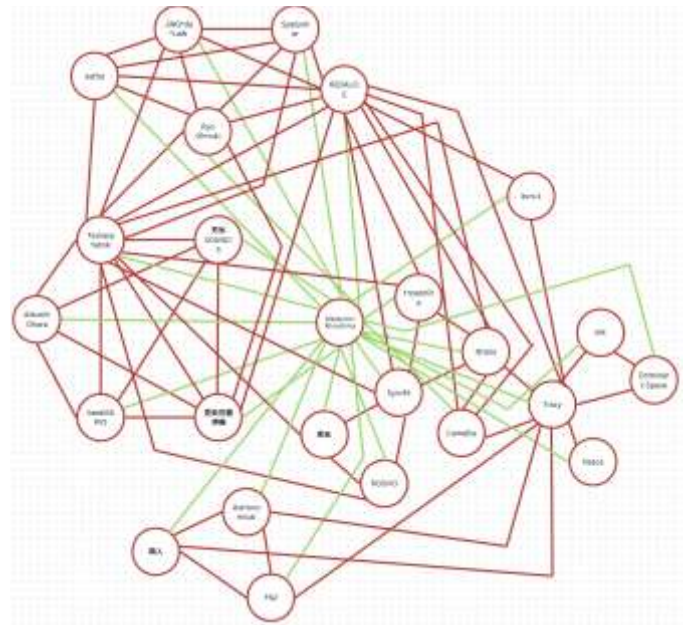


Gambar IV-1. Graf Kolaborasi *Arranger* pada Album Alstroemeria Records

C. Pembuatan Pohon

Dalam analisis graf kolaborasi *arranger* musik, visualisasi graf tampak kompleks dan sulit dibaca karena banyaknya simpul dan sisi yang terhubung. Graf ini bersifat terlalu padat, jadi sangat sulit untuk menelusuri keterkaitan dari satu individu secara spesifik. Oleh karena itu, perlu pendekatan yang lebih spesifik apabila hanya ingin melihat keterkaitan dari satu individu saja. Graf ini akan dikenal sebagai pohon karena tidak mungkin mengandung sirkuit.

Cara pertama untuk membuat pohon untuk melihat keterkaitan dari satu individu adalah memilih nama individu sebagai simpul utama. Contohnya, apabila ingin melihat siapa saja yang pernah kolaborasi dengan Masayoshi Minoshima, maka ialah yang menjadi simpul utama. Sisi-sisi yang terhubung dengan Masayoshi Minoshima akan ditandai agar tidak terhapus. Berikut adalah graf yang dihasilkan.



Gambar IV-2. Penandaan Sisi yang Terhubung dengan Simpul Utama

Tentunya, graf masih sulit dibaca. Oleh karena itu, untuk mengubahnya menjadi pohon, sisi-sisi yang tidak terhubung dengan simpul utama akan dihapus. Berikut adalah pohon yang dihasilkan.

Untuk mengetahui apakah graf memenuhi lemma jabat tangan, perlu diketahui total derajat setiap simpul. Selain itu, fungsi mengetahui derajat adalah dapat menganalisis graf lebih lanjut. Setiap derajat menunjukkan berapa banyak *arranger* lain yang pernah berkolaborasi dengan *arranger* tersebut. Graf yang dibuat juga dapat diperiksa kembali apakah sudah dibuat dengan benar atau belum. Total derajat graf selalu genap. Apabila totalnya ganjil, maka ada kesalahan pada pembuatan graf. Berikut adalah tabel untuk menghitung derajat setiap simpul.

Tabel V-1. Total Derajat Graf Kolaborasi *Arranger*

Simpul	Derajat
Masayoshi Minoshima	24
Astronomical	4
Atsushi Ohara	5
beatMARIO	5
Camellia	5
Dominant Space	3
estha	6
FN2	4
JiNG*da*LaW	6
kors k	3
MK	3
Nasca	2
Nhato	7
REDALICE	14
ROSIVO	4
Ryo Ohnuki	7
Spelunker	6
Syrufit	7
t+pazolite	5
Tracy	11
Tsukasa Yatoki	15
愛新覺羅溥儀	7
男氣SOUND'S	5
隣人	4
黒鳥	4
Total Derajat	166

Dari tabel tersebut, diketahui bahwa total derajat graf adalah 166 derajat. Maka, graf sudah dibuat dengan benar dan memenuhi sifat graf karena 166 merupakan bilangan genap. Selain itu, kita dapat mengetahui berapa banyak *arranger* lain yang pernah berkolaborasi dengan *arranger* tertentu. *Arranger* yang memiliki jumlah kolaborasi tersedikit adalah Nasca, yaitu hanya dengan 2 orang. Sementara itu, *arranger* yang memiliki jumlah kolaborasi terbanyak adalah Masayoshi Minoshima. Dapat diambil kesimpulan bahwa Masayoshi Minoshima telah berkolaborasi dengan setiap orang di dalam graf karena memiliki 24 derajat, jumlah derajat maksimal yang dapat dicapai di graf ini.

Untuk mengetahui apakah lemma jabat tangan dipenuhi, dapat dihitung dengan rumus

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

Diketahui total derajat semua simpul adalah 166 dan jumlah sisi adalah 83, sehingga

$$166 = 2 (83)$$

$$166 = 166$$

Maka, lemma jabat tangan terpenuhi, yang berarti graf sudah digambarkan dengan benar karena memenuhi sifat graf.

B. Analisis Pohon

Pohon korelasi Masayoshi Minoshima pada gambar IV-4 dan pohon korelasi Nhato pada gambar IV-5 sudah berhasil dibuat dengan benar karena memenuhi syarat-syarat pohon. Pohon-pohon yang dibuat merupakan graf tak-berarah, terhubung, dan tidak mengandung sirkuit.

Terdapat perbedaan yang jelas antara pohon korelasi Masayoshi Minoshima dan pohon korelasi Nhato. Pohon korelasi Masayoshi Minoshima merupakan pohon merentang karena mengandung setiap simpul di graf aslinya. Sementara itu, pohon korelasi Nhato bukan merupakan pohon merentang karena hanya memiliki 8 dari 25 simpul aslinya.

Terdapat sifat pohon yaitu $E = V - 1$ dengan E merupakan jumlah sisi dan V merupakan jumlah simpul. Berikut adalah pembuktian sifat tersebut dengan menggunakan pohon korelasi Masayoshi Minoshima yang sisinya berjumlah 24 dan simpulnya berjumlah 25

$$E = V - 1$$

$$24 = 25 - 1$$

$$24 = 24$$

Kemudian, berikut adalah pembuktian sifat dengan menggunakan pohon korelasi Nhato yang jumlah sisinya adalah 7 dan jumlah simpulnya adalah 8

$$E = V - 1$$

$$7 = 8 - 1$$

$$7 = 7$$

Maka, sifat tersebut benar dan pohon sudah digambarkan dengan baik.

VI. KESIMPULAN

Graf kolaborasi *arranger* pada album Alstroemeria Records sudah dibuat dengan baik karena sudah memenuhi sifat-sifat graf. Graf yang dibuat merupakan graf sederhana, tak-berarah, dan terhubung. Dengan melihat visualisasi graf tersebut, pembaca dapat mengetahui siapa saja yang pernah berkolaborasi dengan siapa di album yang sama.

Pohon korelasi Masayoshi Minoshima dan pohon korelasi Nhato juga sudah dibuat dengan baik karena memenuhi sifat-sifat pohon. Perbedaanannya adalah pohon korelasi Masayoshi Minoshima merupakan pohon merentang, sementara pohon korelasi Nhato bukan pohon merentang.

VII. SARAN

Saran untuk peneliti selanjutnya adalah untuk membuat algoritma pemrosesan data sehingga data dapat diproses dan dibersihkan dengan mudah, otomatis, dan efisien. Selain itu, visualisasi graf dapat ditingkatkan agar lebih terstruktur, rapi, mudah dibaca, dan optimal.

VIII.LAMPIRAN

Video Penjelasan: <https://youtu.be/sowIIEKgX5Q>

IX. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama, penulis ingin memanjatkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkatnya yang memungkinkan makalah ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen mata kuliah IF 1220 Matematika Diskrit yang telah membimbing penulis selama semeseter dua. Terima kasih terhadap pihak-pihak lainnya yang sudah menolong penulis tapi tidak dapat disebutkan satu per satu.

REFERENSI

- [1] "Alstroemeria Records," *Touhou Wiki*, 2022. https://en.touhouwiki.net/wiki/Alstroemeria_Records (accessed Jun. 18, 2025).
- [2] R. Munir, "IF1220 Matematika Diskrit - Semester II Tahun 2024/2025," *Informatika*, 2024. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025-2/matdis24-25-2.htm> (accessed Jun. 18, 2025).

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, 1 Juni 2025



Eliana Natalie Widjojo - 13524116