

Aplikasi Kombinatorial dan Graf

Pada Teori Musik

Muhammad Sulthan Adhipradhana, 13516035
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13516035@std.stei.itb.ac.id

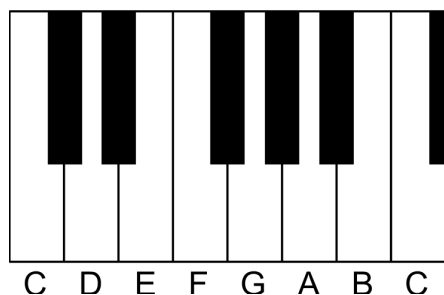
Abstract—Perkembangan musik tidak hanya menyangkut bagaimana cara memainkan alat musik atau membuat suara indah, tetapi musik dalam perkembangannya juga berkaitan dengan matematika. Teori Musik (*Music Theory*) adalah cabang dari ilmu musik yang berkaitan dengan matematika. Teori Musik membahas masalah seperti bagaimanakah cara mengombinasikan not untuk menciptakan suatu suara yang berbeda. Kombinatorial serta graf digunakan untuk menentukan banyaknya cara menyusun chord dalam satu oktaf.

Keywords—Teori musik, kombinatorial, graf, cara menyusun chord

I. PENDAHULUAN

Seni merupakan cabang dari ilmu pengetahuan tentang keindahan yang muncul dalam beberapa ragam yang berbeda. Salah satu ragam umum yang sering muncul adalah musik. Musik adalah salah satu cabang dari seni yang membahas selak-beluk dari suara. Musik mempelajari tentang frekuensi—dasar dari melodi—, ritme—dasar dari tempo—, dan dinamika—kelembutan dan kekerasan suara—. Selain musik merupakan cabang dari suatu seni, terkadang ilmu-ilmu dari musik beririsan dengan cabang ilmu yang lain, baik berhubungan dengan seni, ataupun berhubungan dengan cabang ilmu eksak seperti fisika dan matematika.

Sejak jaman dulu, matematika dan musik memang sudah berhubungan dan tidak dapat dipisahkan. Beberapa masalah terkait dengan musik terkadang mempunyai dasar teori di matematika. Teori Musik (*Music Theory*) adalah salah satu dari cabang ilmu musik yang mempunyai keterkaitan dengan matematika. Salah satu dari cabang ilmu matematika yang terkait dengan Teori Musik ini adalah kombinatorial. Beberapa dari masalah yang menyangkut dari teori musik ini berkaitan dengan kemungkinan pola-pola musik yang dapat dibuat. Pola-pola ini dapat berupa tangga nada (*scale*) dan chord —



Gambar 1 Oktaf

kombinasi dari beberapa not—. Chord dipelajari karena kombinasi dari beberapa not dapat membuat suara yang berbeda. Oleh karena itu, kombinatorial digunakan untuk mempelajari pola-pola yang dapat dibuat.

Kombinatorial adalah cabang dari matematika yang berkaitan dengan penyusunan objek. Aplikasi dari kombinatorial pada Teori Musik ini adalah untuk menentukan seluruh kemungkinan chord yang dapat dibuat. Dengan kombinatorial, kita tidak perlu untuk mengenumerasi seluruh kemungkinan chord yang ada, melainkan kita dapat menghitungnya.

Graf adalah Struktur diskrit pada matematika yang terdiri dari simpul-simpul serta sisi yang menghubungkan antara 2 simpul yang digunakan untuk memodelkan relasi antar objek. Dengan graf, kita dapat menentukan klasifikasi pola tiap chord.

Pada tulisan ini, ruang lingkup yang akan dibahas adalah berapakah kemungkinan untuk membentuk chord musik dari satu oktaf yang terdiri dari 12 not.

II. DASAR TEORI

A. Kombinatorial

Kombinatorial adalah bagian dari matematika yang mempelajari bagaimana cara menyusun objek-objek. Tujuan dari penyusunan objek ini adalah agar kita mendapatkan jumlah cara menyusun objek-objek. Cara termudah untuk menentukan seluruh jenis susunan objek adalah dengan mengenumerasi semua kemungkinan susunan objek. Pada persoalan ini, kombinatorial digunakan agar kita tidak perlu untuk mengenumerasi seluruh kemungkinan jawaban. Terdapat beberapa kaidah dasar menghitung dari kombinatorial yaitu,

1. Kaidah perkalian

Kaidah perkalian digunakan untuk menghitung kemungkinan percobaan 1 dan percobaan 2. Pada kaidah perkalian, kedua kejadian terjadi bersama-sama. Untuk menghitung jumlah kejadian 1 dan 2 maka akan terdapat sebanyak $P_1 \times P_2$ cara. Jika terdapat lebih dari 2 kejadian dan terdapat n kejadian maka untuk menghitung seluruh kejadian tersebut adalah :

$$P_1 \times P_2 \times P_3 \times \dots \times P_n$$

2. Kaidah penjumlahan

Kaidah penjumlahan digunakan untuk menghitung kemungkinan 1 atau kemungkinan 2. Pada kaidah

penjumlahan, kedua kejadian tidak terjadi secara bersamaan. Untuk menghitung jumlah kejadian adalah $P1 + P2$ cara. Jika terdapat lebih dari 2 kejadian, maka untuk menghitung seluruh kejadian tersebut :

$$P1 + P2 + P3 + \dots + Pn$$

Kata kunci dari kaidah dasar menghitung adalah “dan” dan “atau”. Ketika suatu permasalahan memuat kata “dan”, maka permasalahan itu dapat diselesaikan dengan kaidah perkalian. Jika permasalahan itu memuat kata “atau”, maka permasalahan itu dapat diselesaikan dengan kaidah penjumlahan.

Selain, kaidah dasar menghitung pada kombinatorial, terdapat juga beberapa kaidah dasar dari kombinatorial yang dapat mempermudah perhitungan, yaitu

1. Prinsip Inklusi-Eksklusi

Prinsip Inklusi-Eksklusi adalah salah satu konsep dari teori Himpunan yang digunakan pada kombinatorial. Prinsip Inklusi-Eksklusi digunakan untuk menghitung jumlah elemen pada gabungan 2 himpunan. Gabungan dari 2 Himpunan memiliki beberapa elemen yang sama. Untuk menentukan jumlah gabungan dari 2 elemen, maka dinyatakan dalam ekspresi matematika

$$|A \cup B| = |A| + |B| - |A \cap B|$$

2. Permutasi

Permutasi merupakan bentuk khusus dari aturan perkalian. Permutasi adalah penyusunan sekumpulan objek tanpa mengalami pengulangan. Pada permutasi, urutan merupakan hal penting karena objek yang sama jika disusun berbeda akan mengakibatkan perbedaan pola. Permutasi r dari n adalah banyaknya kemungkinan urutan r buah elemen dari banyaknya n buah elemen. Permutasi dapat dirumuskan sebagai,

$$P(n, r) = \frac{n!}{(n - r)!}$$

3. Kombinasi

Kombinasi merupakan bentuk khusus dari aturan perkalian. Kombinasi adalah penyusunan sekumpulan objek tanpa mengalami pengulangan. Perbedaan permutasi dan kombinasi adalah kombinasi tidak memperhatikan urutan, sehingga objek dengan urutan yang berbeda dihitung sama. Kombinasi r dari n adalah banyaknya kemungkinan urutan r buah elemen dari banyaknya n buah elemen. Kombinasi dapat dirumuskan sebagai,

$$C(n, r) = \frac{n!}{r!(n - r)!}$$

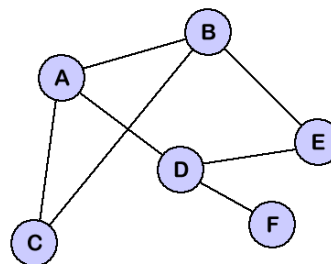
4. Negasi / Komplemen

Negasi adalah salah satu konsep teori Himpunan yang mempunyai keterkaitan dengan kombinatorial. Komplemen digunakan dalam kombinatorial untuk menghitung elemen yang tidak termasuk dalam suatu kondisi.

B. Graf

Graf adalah struktur diskrit yang mempunyai komponen himpunan simpul dan himpunan sisi yang menghubungkan antar sisi. Graf digunakan untuk memodelkan relasi antar objek. Simpul pada graf dinyatakan dengan huruf atau bilangan

asli. Sisi pada graf dinyatakan dalam pasangan antar simpul. Ada beberapa terminologi dasar pada graf yaitu,



Gambar 2 Graf Tak Berarah

1. Bertetangga (*Adjacent*)

Dua simpul dapat dikatakan bertetangga jika terdapat hubungan langsung antar kedua simpul yaitu terhubung dengan suatu sisi. Pada graf berarah, dua buah simpul dikatakan bertetangga jika dihubungkan dengan busur.

2. Bersisian (*Incident*)

Sebuah simpul bersisian dengan simpul u dan simpul v jika terdapat sisi $e = (u,v)$ yaitu sisi yang menghubungkan antar simpul u dan simpul v .

3. Simpul Terpencil

Simpul terpencil adalah suatu simpul yang mempunyai derajat 0 atau tidak ada sisi yang menghubungkan simpul tersebut dengan simpul lainnya.

4. Graf Kosong

Graf kosong adalah Graf yang Himpunan sisinya kosong. Graf ini dilambangkan dengan N_n , dimana n merupakan jumlah simpul.

5. Derajat

Pada Graf tak berarah, derajat dari suatu simpul adalah banyaknya sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Pada graf berarah, derajat adalah jumlah dari simpul yang masuk dan simpul yang keluar.

6. Lintasan

Lintasan adalah suatu barisan selang-seling dari simpul-simpul dan sisi-sisi yang menghubungkan antara suatu simpul dan simpul lainnya.

7. Sirkuit

Sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.

8. Terhubung

Dua buah simpul dikatakan terhubung jika terdapat lintasan yang menghubungkan kedua simpul tersebut. Jika setiap pasang simpul dalam graf tersebut terhubung, maka graf tersebut dikatakan graf terhubung.

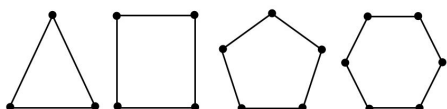
Dalam graf, terdapat beberapa graf khusus yang dijumpai pada beberapa aplikasi yaitu,

1. Graf Lengkap

Jika sebuah graf mempunyai n simpul, maka graf lengkap adalah suatu Graf yang setiap simpulnya mempunyai derajat $n-1$. Berarti setiap simpul pada graf tersebut bertangga secara langsung dengan simpul lainnya dalam graf tersebut.

2. Graf Lingkaran

Graf Lingkaran adalah Graf yang setiap simpulnya berderajat 2. Graf lingkaran dengan n simpul dilambangkan dengan C_n . Pada graf lingkaran, terdapat sisi yang menghubungkan simpul pertama dengan simpul terakhir.



Gambar 3 Graf Lingkaran

3. Graf Teratur

Graf teratur adalah Graf yang setiap simpulnya mempunyai derajat yang sama. Graf lingkaran dan graf lengkap juga termasuk contoh dari graf teratur.

C. Teori Musik

Teori Musik adalah cabang dari ilmu musik yang membahas mengenai komponen-komponen yang membentuk musik. Secara praktis, teori musik membahas metode dan konsep yang digunakan oleh komposer dan musisi dalam mengubah musik serta menganalisis musik. Komponen-komponen pada teori musik inilah yang digunakan sebagai metode dan konsep pembuatan musik. Komponen-komponen yang terdapat pada teori musik sebagai yaitu,

1. Tinggi Nada

Tinggi nada adalah ukuran dari tinggi atau rendahnya suatu nada. Tinggi nada terkait dengan frekuensi suatu suara. Dalam teori musik, dibahas bagaimana tinggi nada dapat direpresentasikan dalam suatu tulisan atau notasi.

2. Tangga Nada

Tangga nada adalah urutan nada yang disusun berjenjang, biasanya dari nada rendah hingga tinggi. Satu tangga nada biasanya membuat 1 oktaf. Oktaf adalah interval dari suatu not hingga not lainnya yang mempunyai frekuensi dua kali not pertama. 1 Oktaf terdiri dari 12 not berbeda.

3. Ritme

Ritme secara bahasa berarti kegiatan yang dilakukan secara berulang. Dalam musik, ritme adalah pola suara musik yang dilakukan secara berulang. Ritme mengukur berapa lama sebuah not dimainkan atau didiamkan. Satuan ukur dari suatu ritme adalah *beat*. Pada notasi balok, bar mengukur berapa *beat* suatu not dijalankan.

4. Melodi

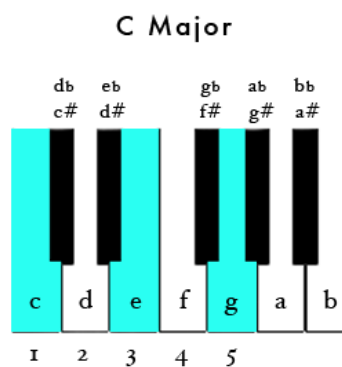
Melodi adalah serangkaian not yang dijalankan secara tidak simultan. Sebuah melodi dijalankan secara sendiri tanpa menggunakan akord. Melodi bukan merupakan kombinasi dari beberapa not. Melodi juga merupakan not yang disusun secara horizontal.

5. Akord

Akord adalah tiga atau lebih not yang dijalankan secara simultan. Gabungan dari beberapa not akan menghasilkan suara yang berbeda dan unik. Akord diklasifikasi ke berbagai macam jenis berdasarkan interval tiap nada atau jumlah not yang sedang dimainkan dalam satu waktu. Dalam praktiknya, ada beberapa akord yang sering ditemukan yaitu,

a. Akord Mayor

Akord dengan interval tiap nada $1\ 1/2 - 1$. Berjumlah 12 buah.



Gambar 4 Akord Mayor C

b. Akord Minor

Akord dengan interval tiap nada $1 - 1\ 1/2$. Berjumlah 12 buah.

c. Akord Teraugmentasi

Akord dengan interval tiap nada $1\ 1/2 - 2$. Berjumlah 12 buah.

d. Akord Diminis

Akord dengan interval tiap nada $1 - 1$. Berjumlah 12 buah.

e. Akord Major 7

Akord dengan interval tiap nada $1\ 1/2 - 1 - 1/2$. Berjumlah 12 buah.

f. Akord Minor 7

Akord dengan interval tiap nada $1 - 1\ 1/2 - 1$. Berjumlah 12 buah.

g. Akord 7th

Akord dengan interval tiap nada $1 - 1 - 1$. Berjumlah 12 buah

h. Akord Minor 7b5

Akord dengan interval tiap nada $1\ 1/2 - 1/2 - 1\ 1/2$. Berjumlah 12 buah.

- i. Akord Sus4
Akord dengan interval tiap nada 2 - 1/2. Berjumlah 12 buah.
- j. Akord Sus2
Akord dengan interval tiap nada 1/2 - 2. Berjumlah 12 buah.
- k. Akord 6th
Akord dengan interval tiap nada 1 1/2 - 1 - 1/2. Berjumlah 12 buah.
- l. Akord 6/9
Akord dengan interval tiap nada 1/2 - 1/2 - 1 - 1/2. Berjumlah 12 buah.
- m. Akord 9th
Akord dengan interval tiap nada 1 1/2 - 1 - 1 - 1 1/2. Berjumlah 12 buah.
- n. Akord Add9
Akord dengan interval tiap nada 1 1/2 - 1 - 3. Berjumlah 12 buah.
- o. Akord 11th
Akord dengan interval tiap nada 1 - 1 - 1/2 - 1 1/2 - 1. Berjumlah 12 buah.
- p. Akord Maj7#11
Akord dengan interval tiap nada 1 - 1/2 - 1/2 - 1. Berjumlah 12 buah.
- q. Akord 7th#9
Akord dengan interval tiap nada 1/2 - 1/2 - 1 - 1. Berjumlah 12 buah.
- r. Akord 13th
Akord dengan interval tiap nada 1 1/2 - 1 - 1 1/2 - 1 - 1 - 1/2. Berjumlah 12 buah.

III. PENYUSUNAN AKORD MUSIK

A. Analisis Masalah

Dalam teori musik, masalah umum yang sering muncul adalah pola-pola pembentukan komponen musik, baik itu pola tangga nada, pola akord, dan pola lainnya. Pola akord merupakan suatu hal yang menarik karena musisi terkadang memikirkan berapa kombinasi suara yang bisa dihasilkan dalam membuat musik. Kombinasi suara ini tentu akan menghasilkan suara yang unik dan berbeda. Berbeda dengan menghitung berapa kemungkinan lagu yang dapat dibuat, karena pembuatan lagu lebih bersifat subjektif dan tergantung oleh berapa akord yang dapat dipakai dan berapa panjang lagu yang akan dihitung. Perhitungan ini lebih mementingkan beberapa akord yang dapat dibuat dengan mengkombinasikan dua belas not dalam 1 oktaf. Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan berapa kombinasi akord yang dapat dibuat selain dengan kombinasi yang sudah umum dipakai yang sudah tertulis pada bagian teori dasar.

Menurut pengertian akord, akord adalah kombinasi suara atau nada yang dibentuk dengan menggunakan 3 not atau lebih

yang dimainkan secara bersamaan sehingga menghasilkan suara yang unik. Kombinasi suara yang terdiri dari 2 atau 1 tidak termasuk dalam perhitungan karena tidak membentuk akord. Untuk menghitung kemungkinan suara, maka alat yang tepay digunakan adalah dengan menggunakan kombinasi. Kombinasi dipakai dalam perhitungan ini karena kombinasi dapat menghitung susunan objek-objek yang pada kasus ini merupakan not-not tanpa mementingkan urutan. Urutan disini tidak diperhatikan karena kombinasi suara yang dihasilkan sama jika not yang sama dimainkan.

Perhitungan kombinasi akan menghasilkan jumlah total suara yang dapat dibuat dengan menggunakan kombinasi 12 not ini. Suara yang dihasilkan memungkinkan akan terdengar sumbang, tetapi karena ini merupakan bagian dari perhitungan yang hanya menghasilkan jumlah angka, bukan pertimbangan, maka suara sumbang juga termasuk bagian dari perhitungan. Selain itu, perhitungan ini hanya menentukan jumlah angka dari kombinasi not, perhitungan ini tidak akan menghasilkan jumlah klasifikasi akord. Seperti telah disebutkan pada teori pengantar, klasifikasi akord didasarkan pada interval tiap nada.

Setelah perhitungan kombinasi, dengan menggunakan kaidah dasar kombinatorial, yaitu kaidah penjumlahan, akan dihasilkan seluruh kemungkinan yang mungkin. Kaidah yang digunakan adalah kaidah penjumlahan atas dasar suara yang dihasilkan tidak secara simultan. Setelah melakukan kaidah penjumlahan, akan diterapkan dasar dari teori himpunan yaitu komplemen. Komplemen digunakan untuk menghitung jumlah kemungkinan akord yang tidak termasuk akord yang sering dipakai, yaitu yang telah disebutkan di teori pengantar.

B. Penggunaan Kombinasi

Dengan menggunakan teori kombinasi, perhitungan terhadap jumlah akord dapat dihitung. Perhitungan kombinasi ini tidak mementingkan urutan karena suara yang dihasilkan akan sama tanpa peduli urutan not yang dibunyikan. Dari teori pengantar didapatkan rumus kombinasi adalah,

$$C(n, r) = \frac{n!}{r!(n-r)!}$$

Dengan menerapkan n sebagai jumlah not pada satu oktaf yaitu 12, dan juga menetapkan r sebagai jumlah not yang dibunyikan, akan didapatkan perhitungan sebagai berikut,

No	Banyak Not	Jumlah Kemungkinan
1	3	220
2	4	495
3	5	792
4	6	924
5	7	792
6	8	495
7	9	220
8	10	66

No	Banyak Not	Jumlah Kemungkinan
9	11	12
10	12	1

Tabel 1 Kemungkinan Akord

Dengan menggunakan kaidah dasar kombinatorial yaitu penjumlahan, akan didapatkan total seluruh kemungkinan yang dapat dibentuk dalam pembentukan akord. Dengan menjumlahkan seluruh baris pada kolom Jumlah Kemungkinan, didapatkan hasil sejumlah 4017 buah. Total akord ini masih mengandung akord-akord umum yang telah disebutkan di atas.

C. Perhitungan Komplemen

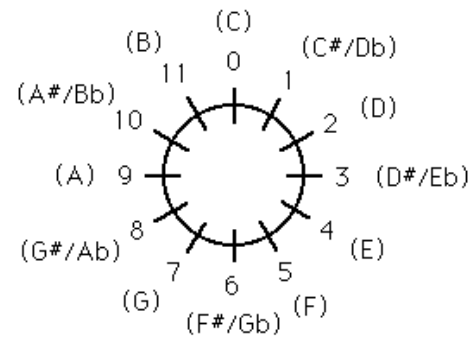
Setelah melakukan perhitungan kombinasi, didapatkan total perhitungan yang berjumlah 4017 buah. Perhitungan ini mengandung seluruh kemungkinan yang ada, untuk menghitung akord-akord selain akord umum, digunakan teori komplemen. Dari perhitungan akord-akord umum, didapatkan nilai sejumlah 216 buah. Dengan mengurangkan 216 buah akord dari 4017 buah didapatkan 3801. Hal ini menandakan bahwa masih banyak kemungkinan akord yang mungkin belum diketahui dibandingkan akord yang telah diketahui.

IV. REPRESENTASI GRAF PADA AKORD

A. Representasi Graf

Selain permasalahan pada teori musik mengenai kombinasi atau jumlah yang dapat dibuat, terdapat permasalahan baru, berapakah klasifikasi akord yang dapat dibuat. Tentu kita sudah mengenal akord umum yang sudah dibuat seperti akord mayor, akord minor, dan akord lainnya yang telah disebutkan. Perhitungan dengan menggunakan kombinasi hanya akan menghasilkan jumlah angka tanpa memberikan bagaimana akord itu dibentuk. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, klasifikasi akord didasarkan oleh pola-pola atau interval antara not yang dibunyikan. Untuk itu, cara satu-satunya untuk menentukan pola-pola yang mungkin hanyalah enumerasi. Akan tetapi, enumerasi dengan menggambarkan tuts piano mempunyai permasalahan. Pada tuts piano, pola digambarkan secara horizontal dan mempunyai kelemahan yaitu susah menentukan apakah suatu pola sama atau berbeda dengan pola yang lainnya. Oleh karena itu, digunakan metode yang lebih mudah dalam menentukan pola tersebut, yaitu dengan menggunakan graf lingkaran. Graf lingkaran adalah graf khusus dengan ciri derajat tiap simpul adalah dua. Graf di bawah ini mempunyai 12 simpul yang merepresentasikan jumlah not pada satu oktaf. Simpul 0 merepresentasikan not C, simpul 1 merepresentasikan not C# hingga simpul 11 yang merepresentasikan not B. Untuk menentukan not apa yang sedang dibunyikan, graf lingkaran akan diwarnakan hitam, sedangkan warna putih menandakan graf tidak sedang dibunyikan. Graf lingkaran ini mempunyai representasi keuntungan dibandingkan menggunakan tuts piano, dengan menggunakan graf lingkaran, ketika kita akan membandingkan apakah kedua pola atau beda, kita cukup melakukan rotasi dengan memutar graf. Jika pola yang dihasilkan sama, maka

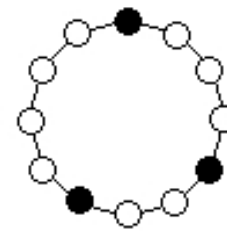
akan dihasilkan kesimpulan bahwa kedua pola tersebut adalah sama dan tergolong pada klasifikasi akord yang sama.



Gambar 5 Representasi Graf Lingkaran

B. Klasifikasi Pola Akord

Dengan menggunakan Graf yang terdapat pada gambar 5, kita dapat mengklasifikasikan akord yang diinginkan. Akord yang mempunyai klasifikasi yang sama akan menghasilkan struktur graf yang sama jika dilakukan rotasi. Oleh karena itu, representasi graf untuk menentukan pola akord merupakan langkah yang tepat karena penentuan akord sama ataupun beda menjadi lebih mudah.



Gambar 6 Pola Akord Mayor C

Pada gambar 6, Graf tersebut menyatakan pola akord mayor C. Jika terdapat akord lainnya yang jika dilakukan rotasi akan menghasilkan pola akord di atas, maka dapat disimpulkan graf tersebut merupakan bagian dari akord mayor.

V. KESIMPULAN

Penggunaan kombinatorial dan graf pada teori musik bermanfaat dalam menentukan pembentukan akord. Kombinatorial dapat memprediksi seluruh solusi yang mungkin dari pembentukan akord. Dengan kaidah penjumlahan, seluruh kemungkinan akord dapat dihitung dan didapatkan jumlah akord yang tidak umum dimainkan berjumlah 3801 buah. Penggunaan Graf juga membantu dalam permodelan klasifikasi akord. Graf membantu menentukan pola-pola akord yang sama. Struktur graf yang berupa lingkaran memberikan keuntungan untuk menentukan pola yang sama dengan melakukan rotasi.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama, saya mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmatnya saya dapat menyelesaikan makalah matematika diskrit. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya, atas dukungannya saya dapat menempun pendidikan hingga saat ini. Tak lepas juga, saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, MT. , Ibu Dra. Harlili S., M.Sc. , dan Bapak Dr. Judhi Santoso, M.Sc. atas dukungannya dan peran sebagai yang berperan sebagai dosen pengajar IF 2120 Matematika Diskrit atas peerannya dalam menyampaikan ilmu matematika diskrit. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada rekan saya atas dukungan dan ide dalam pembuatan makalah matematika diskrit ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munir, Rinaldi. 2006. *Diktat Kuliah IF2120 Matematika Diskrit* (Edisi Keempat). Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [2] Rosen, Kenneth H. 2012. *Discrete Mathematics and Its Applications*. New York : McGrawHill.
- [3] Duncan, Andrew. 1991. *Journal of the Audio Engineering Society*. Los Angeles : AES.
- [4] <http://www.oscarvandillen.com/> diakses tanggal 1 Desember 2017, pukul 14.00.
- [5] http://andrewduncan.net/cmt/fig_07.gif diakses tanggal 1 Desember 2017, pukul 15.00.
- [6] <https://thatsmaths.files.wordpress.com/2014/08/piano-keyboard-1octave.png> diakses 1 Desember 2017, pukul 10.00.
- [7] <http://www.eitnotes.com/category/computer-science/data-structure/> diakses 1 Desember 2017 , pukul 18.00.
- [8] <http://trikgames.com/wp-content/uploads/2016/11/qpl30.jpg> diakses 1 Desember 2017, pukul 14.30.
- [9] <https://www.quora.com/How-many-chords-are-there-on-a-guitar-and-how-many-should-I-know-to-be-a-good-guitarist> diakses tanggal 3 Desember 2017, pukul 8.00.

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, 3 Desember 2017
Muhammad Sulthan Adhipradhana, 13516035