

# Aplikasi Graf dalam Penentuan Posisi Jari yang Mudah untuk Memainkan Melodi dengan Gitar

Taufik Hidayat (13511078)  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
13511078@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak**—Gitar merupakan alat musik yang populer dan dimainkan oleh banyak orang di dunia. Gitar bisa dimainkan sebagai pengiring dari sebuah lagu maupun sebagai instrumen solo. Sebagai instrumen solo, gitar memiliki banyak sekali variasi nada yang bisa dimainkan sehingga dapat membentuk suatu melodi. Pada makalah ini dijelaskan algoritma untuk menentukan posisi jari yang mudah dalam memainkan melodi dengan gitar dengan memanfaatkan teori graf. Ide dasar dari algoritma ini adalah menggunakan graf berbobot yang merepresentasikan tangga nada yang bisa dimainkan dengan gitar dengan bobotnya adalah jarak dari satu nada ke nada lainnya. Hasil akhir dari algoritma ini adalah urutan posisi nada pada *fretboard* gitar yang mampu dijangkau oleh jari pemain sehingga sebuah melodi yang sudah dituliskan dalam bentuk notasi nada menjadi mudah dimainkan dengan gitar.

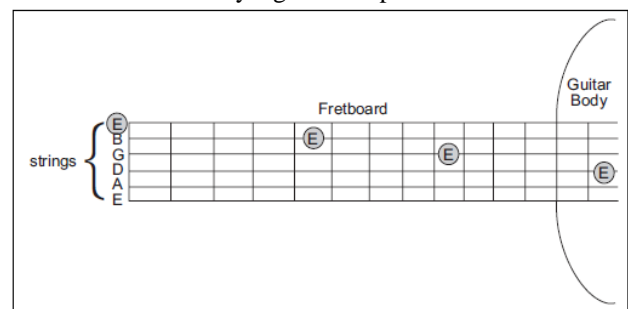
**Kata Kunci**—Gitar, Graf, Nada, Notasi Musik

## I. PENDAHULUAN

Alat musik gitar terus berkembang sampai sekarang dan sudah menjadi instrumen dunia. Jumlah para pemain, pengajar, komposer, dan pembuat gitar saat ini sangat banyak, sekolah-sekolah dan tempat kursus gitar juga mudah ditemui disetiap tempat bahkan sekarang juga terdapat majalah-majalah yang khusus membahas tentang gitar. Gitar juga menjadi alat musik yang banyak digemari oleh anak muda. Selain karena harganya yang relatif murah dibandingkan dengan alat musik lain, gitar juga merupakan instrumen yang harmonis sehingga bisa digunakan untuk mengiringi sebuah lagu ataupun bermain solo. Karena jangkauan nadanya yang cukup luas (dari nada E2 sampai nada D6), berbagai macam melodi bisa dimainkan dengan alat musik ini bahkan dengan variasi jenis musik yang berbeda-beda (jazz, pop, rock, dan lainnya). Hal inilah yang membuat banyak orang ingin mempelajari bagaimana cara bermain melodi dengan gitar.

Di sisi lain, gitar ini memiliki keunikan tersendiri yaitu memiliki bagian *fretboard* (papan fret/kolom tempat jari menekan senar) dan 6 buah senar/dawai. Kombinasi antara posisi fret yang ditekan dengan senar yang dipetik akan menghasilkan nada yang berbeda – beda. Meski begitu, keenam senar gitar ini telah diatur sedemikian rupa

sehingga terdapat beberapa buah senar dalam fret yang berbeda tetapi akan menghasilkan nada yang sama. Gambar 1 menunjukkan fretboard gitar, dan empat buah posisi di mana nada E4 yang sama dapat dimainkan.



**Gambar 1.** Empat posisi fret yang berbeda untuk nada E4

Untuk memainkan sebuah melodi, pemain harus mengetahui betul dimana posisi fret yang harus ditekan untuk membunyikan nada dan kemana pergerakan nada berikutnya agar perubahan posisi jari dari fret yang satu ke fret yang lainnya dapat dijangkau.

Sebagai contoh, untuk membunyikan melodi : E-F-G-A-B-C, pemain bisa saja membunyikan nada hanya dengan menggunakan satu buah senar yaitu senar ke-6, mulai dari fret ke-0 untuk nada E (fret ke-0 berarti senar dilepas tanpa ada penekanan), fret ke-1 untuk nada F, fret ke-3 untuk nada G, fret ke-5 untuk nada A, fret ke-7 untuk nada B, dan fret ke-8 untuk nada C. Tetapi hal ini membuat posisi jari harus bergeser sampai ke fret ke-8 karena keempat jari pemain yang digunakan untuk menekan fret umumnya hanya bisa menjangkau perubahan sampai 5 fret dan dengan jari pertama atau jari telunjuk berada di fret ke-1 untuk nada F dan jari keempat atau jari kelingking berada di fret ke-5 untuk nada A, tentu pemain harus menggeser posisi jari untuk menekan fret selanjutnya untuk nada B. Padahal ada cara lain untuk membunyikan nada B yaitu dengan menekan fret ke-2 pada senar ke-5 dan tentu saja ini akan lebih mudah karena pemain cukup menggeser jari pada fret ke-2 senar ke-6 ke senar dibawahnya dibandingkan dengan menggeser posisi jari sampai ke fret ke-7 pada senar ke-6.

Untuk itulah, algoritma ini diciptakan dengan harapan para pemain gitar dapat dengan mudah memainkan sebuah melodi meskipun melodi yang dimainkan tersebut ditulis

dalam sebuah notasi musik yang tidak ada petunjuk untuk memosisikan jarinya, seperti notasi angka misalnya. Selanjutnya, pada makalah ini akan digunakan penulisan nada dalam bentuk *chord* beserta nilai oktafnya. Misalnya C5 adalah nada “do” dengan oktaf ke-5. Ketujuh nada yang akan digunakan, yaitu : do=C, re=D, mi=E, fa=F, sol=G, la=A, dan si=B. Selanjutnya penulisan notasi *chord* ini pun akan digunakan untuk penamaan simpul dalam graf tangga nada yang akan dibahas pada bab selanjutnya.

## II. STUDI LITERATUR

### A. Tentang Gitar

Gitar adalah alat musik petik yang terbuat dari kayu dengan beberapa bagian dari logam / Metal dan terdapat 6 tali / senar untuk dimainkan. Bagian atas dan bawah dari badan gitar berbentuk angka 8. 6 senar terikat pada Pegs atau pemutar senar yang ditarik sepanjang badan gitar. Pegs / pemutar senar digunakan untuk Tuning [1].

Gitar itu sendiri dibagi menjadi 3 bagian besar, yaitu head(bagian kepala), fingerboard(papan untuk menekan senar), dan body(badan gitar) [2]. Pada head gitar, terdiri dari 2 bagian, yaitu *Pegs*, tempat penggulung senar dan *Nut*, tempat senar pada bagian atas gitar (biasanya berwarna putih). Pada fingerboard, terdiri dari 4 bagian, yaitu :

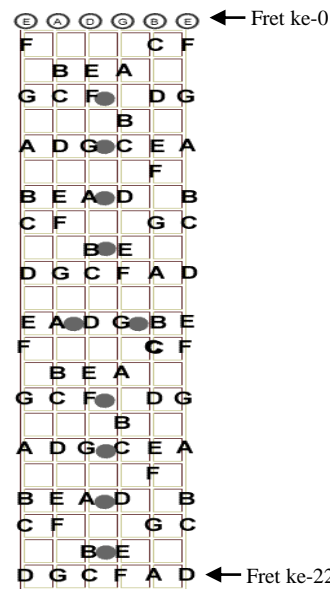
1. Fret, tempat pembatas posisi dan terbuat dari logam.
2. *Position mark*, sebagai tanda posisi (berbentuk titik).
3. *Neck* (leher gitar).
4. *Heel*. Merupakan bagian akhir leher gitar yang berhubungan dengan body gitar.

Pada body gitar, terdiri dari beberapa bagian, yaitu : *Sound hole* merupakan lubang suara sebagai tempat keluar masuknya suara, *Rosette* merupakan hiasan gambar pada pinggir lubang suara, *Sideboard* (papan gitar bagian samping), *Backboard* (papan gitar bagian belakang), *Faceboard* (papan gitar bagian muka), *Bridge base* sebagai tempat melekatnya lubang senar, dan *Saddle* sebagai tempat lubang senar untuk mengaitkan ujung senar.

Titinada yang ada pada gitar dengan setem standar dan fret ke-0 adalah sebagai berikut :

- Senar ke-1 nada E4
- Senar ke-2 nada B3
- Senar ke-3 nada G3
- Senar ke-4 nada D3
- Senar ke-5 nada A2
- Senar ke-6 nada E2

Diagram nada yang ada pada fret gitar, dengan bagian paling kiri adalah senar ke-6 dan bagian kanan adalah senar ke-1, ditunjukkan dengan gambar berikut.



Gambar 2. Diagram nada pada fret gitar

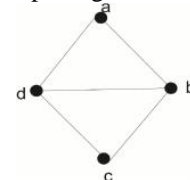
### B. Nada dan Notasi Musik

Nada adalah bunyi yang beraturan, yaitu memiliki frekuensi tunggal tertentu. Dalam teori musik, setiap nada memiliki tinggi nada atau tala tertentu menurut frekuensinya ataupun menurut jarak relatif tinggi nada tersebut terhadap tinggi nada patokan.

Notasi musik adalah sistem penulisan karya musik. Dalam notasi musik, nada dilambangkan oleh not (walaupun kadang istilah nada dan not saling dipertukarkan penggunaannya). Tulisan musik biasa disebut partitur. Notasi musik standar saat ini adalah notasi balok, yang didasarkan pada paranada dengan lambang untuk tiap nada menunjukkan durasi dan ketinggian nada tersebut. Tinggi nada digambarkan secara vertikal sedangkan waktu (ritme) digambarkan secara horisontal. Durasi nada ditunjukkan dalam ketukan. Terdapat pula bentuk notasi lain, misalnya notasi angka yang juga digunakan di negara-negara Asia, termasuk Indonesia, India, dan Tiongkok [3].

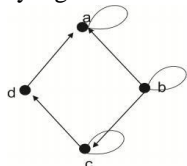
### C. Graf dan Pohon

Graf adalah pasangan himpunan  $(V, E)$  ditulis dengan notasi  $G = (V, E)$  yang dalam hal ini  $V$  adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (vertices atau node) dan  $E$  adalah himpunan sisi (edges atau arcs) yang menghubungkan sepasang simpul [4]. Setiap simpul pada graf dinamai dengan huruf seperti a, b, c, ..., v, w, ... . Lalu diantara dua simpul terdapat sisi yang menghubungkan simpul u dengan simpul v yang dinyatakan dengan pasangan  $(u, v)$ . Graf dapat digambarkan seperti berikut.



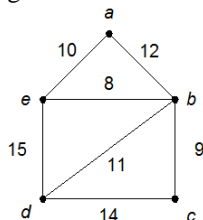
Gambar 3. Graf Sederhana dan Tak Berarah

Berdasarkan ada atau tidaknya gelang graf dapat dikategorikan menjadi graf sederhana dan graf tak sederhana. Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung sisi ganda dan gelang, sedangkan graf tak sederhana adalah graf yang mengandung sisi ganda. Lalu selain itu graf juga dapat digolongkan sebagai graf yang mempunyai arah. Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu graf tak berarah dengan graf berarah. Graf tak berarah adalah graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah. Sedangkan graf berarah adalah graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah. Pada graf berarah  $(u,v)$  dan  $(v,u)$  menyatakan dua busur yang berbeda.



**Gambar 4. Graf Berarah dan Tak Sederhana**

Pada makalah ini digunakan salah satu aplikasi dari graf berbobot. Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga atau bobot. Contoh dari graf berbobot adalah sebagai berikut.



**Gambar 5. Graf berbobot dan Tak Berarah**

Untuk menentukan posisi jari yang mudah dimainkan oleh pemain gitar, dibutuhkan suatu algoritma yang akan mencari pohon merentang minimum dari sebuah frasa melodi yang artinya meminimumkan jarak dari suatu fret ke fret lainnya dalam membuat satu frasa nada. Pohon itu sendiri merupakan bagian dari graf. Pohon adalah graf tak berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit. Pohon merentang dari graf terhubung adalah upagraf merentang berupa pohon. Pohon merentang diperoleh dengan memutus sirkuit di dalam graf dan pohon merentang yang berbobot minimum dinamakan pohon merentang minimum (*mimum spanning tree*) [4].

### III. ANALISIS

#### A. Membuat Representasi Tangga Nada Gitar dengan Graf Berbobot

Seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya, sebuah gitar umumnya memiliki enam buah senar dan 22 fret pada bagian *fretboard*-nya. Dengan struktur seperti itu, sebuah gitar akan memiliki tinanada sebanyak 28 nada mulai dari nada E2 sampai dengan nada D6<sup>1</sup> sedangkan

<sup>1</sup> Nada-nada yang akan menjadi fokus bahasan pada makalah ini adalah nada-nada diatonis, yaitu : C-D-E-F-G-A-B, tanpa ada nada-nada kromatis seperti : C#,D#,Eb,F#, dan nada kromatis lainnya.

banyaknya kombinasi posisi senar dan fret yang bisa digunakan untuk membunyikan nada-nada tersebut ada 84 cara. Karena hal itu, suatu graf berbobot dengan 84 simpul dapat merepresentasikan nada-nada yang ada dalam fret gitar tersebut dengan bobot-bobotnya adalah jarak fret dari satu nada ke nada lainnya. Adapun jarak dari satu senar ke senar lainnya jika masih dalam satu fret akan diasumsikan 0, artinya jarak yang dilihat tetap akan tergantung pada posisi fret gitar karena jarak dari fret yang sama meskipun pada senar yang berbeda masih dikatakan jarak yang minimum untuk perubahan posisi jari pemain. Kemudian, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, akan digunakan notasi nada dalam bentuk *chord* yang memang biasa digunakan dalam notasi untuk gitar. Adapun penulisan posisi fret dan senar yang akan ditekan, saya menyederhanakannya menjadi bentuk “senar(fret)” agar mudah dituliskan dan dibaca. Misalnya untuk nada E3 bisa dibunyikan pada 4(2) yang artinya pada senar ke-4 dan fret ke-2.

Dengan data diagram nada pada fret gitar, kita bisa melihat ada beberapa nada yang sama yang bisa dimainkan pada senar dan fret yang berbeda-beda. Kombinasi posisi senar dan fret untuk tangga nada pada gitar dituliskan dalam tabel berikut.

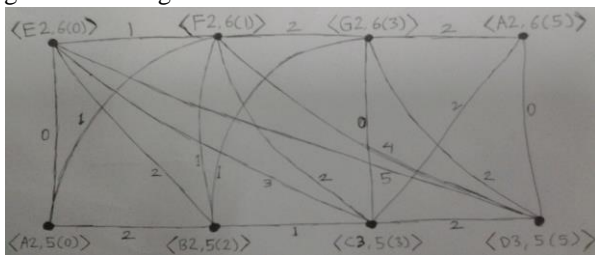
Nada	Posisi senar dan fret yang bisa digunakan
E2	6(0)
F2	6(1)
G2	6(3)
A2	6(5),5(0)
B2	6(7),5(2)
C3	6(8),5(3)
D3	6(10),5(5),4(0)
E3	6(12),5(7),4(2)
F3	6(13),5(8),4(3)
G3	6(15),5(10),4(5),3(0)
A3	6(17),5(12),4(7),3(2)
B3	6(19),5(14),4(9),3(4),2(0)
C4	6(20),5(15),4(10),3(5),2(1)
D4	6(22),5(17),4(12),3(7),2(3)
E4	5(19),4(14),3(9),2(5),1(0)
F4	5(20),4(15),3(10),2(6),1(1)
G4	5(22),4(17),3(12),2(8),1(3)
A4	4(19),3(14),2(10),1(5)
B4	4(21),3(16),2(12),1(7)
C5	4(22),3(17),2(13),1(8)
D5	3(19),2(15),1(10)
E5	3(21),2(17),1(12)
F5	3(22),2(18),1(13)
G5	2(20),1(15)
A5	2(22),1(17)
B5	1(19)
C6	1(20)
D6	1(22)

**Tabel 1. Pasangan Nada dengan Posisi Senar dan Fretnya**

Dari data diatas, maka dibuat sebuah graf berbobot dengan 84 simpul dengan aturan sebagai berikut :

1. Setiap simpul dinamai dengan suatu variabel bertipe tuple yaitu tupel <nama,posisi>. Nama menunjukkan nada yang bersangkutan dan posisi menunjukkan posisi fret dan senar yang mengeluarkan nada tersebut. Misalnya simpul "<E2,6(0)>", "<D3,5(5)>", dan seterusnya.
2. Bobot dari satu simpul ke simpul lainnya adalah jarak fret dari nada satu ke nada lainnya.
3. Jika suatu nada bisa dimainkan dengan kombinasi posisi senar dan fret yang berbeda, maka akan terdapat sisi yang menuju simpul tersebut dari simpul sebelumnya (ataupun sesudahnya) pada senar yang berbeda (sebelumnya ataupun sesudahnya) yang bobotnya lebih kecil dibandingkan dengan simpul dari senar yang sama.
4. Bobot atau jarak dalam satu fret dari satu nada ke nada lainnya sesuai dengan jarak nada standar, yaitu antar simpul C-D-E-F-G-A-B-C berbobot 2-2-1-2-2-2-1.
5. Dua buah simpul boleh terhubung jika bobotnya kurang dari 6, karena pada umumnya jari pemain gitar maksimal bisa menjangkau perubahan fret sampai dengan 5 fret saja.
6. Setiap simpul sebenarnya memiliki sisi gelang dengan bobot 0 tetapi dalam hal ini tidak perlu digambarkan untuk mempermudah penulisan. Sisi ini dibutuhkan untuk menangani kasus frasa melodi yang terdapat satu nada yang dimainkan secara berulang, contohnya : C3-C3-C3.

Dengan demikian, potongan graf/upagraf berbobot untuk tangga nada pada gitar dapat diilustrasikan dalam gambar 6 sebagai berikut.



**Gambar 6. Potongan/Upagraf dari Graf Tangga Nada pada Fret Gitar**

Dari gambar diatas, tinjau simpul dengan nama A2. Dari tabel 1 didapat bahwa nada A2 ini dapat dibunyikan dari posisi 6(5) dan 5(0). Akibatnya, terdapat sisi dari simpul E2 ke simpul A2 dengan bobot 0 karena jaraknya hanya berpindah dari senar 6 ke senar 5 dan dalam fret yang sama (yaitu fret ke-0). Begitu pula dengan nada lain yang berdekatan bisa dicari jarak fret minimum yang bobotnya kurang dari 6. Gambar diatas hanyalah sedikit contoh dari simpul-simpul pada senar ke-6 dan ke-5 dan dari fret ke-0 sampai ke-5 tetapi untuk keseluruhan tangga nada yang terdiri dari 84 simpul tetap mengikuti pola ini dan dengan patokan jarak antar nada standar pada

diagram fret gitar.

Dengan adanya algoritma penentuan posisi jari ini, bisa didapat urutan posisi jari yang minimum yang membuat pemain gitar bisa dengan mudah memainkan sebuah urutan nada/melodi.

### B. Algoritma Prim dan Algoritma Penentuan Posisi Jari

Untuk menentukan posisi jari yang menghasilkan jarak antar fret yang minimum, dibutuhkan suatu algoritma yang menghasilkan pohon merentang minimum yang digunakan dalam suatu frasa melodi tertentu. Algoritma yang dapat digunakan disini adalah algoritma prim. Misalkan graf G adalah graf tangga nada dan masukan melodi yang akan dicari urutan posisi jarinya adalah E2-A2-C3-G2-A2, maka algoritma dalam penentuan posisi jarinya adalah sebagai berikut :

1. Banyaknya nada dalam melodi tersebut adalah 5 buah nada.
2. Buat variabel S1 yang akan menyimpan jarak dari satu nada ke nada lainnya dan inisialisasikan dengan 0.
3. Inisialisasikan simpul awal T dengan simpul bernama nada pada awal melodi dengan posisi fret paling kecil. Dalam contoh ini simpul <E2,6(0)>.
4. Ambil sisi dari graf G yang berbobot minimum, masukan kedalam G. Jumlahkan S1 dengan bobot ini. Lakukan hal tersebut sampai bertemu dengan simpul nada selanjutnya. Dalam contoh ini, lakukan sampai bertemu simpul A2. Masukan posisi-posisi dari simpul ini ke dalam variabel bertipe pohon rentang misalnya P1.
5. Ulangi langkah 4 dengan mengambil sisi awal yang berbobot kedua minimum. Masukan jumlah bobotnya ke variabel S2 dan posisi-posisinya ke pohon rentang P2. Hal ini dilakukan untuk mencari lintasan alternatif lain dari E2 ke A2 jika ada. Jika tidak ada maka urutan posisi jari untuk satu frasa dari simpul E2 ke simpul A2 adalah kedua posisi pada kedua ujung simpul di P1. Jika ada, maka setelah langkah ini bertemu simpul berikutnya (A2) maka bandingkan jumlah bobotnya dengan bobot pada lintasan sebelumnya.
6. Jika  $S2 > S1$  maka urutan posisi jarinya adalah posisi kedua ujung simpul di P1 tetapi jika  $S2 < S1$  maka urutannya adalah posisi kedua ujung simpul di P2. Ulangi langkah 4 jika masih ada alternatif lintasan lain kemudian bandingkan lagi dan ambil lintasan yang terpendek.
7. Lanjutkan ke frasa berikutnya, dalam contoh ini dari simpul A2 ke simpul C2, dan simpan lagi urutannya. Lakukan hal ini sampai bertemu simpul akhir yaitu pada nada akhir A2.

Ilustrasi dari algoritma ini untuk contoh melodi diatas adalah sebagai berikut :



Langkah	Sisi	Bobot	Tuple posisi pada P1	Tuple posisi pada P2	S1	S2	Urutan posisi jari
1	(E2,F2)	1	6(0),6(1)	-	1	0	-
2	(F2,G2)	2	6(0),6(1),6(3)	-	3	0	-
3	(G2,A2)	2	6(0),6(1),6(3),6(5)	-	5	0	-
4	(E2,A2)	0	6(0),6(1),6(3),6(5)	6(0),5(0)	5	0	-
5	(E2,A2)	-	-	-	0	0	6(0),5(0)
6	(A2,B2)	2	5(0),5(2)	-	2	0	6(0),5(0)
7	(B2,C3)	1	5(0),5(2),5(3)	-	3	0	6(0),5(0)
8	(A2,C3)	-	-	-	0	0	6(0),5(0),5(3)
9	(C3,G2)	0	5(3),6(3)	-	0	0	6(0),5(0),5(3)
10	(C3,G2)	-	-	-	0	0	6(0),5(0),5(3),6(3)
11	(G2,A2)	2	6(3),6(5)	-	2	0	6(0),5(0),5(3),6(3)
12	(G2,A2)	3	6(3),6(5)	6(3),5(0)	2	3	6(0),5(0),5(3),6(3)
13	(G2,A2)	-	-	-	0	0	6(0),5(0),5(3),6(3),6(5)

**Tabel 2. Ilustrasi Langkah Penentuan Posisi Jari untuk Memainkan Melodi Dengan Gitar**

Dari langkah-langkah diatas, didapat hasil akhir posisi-posisi jari yang mudah dimainkan untuk melodi : E2-A2-C3-G2-A2, adalah 6(0)-5(0)-5(3)-6(3)-6(5).

Algoritma ini tentu bisa juga digunakan untuk berbagai melodi musik yang telah ditulis dalam notasi *chord* seperti contoh diatas. Misalnya, potongan melodi lagu "Ibu Kita Kartini" karya W. R. Supratman adalah sebagai berikut :

I – bu – ki – ta – kar – ti – ni – pu – tri – se – ja – ti  
C3–D3–E3–F3 –G3 – E3–C3–A3 –C4–B3–A3 –G3

Dengan menggunakan algoritma aplikasi graf dalam menentukan posisi jari yang mudah ini, didapatkan urutan posisi fret dan senar yang mudah dimainkan oleh pemain gitar, yaitu :

5(3)-4(0)-4(2)-4(3)-3(0)-4(2)-5(3)-3(2)-2(1)-2(0)-3(2)-3(0)

Algoritma ini bisa diimplementasikan ke dalam berbagai bahasa pemrogramman yang mendukung pembuatan struktur list sebagai representasi dari graf dan pohon serta array (atau tuple) untuk penamaan setiap simpulnya (dengan 2 elemen berisi nama nada dan posisinya dalam fret gitar).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Graf banyak sekali pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari. Salah satunya, graf bisa digunakan untuk menentukan posisi jari yang mudah untuk memainkan melodi dengan gitar. Algoritma yang dibahas pada makalah ini terbukti bisa memberikan keluaran (*output*) berupa sebuah urutan posisi jari yang mangkus dan mudah dimainkan oleh seorang pemain gitar.

Saran untuk pengembangan berikutnya adalah dengan membuat algoritma lain yang lebih mangkus dalam pengelolaan graf tangga nada yang akan diproses. Karena jumlah simpul dari graf tangga nada ini yang terhitung banyak, yaitu sebanyak 84 buah simpul, maka tentulah

dibutuhkan sebuah algoritma yang bisa melakukan pencarian posisi fret dan senar yang cepat.

Akhir kata semoga hal yang dibahas pada makalah ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengembangan perangkat lunak aplikasi yang dapat mempermudah para pemain gitar, khususnya bagi yang baru belajar memainkan gitar, agar bisa mendapatkan posisi jari yang mudah dalam memainkan suatu melodi yang diinginkannya.

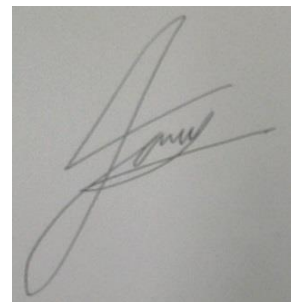
## REFERENCES

- [1] <http://simphonymusic.com/info/sejarah-perkembangan-alat-musik-gitar/>, diakses pada tanggal 17 desember 2012.
- [2] <http://mahisaajy.blogspot.com/2010/10/alat-musik-gitar.html>, diakses pada tanggal 17 desember 2012.
- [3] Taruskin, Richard, "The Oxford History of Western Music, Volume I (Music from the earliest notations to the 16th century Chapter 1)," Oxford: Oxford University Press, 2010, hal. 6
- [4] Munir, Rinaldi, Diktat Kuliah IF2091 Struktur Diskrit, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2008.

## 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, 19 Desember 2012



Taufik Hidayat, 13511078