

PENERAPAN FUNGSI TRANSPOSISI MODULO TERHADAP PERPINDAHAN NADA DASAR PADA TANGGA NADA DIATONIS MAYOR

Kornelia Anggun Lestari, Nilamsari Kusumastuti, Fransiskus Fran

INTISARI

Musik adalah bunyi yang diatur sedemikian rupa sehingga menyenangkan atau menarik untuk didengarkan. Suara manusia terbagi dalam beberapa jenis yaitu sopran, mezzosopran, alto, tenor, bariton dan bass. Jenis suara menentukan range nada atau tangga nada yang dapat dijangkau. Untuk dapat menyanyikan lagu dengan baik dapat dilakukan transposisi nada dasar agar suara penyanyi dan akor yang dimainkan seimbang. Tujuan transposisi adalah menaikkan dan menurunkan nada atau menentukan nada dasar sebuah lagu agar akor yang dimainkan pada alat musik iringan dapat sesuai dengan jangkauan nada penyanyi. Tangga nada yang biasa dimainkan ialah tangga nada diatonis mayor dan tangga nada diatonis minor. Tangga nada diatonis mayor memiliki 7 nada pokok (C, D, E, F, G, A, B) dengan interval $1\ 1\ \frac{1}{2}\ 1\ 1\ 1\ \frac{1}{2}$. Penelitian ini bertujuan mentransposisikan nada dasar pada lagu diatonis mayor, mencari akor baru terhadap perpindahan nada dasar pada tangga nada menggunakan fungsi transposisi modulo, dan menyusun akor-akor yang sudah ditransposisikan. Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengubah nada ke dalam bentuk bilangan bulat (*integer model of pitch*), misalnya nada C diubah ke dalam bentuk *integer model of pitch* menjadi bilangan 0. Selanjutnya menerapkan fungsi transposisi modulo untuk mentransposisikan nada dasar dan mencari susunan akor yang baru. Langkah selanjutnya melakukan transposisi nada dasar pada lagu *Haec Dies* yang memiliki nada dasar G^\sharp . Dari penelitian ini dihasilkan perpindahan nada dasar dari G^\sharp ke nada dasar A, A^\sharp , dan B beserta susunan akor yang baru sesuai nada dasar.

Kata Kunci: akor, diatonis minor, *integer model of pitch*

PENDAHULUAN

Jenis suara merupakan pertimbangan yang penting dalam menyanyi. Jenis suara menentukan wilayah nada atau tangga nada yang dapat dijangkau. Suara memiliki beberapa jenis, diantaranya sopran, mezzosopran, alto, tenor, bariton dan bass [1]. Wanita yang memiliki jenis suara alto akan sangat kesulitan bernyanyi di wilayah tangga nada yang tinggi, karena memiliki jangkauan nada yang berbeda dengan wilayah jangkauan jenis suara sopran. Untuk dapat menyanyikan lagu yang baik, dapat dilakukan transposisi nada dasar, dalam transposisi nada terdapat perubahan akor, untuk mencari akor baru terhadap perpindahan nada dasar pada tangga nada, dapat menggunakan transposisi modulo [2].

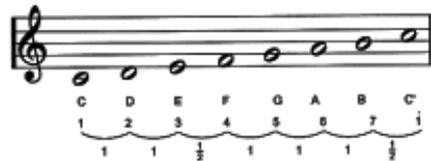
Pada tahun 2019, Wajongkere, dkk [2] menerapkan fungsi transposisi modulo terhadap pencarian rangkaian tangga nada dan tingkatan akor, dengan menerapkan fungsi transposisi diperoleh susunan atau rangkaian tangga nada mayor pada nada dasar C^\sharp , D, D^\sharp , E, F, F^\sharp , G, G^\sharp , A, A^\sharp , dan B. Kemudian tangga nada minor asli, harmonis dan melodis untuk nada dasar A^\sharp , B, C, C^\sharp , D, D^\sharp , E, F, F^\sharp , G, dan G^\sharp . Selain itu, pada tahun yang sama Koerunnisa, dkk [3] menerapkan fungsi transposisi modulo terhadap perpindahan tangga nada pentatonik. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, diperoleh rumus fungsi untuk transposisi pada tangga nada pentatonik, beserta rangkaian nada-nada pentatonik yang bisa digunakan untuk transposisi nada dasar lagu yang berjudul *Cing Cangkeling*.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan fungsi transposisi modulo pada pencarian akor. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah

1. Mengubah akor kedalam bentuk *integer model of pitch*.
2. Menerapkan fungsi transposisi modulo pada pencarian akor.
3. Menerapkan fungsi transposisi modulo pada lagu *Haec Dies*.

TANGGA NADA DIATONIS DAN AKOR

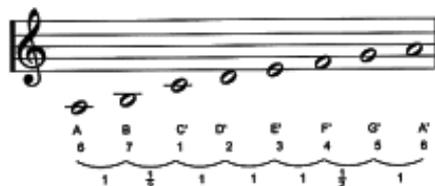
Tangga nada diatonis mayor merupakan rangkaian nada yang memiliki jarak nada 1 semitone (setengah nada) pada nada ke 3 – 4, dan ke 7 – 1 (oktaf), sedangkan jarak antar nada lainnya yaitu 1 tone (*whole-tone*). Tangga nada mayor natural ialah tangga nada mayor yang semua nadanya tidak mengalami perubahan. rangkaian tangga nada mayor natural yaitu nada-nada yang terdapat pada papan berwarna putih dialat musik piano. Dalam notasi musik dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Notasi Tangga Nada Mayor

Dikarenakan tangga nada mayor mulai dari C sebagai nada dasar, maka tangga nada mayor natural disebut tangga nada C Mayor (do = C) [1]. Ciri-ciri lagu tangga nada diatonis mayor adalah gembira, ceria dan semangat [4].

Tangga nada minor merupakan rangkaian nada-nada yang mempunyai jarak 1 semitone (setengah nada) pada nada ke 2 – 3 dan nada ke 5 – 6, dan jarak nada lainnya adalah 1 tone. Tangga nada minor natural merupakan tangga nada minor yang semua nadanya tidak mengalami perubahan. Rangkaian tangga nada minor natural adalah nada-nada papan putih pada alat musik piano [5], semua nada dasar tangga nada minor diambil dari nada ke 6 dari tangga nada mayor [5]. Dalam notasi musik dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Notasi Tangga Nada Minor

Dikarenakan tangga nada minor diambil dari nada ke 6 dari tangga nada mayor, maka tangga nada minor dimulai dari nada A sebagai nada dasar, maka tangga nada minor natural disebut juga tangga nada A minor [1]. Ciri-ciri lagu bertangga nada diatonis minor adalah sedih dan teduh [4].

Akor merupakan susunan dari 3 nada atau lebih yang dimainkan secara bersamaan. fungsi akor dimainkan adalah memberikan harmoni pada lagu [5]. Akor yang biasa digunakan yaitu akor mayor dan akor minor. Akor mayor dibentuk dari nada pertama (1), nada ketiga (3) dan nada kelima (5), misal menggunakan nada dasar C (do = C), maka akor C mayor terdiri dari C E G [5].

PENERAPAN FUNGSI TRANSPOSISI MODULO TERHADAP PERPINDAHAN NADA DASAR

Untuk dapat menerapkan fungsi transposisi modulo harus diketahui dahulu tentang teori modulo

Definisi 1 [6] Misalkan a dan b bilangan bulat. a membagi b jika ada bilangan bulat c sehingga $b = ac$ dinotasikan dengan $a|b$. Sebaliknya, jika a tidak membagi habis b dinotasikan dengan $a \nmid b$.

Contoh:

$2|10$, 10 terbagi oleh 2 sebab $10 = 2 \times 5$.

$2|3 = 2 \nmid 3$, karena $3 = 2c$ tidak ada bilangan bulat yang dikalikan 2 hasilnya 3.

Definisi 2 [7] Misalkan a adalah bilangan bulat dan m adalah bilangan bulat > 0 . Operasi $a \bmod m$ (dibaca “ a modulo m ”) jika a dibagi dengan m akan memberikan sisa r . $a \bmod m = r$ sedemikian sehingga $a = mq + r$, dengan $0 \leq r < m$. Bilangan m disebut modulus atau modulo, dan hasil aritmatika modulo m terletak pada $\{0,1,2, \dots, m - 1\}$.

Contoh:

Beberapa hasil operasi dengan operator modulo:

$$5 \pmod{12} = 5 \quad (5 = 12 \times 0 + 5)$$

$$15 \pmod{12} = 3 \quad (15 = 12 \times 1 + 3)$$

Adapun langkah untuk menerapkan fungsi transposisi modulo pada tangga nada adalah

1) Mengubah nada kedalam bentuk *integer model of pitch*

a. Tangga Nada Diatonis Mayor

Tangga nada diatonis mayor adalah tangga nada dengan rangkaian nada C, D, E, F, G, A, B, C yang memiliki interval nada $1 \ 1 \ \frac{1}{2} \ 1 \ 1 \ \frac{1}{2}$. Untuk menggunakan fungsi transposisi modulo pada nada, maka harus mengubah nada tersebut menjadi bilangan bulat (*integer model of pitch*) dengan fungsi $f: X \rightarrow \mathbb{Z}_{12}$ dengan $\mathbb{Z}_{12} = \{0,1,2,3, \dots, 11\}$, dan $X = \{C, C^\# = D^b, D, D^\# = E^b, E, F, F^\# = G^b, G, G^\# = A^b, A, A^\# = B^b, B\}$. *Integer Model of Pitch* untuk tangga nada diatonis mayor yaitu:

Nada	C	C [#] =D ^b	D	D [#] =E ^b	E	F	F [#] =G ^b	G	G [#] =A ^b	A	A [#] =B ^b	B
Fungsi (f_1)	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Bilangan	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Triad mayor merupakan rangkaian dari 3 nada susunan akor mayor dari nada pertama (1), ketiga (3), dan kelima (5). Bila hendak menyusun akor pada nada dasar C, nada yang harus diambil ialah nada urutan pertama, ketiga dan kelima dari nada C, D, E, F, G, A, B, C. jadi akor yang terbentuk pada nada dasar C mayor adalah C E G, yang menjadi (0 4 7) jika dikonversikan menjadi *integer model of pitch*. Untuk mempermudah memilih urutan ke 1, 3, dan 5 sesuai nada dasar yang dibutuhkan sesuai jenis suara, lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tangga Nada Diatonis Mayor

Nada dasar	Susunan Nada							
	1	2	3	4	5	6	7	8
C	C	D	E	F	G	A	B	C
C [#]	C [#]	D [#]	F	F [#]	G [#]	A [#]	C	C [#]
D	D	E	F [#]	G	A	B	C [#]	D
D [#]	D [#]	F	G	G [#]	A [#]	C	D	D [#]
E	E	F [#]	G [#]	A	B	C	D [#]	F
F	F	G	A	A [#]	C	D	E	F
F [#]	F [#]	G [#]	A [#]	B	C [#]	D [#]	F	F [#]
G	G	A	B	C	D	E	F [#]	G
G [#]	G [#]	A [#]	C	C [#]	D [#]	F	G	G [#]
A	A	B	C [#]	D	E	F [#]	G [#]	A
A [#]	A [#]	C	D	D [#]	F	G	A	A [#]
B	B	C [#]	D [#]	E	F [#]	G [#]	A [#]	B

Dari Tabel 1, akan dibentuk akor triad mayor dengan mengambil urutan ke 1, 3 dan 5 (warna biru pada Tabel 1), kemudian diubah kedalam bentuk *integer model of pitch*, sesuai Tabel 2.

Tabel 2. Akor Triad Mayor

Akor mayor dalam seni musik	Akor mayor dalam bentuk <i>integer model of pitch</i>
C (C E G)	C (0 4 7)
C [#] /D ^b (C [#] F G [#])	C [#] /D ^b (1 5 8)
D (D F [#] A)	D (2 6 9)
D [#] /E ^b (D [#] G A [#])	D [#] /E ^b (3 7 10)
E (E G [#] B)	E (4 8 11)
F (F A C)	F (5 9 0)
F [#] /G ^b (F [#] A [#] C [#])	F [#] /G ^b (6 10 1)
G (G B D)	G (7 11 2)
G [#] /A ^b (G [#] C D [#])	G [#] /A ^b (8 0 3)
A (A C [#] E)	A (9 1 4)
A [#] /B ^b (A [#] D F)	A [#] /B ^b (10 2 5)
B (B D [#] F [#])	B (11 3 6)

b. Tangga Nada Diatonis Minor

Tangga nada diatonis minor memiliki susunan nada A, B, C, D, E, F, G, A dengan interval $1\frac{1}{2} 1 1\frac{1}{2} 1 1$. *Integer of pitch* untuk tangga nada diatonis minor yaitu:

Nada	A	A [#] =B ^b	B	C	C [#] =D ^b	D	D [#] =E ^b	E	F	F [#] =G ^b	G	G [#] =A ^b
Fungsi (f_2)	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Bilangan	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Pada penyusunan akor terhadap tangga nada diatonis minor, nada yang dimainkan yakni nada pertama (1), ketiga (3), dan kelima (5) dari susunan nada A, B, C, D, E, F, G, A, bila hendak menyusun akor dengan nada dasar A maka akor yang terbentuk pada akor A minor ialah A C E, apabila dikonversikan dalam *integer model of pitch* menjadi (0 3 7). Untuk mempermudah memilih urutan ke 1, 3, dan 5 sesuai nada dasar yang dibutuhkan sesuai jenis suara, sesuai Tabel 3.

Tabel 3. Tangga Nada Diatonis Minor

Nada Dasar	Susunan Nada							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Am	A	B	C	D	E	F	G	A
A [#] m	A [#]	B [#]	C [#]	D [#]	F	F [#]	G [#]	A [#]
Bm	B	C	D	E	F [#]	G	A	B
Cm	C	C [#]	D [#]	F	G	G [#]	A [#]	C
C [#] m	C [#]	D	E	F [#]	G [#]	A	B	C [#]
Dm	D	D [#]	F	G	A	A [#]	C	D
D [#] m	D [#]	E	F [#]	G [#]	A [#]	B	C [#]	D [#]
Em	E	F	G	A	B	C	D	E
Fm	F	F [#]	G [#]	A [#]	C	C [#]	D [#]	F
F [#] m	F [#]	G	A	B	C [#]	D	E	F
Gm	G	G [#]	A [#]	C	D	D [#]	F	G
G [#] m	G [#]	A	B	C [#]	D [#]	E	F [#]	G [#]

Dari Tabel 3, akan dibentuk akord triad minor dengan mengambil urutan ke 1, 3 dan 5 (warna biru pada Tabel 3). Untuk urutan ke 7 (warna kuning pada Tabel 3) akan digunakan untuk akor 7 dominan (*dominant seventh chord*). Kemudian akor triad minor diubah kedalam bentuk *integer model of pitch*, sesuai Tabel 4.

Tabel 4. Akor Triad Minor

Akor minor dalam seni musik	Akor minor dalam matematika <i>integer model of pitch</i>
A (A C E)	A (0 3 7)
A [#] = B ^b (A [#] C [#] F)	A [#] = B ^b (1 4 8)
B (B D F [#])	B (2 5 9)
C (C D [#] G)	C (3 6 10)
C [#] = D ^b (C [#] E G [#])	C [#] = D ^b (4 7 11)
D (D F A)	D (5 8 0)
D [#] = E ^b (D [#] F [#] A [#])	D [#] = E ^b (6 9 1)
E (E G B)	E (7 10 2)
F (F G [#] C)	F (8 11 3)
F [#] = G ^b (F [#] A C [#])	F [#] = G ^b (9 0 4)
G (G A [#] D)	G (10 1 5)
G [#] = A ^b (G [#] B D [#])	G [#] = A ^b (11 2 6)

2) Menerapkan fungsi transposisi modulo pada pencarian akor

Transposisi dalam seni musik mengarah kepada perubahan tangga nada menjadi lebih rendah atau lebih tinggi yang disesuaikan dengan jenis suara. Sedangkan dalam matematika transposisi dapat didefinisikan sebagai fungsi $T_n: \mathbb{Z}_{12} \rightarrow \mathbb{Z}_{12}$ dengan $T_n(x) = x + n(mod 12)$ untuk $n = 0,1,2,3,4,5, \dots,11$ dan x adalah *integer model of pitch* dari nada. Berdasarkan proses mengubah nada ke dalam bentuk bilangan bulat dan fungsi transposisi modulo maka diperoleh fungsi $X \xrightarrow{f} \mathbb{Z}_{12} \xrightarrow{T_n} \mathbb{Z}_{12}$. Oleh karena terdapat 12 nada dan berdasarkan definisi transposisi modulo maka diperoleh,

$$\begin{array}{ll}
 T_0(x) = x + 0(mod 12) & T_6(x) = x + 6(mod 12) \\
 T_1(x) = x + 1(mod 12) & T_7(x) = x + 7(mod 12) \\
 T_2(x) = x + 2(mod 12) & T_8(x) = x + 8(mod 12) \\
 T_3(x) = x + 3(mod 12) & T_9(x) = x + 9(mod 12) \\
 T_4(x) = x + 4(mod 12) & T_{10}(x) = x + 10(mod 12) \\
 T_5(x) = x + 5(mod 12) & T_{11}(x) = x + 11(mod 12)
 \end{array}$$

Sebagai contoh dari Tabel 2, jika nada dasar C dengan akor C yang memiliki susunan nada (0 4 7) dinaikan ke nada dasar D[#], dikarenakan perpindahan nada C ke D[#] sebanyak 3 step, maka n yang digunakan adalah $n = 3$, sehingga susunan nada dapat dicari dengan menggunakan fungsi transposisi modulo $T_3(x) = x + 3(mod 12)$, untuk akor C (0 4 7) yaitu

$$\begin{array}{lll}
 T_3(0) = 0 + 3(mod 12) & T_3(4) = 4 + 3(mod 12) & T_3(7) = 7 + 3(mod 12) \\
 = 3(mod 12) & = 7(mod 12) & = 10(mod 12)
 \end{array}$$

Jadi untuk akor C (0 4 7) berubah menjadi akor D[#] (3 7 10).

Dalam seni musik tidak hanya memainkan akor triad mayor, namun juga memainkan akor dominan ketujuh dengan nada yang dimainkan adalah nada akar (1), ketiga mayor (3), kelima sempurna (5) dan ketujuh minor (7). Nada ke 1, 3 dan 5 diambil dari tangga nada diatonis mayor (warna biru pada Tabel 1), sedangkan nada ke 7 diambil dari tangga nada diatonis minor (warna kuning pada Tabel 3), contoh akor dominan ketujuh adalah akor C[#]7 (C[#] F G[#] B) diubah kedalam bentuk *integer model of pitch* menjadi C[#]7 (1 5 8 2). Akor dominan ketujuh dapat diterapkan pada fungsi transposisi modulo $T_n(x) = x + n(mod 12)$ dengan nada dasar C7 (0 4 7 1), untuk $n = 2$ diperoleh,

$$\begin{array}{ll}
 T_2(0) = 0 + 2(mod 12) & T_2(4) = 4 + 2(mod 12) \\
 = 2(mod 12) & = 6(mod 12) \\
 T_2(7) = 7 + 2(mod 12) & T_2(1) = 1 + 2(mod 12) \\
 = 9(mod 12) & = 3(mod 12)
 \end{array}$$

Jadi, untuk akor C7 (0 4 7 1) berubah menjadi D7 (2 6 9 3).

3) Menerapkan fungsi transposisi modulo pada lagu *Haec Dies*

Berdasarkan aransemen dari Buku Puji Syukur Kor [8], maka didapatkan susunan akor dengan nada dasar Do=As ($G^\#=A^b$) (8 0 3) yaitu:

$G^\# \quad C^\# \quad G^\# \quad C^\# \quad D^\#7 \quad G^\#$
 Haec dies quam fe - cit Do - minus
 $D^\# \quad G^\# \quad D^\# \quad G^\# \quad A^\# \quad D^\#$
 Exultemus et laete - mur in e - a
 $G^\# \quad C^\# \quad D^\#7 \quad G^\#$
 Alleluia, allelu - ia
 $G^\# \quad C^\# \quad G^\# \quad C^\# \quad D^\#7 \quad G^\#$
 Haec dies quam fe - cit Do - minus
 $D^\# \quad G^\# \quad D^\# \quad G^\# \quad A^\# \quad D^\#$
 Exultemus et laete - mur in e - a
 $G^\# \quad C^\# \quad D^\#7 \quad G^\#$
 Alleluia, allelu - ia
 $C^\# \quad C^\#m \quad G^\#$
 Allelu - ia

Lagu *Haec Dies* memiliki beberapa akor yang sama yaitu $G^\#, C^\#, D^\#7, D^\#, A^\#,$ dan $C^\#m$, agar bisa menggunakan fungsi transposisi modulo pada nada, maka akor tersebut akan diubah menjadi bentuk *integer model of pitch*, sesuai pada Tabel 5.

Tabel 5. Akor lagu *Haec Dies* dalam bentuk *Integer Model of pitch*

Akor dalam seni musik	Akor dalam bentuk <i>integer model of pitch</i>
$G^\# (G^\# C D^\#)$	$G^\# (8 0 3)$
$C^\# (C^\# F G^\#)$	$C^\# (1 5 8)$
$D^\#7 (D^\# G A^\# C^\#)$	$D^\#7 (3 7 10 4)$
$D^\# (D^\# G A^\#)$	$D^\# (3 7 10)$
$A^\# (A^\# D F)$	$A^\# (10 2 5)$
$C^\#m (C^\# E G^\#)$	$C^\#m (4 7 11)$

a. Perpindahan nada dasar $G^\#$ menjadi nada dasar A dengan $n = 1$

Perpindahan nada dasar $G^\#$ menjadi nada dasar A adalah sebanyak 1 step ($n = 1$), maka dijabarkan sebagai berikut:

Akor $G^\# (8 0 3)$

$$T_n(x) = x + n(mod 12) \quad T_n(x) = x + n(mod 12) \quad T_n(x) = x + n(mod 12)$$

$$T_1(8) = 8 + 1(mod 12) \quad T_1(0) = 0 + 1(mod 12) \quad T_1(3) = 3 + 1(mod 12)$$

$$= 9(mod 12) \quad = 1(mod 12) \quad = 4(mod 12)$$

Jadi untuk akor $G^\# (8 0 3)$ berubah menjadi akor A (9 1 4).

Tabel 6. Perubahan Akor Nada Dasar $G^\#$ ke Nada Dasar A dengan $n = 1$

Sebelum	Sesudah
$G^\# (8 0 3)$	A (9 1 4)
$C^\# (1 5 8)$	D (2 6 9)
$D^\#7 (3 7 10 4)$	E7 (4 8 11 5)
$D^\# (3 7 10)$	E (4 8 10)
$A^\# (10 2 5)$	B (11 3 6)
$C^\#m (4 7 11)$	Dm (5 8 0)

Dari perpindahan nada dasar G[#] menjadi nada dasar A dengan $n = 1$, maka didapat akor yang baru yaitu:

- A – D – A – D – E7 – A
- E – A – E – A – B – E
- A – D – E7 – A
- A – D – A – D – E7 – A
- E – A – E – A – B – E
- A – D – E7 – A
- D – Dm – A

b. Perpindahan nada dasar G[#] menjadi nada dasar A[#] dengan $n = 2$

Perpindahan nada dasar G[#] menjadi nada dasar A adalah sebanyak 2 step ($n = 2$), maka dijabarkan sebagai berikut:

Akor G[#] (8 0 3)

$$\begin{array}{lll}
 T_n(x) = x + n(\text{mod } 12) & T_n(x) = x + n(\text{mod } 12) & T_n(x) = x + n(\text{mod } 12) \\
 T_2(8) = 8 + 2(\text{mod } 12) & T_2(0) = 0 + 2(\text{mod } 12) & T_2(3) = 3 + 2(\text{mod } 12) \\
 = 10 (\text{mod } 12) & = 2 (\text{mod } 12) & = 5 (\text{mod } 12)
 \end{array}$$

Jadi untuk akor G[#] (8 0 3) berubah menjadi akor A[#] (10 2 5).

Tabel 7. Perubahan Akor Nada Dasar G[#] ke Nada Dasar A[#] dengan $n = 2$

Sebelum	Sesudah
G [#] (8 0 3)	A [#] (10 2 5)
C [#] (1 5 8)	D [#] (3 7 10)
D ^{#7} (3 7 10 4)	F7 (5 9 0 6)
D [#] (3 7 10)	F (5 9 0)
A [#] (10 2 5)	C (0 4 7)
C ^{#m} (4 7 11)	D ^{#m} (6 9 1)

Dari perpindahan nada dasar G[#] menjadi nada dasar A[#] dengan $n = 2$, maka didapat akor yang baru yaitu:

- A[#] – D[#] – A[#] – D[#] – F7 – A[#]
- F – A[#] – F – A[#] – C – F
- A[#] – D[#] – F7 – A[#]
- A[#] – D[#] – A[#] – D[#] – F7 – A[#]
- F – A[#] – F – A[#] – C – F
- A[#] – D[#] – F7 – A[#]
- D[#] – D^{#m} – A[#]

c. Perpindahan nada dasar G[#] menjadi nada dasar B dengan $n = 3$

Perpindahan nada dasar G[#] menjadi nada dasar B adalah sebanyak 3 step ($n = 3$), maka dijabarkan sebagai berikut:

Akor G[#] (8 0 3)

$$\begin{array}{lll}
 T_n(x) = x + n(\text{mod } 12) & T_n(x) = x + n(\text{mod } 12) & T_n(x) = x + n(\text{mod } 12) \\
 T_3(8) = 8 + 3(\text{mod } 12) & T_3(0) = 0 + 3(\text{mod } 12) & T_3(3) = 3 + 3(\text{mod } 12) \\
 = 11 (\text{mod } 12) & = 3 (\text{mod } 12) & = 6 (\text{mod } 12)
 \end{array}$$

Jadi untuk akor G[#] (8 0 3) berubah menjadi akor B (11 3 6).

Tabel 8. Perubahan Akor Nada Dasar G[#] ke Nada Dasar B dengan $n = 3$

Sebelum	Sesudah
G [#] (8 0 3)	B (11 3 6)
C [#] (1 5 8)	E (4 8 11)
D ^{#7} (3 7 10 4)	F ^{#7} (6 10 1 7)
D [#] (3 7 10)	F [#] (6 10 1)
A [#] (10 2 5)	C [#] (1 5 8)
C ^{#m} (4 7 11)	Em (7 10 2)

Dari perpindahan nada dasar G[#] menjadi nada dasar B dengan $n = 3$, maka didapat akor yang baru yaitu:

B – E – B – E – F^{#7} – B

F[#] – B – F[#] – B – C[#] – F[#]

B – E – F^{#7} – B

B – E – B – E – F^{#7} – B

F[#] – B – F[#] – B – C[#] – F[#]

B – E – F^{#7} – B

E – Em – B

Dengan cara yang sama, fungsi transposisi modulo juga bisa digunakan untuk perpindahan nada dasar dari nada dasar G[#] ke nada dasar C ($n = 4$), C[#] ($n = 5$), D ($n = 6$), D[#] ($n = 7$), E ($n = 8$), F ($n = 9$), F[#] ($n = 10$) dan G ($n = 11$).

PENUTUP

Berdasarkan hasil pembahasan diperoleh

1. Penerapan fungsi transposisi modulo pada pencarian akor
 - a. Untuk nada dasar C (0 4 7)

Tabel 9. Nada Dasar Baru Hasil Transposisi Modulo Pada C (0 4 7)

n	Nada Dasar	n	Nada Dasar
0	C (0 4 7)	6	F [#] (6 10 1)
1	C [#] (1 5 8)	7	G (7 11 2)
2	D (2 6 9)	8	G [#] (8 0 3)
3	D [#] (3 7 10)	9	A (9 1 4)
4	E (4 8 11)	10	A [#] (10 2 5)
5	F (5 9 0)	11	B (11 3 6)

- a. Untuk nada dasar C7 (0 4 7 1)

Tabel 10. Nada Dasar Baru Transposisi Modulo Pada C7 (0 4 7 1)

n	Nada Dasar	n	Nada Dasar
0	C7 (0 4 7 1)	6	F ^{#7} (6 10 1 7)
1	C ^{#7} (1 5 8 2)	7	G7 (7 11 2 8)
2	D7 (2 6 9 3)	8	G ^{#7} (8 0 3 9)
3	D ^{#7} (3 7 10 4)	9	A7 (9 1 4 10)
4	E7 (4 8 11 5)	10	A ^{#7} (10 2 5 11)
5	F7 (5 9 0 6)	11	B7 (11 3 6 0)

2. Penerapan fungsi transposisi modulo pada lagu *Haec Dies* dengan nada dasar G[#] (8 0 3) dengan susunan akor

G[#] – C[#] – G[#] – C[#] – D^{#7} – G[#]

D[#] – G[#] – D[#] – G[#] – A[#] – D[#]

G[#] – C[#] – D^{#7} – G[#]

$G^\# - C^\# - G^\# - C^\# - D^\#7 - G^\#$
 $D^\# - G^\# - D^\# - G^\# - A^\# - D^\#$
 $G^\# - C^\# - D^\#7 - G^\#$
 $C^\# - C^\#m - G^\#$

Tabel 11. Akor Baru Dengan Transposisi Modulo

Nada Dasar Baru	Susunan Akor Baru
A (9 1 4)	A - D - A - D - E7 - A
	E - A - E - A - B - E
	A - D - E7 - A
	A - D - A - D - E7 - A
	E - A - E - A - B - E
	A - D - E7 - A
A [#] (10 2 5)	D - Dm - A
	A [#] - A [#] - D [#] - A [#] - D [#] - F7 - A [#]
	F - A [#] - F - A [#] - C - F
	A [#] - D [#] - F7 - A [#]
	A [#] - D [#] - A [#] - D [#] - F7 - A [#]
	F - A [#] - F - A [#] - C - F
B (11 3 6)	A [#] - D [#] - F7 - A [#]
	D [#] - D [#] m - A [#]
	B - E - B - E - F [#] 7 - B
	F [#] - B - F [#] - B - C [#] - F [#]
	B - E - F [#] 7 - B
	B - E - B - E - F [#] 7 - B
B (11 3 6)	F [#] - B - F [#] - B - C [#] - F [#]
	B - E - F [#] 7 - B
	E - Em - B

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mudjilah HS. *Teori Musik 1*. Yogyakarta, 2010.
- [2] Wajongkere Y, Titaley J, Langi YAR. Fungsi Transposisi Modulo dan Penerapannya Pada Pencarian Susunan Tangga Nada dan Tingkatan Akor. *Jurnal matematika dan Aplikasi deCartesiaN* 2019; 8: 11-17.
- [3] Khoerunnisa S, Sukarsih I, Respitawulan. Penerapan Fungsi Transposisi Pada Perpindahan Tangga Nada Pentatonik. *Prosiding matematika Seminar Penelitian Sivitas Akademika Unisba*. Bandung, 2019, pp. 33-38.
- [4] Suranto J, Santosa. Sistem Pelarasan Pada Campursari. *Dewaruci* 2019; 14: 28-33.
- [5] Nainggolan DB. *Teknik Maut Jago Main Keyboard*. 1st ed. Jakarta: PT. Niaga Swadaya, 2014.
- [6] Rosen KH. *Elementary Number Theory and Its Applications*. 4th ed. Canada: Addison-Wesley Publishing Company, 1984.
- [7] Grillet PA. *Abstract Algebra*. 2nd ed. New York: Springer Science-Business media, LLC, 2007.
- [8] Padmasepoetra JOH. Haec Dies. *Lagu Misa*. 1965

KORNELIA ANGGUN LESTARI : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak,
korneliaanggun@student.untan.ac.id
NILAMSARI KUSUMASTUTI : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak,
nilamsari@math.untan.ac.id
FRANSUSKUS FRAN : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak,
fransiskusfran@math.untan.ac.id
