

PENENTUAN NOT ANGKA LAGU DARI SUARA MENGGUNAKAN DISCRETE FOURIER TRANSFORM

Puji Resmiati⁽¹⁾
resmiati08@gmail.com

Budi Susanto⁽²⁾
budsus@ti.ukdw.ac.id

Lukas Chrisantyo⁽³⁾
lukaschris@gmail.com

Abstract

In the field of music, beam notation is the standard for musical notation, albeit difficult to understand. It is easier for people to read numbered musical notation rather than beam notation. A song that already has a notation is easy to be arranged, but many songs are made spontaneously without notation. Therefore, a computation system is developed to automatically generate the numbered musical notation of a song. The system is using the Discrete Fourier Transform algorithm to convert the audio signal from time domain to frequency domain, without implementing noise filtering beforehand. Tones perceived from the digital sound will be converted into numbered musical notation. We have tested our system in two mode based on the input, i.e. human voice and music keyboard device. In general, our system can detect about 53% precisely for human voice, and 66% precisely for music keyboard device.

Kata kunci : *not angka, frekuensi, Discrete Fourier Transform*

1. Pendahuluan

Pita suara manusia dapat menghasilkan gelombang bunyi dengan nada yang berbeda-beda. Tinggi rendahnya nada tersebut ditentukan oleh frekuensinya. Untuk dapat menentukan nada dari suara yang dihasilkan, pada umumnya digunakan berbagai macam alat musik untuk membantu menemukan data yang dikeluarkan dari pita suara manusia. Terkait dengan penentuan nada terhadap suara, sangatlah dimungkinkan untuk menggunakan pemrosesan suara dengan menggunakan komputer sebagai alat bantu. Suara yang dihasilkan dari pita suara manusia masih dalam bentuk analog. Sehingga untuk dapat diproses dengan menggunakan komputer, maka diperlukan adanya konversi dari analog ke digital. Semua suara yang tersimpan pada media penyimpanan komputer sudah dalam bentuk digital. Sehingga yang diperlukan untuk mengenali nada dari suara tersebut adalah suatu komputasi yang dapat mengenali frekuensi dari data suara digital yang terekam. Salah satu bidang yang memanfaatkan pemrosesan suara digital adalah musik. Contohnya untuk perekaman suara, *video editing*, pembuatan MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*), penggabungan suara dan instrumen, dan sebagainya. Di dunia musik, banyak lagu yang diciptakan secara spontan sehingga sering terjadi tidak adanya dokumentasi untuk lagu tersebut dalam bentuk notasi musik, seperti notasi Not angka. Sedangkan ketika akan mengaransemen lagu, Not sangat diperlukan. Terkait dengan masalah tersebut, perlu adanya suatu sistem komputasi yang dapat menentukan Not angka dari lagu yang dinyanyikan.

¹ Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana

² Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana

³ Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana

2. Landasan Teori

2.1. Notasi dan Tangga Nada

Notasi atau yang lebih dikenal dengan Not adalah dokumentasi dari sebuah karya musik. Not dibutuhkan ketika mengaransemen lagu, yang bertujuan untuk membuat komposisi musik yang harmonis pada sebuah lagu. Di dunia musik dikenal dua macam notasi musik, yaitu not angka dan not balok. Selain itu, dalam musik dikenal juga tujuh tangga nada pokok, yaitu nada C, D, E, F, G, A, dan B. Ada dua jenis tangga nada, yaitu mayor dan minor. Untuk tangga nada mayor, penulisan nada dasar yang umum adalah “do sama dengan”, misal 1=C. Namun untuk tangga nada minor penulisan yang umum adalah “la sama dengan”, misal 6=A. Setiap dua nada yang berdekatan memiliki jarak yang disebut dengan *interval*. Interval tangga nada mayor adalah 1 – 1 - ½ - 1 – 1 – 1 - 1/2 dan interval tangga nada minor adalah 1 - ½ - 1 – 1 – ½ - 1 – 1. Di antara dua nada pokok yang berjarak 1 terdapat sebuah nada yang berjarak ½ dari kedua nada yang mengapitnya, dan diberi not # (kruis). Hal ini berarti diantara tujuh tangga nada pokok terdapat nada C#, D#, F#, G#, dan A#. Jika dijumlah ada 12 nada, dan inilah yang disebut dengan tangga nada kromatis. Untuk melakukan konversi dari nada ke notasi angka, digunakan acuan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1

Acuan konversi not angka

	1	1/	2	2/	3	4	4/	5	5/	6	7\	7
T N Dasar	C	C#/Db	D	D#/Eb	E	F	F#/Gb	G	G#/Ab	A	A#/Bb	B
T N 1#	G	G#/Ab	A	A#/Bb	B	C	C#/Db	D	D#/Eb	E	F	F#/Gb
T N 2#	D	D#/Eb	E	F	F#/Gb	G	G#/Ab	A	A#/Bb	B	C	C#/Db
T N 3#	A	A#/Bb	B	C	C#/Db	D	D#/Eb	E	F	F#/Gb	G	G#/Ab
T N 4#	E	F	F#/Gb	G	G#/Ab	A	A#/Bb	B	C	C#/Db	D	D#/Eb
T N 5#	B	C	C#/Db	D	D#/Eb	E	F	F#/Gb	G	G#/Ab	A	A#/Bb
T N 6#	F#/Gb	G	G#/Ab	A	A#/Bb	B	C	C#/Db	D	D#/Eb	E	F
T N 7#	C#/Db	D	D#/Eb	E	F	F#/Gb	G	G#/Ab	A	A#/Bb	B	C

Pada Tabel 1, tangga nada dasar adalah C. Untuk mencari tangga nada kromatis 1 atau 1# maka diambilkan nada kelima dari tangga nada sebelumnya untuk dijadikan nada dasar. Begitu seterusnya hingga mendapatkan tangga nada kromatis 7 atau 7#. Jika ingin mencari tangga nada mol, rumusnya nada dasar diambil dari nada keempat tangga nada sebelumnya. Setiap nada dalam tangga nada memiliki frekuensi yang berbeda-beda. Frekuensi tiap nada berulang dengan nilai frekuensi dua kali lebih besar, yang berarti nada tersebut ada di oktaf yang lebih tinggi. Tabel 2 memperlihatkan tangga nada kromatik dan frekuensinya.

Tabel 2
Nada dan Frekuensi

Nada	Frekuensi (Hz)	Nada	Frekuensi (Hz)	Nada	Frekuensi (Hz)
C ₂	65.41	C ₄	261.63	C ₆	1046.50
C# ₂ /Db ₂	69.30	C# ₄ /Db ₄	277.18	C# ₆ /Db ₆	1108.73
D ₂	73.42	D ₄	293.66	D ₆	1174.66
D# ₂	77.78	D# ₄	311.13	D# ₆	1244.51
E ₂	82.41	E ₄	329.63	E ₆	1318.51
F ₂	87.31	F ₄	349.23	F ₅	1396.91
F# ₂ /Gb ₂	92.50	F# ₄ /Gb ₄	369.99	F# ₆ /Gb ₆	1479.98
G ₂	98.00	G ₄	392.00	G ₆	1567.98
G# ₂ /Ab ₂	103.83	G# ₄ /Ab ₄	415.30	G# ₆ /Ab ₆	1661.22
A ₂	110.00	A ₄	440.00	A ₆	1760.00
A# ₂ /Bb ₂	116.54	A# ₄ /Bb ₄	466.16	A# ₆ /Bb ₆	1864.66
B ₂	123.47	B ₄	493.88	B ₆	1975.53
C ₃	130.81	C ₅	523.25		
C# ₃ /Db ₃	138.59	C# ₅ /Db ₅	554.37		
D ₃	146.83	D ₅	587.33		
D# ₃	155.56	D# ₅	622.25		
E ₃	164.81	E ₅	659.26		
F ₃	174.61	F ₅	698.46		
F# ₃ /Gb ₃	185.00	F# ₅ /Gb ₅	739.99		
G ₃	196.00	G ₅	783.99		
G# ₃ /Ab ₃	207.65	G# ₅ /Ab ₅	830.61		
A ₃	220.00	A ₅	880.00		
A# ₃ /Bb ₃	233.08	A# ₅ /Bb ₅	932.23		
B ₃	246.94	B ₅	987.77		

2.2. Sampling

Sampling adalah proses perubahan sinyal analog menjadi sekumpulan nilai yang dapat dikenali oleh komputer. Karena suara manusia menghasilkan sinyal analog yang kontinu dan tak terbatas, maka sampling digunakan untuk mencuplik data diskrit pada titik-titik tertentu. Proses ini ditunjukkan pada gambar berikut.

2.3. Windowing

Windowing adalah proses mengalikan sinyal data dengan fungsi yang mereduksi pada kedua tepi sehingga memperhalus bentuk gelombang. Ada beberapa macam fungsi windowing, yaitu Hanning, Blackman, Hamming, Bartlett-Hann, Gaussian, Flat Top. Penelitian ini menggunakan fungsi Hamming Window yang memiliki rumus:

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos \left[\frac{2\pi n}{N-1} \right] \quad [1]$$

2.4. Fourier Analysis

Analisis fourier adalah perhitungan matematika yang berdasarkan pada penyusunan sinyal ke dalam bentuk sinusoidal. Ada empat pengelompokan dalam Fourier, yaitu fourier transform (kontinu, aperiodik), fourier series (kontinu, periodik), discrete time fourier transform (diskrit, aperiodik), dan discrete fourier transform (diskrit, periodik).

Komputer hanya dapat bekerja dengan informasi yang diskrit dan panjang yang terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan *Discrete Fourier Transform*. Ketiga analisis fourier yang lain digunakan untuk membicarakan teori dan perhitungan matematika.

2.5. Discrete Fourier Transform

DFT (*Discrete Fourier Transform*) adalah salah satu analisis Fourier untuk menghitung spektrum frekuensi dari sinyal. Dalam pemrosesan audio, sinyal masukan yang akan diproses dengan DFT ialah banyaknya sample yang dicuplik saat proses sampling suara pada interval waktu tertentu. Sinyal keluaran dari proses DFT adalah sinyal dalam spektrum frekuensi yang menggambarkan amplitudo dari gelombang sinus dan kosinus.

Dalam DFT, banyaknya sample pada interval waktu tertentu dilambangkan dengan variabel N. Nilai N adalah bilangan bulat positif dan biasanya dipilih yang merupakan perpangkatan dari 2, yaitu 128, 256, 512, 1024, dsb. Sinyal dalam ranah frekuensi terdiri dua bagian, yaitu *Real* yang merupakan amplitudo dari gelombang kosinus dan *Imaginary* yang merupakan amplitudo dari gelombang sinus.

DFT dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$ReX[k] = \sum_{i=0}^{N-1} x[i] \cos(2 \pi k i / N)$$

$$ImX[k] = \sum_{i=0}^{N-1} x[i] \sin(2 \pi k i / N) \tag{2}$$

2.6. Pencocokan Frekuensi

Hasil dari DFT adalah spektrum frekuensi yang didapat dari puncak potongan sinyal pada interval waktu tertentu. Frekuensi tersebut akan dicocokkan dengan frekuensi nada sesuai dengan Tabel 2. Karena frekuensi yang didapat dari proses DFT tidak selalu tepat dengan frekuensi nada yang sesungguhnya. Oleh karena itu, dilakukan proses pencocokan frekuensi nada yang terdekat dengan frekuensi nada yang ditemukan. Proses ini akan mencari frekuensi nada terdekat di atasnya dan terdekat di bawahnya, kemudian mencari selisih frekuensi nada yang terkecil. Hal ini diilustrasikan seperti gambar berikut.



Gambar 1. Pencocokan frekuensi nada

3. Perancangan Program

Saat program mulai dijalankan, pengguna menyanyikan lagu, bisa satu lagu penuh atau bagian lagu saja. Pada saat itu program akan merekam dan menyimpan suara ke file yang berekstensi .wav. Setelah itu dilakukan proses pengolahan sinyal suara dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan algoritma *Discrete Fourier Transform (DFT)*. Proses selanjutnya ialah pencocokan frekuensi pada sinyal untuk mendapatkan nadanya, yaitu dengan mencari nada yang memiliki frekuensi terdekat di atas dan di bawahnya. Setelah didapat nadanya maka dikonversi ke dalam not angka.

4. Hasil penelitian dan Pembahasan

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan terhadap suara manusia dan alat musik keyboard. Ada tiga lagu yang diujikan menggunakan program ini, yaitu lagu berjudul *Burung Pipit yang Kecil* yang diuji dengan tempo 100 bpm, *Cicak-Cicak Di Dinding* yang diuji dengan tempo 110 bpm, dan *Burung Kakaktua* yang diuji dengan tempo 80 bpm. Dalam program ini, nada dasar dibatasi hanya dua saja, yaitu nada C dan G. Ketika pengguna memilih rekam, maka program melakukan perekaman suara. Setelah itu, pengguna memilih berhenti. Langkah selanjutnya pengguna memilih cari nada, maka suara yang direkam diputar kembali dan akan tampil durasi perekaman serta rangkaian nada yang dinyanyikan. Setelah itu, ketika pengguna memilih notasi akan muncul not angka dari lagu yang dinyanyikan.

4.1. Pengujian lagu Burung Pipit yang Kecil

Lagu Burung Pipit Yang Kecil adalah salah satu lagu dari Kidung Jemaat. Dibawah ini adalah not dan syair dari lagu tersebut yang digunakan sebagai acuan ketepatan nada.

5 5 3 5 | 4 3 2 . | 4 4 2 6 | 5 4 3 . |*
 Burung pi - pit yang ke - cil di - ka - si - hi Tu - han
 5 5 3 1" | 7 . 6 . | 5 3 4 2 | 2 . 1 . |
 Ter - le - bih di - ri - ku di - ka - si - hi Tu - han

Berikut adalah contoh pengujian lagu Burung Pipit Yang Kecil.



Gambar 2 Pengujian lagu Burung Pipit Yang Kecil

Total pengujian untuk lagu ini adalah 4, yaitu 2 suara manusia dan 2 suara keyboard. Berikut adalah tabel hasil pengujian lagu Burung Pipit Yang Kecil, yang menunjukkan persentase ketepatan not angka hasil pengujian dengan not angka lagu aslinya.

Tabel 3
 Pengujian Lagu Burung Pipit Yang Kecil

Jenis suara	Nada Dasar 1 = C	Nada Dasar 1 = G
Manusia	61,53 %	42,30 %
Keyboard	69,23 %	53,84 %

4.2. Pengujian lagu Cicak-Cicak Di Dinding

Lagu Cicak-Cicak Di Dinding adalah salah satu lagu anak-anak yang cukup terkenal. Dibawah ini adalah not dan syair dari lagu tersebut yang digunakan sebagai acuan ketepatan nada.

5 3 5 3 | 3 4 5 . | 4 2 4 6 | 5 4 3 . |
 Ci - cak ci - cak di din ding di - am di - am me - ra - yap
 6 4 6 4" | 6 7 1 . | 3 5 4 2 | 1 . . . |
 Da-tang se - e - kor nyamuk la - lu ditang - kap

Berikut adalah contoh pengujian lagu Cicak-Cicak Di Dinding.



Gambar 3 Pengujian lagu Cicak-Cicak Di Dinding

Total pengujian untuk lagu ini adalah 4, yaitu 2 suara manusia dan 2 suara keyboard. Berikut adalah tabel hasil pengujian lagu Cicak-Cicak Di Dinding, yang menunjukkan persentase ketepatan not angka hasil pengujian dengan not angka lagu aslinya.

Tabel 3
Pengujian Lagu Cicak-Cicak Di Dinding

Jenis suara	Nada Dasar 1 = C	Nada Dasar 1 = G
Manusia	42,30 %	38,46 %
Keyboard	61,53 %	50,00 %

4.3. Pengujian lagu Burung Kakaktua

Lagu Burung Kakaktua adalah salah satu lagu anak-anak yang cukup terkenal. . Dibawah ini adalah not dan syair dari lagu tersebut yang digunakan sebagai acuan ketepatan nada.

5 | 5 . 3 | 1> . 3 | 2 . 3 | 4 . 6 | 5 . 4 | 3 .

Bu - rung ka - kak tu - a hinggap di jen - de - la

5 | 5 . 3 | 1> . 3 | 2 . . | . 1> 1> | 7 . 5 | 6 . 7 | 1>

Ne - nek su - dah tu - a gi - gi - nya ting - gal du - a

Berikut adalah contoh pengujian lagu Burung Kakaktua.



Gambar 4 Pengujian lagu Cicak-Cicak Di Dinding

Total pengujian untuk lagu ini adalah 4, yaitu 2 suara manusia dan 2 suara keyboard. Berikut adalah tabel hasil pengujian lagu Cicak-Cicak Di Dinding, yang menunjukkan persentase ketepatan not angka hasil pengujian dengan not angka lagu aslinya.

Tabel 4
Pengujian Lagu Burung Kakaktua

Jenis suara	Nada Dasar 1 = C	Nada Dasar 1 = G
Manusia	72,00 %	64,00 %
Keyboard	88,00 %	76,00 %

Dari ketiga pengujian diatas, secara umum program telah mampu mendapatkan notasi angka dari lagu yang dinyanyikan. Kesulitannya adalah kemampuan pengguna untuk menyanyikan nada-nada tepat benar sesuai dengan nyala lampu yang menunjukkan tempo. Ketika nada yang dinyanyikan tidak sesuai dengan tempo yang sebenarnya, maka nada tersebut tidak dapat dideteksi sebagai nada baru.

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian ini, program penentuan not angka lagu dengan menggunakan algoritma *Discrete Fourier Transform* dapat menterjemahkan dari suara manusia dan alat musik keyboard menjadi deretan notasi musik not angka. Berdasar pengujian yang dilakukan, sistem ini dapat mengenali sebesar 53% untuk lagu yang dinyanyikan oleh manusia dan 66% untuk lagu yang dimainkan menggunakan alat musik, dalam hal ini keyboard. Ketepatan not angka sangat tergantung dengan tempo dan cara pengguna memasukkan input suara. Semakin cepat tempo lagu, ketepatan nadanya semakin rendah. Hal lain yang juga menjadi kelemahan sistem ini adalah tidak adanya penyaringan noise, terutama untuk masukan yang berasal dari suara manusia.

Untuk mengembangkan aplikasi ini, pada penelitian yang akan datang bisa dikembangkan program yang dapat mencari not angka lagu dengan tangga nada serta harga nada yang bervariasi. Selain itu, perlu adanya *pre-processing* yang baik untuk sinyal suara, agar sinyal suara yang diolah memiliki standar yang sama.

Daftar Pustaka

- Beard, J. H., Given, S.P., & Young, B.J. (1995). *A Discrete Fourier Transform Based Digital DTMF Detection Algorithm*. Diakses tanggal 10 April 2012 dari www.rootsecure.net/content/downloads/pdf/paper_dtmf.pdf
- Chrisantyo, L., Hartanto, R., Nugroho, L.E. (2012). Pengembangan Aplikasi Konversi Representasi Not Balok Ke Not Angka Untuk Paduan Suara Campur. *Jurnal Teknologi Komputer dan Informatika*, 8(1), Teknik Informatika Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta, 65-75.
- Kurnia, A. (n.d). *Penala Nada Alat Musik Menggunakan Alihagam Fourier*, diakses tanggal 26 Januari 2012 dari <http://eprints.undip.ac.id/25444/1/ML2F000574.pdf>
- Smith, S. W. (1997). *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. California: California Technical Publishing.
- Prasetya, B.W., Susanto, B., & Purwadi, J. (2008). Identifikasi Suara Pria dan Wanita Berdasarkan Frekuensi Suara. *Jurnal Teknologi Komputer dan Informatika*, 4(2), Teknik Informatika Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta, 10-17.