



ISSN 1412 5641

# MediaTeknika

## Jurnal Teknologi

Vol. 9, No. 2, Juni 2014

**Perancangan Antena Mikrostrip Slot untuk Antena Penerima  
Sistem Televisi Digital**

*Adrian Gulfyan Putranto, Aloysius Adya Pramudita*

**Penyelesaian Analitik Persamaan Air Dangkal  
Pada Masalah Bendungan Bobol**

*Lusia Krismiyati Budiasih*

**Order of Accuracy of Numerical Methods for Fluid Dynamics**

*Sudi Mungkasi*

**Penurunan Kandungan Minyak dan Lemak dalam Air Limbah  
Menggunakan Perpaduan Proses Elektrokoagulasi dan  
Adsorpsi**

*Sutanto, Danang Widjajanto*

**Pengenalan Nada Pianika Menggunakan Jendela Blackman  
Dan Ekstraksi Ciri Transformasi Fourier Cepat**

*Linggo Sumarno*

**Simulasi Operasi Logika pada Dua Buah Sinyal Digital**

*Djoko Untoro Suwarno, Kusminarto, Kuwat Triyana*

**Efisiensi Reduksi Bunyi Pada Penghalang Bersusunan Pagar**

*Dwiseno Wihadi*

# MediaTeknika

Volume 9 Nomor 2, Juni 2014

- Editor in Chief : Dr. Iswanjono
- Associate Editors : Sudi Mungkasi, Ph.D.  
Johanes Eka Priyatma, Ph.D.  
Dr. M. Linggo Sumarno
- Managing Editors : I Gusti Ketut Puja, M.T.  
Iwan Binanto, M.Cs.
- Administrator : Bernadeta Wuri Harini, M.T.  
Catharina Maria Sri Wijayanti, S.Pd.
- Reviewers : Dr. Hendra Gunawan Harno (Curtin University, Malaysia)  
Sudi Mungkasi, Ph.D. (USD)  
Dr. Lidyasari (Unika Atma Jaya)  
Dr Iswanjono (USD)  
I Gusti Ketut Puja, M.T. (USD)  
Dr. Pranowo (UAJY)
- Contact us : Media Teknika Journal Office  
Universitas Sanata Dharma  
Kampus III Paingan Yogyakarta  
Telp. (0274) 883037, 883986 ext. 2310, 2320  
Fax. (0274) 886529  
e-mail : [mediateknika@usd.ac.id](mailto:mediateknika@usd.ac.id)  
situs : <https://www.usd.ac.id/lembaga/lppm>

**MediaTeknika** is managed by Faculty of Science dan Technology, Sanata Dharma University for scientific communication in research areas of engineering, technology, and applied sciences

# MediaTeknika

Jurnal Teknologi

Vol. 9, No. 2, 2014

## DAFTAR ISI

<b>Perancangan Antena Mikrostrip Slot untuk Antena Penerima Sistem Televisi Digital</b> <i>Adrian Gulfan Putranto, Aloysius Adya Pramudita</i>	51 – 58
<b>Penyelesaian Analitik Persamaan Air Dangkal pada Masalah Bendungan Bobol</b> <i>Lusia Krismiyati Budiasih</i>	59 – 70
<b>Order of Accuracy of Numerical Methods for Fluid Dynamics</b> <i>Sudi Mungkasi</i>	71 – 76
<b>Penurunan Kandungan Minyak dan Lemak dalam Air Limbah Menggunakan Perpaduan Proses Elektrokoagulasi dan Adsorpsi</b> <i>Sutanto, Danang Widjajanto</i>	77 – 83
<b>Pengenalan Nada Pianika Menggunakan Jendela Blackman dan Ekstrasi Ciri Transformasi Fourier Cepat</b> <i>Linggo Sumarno</i>	84 – 93
<b>Simulasi Operasi Logika pada Dua Buah Sinyal Digital</b> <i>Djoko Untoro Suwarno, Kusminarto, Kuwat Triyana</i>	94 – 101
<b>Efisiensi Reduksi Bunyi pada Penghalang Bersusunan pagar</b> <i>Dwiseno Wihadi</i>	102 – 109

## Pengenalan Nada Pianika Menggunakan Jendela Blackman Dan Ekstraksi Ciri Transformasi Fourier Cepat

Linggo Sumarno

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universtas Sanata Dharma  
Kampus III Paingan Maguwoharjo Depok Sleman, Yogyakarta  
E-mail: lingsum@usd.ac.id

### Abstract

*This paper discussed the development of a computer-based system for the recognition of pianica tones. In particular, the objective of the discussion was finding the smallest number of feature extraction coefficients for pianica tones, at the highest recognition rate. In general, the tone recognition system that developed could be described by the following sequence of processes: frame blocking, normalization, windowing using a Blackman window, feature extraction using a FFT (Fast Fourier Transform), and a distance calculation using an Euclidean distance. Based on the test results using 120 test tones, the developed tone recognition system could achieve recognition rate up to 100%. The smallest number of feature extraction coefficients in order to achieve that recognition rate was 12 coefficients.*

**Keywords:** Tone recognition, pianica, Blackman window, FFT feature extraction

### 1. Pendahuluan

Pianika adalah alat musik tiup kecil sejenis harmonika, yang mempunyai bilah-bilah *keyboard* yang luasnya sekitar tiga oktaf. Pianika dimainkan dengan tiupan langsung atau memakai pipa lentur yang dihubungkan ke mulut. Pianika tergolong alat musik tiup. Dalam bermain musik, pianika dapat digunakan untuk memainkan melodi pokok, kontra melodi, dan mengiringi lagu [1].

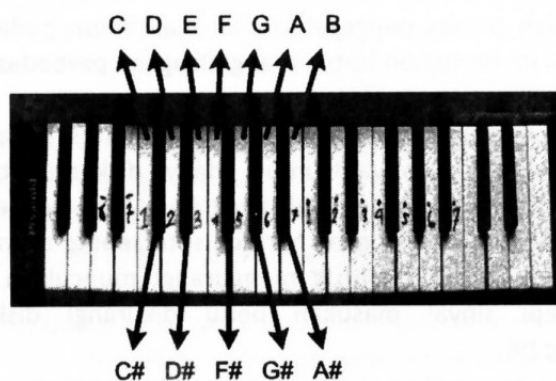
Secara umum, pada alat musik, tinggi rendahnya nada ditentukan oleh frekuensi dasar gelombang bunyi. Semakin tinggi frekuensi dasar gelombang bunyi, maka semakin tinggi nada yang dihasilkan, demikian pula sebaliknya [2]. Dalam hal pengenalan nada, umumnya para pemusik yang terlatih, dapat mengenali secara pasti nada apa terdengar di telinganya. Secara lebih umum, pengenalan berarti menghubungkan (mencocokkan) apa yang sedang terdengar dengan yang pernah terdengar di masa lampu [3]. Akan tetapi masih sangat sedikit yang diketahui tentang bagaimana pengenalan suara oleh manusia sesungguhnya bekerja [4].

Dengan kemajuan teknologi dewasa ini, dapat dibuat suatu komputer yang dapat meniru kemampuan pada pemusik yang terlatih dalam mengenali nada alat musik. Dalam meniru ini, umumnya prinsip dasar pengenalan nada dengan komputer adalah dengan membandingkan frekuensi dasar gelombang bunyi alat musik dengan frekuensi dasar nada referensi [2].

Pada penelitian sebelumnya, Hendra [5] mengembangkan pengenalan nada suling rekorder menggunakan jendela Kaiser, ekstraksi ciri Transformasi Fourier Cepat (FFT), dan fungsi jarak Chebyshev. Untuk mendapatkan tingkat pengenalan 100%, sekurang-kurangnya diperlukan sejumlah 64 koefisien FFT untuk ekstraksi ciri. Surya [6] mengembangkan pengenalan nada pianika menggunakan jendela Kaiser, ekstraksi ciri FFT, dan fungsi korelasi. Untuk mendapatkan tingkat pengenalan 100%, sekurang-kurangnya diperlukan sejumlah 128 koefisien FFT untuk ekstraksi cirinya. Sumarno [7] mengembangkan lebih lanjut pengenalan nada pianika menggunakan jendela Gaussian, ekstraksi ciri DCT, dan jarak Kosinus. Untuk tingkat pengenalan 100%, sekurang-kurangnya diperlukan sejumlah 32 koefisien DCT untuk

ekstraksi cirinya Dengan melihat besarnya jumlah koefisien yang diperlukan untuk ekstraksi ciri tersebut, dapat dilihat bahwa penelitian pengenalan nada untuk mengurangi jumlah koefisien ekstraksi ciri masih terbuka lebar.

Pada penelitian yang dilaksanakan, dibuat suatu sistem pengenalan nada pianika yang dapat mengenali nada C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, dan B, yang diperlihatkan pada Gambar 1. Sistem yang dibuat tersebut masukannya berupa nada dalam format wav, sedangkan keluarannya berupa teks yang mengindikasikan nada yang dikenali. Dalam tulisan ini, dikaji pengaruh variasi nilai  $\alpha$  jendela Blackman pada proses *windowing*, variasi panjang FFT, serta variasi jumlah koefisien FFT yang dipilih pada pada proses ekstraksi ciri, terhadap tingkat pengenalan nada. Secara khusus, tujuan dari penelitian yang dilaksanakan adalah mencari jumlah koefisien FFT terkecil (yang merupakan koefisien ekstraksi ciri), pada tingkat pengenalan yang tertinggi.



Gambar 1. Nada-nada yang dikenali pada pianika [6].

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bahan dan Alat

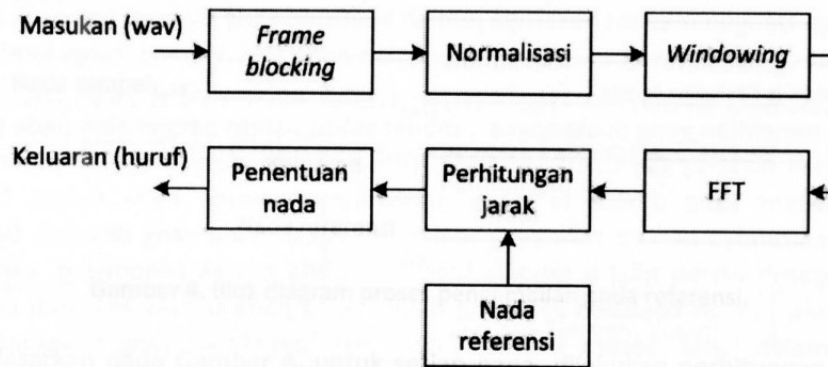
Bahan penelitian berupa suara pianika dalam format wav, yang diperoleh dengan merekam suara pianika dengan *sampling rate* 4800 Hz. Besaran *sampling rate* ini dipilih karena sesuai dengan kriteria Nyquist yaitu besarnya *sampling rate* minimum adalah dua kali frekuensi tertinggi sebesar 2050 Hz (untuk nada B). Berdasarkan hasil pengamatan, durasi perekaman selama 2 detik sudah memadai, karena suara yang dihasilkan sudah stabil, terutama di daerah deretan data tengah, yang dipilih untuk keperluan *frame blocking* [6].

Alat penelitian berupa pianika merek Pyramid seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1 di atas. Mikروفon Genius MIC-01A. Seperangkat komputer dengan prosesor Intel Core 2 Duo E7500, dengan RAM 3GB, yang dilengkapi dengan perangkat lunak MATLAB.

### 2.2 Perancangan Sistem Pengenalan Nada

Proses pengenalan nada diperlihatkan blok diagramnya pada Gambar 2. Masukan berupa *wav file* dan keluaran berupa huruf yang menandakan nada yang dikenali.

**Frame blocking** adalah proses pengambilan suatu *frame* sinyal dari suatu deretan sinyal yang panjang [8]. *Frame blocking* bertujuan untuk mengurangi jumlah data sinyal yang akan diproses, yang efeknya adalah untuk pengurangan waktu komputasi. Pada penelitian ini *frame* sinyal yang diambil adalah *frame* yang ada di tengah-tengah deretan sinyal. Lebar *frame* yang dievaluasi pada penelitian ini, disesuaikan dengan panjang FFT yang dievaluasi, yaitu 16, 32, 64, 128, dan 256 titik.

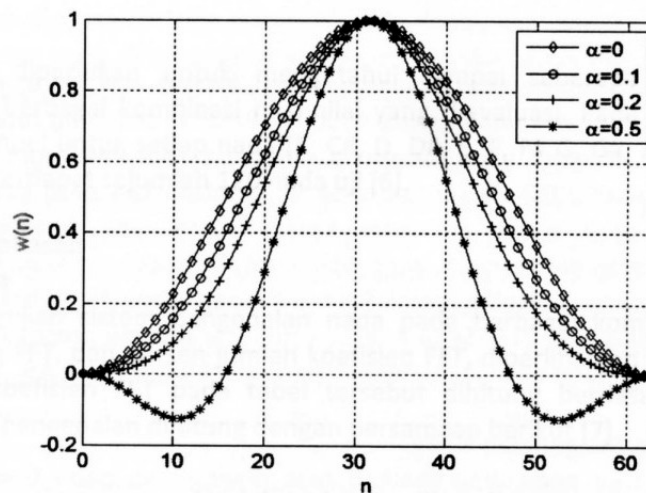


Gambar 2. Blok diagram sistem pengenalan nada pianika.

**Normalisasi** adalah proses pengesetan nilai maksimum pada deretan sinyal supaya bernilai satu. Normalisasi ini bertujuan untuk menghilangkan perbedaan nilai maksimum pada sejumlah deretan data hasil perekaman [6].

**Windowing** adalah proses pengurangan diskontinuitas pada tepi-tepi sinyal. Pada suatu proses perekaman sinyal, biasanya dijumpai adanya diskontinuitas pada tepi-tepi sinyal. Hal ini akan memunculkan banyaknya sinyal-sinyal harmonis frekuensi tinggi pada proses ekstraksi ciri FFT. Munculnya sinyal-sinyal harmonis tersebut, akan dapat mempengaruhi keakuratan hasil ekstraksi ciri FFT. Untuk mengurangi munculnya sinyal-sinyal harmonis tersebut, maka tepi-tepi sinyal masukan perlu dikurangi diskontinuitasnya dengan menggunakan *windowing* [9].

Jendela Blackman merupakan suatu jendela yang dapat digunakan untuk keperluan *windowing*. Secara grafis, jendela Blackman merupakan suatu jendela yang dapat diatur keruncingannya dengan mengatur nilai  $\alpha$ , sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh jendela Blackman 64 titik dengan nilai  $\alpha$  yang beragam.

Jendela Blackman  $w(n)$  dengan lebar  $N$  titik didefinisikan dengan [10]

$$w(n) = a_0 - a_1 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + a_2 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right) \quad (1)$$

dengan  $a_0=(1-\alpha)/2$ ,  $a_1=1/2$ , dan  $a_2=\alpha/2$ . Dalam penelitian ini, nilai  $\alpha$  dari jendela Blackman dievaluasi pada nilai-nilai 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; dan 0,6.

**FFT (Fast Fourier Transform)** adalah proses pengubahan deretan sinyal diskrit dari ranah waktu menjadi ranah frekuensi. FFT adalah suatu cara yang cepat untuk menghitung DFT (*Discrete Fourier Transform*). Secara matematis, DFT dari suatu sinyal diskrit  $x(n)$  dengan menggunakan  $N$  titik DFT dirumuskan berikut

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{nk} \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2)$$

dengan

$$W_N = e^{-j2\pi/N} \quad (3)$$

Secara numeris, beban komputasi DFT cukup berat, karena memerlukan sejumlah  $N^2$  perkalian kompleks. Supaya beban komputasinya lebih ringan, dapat digunakanlah FFT yang hanya memerlukan sejumlah  $N/2 \log_2 N$  perkalian kompleks. Sebagai catatan, FFT dengan beban komputasi tersebut adalah untuk FFT jenis *radix-2* [11].

Sebagian sinyal hasil FFT, dapat digunakan sebagai ekstraksi ciri dari sinyal ranah waktu. Sebagian sinyal ini dapat diambil dari koefisien FFT ke-1 hingga (yang maksimum) ke- $n$ , dengan  $n$  adalah panjang FFT yang digunakan. Dalam penelitian ini dievaluasi sejumlah  $c$  koefisien FFT yang dirumuskan dengan [7]

$$c = \lfloor p \times n \rfloor \quad (4)$$

dengan  $p = 10\%$ ,  $20\%$ ,  $30\%$ ,  $40\%$ ,  $50\%$ ,  $60\%$ , dan  $70\%$ , yang merupakan persentase jumlah koefisien FFT, serta  $n$  adalah panjang FFT.

**Perhitungan Jarak** adalah proses penghitungan jarak antara sebuah hasil ekstraksi ciri data masukan dengan hasil ekstraksi ciri dari sejumlah nada yang ada pada nada referensi. Jarak Euclidean merupakan suatu fungsi jarak yang umum digunakan [12]. Jarak Euclidean ini dirumuskan oleh

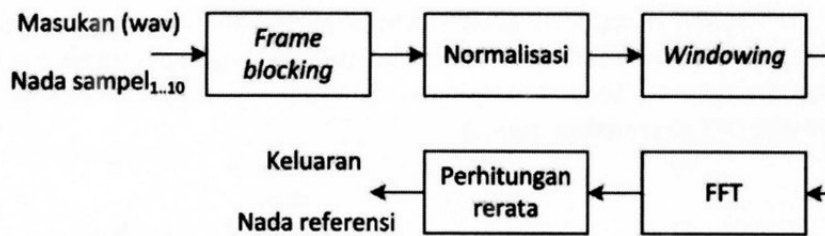
$$E(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2} \quad (5)$$

dengan  $\mathbf{x}$  dan  $\mathbf{y}$  adalah dua vektor yang panjangnya sama (salah satu vektor adalah vektor yang akan diklasifikasi, serta vektor yang lain adalah vektor yang disimpan yang digunakan sebagai pembandingan), dan  $m$  adalah jumlah variabel masukan (panjang dari vektor  $\mathbf{x}$  atau  $\mathbf{y}$ ). Pada penelitian ini ada sejumlah 12 nada hasil ekstraksi ciri pada nada referensi. Sejumlah 12 nada pada data referensi ini adalah sebagai referensi untuk nada-nada C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, dan B.

**Penentuan nada** adalah proses untuk menentukan nada hasil pengenalan. Penentuan nada ini dilakukan dengan cara mencari nilai minimum dari sejumlah 12 nilai perhitungan jarak. Suatu nada yang mempunyai nilai jarak minimum, ditentukan sebagai nada keluaran [7].

### 2.3 Nada Referensi

Nada referensi diperlukan pada proses perhitungan jarak. Untuk membuat nada referensi, penulis mengambil sejumlah 10 sampel untuk nada-nada C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, dan B. Penulis mengasumsikan, dengan pengambilan 10 sampel untuk setiap nada, semua variasi spektrum untuk setiap nada sudah didapatkan. Karena dari 12 nada tersebut ada 10 sampel untuk setiap nada, maka secara total diperlukan sejumlah 120 nada untuk membuat nada referensi [6]. Gambar 4 memperlihatkan blok diagram proses pembuatan nada referensi.



Gambar 4. Blok diagram proses pengambilan nada referensi.

Berdasarkan pada Gambar 4, untuk setiap nada, dilakukan perhitungan ekstraksi ciri FFT dari sejumlah 10 sampel. Selanjutnya, dilakukan perhitungan rerata atas sejumlah ekstraksi ciri FFT tersebut. Perhitungan rerata ini diperlihatkan pada persamaan berikut

$$\text{Nada referensi}_k = \frac{\sum_{i=1}^{10} (\text{Ekstraksi ciri FFT nada sampel}_k)_i}{10} \quad (6)$$

dengan  $k$  adalah nada C, C#, D, D#, E, F, F# G, G#, A, A#, dan B. Dengan demikian, untuk pemrosesan 12 nada yang berdasarkan Gambar 5 di atas, akan didapatkan satu set nada referensi yang terdiri atas 12 nada yaitu C, C#, D, D#, E, F, F# G, G#, A, A# dan B.

Dalam penelitian ini, terdapat sejumlah 245 set nada referensi, yang dibuat dengan berdasarkan kombinasi nilai-nilai yang dievaluasi yang telah dideskripsikan di atas. Nilai-nilai yang dievaluasi tersebut adalah sebagai berikut

- Nilai  $\alpha$  jendela Blackman: 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6.
- Panjang FFT (titik): 16, 32, 64, 128, 256.
- Persen jumlah koefisien FFT: 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% .

#### 2.4 Nada Uji

Nada uji diperlukan untuk mengetahui sampai seberapa jauh kinerja sistem pengenalan pada berbagai kombinasi nilai-nilai yang dievaluasi. Pada penelitian ini, penulis mengambil 10 sampel untuk setiap nada (C, C#, D, D#, E, F, F# G, G#, A, A# dan B), sehingga dengan demikian terdapat sejumlah 120 nada uji [6].

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pengujian

Hasil pengujian sistem pengenalan nada pada berbagai kombinasi nilai  $\alpha$  jendela Blackman, panjang FFT, dan persen jumlah koefisien FFT, diperlihatkan pada Tabel 1. Sebagai catatan, jumlah koefisien FFT pada tabel tersebut dihitung berdasarkan persamaan (6), sedangkan tingkat pengenalan dihitung dengan persamaan berikut [7]

$$\text{Tingkat pengenalan} = \frac{\text{Jumlah nada yang dikenali}}{\text{Jumlahnadauji}} \times 100\% \quad (7)$$

dengan jumlah nada uji, seperti yang telah dideskripsikan di atas, adalah 120 nada.

#### 3.2 Pengaruh Nilai $\alpha$ pada Jendela Blackman

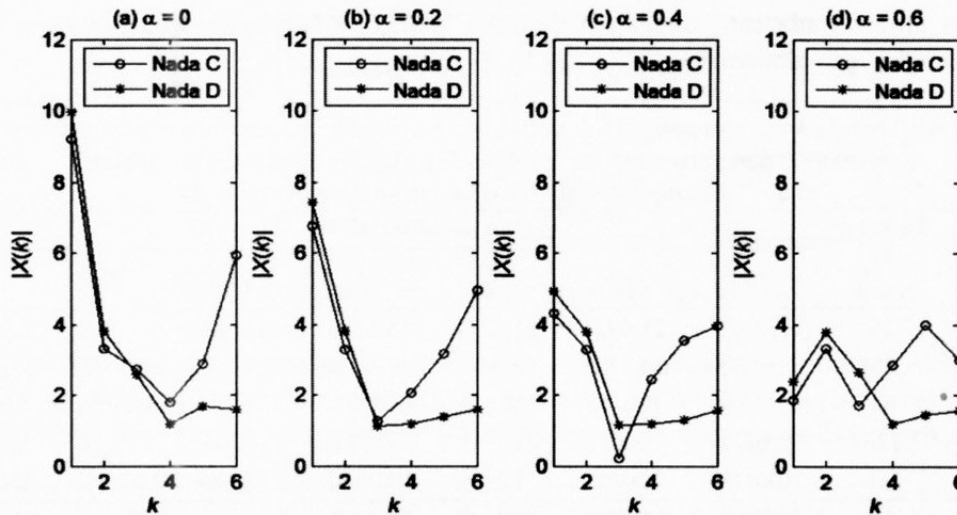
Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa jika nilai  $\alpha$  semakin besar, secara umum akan menyebabkan turunnya tingkat pengenalan. Penyebab terjadinya hal ini diperlihatkan secara pada Gambar 5 dan Tabel 2. Pada Gambar 5, untuk nilai  $\alpha$  yang semakin besar, akan menyebabkan sebaran nilai koefisien FFT antara nada satu dengan yang lainnya semakin berdekatan. Akibat dari hal tersebut diperlihatkan pada Tabel 2, yaitu dengan makin turunnya jarak Euclidean jika nilai  $\alpha$  jendela Blackman makin besar. Hal ini berarti, makin susah



dibedakan antara nada satu dengan nada yang lainnya. Kejadian ini menyebabkan makin turunnya tingkat pengenalan.

**Tabel 1.** Hasil pengujian sistem pengenalan nada pada berbagai kombinasi nilai  $\alpha$  jendela Blackman, panjang FFT, dan persen jumlah koefisien FFT. Hasil yang ditampilkan adalah:  
Tingkat pengenalan (%)/Jumlah koefisien FFT.

Nilai $\alpha$ Jendela Blackman	Panjang FFT, $n$ titik	Persen jumlah koefisien FFT, $p$ (%)						
		10	20	30	40	50	60	70
0	16	15,83/1	21,67/3	21,67/4	25,83/6	25,00/8	25,00/9	25,83/11
	32	19,17/3	54,17/6	60,00/9	66,67/12	68,33/16	68,33/19	69,17/22
	64	96,67/6	100/12	100/19	100/25	100/32	100/38	100/44
	128	100/12	100/25	100/38	100/51	100/64	100/76	100/89
	256	100/25	100/51	100/76	100/102	100/128	100/153	100/179
0,1	16	12,50/1	21,67/3	22,50/4	28,33/6	30,00/8	30,00/9	29,17/11
	32	15,00/3	46,67/6	49,17/9	56,67/12	56,67/16	56,67/19	57,50/22
	64	90,83/6	100/12	100/19	100/25	100/32	100/38	100/44
	128	100/12	100/25	100/38	100/51	100/64	100/76	100/89
	256	100/25	100/51	100/76	100/102	100/128	100/153	100/179
0,2	16	15,83/1	18,33/3	23,33/4	25,00/6	21,67/8	22,33/9	25,83/11
	32	9,17/3	33,33/6	37,50/9	47,50/12	47,50/16	47,50/19	47,50/22
	64	78,33/6	97,50/12	99,17/19	99,17/25	99,17/32	99,17/38	99,17/44
	128	99,17/12	100/25	100/38	100/51	100/64	100/76	100/89
	256	100/25	100/51	100/76	100/102	100/128	100/153	100/179
0,3	16	12,50/1	16,67/3	21,67/4	25,83/6	27,50/8	27,50/9	28,33/11
	32	9,17/3	22,50/6	25,83/9	36,67/12	36,67/16	36,67/19	38,33/22
	64	60,83/6	93,33/12	93,33/19	96,67/25	96,67/32	96,67/38	97,50/44
	128	98,33/12	100/25	100/38	100/51	100/64	100/76	100/89
	256	100/25	100/51	100/76	100/102	100/128	100/153	100/179
0,4	16	10,83/1	11,67/3	15,83/4	20,83/6	22,50/8	22,50/9	24,17/11
	32	10,00/3	16,67/6	20,83/9	27,50/12	27,50/16	27,00/19	30,83/22
	64	50,00/6	84,17/12	83,33/19	90,00/25	90,00/32	90,00/38	90,83/44
	128	97,50/12	100/25	100/38	100/51	100/64	100/76	100/89
	256	100/25	100/51	100/76	100/102	100/128	100/153	100/179
0,5	16	14,17/1	11,67/3	15,00/4	17,50/6	18,33/8	18,83/9	22,50/11
	32	16,67/3	17,50/6	20,00/9	25,00/12	25,83/16	25,83/19	30,00/22
	64	39,17/6	80,83/12	82,50/19	84,17/25	84,17/32	84,17/38	84,17/44
	128	97,50/25	100/25	100/38	100/51	100/64	100/76	100/89
	256	100/25	100/51	100/76	100/102	100/128	100/153	100/179
0,6	16	15,83/1	16,67/3	16,67/4	19,17/6	21,67/8	21,67/9	22,50/11
	32	15,00/3	20,83/6	25,00/9	28,83/12	29,17/16	29,17/19	30,83/22
	64	35,83/6	78,83/12	80,83/19	81,67/25	81,67/32	81,67/38	81,67/44
	128	97,50/25	100/25	100/38	100/51	100/64	100/76	100/89
	256	100/25	100/51	100/76	100/102	100/128	100/153	100/179



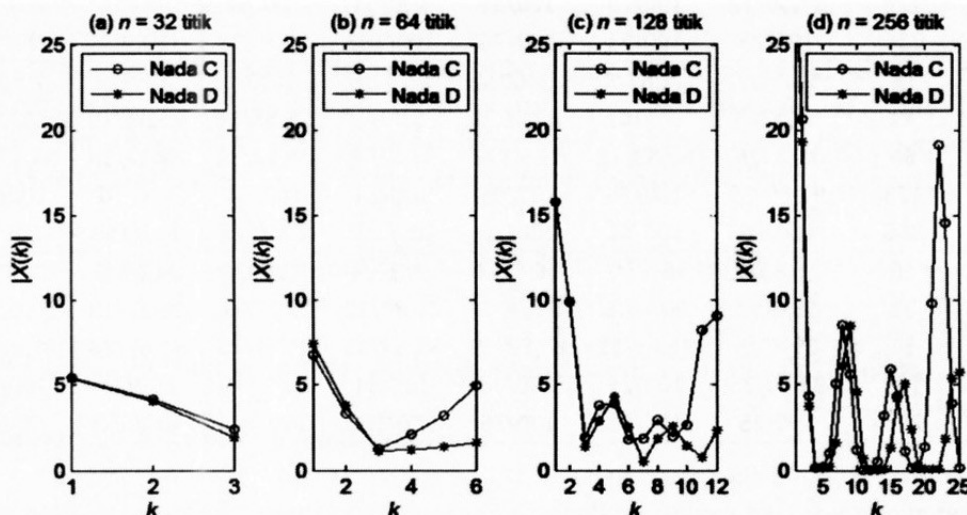
Gambar 5. Pengaruh nilai  $\alpha$  jendela Blackman, terhadap hasil FFT,  $|X(k)|$ , untuk penggunaan panjang FFT,  $n = 64$  titik, dan persen jumlah koefisien FFT,  $p = 10\%$ .

Tabel 2. Jarak Euclidean untuk hasil ekstraksi ciri nada C dan D pada Gambar 5.

Nilai $\alpha$ jendela Blackman	Jarak Euclidean
0	4,63
0,2	4,00
0,4	3,72
0,6	3,55

### 3.3 Pengaruh Panjang FFT

Berdasarkan Tabel 1, terlihat pula bahwa bila nilai  $n$  yang digunakan semakin besar, secara umum akan menyebabkan naiknya tingkat pengenalan. Penyebab terjadinya hal ini diperlihatkan pada Gambar 6 dan Tabel 3. Pada Gambar 6, untuk nilai  $n$  yang semakin besar, akan menyebabkan makin banyaknya koefisien FFT yang digunakan untuk membedakan antara nada yang satu dengan nada yang lainnya. Akibat dari hal tersebut diperlihatkan pada Tabel 3, yaitu dengan makin naiknya jarak Euclidean jika makin banyak koefisien FFT yang digunakan. Hal ini berarti, akan makin mudah dibedakan antara nada yang satu dengan nada yang lainnya. Kejadian ini menyebabkan makin naiknya tingkat pengenalan.



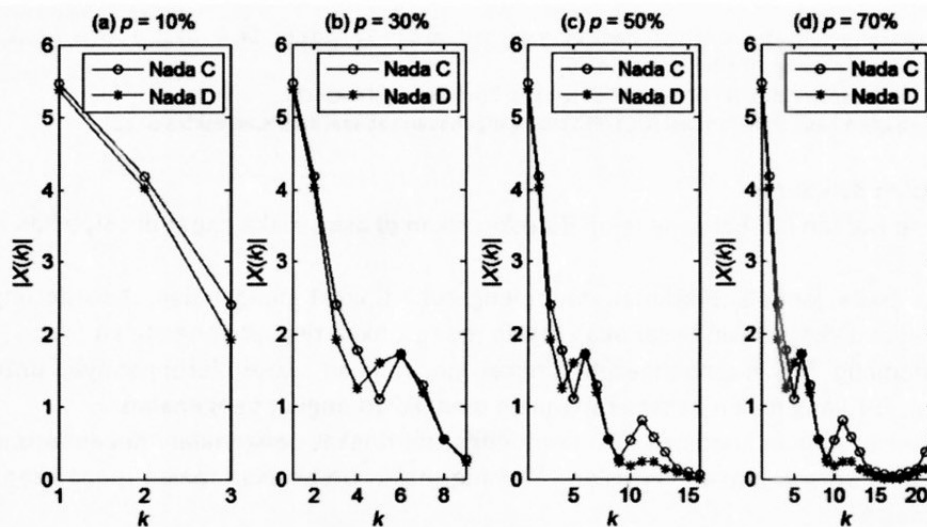
Gambar 6. Pengaruh panjang FFT,  $n$ , terhadap hasil FFT,  $|X(k)|$ , untuk penggunaan nilai  $\alpha = 0,2$  pada jendela Blackman, dan persen jumlah koefisien FFT,  $p = 10\%$ .

**Tabel 3.** Jarak Euclidean untuk hasil ekstraksi ciri nada C dan D pada Gambar 6.

Panjang FFT (titik)	Jarak Euclidean
32	0,51
64	4,00
128	10,41
256	27,39

### 3.4 Pengaruh Persen Jumlah Koefisien FFT

Berdasarkan Tabel 1 pula, terlihat bahwa bila nilai  $p$  yang digunakan semakin besar, secara umum akan menyebabkan naiknya tingkat pengenalan. Penyebab terjadinya hal ini diperlihatkan pada Gambar 7 dan Tabel 4. Pada Gambar 7, untuk nilai  $p$  yang semakin besar, akan menyebabkan makin banyaknya koefisien FFT yang digunakan untuk membedakan antara nada yang satu dengan nada yang lainnya. Akibat dari hal tersebut diperlihatkan pada Tabel 4, yaitu dengan makin naiknya jarak Euclidean jika makin banyak koefisien FFT yang digunakan. Hal ini berarti, akan makin mudah dibedakan antara nada yang satu dengan nada yang lainnya. Kejadian ini menyebabkan makin naiknya tingkat pengenalan.

**Gambar 7.** Pengaruh persen jumlah koefisien FFT,  $p$ , terhadap hasil FFT,  $|X(k)|$ , untuk penggunaan nilai  $\alpha = 0,2$  pada jendela Blackman, dan panjang FFT,  $n = 32$ .**Tabel 4.** Jarak Euclidean untuk hasil ekstraksi ciri nada C dan D pada Gambar 6.

Persen jumlah koefisien FFT (%)	Jarak Euclidean
10	0,51
30	0,89
50	1,19
70	1,27

### 3.5 Jumlah Koefisien FFT yang Terkecil

Untuk mencari jumlah koefisien FFT yang terkecil, yang menghasilkan tingkat pengenalan 100%, dapat dilakukan dengan mengekstraksi Tabel 1. Hasil dari dari ekstraksi tersebut diperlihatkan pada Tabel 5. Sebagaimana terlihat pada Tabel 5, dengan berdasarkan jumlah koefisien ekstraksi ciri yang terkecil, untuk mendapatkan tingkat pengenalan hingga 100%, diperlukan jendela Blackman dengan nilai  $\alpha = 0$  atau 0,1, FFT dengan panjang 64 atau 128 titik, serta sejumlah 12 koefisien FFT yang merupakan koefisien ekstraksi ciri.

**Tabel 5.** Ekstraksi Tabel 1 yang memperlihatkan pengaruh nilai  $\alpha$  jendela Blackman terhadap

jumlah koefisien FFT/panjang FFT, pada tingkat pengenalan 100%.							
Nilai $\alpha$ jendela Blackman	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Jumlah koefisien FFT, $c/$	12/64	12/64	25/128	25/128	25/128	25/128	25/128
Panjang FFT, $n$ titik	12/128	12/128	25/256	25/256	25/256	25/256	25/256

### 3.6 Perbandingan Jumlah Koefisien Ekstraksi Ciri dengan Metode yang Lain

Perbandingan jumlah koefisien ekstraksi ciri dari metode yang dipakai pada penelitian ini, dengan metode-metode yang lain pada [6] dan [7], diperlihatkan pada Tabel 6. Terlihat pada Tabel 6, metode yang dipakai pada penelitian ini, memberikan jumlah koefisien ekstraksi ciri yang secara signifikan terkecil.

**Tabel 6.** Jumlah koefisien ekstraksi ciri terkecil, yang menghasilkan tingkat pengenalan 100%, untuk beberapa metode pada pengenalan nada pianika<sup>\*)</sup>.

Metode	Jendela Kaiser, FFT, dan Korelasi [6]	Jendela Gaussian, DCT, dan jarak Kosinus [7]	Jendela Blackman, FFT, dan jarak Euclidean
Jumlah koefisien ekstraksi ciri	128 <sup>**)</sup>	32 <sup>***)</sup>	12 <sup>***)</sup>

**Catatan:**

\*) Menggunakan sejumlah 120 sampel nada uji, yang berasal dari 12 nada (C, C#, D, D#, E, F, F# G, G#, A, A#, dan B) yang masing-masing diambil 10 sampel [6].

\*\*) Seluruh hasil transformasi (FFT) digunakan sebagai koefisien ekstraksi ciri.

\*\*\*) Hanya sebagian hasil transformasi (DCT/FFT) yang digunakan sebagai koefisien ekstraksi ciri.

### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hal-hal yang telah dideskripsikan di atas, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut.

- Nilai  $\alpha$  pada jendela Blackman mempengaruhi tingkat pengenalan. Kecenderungannya, untuk nilai  $\alpha$  yang makin besar akan makin menurunkan tingkat pengenalan.
- Nilai panjang FFT mempengaruhi tingkat pengenalan. Kecenderungannya, untuk nilai panjang FFT yang makin besar akan makin menaikkan tingkat pengenalan.
- Nilai persen jumlah koefisien FFT mempengaruhi tingkat pengenalan. Kecenderungannya, untuk nilai persen jumlah koefisien FFT yang makin besar akan makin menaikkan tingkat pengenalan.
- Dengan berdasarkan jumlah koefisien ekstraksi ciri yang terkecil, untuk mendapatkan tingkat pengenalan hingga 100%, diperlukan jendela Blackman dengan nilai  $\alpha = 0$  atau 0,1, FFT dengan panjang 64 atau 128 titik, serta sejumlah 12 koefisien FFT yang merupakan koefisien ekstraksi ciri.

Berikut ini saran-saran untuk mengembangkan lebih lanjut penelitian ini.

- Pengembangan sistem pengenalan nada pianika menjadi sistem yang dapat dengan segera mengenali nada yang dimainkan (sistem yang *real-time*), sehingga tidak perlu merekam dulu nada yang akan dikenali.
- Pengembangan sistem pengenalan nada pianika menjadi sistem pengenalan deretan nada pianika, yang berguna untuk transkripsi musik.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dionysius Edwin Surya atas bantuannya dalam pengambilan data penelitian.

**Daftar Pustaka**

- [1] Purnomo W, Subagyo F. Terampil Bermusik untuk SMP dan MTs. Jakarta: Pusat Perbukuan, Kementerian Pendidikan Nasional. 2010.
- [2] Kurnia A. Penala Nada Alat Musik menggunakan Alihragam Fourier. Undergraduate Thesis. Semarang: UNDIP; 2011.
- [3] McAdams S. Recognition of Auditory Sound Sources and Events. Thinking in Sound: The Cognitive Psychology of Human Audition. Oxford: Oxford University Press. 1993.
- [4] Martin KD. Sound-Source Recognition: A Theory and Computational Model. PhD Thesis. Massachusetts: MIT; 1999.
- [5] Hendra M, Sumarno L. *Pengenalan Nada Suling Rekorder Menggunakan Fungsi Jarak Chebyshev*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2012. Institut Sains dan Teknologi AKPRIND. Yogyakarta. 2012; B-82 - B-89.
- [6] Surya DE, Sumarno L. *Pengenalan Nada Pianika Menggunakan Jendela Kaiser, FFT, dan Korelasi*. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (RETI) 2012. Yogyakarta. 2012; 151-157.
- [7] Sumarno, L. Pengenalan Nada Pianika Menggunakan Jendela Gaussian, DCT, dan Jarak Kosinus. *Jurnal Penelitian*. 2013; 17(1): 8-15.
- [8] Kartikasari YE. Pembuatan Software Pembuka Program Aplikasi Komputer Berbasis Pengenalan Sinyal Suara. Tugas Akhir S1. Surabaya: PENS-ITS; 2006.
- [9] Meseguer NA. Speech Analysis for Automatic Speech Recognition. MSc Thesis. Trondheim: NTNU; 2009.
- [10] Oppenheim AV, Schaffer RW. Discrete-Time Signal Processing. New Jersey: Prentice-Hall Inc. 1989.
- [11] Proakis JG, Manolakis DG. Digital Signal Processing: Principles, Algorithm, and Applications, 4<sup>th</sup> Edition. New Jersey: Prentice Hall Inc. 2007.
- [12] Wilson DR, Martinez TR. 1997. Improved Heterogeneous Distance Function. *Journal of Artificial Intelligence Research*. 2007; 6: 1-34.