

# IMPLEMENTASI METODA *UNIT SELECTION SYNTHESIZER* DALAM PEMBUATAN *SPEECH SYNTHESIZER* SUARA SULING RECORDER

M. Ichwan, Milda Gustiana, Arief Syafiudin

Jurusan Teknik Informatika. Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Bandung

ichwan@itenas.ac.id, ariefsyafiudin@gmail.com

## ABSTRAK

Speech synthesizer adalah sebuah kemampuan menyerupai bicara manusia dimana komputer dapat merubah suatu kata dalam tulisan menjadi ucapan atau suara (text to speech). *Speech synthesizer* juga dikenal dengan teknologi Text-to-Speech. Namun, *speech synthesizer* tidak selamanya memerlukan text sebagai data. Unit Selection Synthesizer didasarkan dengan penggabungan segmen-segmen dari pembicaraan yang sudah direkam. Selama proses sintesis, metoda ini menggunakan suatu algoritma The Hunt and Black yang memilih salah satu unit dari beberapa pilihan dalam menemukan barisan unit yang memenuhi spesifikasi yang dikehendaki. Berdasarkan penelitian *speech synthesizer* dapat digunakan untuk pembuatan suara suling recorder yang berjenis soprano dan mempunyai nada dasar G. *Speech synthesizer* untuk suling recorder menggunakan nada dasar "La" sebagai nada dasar utama karena memiliki selisih terkecil yaitu 11,875. Hasil perhitungan frekuensi nada dasar mendekati frekuensi asli dari nada dasar G sehingga penelitian yang dilakukan dapat membuktikan bahwa suling recorder berjenis soprano memiliki nada dasar G.

**Kata Kunci :** Speech Synthesizer, Unit Selection Synthesizer, The Hunt and Black Algorithm, Suling recorder.

## ABSTRACT

*Speech synthesizer is a capability resembling human speech in which computers can transform a text in the form of data toward the voice (text to speech). Therefore, the speech synthesizer is also often known as technology Text-to-Speech. But besides that, the speech synthesizer does not always require the text as the data. Unit Selection Synthesizer based with the incorporation of segments of recorded speech. During the synthesis process, this method uses an algorithm The Hunt and Black choosing one of the units of the few options in finding the line unit that meets the desired specifications. Based on research, speech synthesizer can be used to manufacture of the manifold voice soprano flute and has a basic tone G. Speech synthesizer for flute using basic tone "La" as the main fundamental tone because it has the smallest difference which is 11.875. Basic tone frequency calculation results approaching the original frequency of the fundamental tone G so that the research conducted to prove that the manifold soprano recorder flute has a basic tone G.*

**Keywords :** *Speech Synthesizer, Unit Selection Synthesizer, The Hunt and Black Algorithm, Flute.*

## 1. LATAR BELAKANG

*Speech Synthesizer* merupakan sebuah studi atau bidang mengenai bagaimana merancang suatu sistem yang dapat membaca dengan menghasilkan suara. Berdasarkan hal tersebut, terdapat tiga proses yang dilakukan yaitu proses membaca, proses menghasilkan suara, dan perancangan sistem yang dapat membaca dan mengeluarkan suara. Proses perubahan teks tertulis menjadi ucapan merupakan suatu teknik bernama TTS (*Text to Speech*) atau bisa disebut juga sebagai *speech synthesizer*.

*Unit Selection Synthesizer* adalah suatu metode sintesis yang biasa digunakan dalam TTS. Metode ini digunakan untuk memodifikasi sebuah sinyal suara seminimal mungkin untuk dapat menghasilkan suara seperti suara aslinya. Modifikasi yang dilakukan yaitu dengan cara *The Hunt and Black Algorithm*. *The Hunt and Black Algorithm* adalah sebuah algoritma modifikasi untuk menemukan kondisi yang terbaik dengan menggunakan berbagai parameter yang didapat dalam sinyal suara.

Suling recorder adalah sebuah alat musik alternatif yang dapat menghasilkan nada dengan cara ditiup. Suling recorder mudah digunakan dan didapatkan dengan harga yang terjangkau.

*Speech synthesizer* digunakan untuk membuat suara suling recorder diharapkan dapat membuat suling recorder menjadi lebih modern, menarik, dan mudah digunakan.

## 2. RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah yang disusun pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana proses *speech synthesizer* untuk menghasilkan nada suling recorder dengan menggunakan metoda *Unit Selection Synthesizer*.
2. Bagaimana cara menentukan suara nada suling recorder dari *frekuensi* sebuah nada dasar suling recorder dengan menggunakan *The Hunt and Black Algorithm*.

## 3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan penggunaan *Speech Synthesizer* dalam menghasilkan suara suling recorder dengan menggunakan metoda *unit selection synthesizer*.

## 4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditentukan pada penelitian ini adalah:

1. Suling recorder yang dijadikan penelitian berjenis Soprano (*Descant*).
2. *Sampling rate* yang digunakan adalah 8000Hz.

## 5. Nada Dasar <sup>[2]</sup>

Nada merupakan unsur yang utama dalam sebuah musik, nada juga dapat diartikan sebagai bunyi yang berirama, yaitu memiliki frekuensi tunggal tertentu. Nada dasar merupakan nada pertama yang dijadikan sebagai dasar dalam menentukan susunan nada dalam sebuah tangga nada.

Nada A yang memiliki frekuensi 440 Hz ditetapkan menjadi nada dasar dari suara musik. Untuk mendapatkan frekuensi nada-nada yang lain dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$f = f_0 * 2^{\frac{n}{12}} \text{ Hz} \quad (1)$$

Dimana :

$f$  = Frekuensi dari nada-nada yang lain

$f_0$  = Ketentuan nilai untuk nada dasar A

$n$  = Langkah (oktaf) dari nada-nada yang akan di cari.

**Tabel 1 Nada dasar dan Oktaf**

Suara Nada	Nilai Langkah Oktaf (n)
C (Do)	-9
C#	-8
D (Re)	-7
D#	-6
E (Mi)	-5
F (Fa)	-4
F#	-3
G (So)	-2
G#	-1
A (La)	0
A#	1
B (Si)	2
C'(Do')	-9 * 2

Berikut ini adalah nada-nada dasar berdasarkan frekuensi nada dan oktaf nada yang telah diakui secara internasional.

**Tabel 2 Frekuensi Nada dasar**

Oktaf	Frekuensi Nada (Hz)	
	C	D
1 (C)	32.703	36.708
2 (D)	65.406	73.416
3 (E)	130.87	146.83
4 (F)	261.63	293.66
5 (G)	523.25	587.33
6 (A)	1046.5	1174.7
7 (B)	2093	2349.3

**Tabel 3 Frekuensi Nada dasar**

Oktaf	Frekuensi Nada (Hz)	
	E	F
1 (C)	41.203	43.654
2 (D)	82.407	87.307
3 (E)	164.81	174.61
4 (F)	329.63	349.23
5 (G)	659.26	698.46
6 (A)	1318.5	1396.9
7 (B)	2637	2793.8

**Tabel 4 Frekuensi Nada dasar**

Oktaf	Frekuensi Nada (Hz)		
	G	A	B
1 (C)	48.999	55	61.735
2 (D)	97.999	110	123.47
3 (E)	196	220	246.94
4 (F)	392	440	493.88
5 (G)	783.99	880	987.77
6 (A)	1568	1760	1975.5
7 (B)	3136	3520	3951.1

## 6. *Speech Synthesizer*<sup>[1]</sup>

*Speech Synthesizer* adalah suatu studi mengenai bagaimana membuat suatu mesin, khususnya komputer untuk dapat membaca dengan mengeluarkan suara. Dengan demikian, proses tersebut terkait dengan tiga hal, yaitu proses membaca, proses berbicara, dan perihwal yang terkait untuk membuat mesin tersebut dapat melakukan kedua hal itu. *Text-to-Speech* merupakan suatu proses mengkonversi teks tertulis (*written text*) menjadi ucapan (*speech*). Dalam komunitas *engineering*, *TTS* sering disebut juga sebagai *speech synthesizer*.

## 7. *Unit Selection Synthesizer*<sup>[1]</sup>

*Unit selection synthesizer* adalah *resequencing algorithm* yang melakukan pembagian dalam *speech* kemudian mengaturnya kembali. Teknik seperti ini dikenal sebagai prinsip modifikasi terkecil (*principle of least modification*). Prinsip ini menjelaskan bahwa kealamian dari *original* basis data sudah tentu sempurna, dan modifikasi apapun yang kita lakukan seperti *trimming*, *joining*, atau menggunakan *signal processing* memiliki resiko merusak data suara yang asli, sehingga menghasilkan spesifikasi yang diinginkan dengan cara mengatur kembali data *original* sedikit mungkin sampai menghasilkan kualitas suara yang mirip dengan data yang asli.

## 8. *The Hunt and Black Algorithm*<sup>[1]</sup>

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan modifikasi terkecil diatas adalah dengan menggunakan algoritma yang telah dikembangkan oleh *Andrew Hunt* dan *Alan W. Black*.

Dalam kerangka kerja *Hunt and Black*, *unit selection* didefinisikan sebagai sebuah pencarian melalui semua unit yang memungkinkan untuk menemukan kemungkinan barisan unit yang terbaik. Parameter yang dipakai untuk perhitungan tersebut dapat bermacam-macam, seperti *pitch*, frekuensi, durasi, MFCC (*Mel-Frequency Cepstral Coefficient*), daya *signal*, dan *property* dari *signal* ucapan lainnya.

## 9. *Fast Fourier Transform (FFT)*<sup>[3]</sup>

Suatu sinyal didefinisikan sebagai besaran fisik yang berubah-ubah menurut waktu, ruang, atau variabel-variabel lainnya. Sinyal dapat dianalisis dari dua perbedaan sudut pandang, yaitu domain frekuensi dan domain waktu. Sinyal dapat direpresentasikan dalam kedua domain, baik domain waktu maupun domain frekuensi. Untuk merubah sinyal dari domain yang satu ke domain lainnya digunakan *Fourier Transform*.

FFT digunakan untuk mengubah sinyal dalam domain waktu menjadi domain frekuensi supaya sinyal yang bersifat analog tersebut dapat dibaca frekuensinya dan dapat diolah dalam bentuk digital.

Proses FFT dapat dilihat dalam persamaan (2.7) sebagai berikut:

$$f(n) = \sum_{k=0}^{N-1} y_k e^{-\frac{2\pi jkn}{N}}, n$$
$$= 0,1,2, \dots, N - 1 \quad (2)$$

Dengan:

$f(n)$  = frekuensi

$k$  = 0,1,2, ...,  $N - 1$

$N$  = jumlah sample pada masing-masing frame

$j$  = bilangan imajiner ( $\sqrt{-1}$ )

$$n = 1, 2, 3, \dots (N-1)$$

## 10. Kebutuhan Perangkat

Kebutuhan *hardware* dan *software* tersebut adalah sebagai berikut:

### 10.1 Hardware yang digunakan

Spesifikasi *hardware* yang digunakan sebagai berikut:

- Processor Intel Core i5
- Memory RAM 2GB
- Microphone

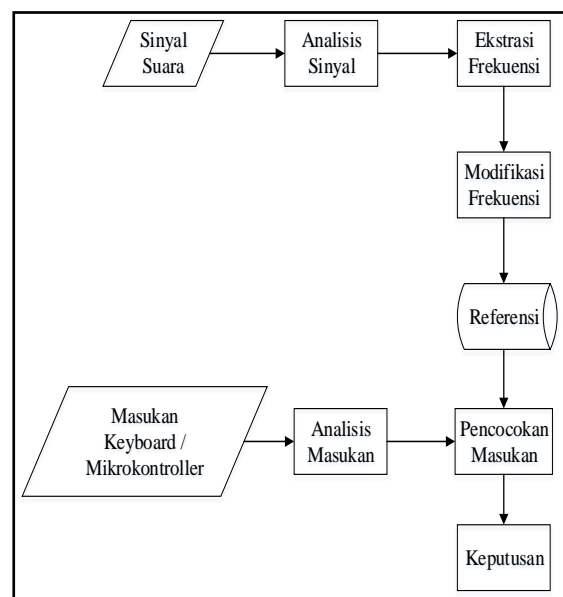
### 10.2 Software yang digunakan

Batasan-batasan software yang digunakan sebagai berikut:

- Perangkat lunak dikembangkan dengan menggunakan pemrograman Matlab R2013a.
- Aplikasi ini berjalan pada sistem operasi windows 7/8.
- Perangkat lunak yang digunakan untuk mikrokontroler.

## 11. Cara Kerja Sistem

Prosedur dari aplikasi suling recorder *synthesizer* ini dibuat sebuah model kerja sistem aplikasi secara umum seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1** Gambaran Sistem Kerja Aplikasi Pengenalan Ucapan

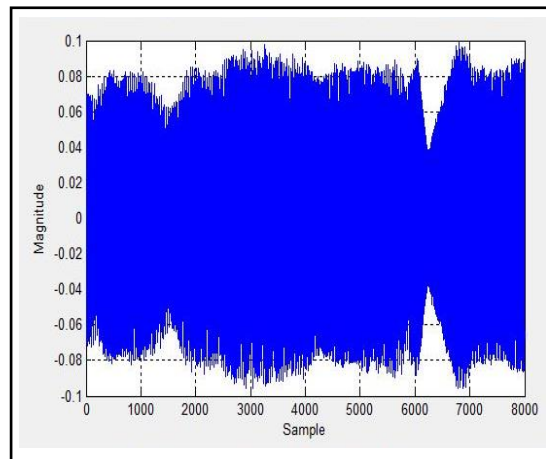
Langkah pertama dalam aplikasi yaitu mengambil sinyal suara yang sebelumnya telah direkam dalam format .wav. Perekaman suara dilakukan sebanyak 8 kali sesuai dengan jumlah nada dasar suling recorder yaitu do, re, mi, fa, so, la, si, dan do'.

Sinyal suara yang telah direkam kemudian dianalisis dengan menggunakan Matlab menjadi sebuah grafik yang menunjukkan banyaknya sampel perekaman dan besar magnitude dari sebuah sinyal suara.

Analisis dilakukan dengan menggunakan fungsi *plot* pada Matlab untuk menggambarkan sebuah grafik dari sinyal suara.

```
y=wavread('d:/Tugas Akhir/Nada/Nada_Dasar.wav');  
axes(handles.nada_axes);  
plot(y);
```

Aplikasi akan membaca sinyal suara yang dipilih oleh pengguna, kemudian aplikasi memilih *axes* yang akan digunakan sebagai grafik. Perintah plot digunakan sebagai perintah untuk menggambarkan grafik ke dalam *axes*, sehingga akan terbentuk sebuah grafik sinyal suara.



**Gambar 2 Grafik sinyal suara yang dianalisis**

Setelah dianalisis langkah selanjutnya adalah melakukan ekstraksi frekuensi pada sebuah sinyal suara untuk memperoleh nilai frekuensi yang nantinya akan dimodifikasi dan disimpan sebagai basis data.

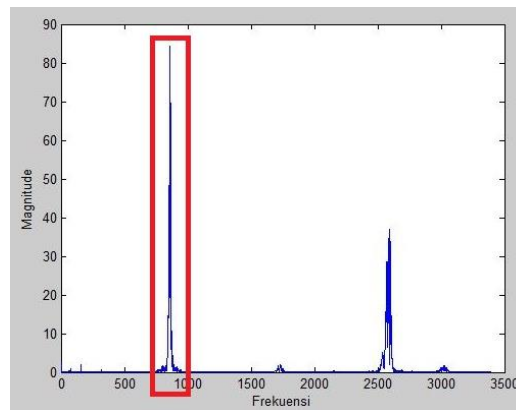
Nilai frekuensi diperoleh dengan cara menghitung jumlah sampel masing-masing *frame* dan menambahkan bilangan imajiner ( $\sqrt{-1}$ ). Dengan menggunakan Matlab frekuensi diperoleh dengan cara mengambil nilai tertinggi dari sebuah grafik frekuensi sinyal suara.

```
xfft = abs(fft(y));  
mag = 20*log10(xfft);  
mag = mag(1:end/2);  
[ymax,maxindex]= max(mag);
```

Ekstraksi frekuensi dilakukan dengan menggunakan fungsi *fast fourier tranform* (fft) pada Matlab. Aplikasi akan mengubah sinyal suara dengan fungsi fft menjadi nilai absolut fft dan grafik frekuensi, kemudian nilai absolut yang dihasilkan akan diubah menjadi besaran *desibel* untuk mengambil nilai frekuensi dasar yang akan dihitung untuk mendapatkan frekuensi nada dasar.



**Gambar 3 Nilai frekuensi sinyal suara**



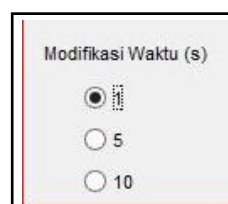
**Gambar 4 Grafik frekuensi sinyal suara**

Perhitungan frekuensi dilakukan untuk menemukan frekuensi nada-nada yang didasarkan pada sebuah nada. Perhitungan diperoleh dengan menggunakan rumus frekuensi nada dasar (rumus 1) yaitu mengalikan frekuensi dasar dengan langkah oktaf pada nada dasar sehingga akan menghasilkan 8 buah frekuensi untuk nada-nada dasar.

Rumus Frekuensi Nada : $\text{Frekuensi} = \text{Nada} * 2^{n/12} \text{ Hz}$	
C =	$860 * 2^{-9/12} = 511.359 \text{ Hz}$
D =	$860 * 2^{-7/12} = 573.981 \text{ Hz}$
E =	$860 * 2^{-5/12} = 644.272 \text{ Hz}$
F =	$860 * 2^{-4/12} = 682.582 \text{ Hz}$
G =	$860 * 2^{-2/12} = 766.173 \text{ Hz}$
A =	$860 * 2^{0/12} = 860 \text{ Hz}$
B =	$860 * 2^{2/12} = 965.317 \text{ Hz}$
C' =	$2 * (860 * 2^{-9/12}) = 1022.72 \text{ Hz}$

**Gambar 5 Perhitungan frekuensi**

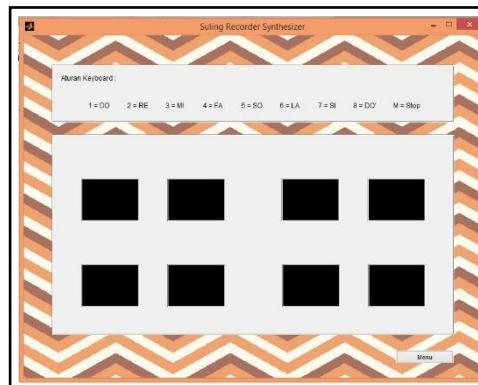
Proses modifikasi dilakukan dengan cara memberikan panjang waktu untuk 8 buah frekuensi. Modifikasi waktu yang terdapat dalam aplikasi yaitu 1 detik, 5 detik, dan 10 detik. Pengguna dapat memilih salah satu panjang waktu yang akan dijadikan suara nada dasar.



**Gambar 6 Modifikasi waktu**

Setelah melakukan proses modifikasi waktu, nada-nada dasar akan disimpan dan akan dijadikan referensi basis data.

Masukan data diperoleh melalui *keyboard* dan mikrokontroler. Masukan data dengan menggunakan *keyboard* dilakukan dengan cara menekan tombol-tombol yang telah diatur dalam aplikasi, misalkan untuk memainkan nada do pengguna harus menekan tombol 1.



**Gambar 7** Masukan data melalui *keyboard*

Masukan data menggunakan mikrokontroller dilakukan dengan cara memutar *potensiometer*, nilai yang diperoleh akan memainkan nada tertentu sesuai dengan nilai yang diperoleh. Misalkan untuk memainkan nada do pengguna harus memutar potensio ke arah tulisan do.

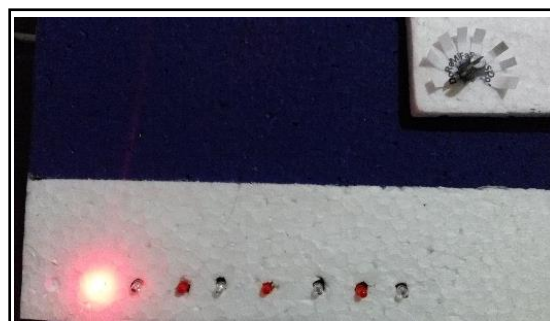


**Gambar 8** Masukan data melalui mikrokontroller

Analisis masukan dilakukan dengan cara pembacaan tombol yang dilakukan oleh pengguna jika menggunakan *keyboard* sebagai masukan dan pembacaan nilai *potensiometer* yang dilakukan oleh pengguna jika menggunakan mikrokontroller.

Pencocokan data dilakukan dengan cara mencocokkan masukan nada dengan aturan pada aplikasi dan aturan pada aplikasi akan memainkan nada yang ada pada referensi basis data sesuai masukan data yang telah sesuai.

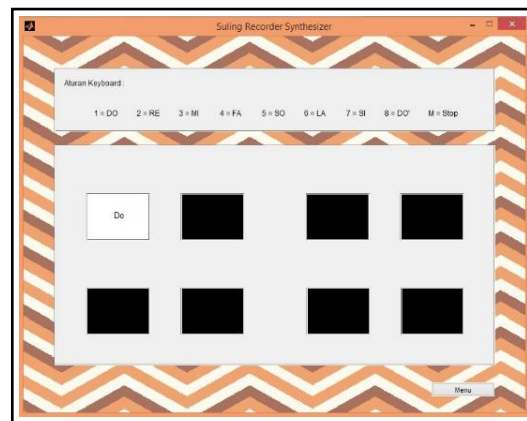
Pada proses pencocokan mikrokontroller, mikrokontroller akan memberitahukan hasil masukan dengan cara menyalakan led sesuai nada yang diberikan oleh pengguna.



**Gambar 9** Analisis dan Pencocokan masukan menggunakan mikrokontroller

Pada proses pencocokan *keyboard*, aplikasi akan memberitahukan hasil masukan dengan cara mengganti kotak hitam menjadi putih dengan tulisan sesuai nada yang diberikan oleh pengguna.





**Gambar 10 Analisis dan Pencocokan masukan menggunakan *keyboard***

### 12. Unit Selection Synthesizer

Tahapan-tahapan yang digunakan dalam proses *unit selection synthesizer* terdapat pada Gambar 11.

Langkah pertama adalah pengambilan data sinyal suara nada dasar suling recorder yaitu nada do, re, mi, fa, so, la, si, dan do'.

Kemudian sinyal suara diekstraksi dengan *fast fourier transform* untuk mendapatkan nilai frekuensi dari sinyal suara, misalnya pada nada dasar do mempunyai nilai frekuensi 526 Hz.

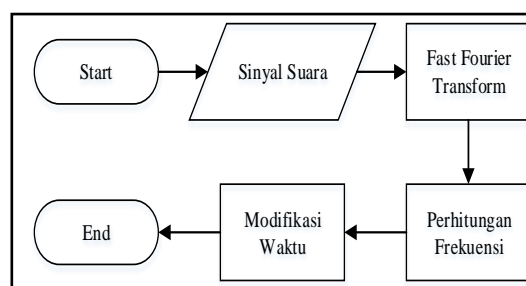
Nilai frekuensi yang diperoleh akan dilakukan perhitungan frekuensi nada dasar untuk memperoleh delapan nada dasar dengan rumus frekuensi nada dasar. Misalkan untuk mendapatkan nilai do dari perhitungan frekuensi dengan nada dasar do sebagai nada dasar acuan, yaitu:

$$f = f_0 * 2^{\frac{n}{12}} \text{ Hz} = 526 * 2^{\frac{-9}{12}}$$

$$f = 313 \text{ Hz}$$

Sehingga dapat diketahui nilai frekuensi do dari nada dasar acuan do yaitu sebesar 313 Hz.

Setelah diketahui delapan frekuensi nada dasar, kemudian dilakukan modifikasi waktu sebagai panjang suara nada. Panjang waktu dapat dipilih agar sesuai dengan suara nada asli, biasanya sekitar 5 detik dan 10 detik karena apabila terlalu panjang akan mengakibatkan ketidaksesuaian dengan suara nada asli.



**Gambar 11 Flowchart unit selection synthesizer**

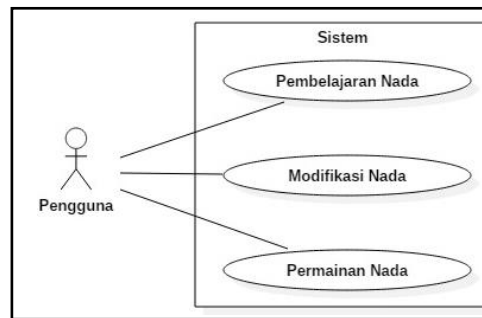
### 13. Use Case Diagram

Berdasarkan analisis sistem yang telah dilakukan, maka Suling Recorder *Synthesizer* memerlukan fungsi pembelajaran nada, modifikasi nada, dan permainan nada seperti diagram *use case* pada Gambar 12.

Fungsi pembelajaran nada adalah proses untuk mempelajari sebuah sinyal suara nada asli suling recorder menjadi sebuah nilai frekuensi yang akan dijadikan delapan nada dasar suling recorder pada synthesizer.

Fungsi modifikasi nada adalah proses dimana pengguna memodifikasi waktu pada frekuensi nada agar dapat sesuai dengan nada asli suling recorder.

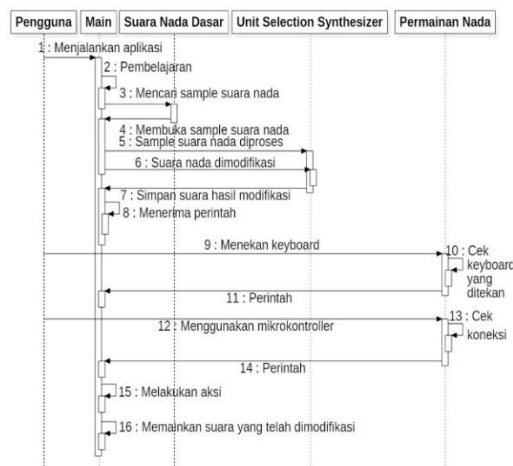
Fungsi permainan nada adalah proses akhir dimana pengguna dapat mencoba memainkan nada-nada yang telah dipelajari dan dimodifikasi dengan menggunakan *keyboard* atau mikrokontroler.



Gambar 12 Use case diagram aplikasi suling recorder synthesizer

#### 14. Sequence Diagram

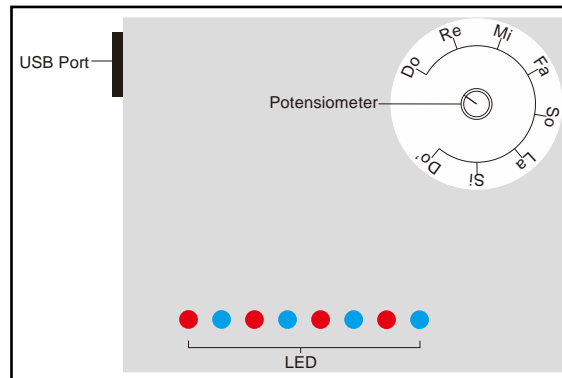
Sequence diagram digunakan untuk mengilustrasikan interaksi antar objek didalam dan disekitar sistem berupa *message* yang digambarkan terhadap waktu. Objek yang berinteraksi pada proses sistem suling recorder synthesizer yaitu Pengguna (*user*), kelas Suara Nada Dasar, kelas Unit Selection Synthesizer, dan kelas Permainan Nada seperti pada Gambar 13.



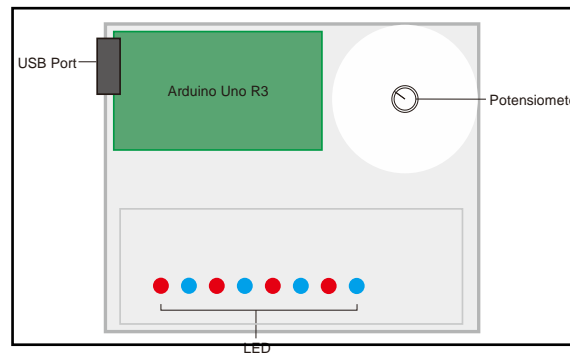
Gambar 13 Sequence diagram

#### 15. Perancangan Suling Recorder Synthesizer

Perangkat keras yang digunakan yaitu mikrokontroler Arduino Uno R3, potensiometer, dan led. Berikut adalah perancangan perangkat keras suling recorder synthesizer:



**Gambar 14** Suling recorder *synthesizer* tampak atas



**Gambar 15** Suling recorder *synthesizer* tampak dalam

### 16. Hasil Pengujian

Di samping ini akan menunjukkan hasil pengujian aplikasi menggunakan suara nada acuan yang terdiri dari 8 nada yaitu do, re, mi, fa, so, la, si, dan do'.

Pengujian dilakukan secara bertahap dimulai dari nada dasar yang terendah (do) sampai nada dasar tertinggi (do') dengan membandingkan frekuensi perhitungan dengan frekuensi asli, sehingga akan mendapatkan nilai selisih frekuensi.

Nilai selisih frekuensi terkecil dari total selisih pada masing-masing nada dasar akan dijadikan sebagai nada dasar acuan yang terbaik.

**Tabel 5** Pengujian nada acuan Do

Nada dasar	Frek Synthesizer	Frek Asli	Selisih
Do	313	526	213
Re	351	587	236
Mi	394	658	264
Fa	417	695	278
So	469	779	310
La	526	860	334
Si	590	971	381
Do'	626	1045	419

**Tabel 6** Pengujian nada acuan Re

Nada dasar	Frek Synthesizer	Frek Asli	Selisih
Do	349	526	177
Re	392	587	195

Mi	440	658	218
Fa	466	695	229
So	523	779	256
La	587	860	273
Si	659	971	312
Do'	698	1045	347

**Tabel 7 Pengujian nada acuan Mi**

Nada dasar	Frek Synthesizer	Frek Asli	Selisih
Do	391	526	135
Re	439	587	148
Mi	493	658	165
Fa	552	695	143
So	586	779	193
La	658	860	202
Si	739	971	232
Do'	782	1045	263

**Tabel 8 Pengujian nada acuan Fa**

Nada dasar	Frek Synthesizer	Frek Asli	Selisih
Do	413	526	113
Re	464	587	123
Mi	521	658	137
Fa	552	695	143
So	619	779	160
La	695	860	165
Si	780	971	191
Do'	826	1045	219

**Tabel 9 Pengujian nada acuan So**

Nada dasar	Frek Synthesizer	Frek Asli	Selisih
Do	463	526	63
Re	520	587	67
Mi	584	658	74
Fa	618	695	77
So	694	779	85
La	779	860	81
Si	874	971	97
Do'	926	1045	119

**Tabel 10 Pengujian nada acuan La**

Nada dasar	Frek Synthesizer	Frek Asli	Selisih
Do	511	526	15
Re	574	587	13
Mi	644	658	14
Fa	683	695	12
So	766	779	13
La	860	860	0
Si	965	971	6

Do'	1023	1045	22
-----	------	------	----

**Tabel 11 Pengujian nada acuan Si**

Nada dasar	Frek Synthesizer	Frek Asli	Selisih
Do	577	526	51
Re	648	587	61
Mi	727	658	69
Fa	771	695	76
So	865	779	86
La	971	860	111
Si	1090	971	119
Do'	1158	1045	113

**Tabel 12 Pengujian nada acuan Do**

Nada dasar	Frek Synthesizer	Frek Asli	Selisih
Do	621	526	95
Re	697	587	110
Mi	783	658	125
Fa	829	695	134
So	931	779	152
La	1045	860	185
Si	1173	971	202
Do'	1243	1045	198

### 17. Nilai Rata-Rata Selisih dari Hasil Pengujian

Nilai dari pengujian memiliki hasil yang berbeda-beda, yaitu sebagai berikut:

1. Nada Do  
 Selisih 213, 236, 264, 278, 310, 334, 381, 419, maka rata-rata selisihnya adalah 304.375
2. Nada Re  
 Selisih 177, 195, 218, 229, 256, 273, 312, 347, maka rata-rata selisihnya adalah 250.875
3. Nada Mi  
 Selisih 135, 148, 165, 143, 193, 202, 232, 263, maka rata-rata selisihnya adalah 185.125
4. Nada Fa  
 Selisih 113, 123, 137, 143, 160, 165, 191, 219, maka rata-rata selisihnya adalah 156.375
5. Nada So  
 Selisih 63, 67, 74, 77, 85, 81, 97, 119, maka rata-rata selisihnya adalah 82.875
6. Nada La  
 Selisih 15, 13, 14, 12, 13, 0, 6, 22, maka rata-rata selisihnya adalah 11.875
7. Nada Si  
 Selisih 51, 61, 69, 76, 86, 111, 119, 113, maka rata-rata selisihnya adalah 85.75
8. Nada Do'  
 Selisih 95, 110, 125, 134, 152, 185, 202, 198, maka rata-rata selisihnya adalah 150.125

### Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengembangan sistem *speech synthesizer* untuk suara suling recorder sudah dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
2. Dari hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 8 nada dasar untuk 8 nada dasar *synthesizer*, nada dasar "La" merupakan nada dasar yang memiliki selisih terkecil diantara nada dasar lainnya dan dapat menjadi suara nada acuan yang terbaik untuk menentukan nada-nada dasar *synthesizer*.
3. Dapat diketahui dari hasil penelitian bahwa jenis suling recorder soprano yang digunakan memiliki nilai Oktaf 5 (nada dasar G).
4. Permasalahan delay pergantian suara nada baik pada saat permainan dengan menggunakan *keyboard* maupun mikrokontroler masih terjadi, dikarenakan membutuhkan proses menghapus suara nada yang sedang dimainkan dan digantikan dengan suara nada yang akan dimainkan.

### **Saran**

Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini diharapkan masih dapat dilakukan pengembangan untuk menyempurnakan kekurangan yang terdapat pada aplikasi ini. Kekurangan yang masih belum terpecahkan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengurangi delay pada saat pergantian suara nada.
2. Penggunaan sensor yang lebih akurat pada mikrokontroler.

Untuk pengembangan berikutnya diharapkan permasalahan yang masih ada pada aplikasi ini dapat terpecahkan, sehingga aplikasi ini dapat berjalan jauh lebih baik dari keadaan sekarang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Taylor, Paul. "*Text-to-Speech Synthesis*".United Kingdom:Cambridge University Press.
- [2] A. Fikri Akbar Hofa.2012.*Menghitung Nilai Frekuensi Nada-Nada*.  
<http://afikriakbarhofa.blogspot.com/2012/02/menghitung-nilai-frekuensi-nada-nada.html>, (diakses 20 April 2015).
- [3] Dutoit, T. "*A Short Introduction to Text-to-Speech Synthesis*". Diunduh dari :  
[http://www2.research.att.com/~ttsweb/tts/papers/2005\\_EEHandbook/tts.pdf](http://www2.research.att.com/~ttsweb/tts/papers/2005_EEHandbook/tts.pdf), (diakses 20 April 2015)
- [4] Iwan Iwut Tritoasmoro.2010.*Text-to-Speech Bahasa Indonesia Menggunakan Concatenative Synthesizer Berbasis Fonem*.Bandung.Sekolah Tinggi Teknologi Telkom Bandung.
- [5] Sigit Wasista dan Novita Astin.2010. *Algoritma Sistem Pembaca Text Bahasa Indonesia Menggunakan Metode FSA (Finite State Automata)*.Surabaya.Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Pande Made Mahendri Pramadewi dan Made Windu Antara Kesiman.2013.*Pengembangan Aplikasi Text do Speech untuk Bahasa Bali*.Bali.Universitas Pendidikan Ganesha.