

Sintesis Taganing Adaptif Menggunakan Metode *Pitch Shifting by Delay-Line Based* untuk Standardisasi Gondang Batak Toba

Pasto Juni Ansen Malau^{*1}, Yohannes Suyanto²

¹Prodi Elektronika dan Instrumentasi, DIKE, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

²Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

Email: ^{*1}pasto.elisnugm@gmail.com, ²yanto@ugm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membangkitkan warna suara taganing sintetis dengan metode *pitch shifting by delay line based*. Metode *Pitch Shifting By Delay Line Based* dilakukan dengan dua tahap utama yaitu tahap analisis dan tahap sintesis. Inti dari proses analisis adalah pendeteksian nilai frekuensi dasar pada masing-masing gendang taganing dan mengelompokkan nilai dasar frekuensi tersebut kedalam nilai frekuensi nada standar pada alat musik keyboard. Hasil dari analisis frekuensi sinyal taganing tersebut digunakan sebagai bahan utama untuk melakukan sintesis nada dengan menggunakan metode *pitch shifting by delay line-based*.

Hasil dari penelitian ini adalah terbentuknya nada sintesis Taganing dengan kenaikan dan penurunan nada dalam range satu oktaf. Adapun pengujian hasil sintesis menggunakan metode perbandingan dengan nilai frekuensi nada standar pada keyboard. Dari hasil pengujian didapatkan nilai persentase ketepatan hasil sintesis dengan nilai rata-rata 98.87%.

Kata kunci— Taganing, *pitch shifting by delay line based*, sintesis nada.

Abstract

This research using *pitch shifting by delay line based* method which consist of two main stage. The first stage is called analysis stage (framing, windowing, pre-emphasis and de-emphasis and FFT) that can detect the value of fundamental frequency of each taganing's gendang. Then, this fundamental frequency from each gendang will be classified into keyboard tones. The second one is called synthesis stage that will process the fundamental frequency become a new desire signal by creat an upward pitch change or a downward pitch change by *delay line based* method.

Result of this research is created new signals as standard tones of each taganing's gendang. The evaluation of synthesis output is using comparation method between fudamnetal frequency value of signal output as result of synthetis stage and the fundamental frequency value of keyboard standard's tone. From the results of the system, it can be concluded that taganing synthesis tone have 98.87% accuration rate.

Keywords— Taganin, *pitch shifting by delay line based*, synthetics tone

1. PENDAHULUAN

Taganing merupakan salah satu instrumen pukul dari sekian banyak instrumen pukul tradisional Batak Toba. Taganing dimainkan dengan cara dipukul menggunakan palu-palu (*stick*). Taganing terdiri dari enam buah gendang yang dibuat berbentuk tabung melengkung (*barrel*) atau tabung lurus (*cylindrical*). Keenam gendang tersebut memiliki nama masing-masing secara berurutan yaitu Tingting (gendang paling kecil), paidua Tingting, Paitonga, Paidua Odap, Odap, dan Odap-odap (gendang paling besar) [1].

Taganing dibuat secara manual dengan tangan dan pengaturan nada pada instrumen Taganing diatur dengan berdasarkan perasaan dan pengalaman subjektif pengrajin Taganing. Akibatnya, fluktuasi frekuensi dalam sinyal tidak diatur dengan benar. Spektrum frekuensi tiap alat sebuah Taganing bisa tidak sama dari perangkat Taganing yang lainnya, sehingga sulit diwujudkan dua set Taganing yang identik. Untuk mengatasi persoalan tersebut digunakan metode *Pitch Shifting* dengan memanfaatkan teknik *delay line based* untuk melakukan standarisasi nada.

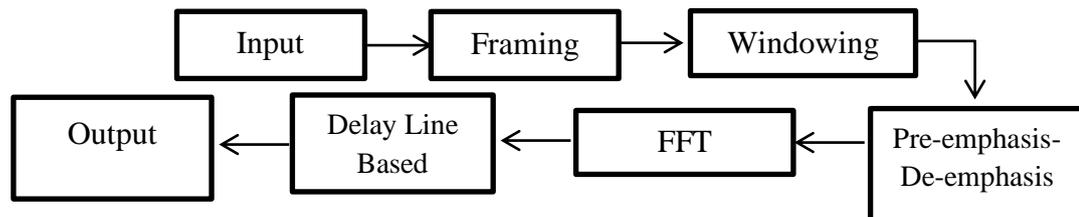
Pitch shifting adalah menggeser frekuensi dasar dengan atau tanpa mengubah durasi dari sinyal. Secara umum, *pitch shifting* dapat dilakukan dalam domain waktu maupun domain frekuensi [2]. Penelitian ini akan menggunakan salah satu teknik *pitch shifting* dalam domain waktu yaitu *delay line-based*. Teknik ini dipilih karena mampu melakukan *pitch shifting* secara cepat tanpa memerlukan proses filtering dan resampling serta menjadi teknik yang ideal untuk modifikasi *tone* [3].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan, diantaranya adalah satu set taganing Batak Toba, seperangkat PC, Microphone, external sound card, dan seperangkat software studio one dan Matlab. Pengambilan data dilakukan dengan cara merekam setiap gendang mulai dari odap-odap hingga ting-ting dengan masing-masing lima kali perekaman. Proses perekaman suara dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *studio one* dengan *micropone* sebagai sensor suara. Frekuensi cuplikan yang digunakan pada saat perekaman data adalah sebesar 16.000 Hz.

2.1 Analisis Sistem

Rancangan sistem dalam penelitian ini adalah rancangan dalam pemrosesan sinyal input yang berupa hasil rekaman taganing yang di set dengan durasi selama satu detik hingga menjadi sinyal output sebagai hasil sintesis. Sistem secara keseluruhan terdiri atas beberapa proses diantaranya adalah proses analisis sinyal untuk menemukan frekuensi dasar nada taganing yang meliputi tahapan *framing*, *windowing*, *pre-emphasis* dan FFT. Kemudian setelah didapatkan frekuensi dasar maka proses selanjutnya adalah melakukan sintesis nada dengan menggunakan metode *pitch shifting by delay line based*. Berikut merupakan deksripsi sistem secara keseluruhan yang ditunjukkan dengan Gambar 1:



Gambar 1 Deskripsi Sistem secara keseluruhan

Pengujian hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan. Pengujian dengan metode ini membandingkan nilai frekuensi pergeseran naik-turun nada yang dihasilkan oleh rumus perhitungan frekuensi dengan nilai *frequency scaling* oleh sistem [4]. Perhitungan frekuensi dapat dirumuskan pada persamaan (1)

$$\frac{Fh}{Fl} = 2^n \quad (1)$$

dengan fh adalah frekuensi atas, fl adalah frekuensi bawah dan n adalah nilai oktaf antara fh dan fl.

Dalam penelitian ini, akan dibandingkan nilai frekuensi hasil output dengan nilai frekuensi standar pada keyboard. Berikut merupakan tabel frekuensi standar pada nada keyboard [5].

Tabel 1 Tabel frekuensi standar pada nada keyboard

Note	Hz
C4	262
C#4	277
D4	294
D#4	311
E4	330
F4	349
F#4	370
G4	392
G#4	415
A4	440
A#4	466
B4	494

2.2 Rancangan Sistem

2.2.1 Rancangan Sistem Analisis Sinyal Taganing

Analisis nada taganing dilakukan untuk mengetahui komponen yang terkandung dalam setiap nada masing-masing taganing. Komponen tersebut akan digunakan sebagai dasar pembentukan nada sintesis taganing. Analisis yang dilakukan meliputi analisis sinyal pada domain waktu dan analisis sinyal pada domain frekuensi. Rancangan sistem untuk analisis sinyal taganing terdiri atas proses framing, windowing, pre-emphasis dan pendeteksian frekuensi sinyal taganing dengan menggunakan FFT. Berikut akan dijelaskan rancangan sistem analisis sinyal taganing dalam tiap tahapan.

Pertama adalah proses *framing*. Pada dasarnya proses *framing* adalah proses untuk memecah sinyal analog yang telah diubah menjadi sinyal digital ke dalam bentuk frame-frame. Proses *framing* ini dilakukan agar data yang berupa deret dengan panjang tak berhingga dapat dianalisis dengan proses FFT N-point [6]. Dengan memecah data ke dalam frame-frame memungkinkan untuk pembacaan data lebih efektif dan efisien, karena masing-masing frame memiliki informasi yang lebih detail misalnya terkait dengan komponen frekuensi pembentuk sinyal input. Maka rancangan sistem analisis yang pertama adalah dengan mem-frame data hasil rekaman enam gendang taganing.

Proses selanjutnya adalah *windowing*. *Windowing* digunakan untuk menghilangkan diskontinuitas yang diakibatkan oleh proses *Frame Blocking* atau *Framing* [7]. Pada proses *framing* data input dipecah dan dibaca untuk diambil informasi pentingnya dari masing-masing frame, maka kemudian dibutuhkan penggabungan kembali informasi dari masing-masing frame ke dalam bentuk sinyal yang utuh (tidak terpecah-pecah lagi dalam bentuk frame). Pada penelitian ini jenis *window* yang dipakai adalah jenis *Hanning Window* dengan pertimbangan hasil *windowing* lebih halus dalam mengghilangkan efek diskontinuitas. Berikut merupakan persamaan *hanning window*:

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

dengan $w(n)$ adalah *windowing*, N adalah jumlah data dari sinyal dan merupakan waktu diskrit.

Setelah dilakukan proses *windowing* maka selanjutnya adalah dilakukan proses *pre-emphasis* dan *de-emphasis*. Sama halnya dengan proses *windowing*, tujuan dari pemfilteran ini adalah untuk mendapatkan bentuk spektral frekuensi sinyal yang lebih halus. Filter *pre-emphasis* didasari oleh hubungan input/output dalam domain waktu yang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$y(n) = x(n) - ax(n-1) \quad (3)$$

dengan: a merupakan konstanta filter *pre-emphasis*, biasanya bernilai $0.9 < a < 1.0$, dan x adalah input

Transformasi fourier adalah suatu metode yang sangat efisien untuk menyelesaikan transformasi fourier diskrit yang banyak dipakai untuk keperluan analisa sinyal seperti pemfilteran, analisa korelasi, dan analisa spectrum [8]. *Diskrit Fourier Transformasi* (DFT) adalah deretan yang terdefinisi pada kawasan frekuensi – diskrit yang merepresentasikan Transformasi Fourier terhadap suatu deretan terhingga (*finite duration sequence*). DFT berperan penting untuk implementasi algoritma suatu varitas pengolahan sinyal, karena efisien untuk komputasi berbagai aplikasi. *Fast Fourier Transformation* atau transformasi Fourier cepat [9], merupakan proses lanjutan dari DFT (*Diskrit Fourier Transformation*). Transformasi Fourier ini dilakukan untuk mentransformaikan sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Dalam penelitian ini, sinyal yang telah melalui proses *framing*, *windowing* dan *pre-emphasis* ditransformasikan ke dalam domain frekuensi sehingga didapat informasi mengenai nilai frekuensi masing-masing sinyal. Nilai frekuensi tersebut lebih lanjut akan digunakan sebagai acuan untuk membantu pengelompokan nilai frekuensi sampel terhadap nada keyboard yang standar.

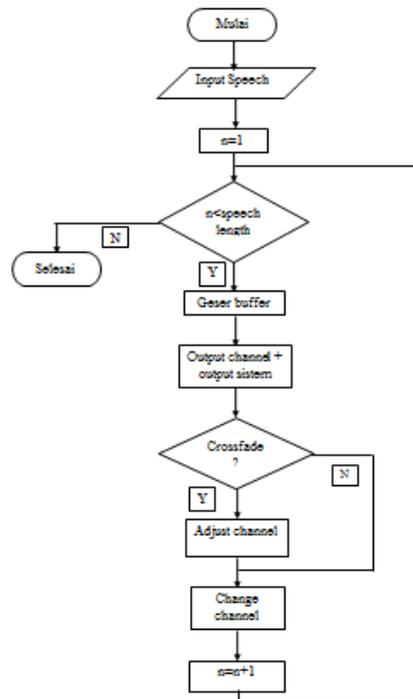
2.2.2 Rancangan Sistem Sintesis Sinyal Taganing

Untuk melakukan sintesis digunakan Delay line based. Pada dasarnya cara kerja metode *delay line based* untuk memperoleh sintesis nada dipengaruhi oleh *variabel delay* dan proses *gain* dari dua jenis *channel buffer* yang berbeda. Rumusan yang dipakai oleh Jake Garrison dan Jisso Jun (2015) adalah bahwa proses *pitch shifting* terjadi karena adanya dua *channel buffer* yang bekerja secara bersamaan. Diasumsikan bahwa panjang

buffer line dari masing-masing *channel* adalah 30 ms dan *gain channel* A dimulai pada nilai 1 sementara *gain channel* B dimulai pada nilai 0. Maka jika nilai *gain channel* A adalah 1 maka nilai *gain channel* B adalah 0, dan sebaliknya jika nilai *gain channel* A adalah 0 maka nilai *gain channel* B adalah 1, begitu seterusnya sehingga selalu memenuhi persamaan G_a (*gain* A) + G_b (*gain* B) = 1.

Ketika *delay channel* A turun dan *delay* A mendekati nol maka *gain* A mulai menurun, sementara *gain channel* B mulai naik. Proses tersebut disebut dengan *crossfading*. *Crossfading* dilakukan supaya nilai amplitudo dari sampel yang akan disintesis tetap sama dengan sinyal input. Selain itu, dalam rumusan yang ditawarkan oleh Jake Garrison dan Jisso Jun, *crossfading* juga membantu perpindahan dari *delay* 0 ms menuju *delay* 30 ms sehingga sinyal tampak berkelanjutan dan halus. Proses pergantian dari *channel* satu ke *channel* lainnya dengan variasi *delay* secara berkelanjutan dan terus menerus akan menghasilkan hasil atau output pergeseran nada sesuai dengan yang diinginkan.

Berikut merupakan flowchart program *pitch shifting by delay line based* secara keseluruhan:



Gambar 2 Flowchart proses pitchshifting by delay line based

2.3 Implementasi

2.3.1 Implementasi Sistem Analisis Sinyal Taganing

Secara keseluruhan sistem analisis sinyal taganing dilakukan dengan empat tahapan yaitu framing, windowing, pre-emphasis dan analisis frekuensi sinyal input rekaman taganing dengan menggunakan FFT. Keenam data hasil rekaman taganing dengan data cuplikan sebesar 16.000 Hz dan durasi rekaman selama satu detik kemudian dianalisis untuk menentukan nilai frekuensi dasar dengan menggunakan FFT melalui tahapan framing, windowing, dan pre-emphasis sebelumnya.

2.3.2 Implementasi Framing terhadap Data Rekaman Alat Musik Taganing

Pertama, dalam tahap ini sinyal hasil rekaman alat musik taganing dipecah menjadi beberapa frame atau blok. Hal ini bertujuan untuk melakukan efisiensi terhadap pembacaan

data input rekaman taganing. Maka rekaman taganing yang telah dibatasi data cuplikannya sebesar 16.000 Hz pada tahap ini dibagi menjadi beberapa frame. Proses pemecahan data rekaman taganing kedalam bentuk frame-frame dipegaruhi oleh beberapa variabel yaitu *time frame steps* (t_{fs}) yang menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perpindahan dari satu frame ke frame yang lain, *overlap* (t_0) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memulai frame baru sampai frame yang sedang berlangsung berhenti, dan *frame length* (t_{fl}) yaitu lebar data per *frame*. Hubungan beberapa variabel tersebut dapat digambarkan dalam persamaan (4) berikut:

$$tfl = tfs + t0 \quad (4)$$

Adapun untuk mengkonversikan variabel-variabel yang terdapat pada persamaan (4) terhadap sampel dilakukan dengan rumus (5.):

$$n = tst \cdot fs \quad (5)$$

Dengan n : jumlah sample, t_{st} : waktu konstan dan fs : frekuensi sampel

Berikut merupakan cuplikan program untuk mengimplementasikan proses framing pada data sinyal rekaman alat musik taganing yang ditunjukkan dengan Gambar 3:

```

6 - SegmentStep8=fs*.025;
7 - Overlap8=fs*.015;
8 - SegmentLength8=SegmentStep8+Overlap8

```

Gambar 3. Cuplikan program untuk implementasi proses framing pada sinyal rekaman alat musik taganing

Program tersebut dimaksudkan untuk membentuk bagian-bagian penting dalam proses framing. *SegmentStep8* ditujukan untuk membentuk 400 sample dari nilai frekuensi sample sebesar 16.000 Hz. Hal ini membutuhkan *time frame steps* (t_{fs}) sebesar 25 ms. Sementara, *Overlap8* ditujukan untuk membentuk 240 sampel dari nilai frekuensi sampel. Hal ini membutuhkan waktu *overlap* (t_0) sebesar 15 ms. Dari hasil penjumlahan *segment steps8* dan *overlap8* maka akan terbentuk *segment length8* yaitu sebesar 640 sample sebagai lebar data per frame.

2.3.3 Implementasi Windowing terhadap Data Rekaman Alat Musik Taganing

Setelah melakukan proses framing, maka data dibaca kembali secara utuh dan berkesinambungan dengan proses windowing. Proses windowing ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya kebocoran spectral atau aliasing yang mana merupakan suatu efek dari timbulnya sinyal baru yang memiliki frekuensi berbeda dengan sinyal aslinya. Efek tersebut dapat terjadi karena rendahnya jumlah *sampling rate* atau karena proses *frame blocking* yang menyebabkan sinyal menjadi discontinu [10]. Berikut merupakan gambaran mengenai implementasi proses windowing dengan menggunakan program pada matlab.

```

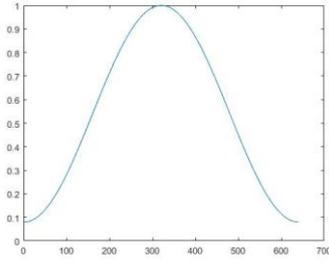
11 - nSegments8=floor(SpeechLength8/(SegmentStep8))-1;
12 - Window8=hamming(SegmentLength8);
13 - de=hanning(2*Overlap8-1)';
14 - dewindow=[de(1:Overlap8),ones(1,SegmentLength8-2*Overlap8) de(Overlap8:end)]' ./Window8 ;%

```

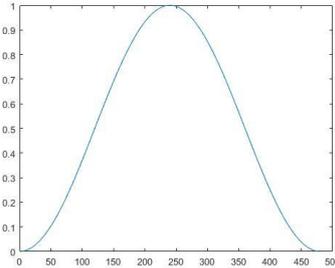
Gambar 4. Implementasi proses windowing pada program matlab

Berdasarkan cuplikan program pada Gambar 4 di atas, *nSegments8* digunakan untuk menentukan berapa banyak jumlah *steps* yang terjadi untuk memproses data, yaitu dengan membagikan lebar data dengan *segment steps*. Untuk menjalankan proses window, dipilih dua jenis window yaitu window hanning dan hamming. Window hamming digunakan untuk me-

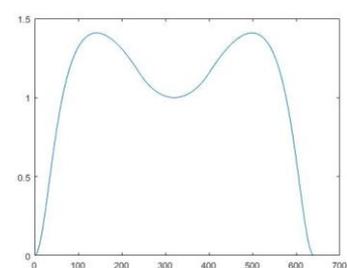
windowing tiap frame, window hanning digunakan untuk me-*windowing* dua kali nilai overlap. Dewindow untuk mengkombinasikan dua window yang digunakan. Penggabungan dua window tersebut akan mengaburkan efek hanning window dan merata-ratakan nilai overlap dari dua frame. Gambar (5), (6) dan (7) berikut menunjukkan hasil proses *windowing* pada data rekaman taganing:



Gambar 5



Gambar 6



Gambar 7

Gambar 5 menunjukkan penggunaan window hanning pada tiap frame yaitu sebesar 640 sampel, sementara Gambar 6 menunjukkan window hanning untuk mewindow dua kali overlap yaitu senilai 480 sampel, dan Gambar 7 menunjukkan penggabungan kedua window tersebut (*dewindow*) yang pada akhirnya terbentuk *segment length* sebesar 640 sampel.

2.3.4 Implementasi Pre-Emphasis dan De-Emphasis terhadap Data Rekaman Alat Musik Taganing

Untuk melakukan filter pre-emphasis pada rekaman taganing dapat dilakukan dengan dua cara yaitu filter data keseluruhan secara bersamaan dan filter data perbagian (*segmen*). Pada penelitian ini implementasi pre-emphasis dilakukan dengan filter data perbagian (*segmen*) yaitu dengan segmentasi frame sebesar 256. Filter yang digunakan merupakan filter digital, maka fungsi transfer-nya dituliskan dalam format alihragam Z dengan rumus:

$$H(Z) = 1 - \alpha \times Z^{-1} \quad (6)$$

Maka, formula akhir dari pre-emphasis filter adalah $S_2(n) = s(n) - \alpha \times s(n-1)$. (7)

Seperti yang telah dipaparkan pada rancangan sistem, jika data rekaman taganing telah mengalami pre-emphasis, data tersebut bisa langsung diproses ke tahap selanjutnya. Tetapi sinyal rekaman taganing perlu di-*deemphasis* terlebih dahulu untuk menggantikan frekuensi-frekuensi rendah yang telah dihilangkan pada proses pre-emphasis. Berikut merupakan program yang digunakan untuk menjalankan filter *preemphasis* dan *deemphasis* pada rekaman taganing yang ditunjukkan dengan Gambar di bawah:

```

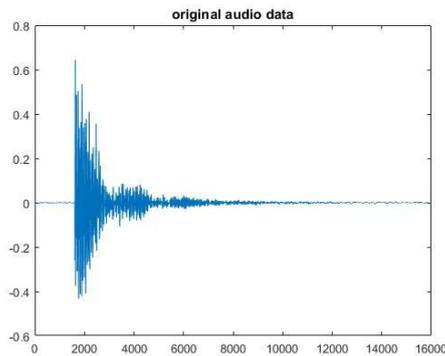
39      % ukuran segmentasi
40 -    win = 256;
41 -    h = [1, -0.9375];
42 -    Ldata = length(data);
43 -    L = floor(Ldata/win);
44 -    % segmentasi
45 -    hst = [];
46 -    for n = 1:L
47 -        seg = data(1+(n-1)*win:n*win);
48 -        [filtseg, hst] = filter(1, h, seg, hst);
49 -        de_emp_data(1+(n-1)*win:n*win) = filtseg;
50 -    end

```

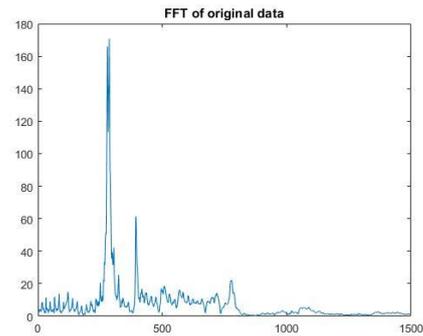
Gambar 8 Cuplikan program untuk menjalankan pre-emphasis

Catatan: pada cuplikan program di atas, dapat dilihat bahwa penulisan untuk koefisien dari filter adalah $h=[1, -0.9375]$ lalu diikuti dengan fungsi filter sesuai dengan format penulisan.

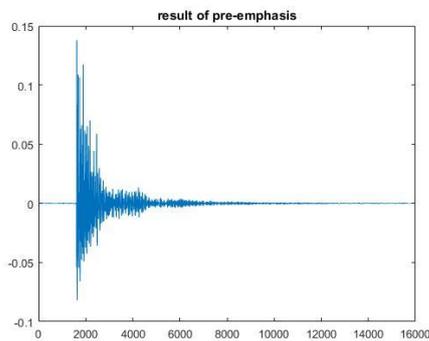
Hasil eksekusi dari program diatas adalah:



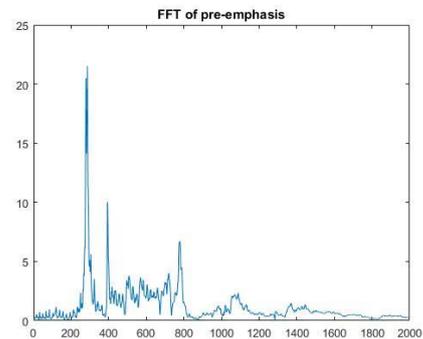
Gambar 9 penampakan sinyal original rekaman taganing gendang kedua dalam domain waktu



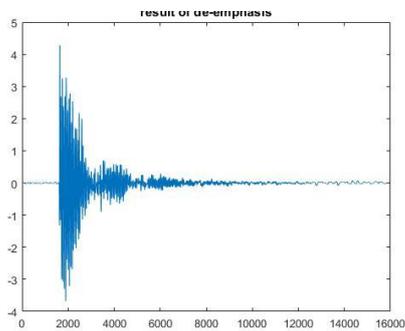
Gambar 10 penampakan sinyal original rekaman taganing gendang kedua dalam domain frekuensi



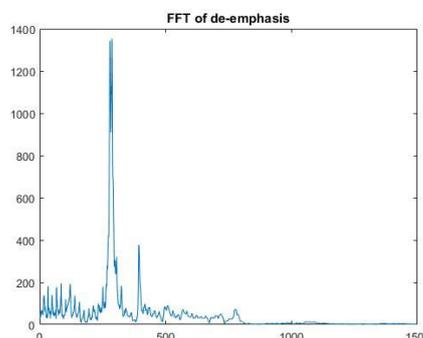
Gambar 11 Sinyal rekaman taganing gendang kedua setelah proses preemphasis dalam domain waktu



Gambar 12 Sinyal rekaman taganing gendang kedua setelah proses preemphasis dalam domain frekuensi



Gambar 13 Sinyal rekaman taganing gendang kedua setelah proses de-emphasis dalam domain waktu



Gambar 14 Sinyal rekaman taganing gendang kedua setelah proses preemphasis dalam domain frekuensi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Sinyal Suara Taganing

Sesuai dengan rencana analisis sinyal suara taganing, dilakukan empat tahap yaitu framing, windowing, pre emphasis dan pendeteksian frekuensi dasar dengan FFT. Analisis tersebut dilakukan pada setiap data rekaman taganing yang telah didapatkan yaitu sebanyak enam data.

Analisis suara taganing dalam domain frekuensi dilakukan dengan menggunakan metode FFT untuk menampilkan sinyal dalam domain frekuensi.

Tabel 2 nilai frekuensi dasar hasil rekaman nada taganing

Nama Gendang Taganing	Nilai Frekuensi Data Rekaman
Gendang 1 (Tingting)	349 Hz
Gendang 2 (Paidua Tingting)	330 Hz
Gendang 3 (Paitonga)	310 Hz
Gendang 4 (Paidua Odap)	294 Hz
Gendang 5 (Odap)	274 Hz
Gendang 6 (Odap-odap)	262 Hz

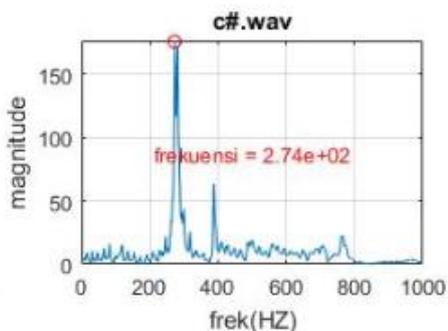
Berdasarkan Tabel 2 diatas dapat diketahui bahwa nilai frekuensi dari data-data pada gendang taganing berbanding lurus dengan urutan taganing. Semakin tinggi nada taganing maka nilai frekuensinya semakin besar.

3.2 Hasil Sintesis Sinyal Suara Taganing

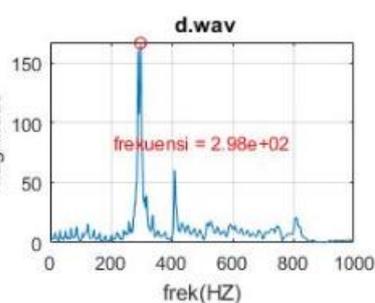
Sintesis sinyal suara taganing dilakukan dengan menggunakan metode delay line based, yaitu dengan cara menaikkan dan menurunkan frekuensi dasar sinyal taganing hasil rekamann. Masing-masing nada akan dinaikan dan diturunkan untuk membentuk satu oktaf range nada pada keyboard. Misalnya dilakukan kenaikan dan penurunan nada pada gendang ke-lima. Berdasarkan Tabel 2 diketahui nilai frekuensi gendang kelima adalah 274 Hz yang setara dan atau mendekati kunci C# pada oktav keempat keyboard. Jika dilakukan kenaikan sebanyak satu semitone ($pitch\ factor = 1.06$) dan penurunan nada sebanyak satu semitone ($pitch\ factor = 0.94$) dihasilkan sintesis nada sebagai berikut:

- Pergeseran kenaikan nada sebesar 1 semitone dari frekuensi dasar gendang kelima dengan nilai frekuensi dasarnya adalah 274 Hz dan $pitch\ factor$ sebesar 1.05. Maka pergeseran nadanya adalah $274 \times 1.06 = 290.44$ Hz (mendekati kunci D pada nada alat musik keyboard).
- Pergeseran penurunan nada sebesar 1 semitone pada gendang kelima, diketahui nilai frekuensi dasar adalah 274 Hz dan $pitch\ factor$ sebesar 0.89. Maka pergeseran nadanya adalah $274 \times 0.94 = 257$ Hz (mendekati kunci C pada nada alat musik keyboard).

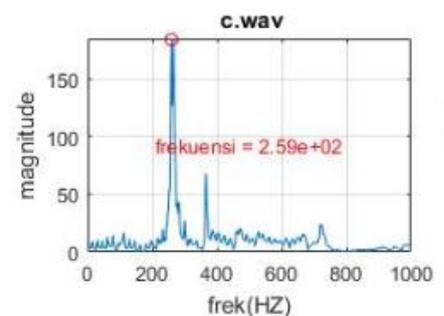
Berikut merupakan gambar hasil FFT sebelum (Gambar 15) dan sesudah dilakukan kenaikan (Gambar 16) dan penurunan (Gambar 17) nada :



Gambar 15



Gambar 16



Gambar 17

Berdasarkan hasil pergeseran nada di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan nilai pergeseran nada yang diharapkan akan cukup sulit. Maka dalam penelitian ini hanya untuk verifikasi bahwa nilai pergeseran sudah bekerja terhadap sample yang diambil. Hasil pergeseran hanya mendekati nilai yang diharapkan.

Tabel 3 Hasil Sintesis Nada Taganing

	Gendang 1 (Hz)	Gendang 2 (Hz)	Gendang 3 (Hz)	Gendang 4 (Hz)	Gendang 5 (Hz)	Gendang 6 (Hz)
C	265	260	257	464	259	262
C#	280	276	273	278	274	278
D	295	293	292	294	298	296
D#	313	310	310	313	308	315
E	330	330	328	323	335	335
F	349	349	351	340	347	356
F#	369	370	373	360	375	377
G	390	392	397	381	397	401
G#	412	416	422	402	420	425
A	435	441	449	426	438	452
A#	461	468	477	451	464	480
B	487	496	506	477	492	509

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa nada standar hasil rekaman taganing berada pada oktaf keempat frekuensi nada pada keyboard. Maka program *delay line based* akan menaikkan dan menurunkan masing-masing nada untuk membentuk 11 nada lain yang ada pada oktaf keempat frekuensi keyboard.

3.3 Pengujian Hasil Sintesis Nada Taganing

Pengujian hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan. Pengujian dengan metode ini membandingkan nilai frekuensi pergeseran naik-turun nada yang dihasilkan oleh rumus perhitungan frekuensi dengan nilai *frequency scaling* oleh sistem. Maksudnya, telah dihasilkan sintesis nada taganing (ditunjukkan tabel 3), dan hasil tersebut akan dibandingkan dengan standar nada pada keyboard (ditunjukkan dengan Tabel 1) sehingga didapatkan persentase nilai ketepatan frekuensi hasil pitch shifting. Hal tersebut dapat digambarkan dengan rumus berikut:

$$q = \frac{f_l}{f_h} \times 100\% \quad (8)$$

Dengan q : presentase nilai ketepatan hasil sintesis, f_l : frekuensi lebih rendah, f_h : frekuensi yang lebih tinggi dari kedua nilai frekuensi yang akan dicari nilai ketepatannya.

Contohnya dalam menentukan nilai ketepatan hasil sintesis pada nada gendang pertama (Tingting). Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai frekuensi dasar Tingting adalah 349 Hz yang mendekati dan atau setara dengan nada kunci F pada oktaf keempat alat musik keyboard. Setelah disintesis dengan penurunan dua semitone, maka didapatkan frekuensi baru sebesar 313 Hz yang setara dan atau mendekati nada kunci D# pada oktaf yang sama dengan frekuensi dasar. Pada kasus ini, nilai frekuensi hasil sintesis (313 Hz) > frekuensi standar pada keyboard (311). Maka nilai frekuensi hasil sintesis menjadi penyebut (fh) sedangkan frekuensi standar pada keyboard menjadi pembilang (fl) sehingga didapatkan:

$$\frac{311}{313} \times 100\% = 99.36\%$$

Berdasarkan rumusan tersebut maka masing-masing nada gendang taganing dalam tiap kenaikan dan penurunan dapat dicari nilai ketepatannya. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan persentase hasil ketepatan pengujian hasil sintesis nada taganing.

Tabel 4. Persentase ketepatan pengujian hasil sintesis nada taganing

	Gendang 1 (%)	Gendang 2 (%)	Gendang 3 (%)	Gendang 4 (%)	Gendang 5 (%)	Gendang 6 (%)
C	98.86	99.23	98.09	99.24	98.85	100
C#	98.92	99.63	98.55	99.64	98.91	99.64
D	99.66	99.65	99.31	100	98.65	99.32
D#	99.36	99.67	99.67	99.67	99.03	98.73
E	100	100	99.39	99.39	98.50	98.50
F	100	100	99.43	97.42	99.42	98.03
F#	99,72	100	99.19	97.29	98.66	98.24
G	94,14	100	98.74	97.19	98.74	97.75
G#	99,27	99.75	98.34	96.86	98.80	97.04
A	98.86	99.77	97.99	96.81	99.54	97.34
A#	98.92	99.57	97.69	96.78	99.57	97.08
B	98.58	99.53	97.62	96.55	99.59	97.05
Rata2	98.94	99.33	98.66	98.07	99.02	98.26

Maka rata-rata ketepatan pitch shifting seluruh hasil sintesis adalah 98.78 %

4. KESIMPULAN

Pitch Shifting dengan menggunakan metode delay line based dapat menaikkan dan menurunkan nada dengan rata-rata ketepatan hasil sintesis sebesar 98.78%. Sinyal sintesis yang dihasilkan sistem menghasilkan nilai frekuensi yang mirip dengan suara taganing asli. Berdasarkan hasil penelitian, sistem sudah membangkit suara taganing sintesis berdasarkan nada standar pada keyboard.

SARAN

Dari perhitungan pitch shift rate sistem belum dapat menentukan secara pasti dan tepat terkait nilai pergeseran pitch. Untuk memverifikasi nilai pergeseran nilai pitch dengan menggunakan sistem masih dirasa sulit karena algoritma pendeteksi nada yang digunakan tidak sepenuhnya real, dan nilai pitch shift rate hanya masih merupakan perkiraan dari jumlah pergeseran nada. Maka atas dasar hal tersebut dibutuhkan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Manurung, “Bentuk dan Fungsi Musik Gondang Sabangunan Batak Toba pada Grup Horas Rapolo Musik di Semarang”, Skripsi, Universitas Negeri Semarang, p. 2-3, 2015 [Online]. Available: <http://lib.unnes.ac.id/21941/1/2501411046-S.pdf> [Accessed: 20 Februari 2017]
- [2] J. Garrison and J.Jung, “Pitch Shifter”, 2011 [Online]. Available: http://jakegarrison.me/docs/Pitch_Shift_Pres.pdf (Accessed: 20 Februari 2017)
- [3] K. Jinho, “Automatic Pitch Detection and Shifting of Musical Tones in Real Time”, Thesis, Computer Science Departemen, Boston College, p.31, 2013 [Online]. Available: https://www.bc.edu/content/dam/files/schools/cas_sites/cs/pdf/academics/honors/13kim.pdf [Accessed: 10 Februari 2017]
- [4] G.A Prayogo and Y.K Suprpto, “Pergeseran Frekuensi Dasar Sinyal Gamelan Menggunakan Metode Phase Vocoder”, 2014 [Online]. Available: <https://anzdoc.com/pergeseran-frekuensi-dasar-sinyal-gamelan-menggunakan-phase-.html> [Accessed: 15 Maret 2017]
- [5] B. Pono, *Kamus Musik*. Yogyakarta, Kanisius, 2013
- [6] K. Engan, *Frame Based Signal Representation and Compression*. Norway, Stavanger University College, 2015
- [7] Muljono and Hariad, “Sintesis Nada Saron Menggunakan Pitch Shifting Phase Vocoder untuk Standarisasi Suara Saron, 2013 [Online]. Available: http://eprints.dinus.ac.id/13195/1/jurnal_13665.pdf [Accessed: 14 Februari 2017]
- [8] A.I Hasan, “Pembangkit Warna Suara Saron Sintesis Berdasarkan Petikan Gitar”, 2017 [Online]. Available: http://etd.repository.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=129657&obyek_id=4 [Accessed: 17 Mei 2018]
- [9] P. Duhamel and M. Vetterli, *Fast Fourier Transforms: A Tutorial Review*. Boca Raton, CRC Press LLC, 1999
- [10] I. Manggolo, “Perencanaan Perangkat Lunak Sintesis Nada pada Komputer dengan Metode Sintesis Aditif”, p.5, 2013 [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/files/379/11724817.pdf> [Accessed: 7 Maret 2017]