

SISTEM PENDETEKSI POLA IRAMA MUSIK PENGIRING SEBAGAI PANDUAN GERAKAN TARI PADA KONTES ROBOT SENI TARI INDONESIA

Yuda Irawan, Ponco Siwindarto, Nurussa'adah
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email : yuda.irawan3@gmail.com

ABSTRAK

Berbagai kompetisi yang diadakan menjadi salah satu wadah pengembangan teknologi robotika, salah satunya Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI). Robot yang dibuat harus memiliki kemampuan gerak mengikuti alunan musik yang dimainkan saat lomba berlangsung, sehingga diperlukan sistem yang mampu menyesuaikan gerakan tari dengan pola irama musik pengiring. Pola dirancang menggunakan instrumen dominan pada musik pengiring, salah satunya gendang tipak. Untuk mendapatkan frekuensi gendang tipak, diperlukan rangkaian *bandpass filter* yang mampu melewatkan suara gendang saja. Hasil pengujian *bandpass filter* gendang besar didapatkan frekuensi *cutoff* atas f_h sebesar 135 Hz dan frekuensi *cutoff* bawah f_l sebesar 80 Hz. Sedangkan pengujian *filter* gendang kecil didapatkan f_h sebesar 340 Hz dan f_l sebesar 240 Hz. Pengujian *stopband* gendang besar pada frekuensi 250 Hz dan gendang kecil pada 500 Hz didapat atenuasi masing-masing sebesar 22,37 dB dan 21,97 dB. Hasil pengujian *bandpass filter* dan pengujian *stopband* sudah memenuhi spesifikasi yang dirancang, yaitu mampu menyaring gendang tipak saja. Hasil pemrosesan ADC keluaran *filter* dapat menghasilkan ketukan gendang sesuai dengan simulasi dan dijadikan sebagai penentu ada tidaknya pola musik. Secara umum sistem mampu mendeteksi seluruh pola musik pengiring dari 15 blok hasil perancangan namun pola musik keluaran sistem memiliki *delay*. Pada deteksi pola musik dari keadaan tidak ada pola musik, *delay* minimum sebesar nol detik dan maksimum 2,5 detik dengan rerata *delay* sebesar 0,93 detik. Sedangkan pada deteksi tidak ada pola musik, *delay* minimum sebesar -1 detik dan maksimum sebesar 2 detik dengan rerata *delay* 1,20 detik.

Kata Kunci : KRSTI, Bandpass Filter, Deteksi Musik, Pola Musik

ABSTRACT

Many kinds of robotics competitions are held to accommodate the advancement of robotics technologies, one of them is Art Dance Indonesian Robotics Competition (Kontes Robot Seni Tari Indonesia). The robot that is made has to have the ability to move in accordance with the rhythm of the music when the contest proceeds, which is why a system that is able to synchronize the dance movement with rhythm pattern of the music is needed. The pattern can be formulated using the dominant instrument in the music like gendang tipak. To get the frequency of gendang tipak, a bandpass filter circuit that only let through the gendang tipak voice is necessary. Based on the experiment result, gendang besar bandpass filter showed that the high cutoff frequency f_h is 135 Hz and low cutoff frequency f_l is 80 Hz. For gendang kecil filter, showed that f_h is 340 Hz and f_l is 240 Hz. Stopband experiment for gendang besar at a frequency of 250 Hz and gendang kecil at 500 Hz obtained attenuation of 22.37 dB and 21.97 dB respectively. Both of the experiment results have fulfilled the predetermined specification that can attenuate other melodies beside gendang tipak. ADC processing result from filter output can show the rhythms of the gendang in accordance with the simulation and can be used as determination factor whether there is rhythm pattern or not. Generally, the system can detect all the pattern of the music from 15 blocks of the resulted design but the output of rhythm patterns have delay. On the detection of music pattern from no music state, minimum delay is 0 s, maximum delay is 2.5 s, and the average is 0.93 s. Vice versa, when from with music state, minimum delay is -1 s, maximum delay is 2 s with the average delay is 1.2 s.

Keywords: KRSTI, Bandpass Filter, Music Detection, Rhythm Pattern

PENDAHULUAN

Perkembangan robotika di Indonesia semakin pesat, dengan banyaknya penerapan robotika pada berbagai bidang. Pada bidang pendidikan, teknologi robotika sudah mulai diperkenalkan pada tingkatan dasar, menengah maupun tingkat Perguruan Tinggi. Berbagai kompetisi yang diadakan menjadi salah satu wadah pengembangan teknologi robotika, baik tingkat regional maupun nasional. Salah satu kompetisi resmi yang diadakan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dirjen DIKTI) adalah Kontes Robot Indonesia yang terdiri

dari 4 kategori, salah satunya adalah Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) yang diselenggarakan setiap tahunnya. Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) merupakan suatu ajang kompetisi perancangan dan pembuatan robot yang disertai dengan unsur-unsur seni dan budaya bangsa yang telah terkenal di bumi pertiwi [1]. Mulai tahun 2016, sistem pengiriman suara musik pengiring KRSTI diubah ke penggunaan *audio bluetooth* sebagai pengganti sensor suara [2].

Penelitian sebelumnya oleh Bustanul Arifin (2015) menunjukkan bahwa ritme musik pengiring

dapat dijadikan sebagai penentu gerakan robot harus menari dengan tempo cepat atau lambat menggunakan *lowpass filter* sebagai pendeteksi ada atau tidak ada musik serta *bandpass filter* untuk menyaring instrumen dominan (yaitu gambang) pada musik pengiring tari Legong Keraton KRSTI 2014. Kerapatan suara gambang yang ditapis pada rentang waktu tertentu dikonversi menjadi perintah untuk robot harus menari dengan gerakan cepat atau lambat [3].

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem yang mampu membedakan instrumen musik pengiring berupa gendang tipak menggunakan *bandpass filter* serta sistem yang mampu mendeteksi pola irama musik pengiring sebagai panduan gerakan robot. Penggunaan sistem ini diharapkan dapat diimplementasikan pada robot KRSTI sehingga sinkronisasi tarian robot dengan musik pengiring lebih optimal.

METODE PENELITIAN

A. Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat ditetapkan sebagai acuan untuk mempermudah dalam perancangan dan pembuatan alat. Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan adalah: Musik pengiring yang dipakai merupakan musik pengiring KRSTI 2016, musik diterima oleh *Audio Bluetooth Receiver* TS-BT35A08 dan ditapis dengan rangkaian *filter* yang menggunakan IC LM358, serta menggunakan ATmega8 sebagai pemroses utama dengan resolusi ADC 10 bit.

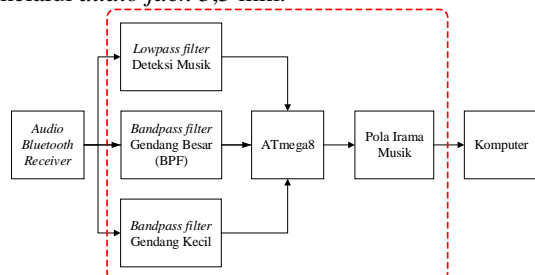
B. Perancangan dan Pembuatan Hardware

Secara keseluruhan, prinsip kerja sistem dimulai dengan *pairing* antar *bluetooth transmitter* yang terdapat pada komputer dan modul *bluetooth receiver* TS-BT35A08. Musik pengiring dikirim secara nirkabel menggunakan *audio bluetooth transmitter* dan diterima oleh *audio bluetooth receiver*. Suara musik yang diterima oleh *receiver* diproses ke dalam sistem utama. Data pemrosesan pada sistem utama dikirimkan ke komputer yang dijadikan sebagai acuan pembuatan gerakan tari.



Gambar 1. Blok diagram sistem keseluruhan

Sinyal suara musik yang diterima oleh *audio bluetooth receiver* diteruskan ke rangkaian *filter* melalui *audio jack* 3,5 mm.

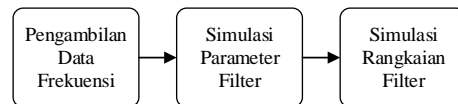


Gambar 2. Diagram blok sistem utama

Pemrosesan dibagi menjadi dua bagian yaitu *lowpass filter* (LPF) dan *bandpass filter* (BPF). Rangkaian *filter* LPF digunakan sebagai pendeteksi ada tidaknya musik pengiring sedangkan rangkaian *filter* BPF digunakan untuk menapis alat musik dominan pada musik pengiring. Pada penelitian dipilih gendang tipak karena memiliki suara yang keras dan memiliki ritme yang bervariasi. Proses pemfilteran gendang tipak dibagi menjadi dua yaitu gendang besar dan gendang kecil. Pembagian gendang besar dan kecil bertujuan untuk memperjelas tempo musik yang ditunjukkan dari ketukan gendang.

C. Pengambilan Data Musik dan Simulasi

Pengambilan data musik diperlukan sebagai panduan untuk merancang sistem pendeteksi pola irama musik pengiring. Penentuan dilakukan dengan menggunakan beberapa perangkat lunak yaitu *frequency analysis* dan *scientific filter tool* pada Adobe Audition untuk menentukan nilai frekuensi suara gendang tipak dan Tina-TI sebagai *simulator*.

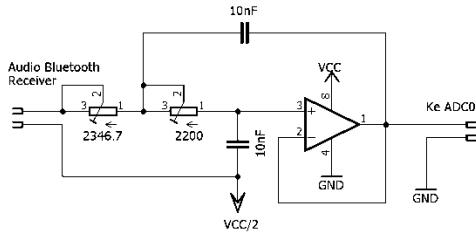


Gambar 3. Proses pengambilan data musik

Penentuan rentang frekuensi yang dihasilkan oleh gendang tipak didapat dengan mengamati respons filter pada waktu saat gendang tipak terdengar menggunakan *frequency analysis*. Hasil pengamatan dijadikan sebagai panduan awal dalam menentukan frekuensi *cutoff* dari *filter* yang akan dirancang. Rentang frekuensi yang didapat digunakan untuk melakukan simulasi *lowpass* dan *bandpass filter* menggunakan *scientific filter* pada Adobe Audition. Hasil *scientific filter* dijadikan sebagai referensi dalam perancangan rangkaian yang dilakukan dengan melakukan perhitungan komponen sesuai topologi yang digunakan. Setelah didapatkan nilai-nilai komponen, dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak Tina-TI. Respons *filter* pada Tina-TI dibandingkan dengan respons pada *scientific filter* untuk membuktikan bahwa rangkaian sudah sesuai.

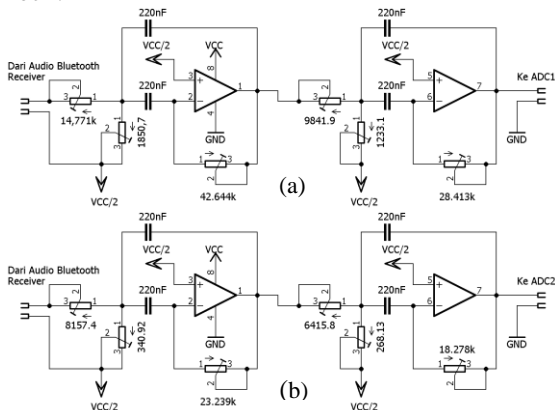
D. Perancangan Rangkaian Filter

Beberapa parameter yang didapatkan pada simulasi digunakan dalam perancangan rangkaian *filter*. Rangkaian *filter* yang dirancang terdiri atas tiga buah *filter*, yaitu satu buah *lowpass filter* dan dua buah *bandpass filter*. Rangkaian *filter* yang pertama berupa *lowpass filter* 2nd order. *Filter* ini digunakan untuk mendeteksi keadaan ada tidaknya musik pengiring. Deteksi musik berguna sebagai penanda bahwa sistem pendeteksi pola musik pengiring mulai bekerja.



Gambar 4. Rangkaian 2^{nd} order lowpass filter menggunakan topologi Sallen- Key

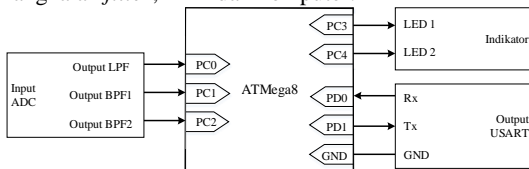
Rangkaian filter kedua dan ketiga merupakan rangkaian bandpass filter yang untuk menyaring suara gendang tipak: gendang besar dan gendang kecil.



Gambar 5. Rangkaian 2^{nd} order Butterworth bandpass filter, topologi Multiple Feedback:
(a) Filter gendang besar & (b) Filter gendang kecil

E. Perancangan Antarmuka Mikrokontroler Utama

Mikrokontroler merupakan pengontrol utama sistem. Beberapa pin digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler dengan perangkat- perangkat lain seperti rangkaian filter, LED dan komputer.



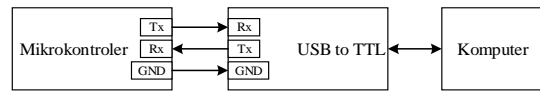
Gambar 6. Diagram blok antarmuka mikrokontroler utama

Mikrokontroler mengolah tiga input berupa sinyal analog yang berasal dari rangkaian filter. Masing- masing input terhubung ke pin ADC untuk mengonversi sinyal analog input menjadi sinyal digital, dengan konfigurasi: rangkaian LPF terhubung ke PC0, rangkaian BPF pertama terhubung ke PC1 dan rangkaian BPF kedua terhubung ke PC2. Pembacaan sinyal analog menggunakan resolusi data 10 bit ADC yang terdapat pada ATmega8.

Hasil pemrosesan mikrokontroler terhubung tiga buah pinoutput yang memiliki fungsi berbeda. Output pertama yaitu PC3 terhubung dengan LED 1 yang berfungsi sebagai indikator apakah sistem sudah aktif atau belum. Output kedua yaitu PC4 terhubung dengan LED 2 sebagai penanda adanya pola irama musik. Output yang ketiga merupakan data ketukan gendang tipak serta data pola musik

yang dikirim secara serial menggunakan USART. Komunikasi USART yang tersedia pada ATmega8 adalah PD0 sebagai Receiver Rx dan PD1 sebagai Transmitter Tx.

F. Perancangan USB to TTL



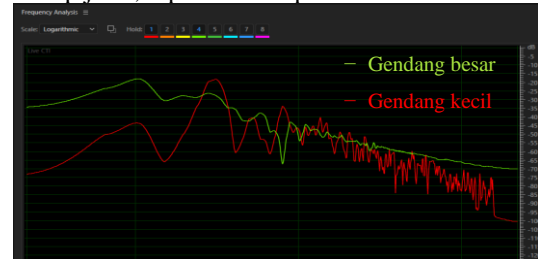
Gambar 7. Koneksi modul USB to TTL antara mikrokontroler dengan komputer

Data output dari mikrokontroler dikirimkan secara serial menggunakan pin USART yang tersedia pada mikrokontroler ATmega8 yaitu PD0 (pinout Rx) dan PD1 (pinout Tx). Koneksi transmitter/ receiver memiliki pin yang berbeda untuk komunikasi, yaitu Tx sebagai pengirim data dan Rx sebagai penerima data. Sehingga koneksi pin Tx mikrokontroler harus terhubung dengan pin Rx modul USB to TTL dan pin Rx mikrokontroler harus terhubung dengan pin Tx modul USB to TTL. Agar komunikasi dapat diteruskan ke komputer, dibutuhkan pin ground untuk menyamakan referensi tegangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

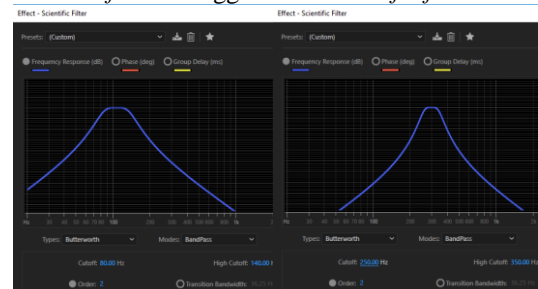
A. Analisis Hasil Pengambilan Data Musik dan Simulasi

Gendang tipak merupakan instrumen yang dominan pada Musik Pengiring KRSTI 2016, dimana gendang yang terdiri atas gendang besar dan gendang kecil memiliki batas frekuensi yang cukup jelas, diperlihatkan pada Gambar 8.



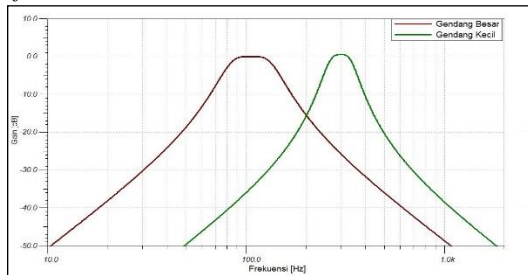
Gambar 8. Hasil respons frekuensi gendang tipak

Hasil pengujian respons frekuensi gendang tipak terlihat bahwa pada rentang frekuensi 80 Hz – 140 Hz untuk grafik gendang besar dan 250 Hz – 350 Hz untuk grafik gendang dijadikan frekuensi cutoff bandpass filter deteksi gendang tipak. Nilai cutoff yang dipilih digunakan untuk membuat simulasi filter menggunakan scientific filter.



Gambar 9 Hasil simulasi filter dengan scientific filter: (a) Gendang besar dan (b) Gendang kecil

Spesifikasi *Butterworth filter 2nd order* yang diperlihatkan pada Gambar 9 sudah mampu menyaring frekuensi gendang tipak dan meredam frekuensi lainnya. Spesifikasi yang didapat dari *scientific filter* diimplementasikan ke dalam rangkaian *filter* dengan nilai komponen dan topologi yang telah ditentukan pada perancangan rangkaian *filter*. Sebelum diimplementasikan ke dalam rangkaian yang sesungguhnya, terlebih dahulu dilakukan simulasi rangkaian menggunakan *software Tina-TI*.

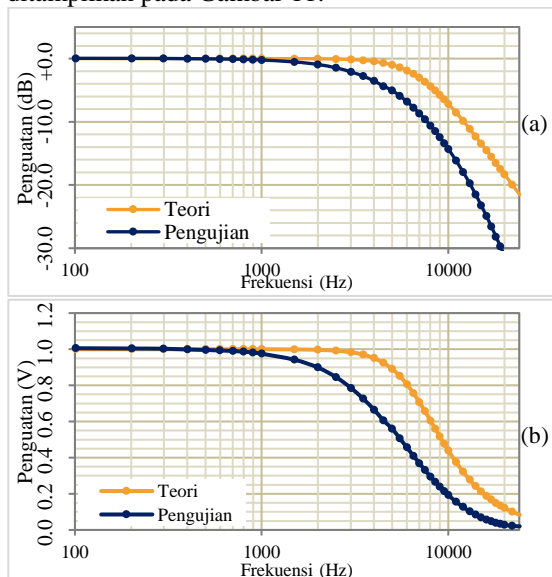


Gambar 10. Hasil simulasi respons *bandpass filter* gendang tipak menggunakan Tina-TI

Signal analyzer pada Tina-TI menunjukkan bahwa rangkaian *bandpass filter* gendang tipak yang disimulasikan memiliki respons yang sama dengan hasil simulasi *scientific filter* pada Adobe Audition.

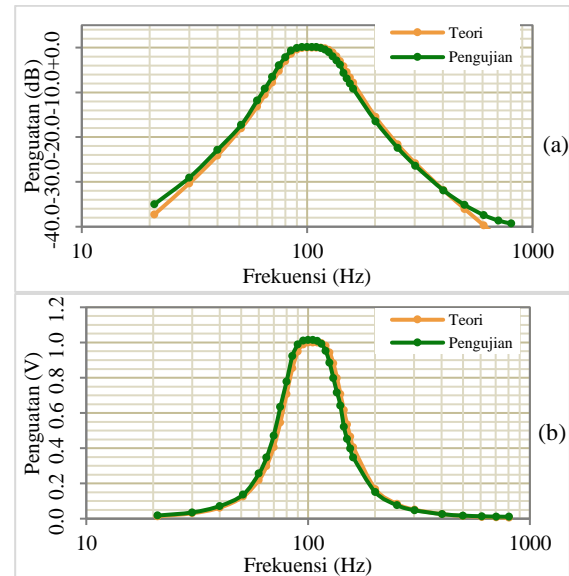
B. Pengujian Rangkaian Filter

Pengujian rangkaian *lowpass filter* dilakukan dengan memberikan *input* tegangan sinusoida dengan frekuensi 100 Hz – 24 kHz menggunakan *function generator*. Sampel diambil sebanyak 40 buah dengan data frekuensi secara logaritmik. Ditentukan amplitudo sinyal *input* sebesar 0.722 V_{rms} dengan perubahan sampel 1 oktaf untuk frekuensi 100 Hz – 1000Hz, 0,5 oktaf untuk 1000 Hz – 10kHz dan 0,1 oktaf untuk 10 kHz – 24 kHz. Hasil pengujian serta perhitungan penguatan ditampilkan pada Gambar 11.

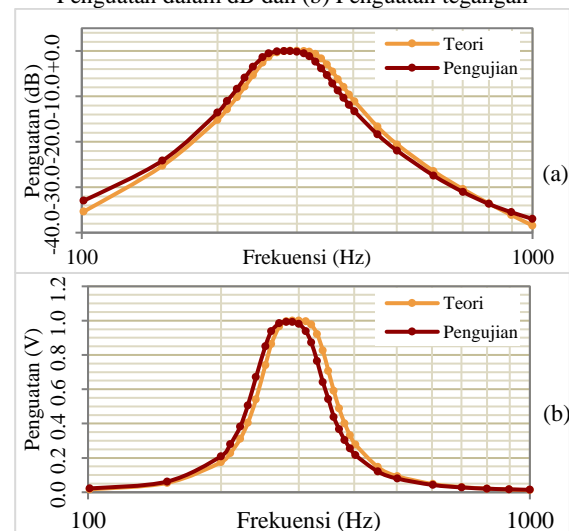


Gambar 11. Grafik respons amplitudo *2nd order lowpass filter*: (a) Penguatan dalam dB dan (b) Penguatan tegangan

Pengujian rangkaian *bandpass filter* dibagi ke dalam pengujian *filter* gendang besar dan gendang kecil. Pengujian dilakukan dengan memberikan *input* sinyal sinusoida sebesar 0,719 V_{rms} dengan frekuensi 20 Hz– 800 Hz untuk *filter* gendang besar dan *input* sebesar 0,720 V_{rms} dengan frekuensi 70 Hz – 1000 Hz *filter* gendang kecil masing- masing sebanyak 33 sampel. Hasil pengujian dan perhitungan penguatan ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. Grafik respons amplitudo *2nd order Butterworth bandpass filter* gendang besar: (a) Penguatan dalam dB dan (b) Penguatan tegangan

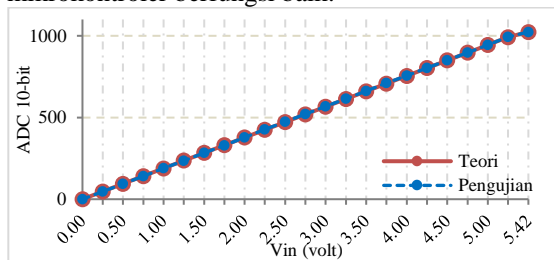


Gambar 13. Grafik respons amplitudo *2nd order Butterworth bandpass filter* gendang kecil: (a) Penguatan dalam dB dan (b) Penguatan tegangan

Dari kedua pengujian *bandpass filter* didapatkan respons yang mendekati respons ternormalisasi secara teori. Pengujian *stopband* gendang besar pada frekuensi 250 Hz didapat atenuasi sebesar 22,37 dB dan *stopband* gendang kecil pada frekuensi 500 Hz sebesar 21,97 dB. Kedua hasil pengujian sudah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan dalam perancangan yaitu atenuasi minimum 20 dB pada *stopband* tersebut.

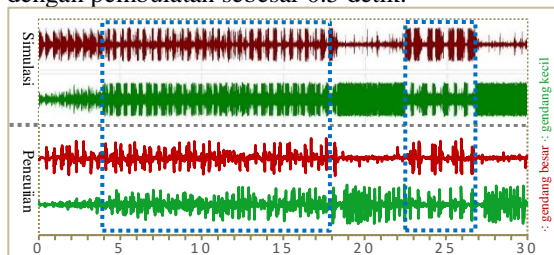
C. Pengujian ADC Mikrokontroler

Pengujian ADC mikrokontroler dilakukan dengan memberikan *input* berupa tegangan DC 0V sampai 5,42V dengan perubahan tegangan sebesar 0,25V. Diambil tiga data nilai ADC yang kemudian dihitung reratanya. Hasil perhitungan ADC dibandingkan dengan data ADC yang dikirim mikrokontroler. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 14. Nilai *error* yang kecil dan grafik yang linier menunjukkan bahwa ADC mikrokontroler berfungsi baik.



Gambar 14. Grafik hasil pengujian ADC

ADC mikrokontroler yang sudah berfungsi dengan baik selanjutnya digunakan untuk menguji ADC musik. Pengujian menggunakan ADC1 dan ADC2 untuk mengamati ketukan gendang. Ketukan gendang yang bergantian dan teratur dijadikan sebagai patokan adanya pola musik pengiring berupa blok garis putus-putus berwarna biru dengan pembulatan sebesar 0,5 detik.



Gambar 15. Hasil filter musik pengiring: simulasi Tina TI dan pengujian ADC (detik 0–30)

Dari tujuh bagian musik pengiring terdapat 15 pola musik pengiring dengan durasi beragam pada titik yang berbeda. Pola musik ini digunakan sebagai titik patokan dalam pengujian keeluruhan sebagai pembandingan pola musik hasil pengamatan dengan pola musik hasil pengujian. Secara rinci titik adanya pola musik ditampilkan pada Tabel 1.

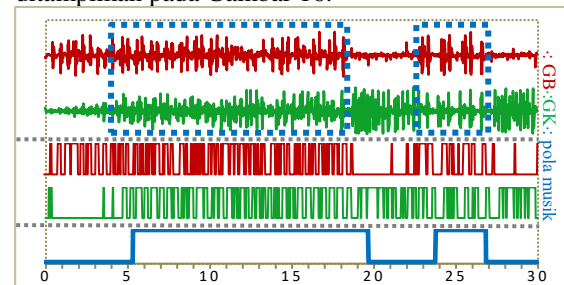
Tabel 1. Titik terdapat pola musik pengiring

Pola musik	Durasi (detik ke-)
1	4–17,5
2	22,5–26,5
3	79–92,5
4	95–98
5	106–110
6	112–114,5
7	119–125,5
8	127,5–135
9	137,5–144
10	145,5–153,5

11	156–161,5
12	163–171
13	174–178,5
14	180–189,5
15	192–198

D. Pengujian Performa Sistem Keseluruhan

Pengujian performa sistem keseluruhan memroses musik pengiring dan mengirimkan data *digital* ketukan gendang tipak dan pola musik pengiring ke komputer. Data terkirim diplot ke dalam grafik dan digabung dengan grafik sinyal suara gendang pada pengujian ADC musik serta hasil perancangan pola musik. Grafik sinyal suara digunakan sebagai pembandingan nilai ADC terbaca dengan hasil pemrosesan suara berupa pulsa ketukan gendang, sedangkan blok perancangan pola musik digunakan untuk membandingkan hasil pemrosesan sistem dengan perancangan. Grafik ketukan gendang tipak dan pola musik pengiring ditampilkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Ketukan gendang tipak dan pola musik pengiring keluaran sistem (detik 0–30)

Pembandingan hasil keluaran pola musik pengiring dilakukan secara manual dengan pembulatan sebesar 0,5 detik dan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan pola musik pengiring hasil perancangan dengan pola musik keluaran sistem

Pola Musik	Durasi (detik ke-)		Delay (detik)	
	Perancangan	Keluaran Sistem	Start	End
1	4–17,5	5–19,5	1	2
2	22,5–26,5	23,5–27	1	0,5
3	79–92,5	81,5–85	2,5	
		88–91,5		-1
4	95–98	97,5–99,5	2,5	1,5
5	106–110	107–109	1	-1
6	112–114,5	112–115	0	0,5
7	119–125,5	119,5–126,5	0,5	1
8	127,5–135	128–136	0,5	1
9	137,5–144	138–145	0,5	1
10	145,5–153,5	146–155	0,5	1,5
11	156–161,5	156–162,5	0	1
12	163–171	164,5–166,5	1,5	
		167,5–172,5		1,5
13	174–178,5	174–179,5	0	1

14	180–189,5	181,5–191	1,5	1,5
15	192–198	193–200	1	2
		59–60,5	-	-
-	-	64,5–66,5	-	-
		207–208	-	-
		Rerata	0,93	1,20

Pada Tabel 2, secara umum pola musik keluaran sistem memiliki *delay* dibandingkan dengan pola musik perancangan. Pada deteksi pola musik dari keadaan tidak ada pola musik, *delay* minimum sebesar nol detik dan maksimum sebesar 2,5 detik dengan rerata *delay* sebesar 0,93 detik. Sedangkan pada deteksi tidak ada pola musik, *delay* minimum sebesar -1 detik dan maksimum sebesar 2 detik dengan rerata *delay* sebesar 1,20 detik.

Selain *delay* pada setiap pola musik keluaran sistem, terdapat kesalahan deteksi pola musik. Pada Pola Musik 3 terdapat dua kali deteksi tidak ada pola musik dan pada Pola Musik 12 terdapat satu kali deteksi tidak ada pola musik masing-masing dengan durasi satu detik. Terdapat juga kesalahan deteksi pola musik dimana keluaran sistem mendeteksi pola musik pada blok di luar perancangan, yaitu pada durasi detik 59–60,5, detik 63,5–66,5 dan detik 207–208.

Pengujian kedua merupakan pengujian indikator deteksi musik, dimana LED1 sebagai indikator sistem aktif dan LED2 sebagai indikator adanya pola musik. Pada indikator deteksi musik sistem dapat menyalakan LED sesuai dengan kondisi *input*, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian indikator deteksi musik

Kondisi musik	Pola Musik	Indikator	
		LED 1	LED 2
Tidak ada musik	-	Mati	Mati
Ada musik	Tidak ada pola musik	Menyala	Mati
	Ada pola musik	Menyala	Menyala

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis setiap bagian serta keseluruhan sistem yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang mampu membedakan instrumen musik pengiring berupa gendang tipak menggunakan rangkaian *bandpass filter* sebagai acuan dalam penentuan pola musik pengiring. Dua rangkaian *bandpass filter* dapat melewatkan gendang besar pada frekuensi *cut off* 80 Hz dan 135 Hz, melewatkan gendang kecil pada frekuensi *cut off* 240 Hz dan 340 Hz serta meredam frekuensi instrumen musik lainnya.
2. Ketukan gendang tipak yang didapatkan dari proses *filter* dapat digunakan sebagai penentu adanya pola musik pengiring karena memiliki

pola ketukan yang teratur dan beriringan. Sistem mampu mendeteksi seluruh pola musik pengiring dari hasil perancangan 15 blok Pola Musik. Pola musik keluaran sistem memiliki selisih keluaran dibandingkan dengan pola musik perancangan dengan rerata 0,93 detik pada deteksi pola musik dari keadaan tidak ada pola musik dan 1,20 detik dari keadaan ada pola musik.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, ada beberapa saran dalam pengembangan lebih lanjut dari sistem yang telah dibuat yaitu:

1. Penentuan pola musik dapat menggunakan lebih dari satu jenis instrumen musik selain gendang seperti suara gambang.
2. Penentuan pola musik dilakukan dengan mengamati pola ketukan kedua gendang tipak tidak hanya jumlah ketukan kedua gendang.
3. Untuk tampilan pola musik dapat menambahkan GUI agar hasil keluaran pemrosesan dapat diamati secara *realtime* pada komputer.
4. Pembuatan sistem yang portabel agar sistem juga dapat dipasang pada robot ketika perancangan gerak tari sudah selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ristekdikti. (2015). *Kontes Robot Seni Tari Indonesia 2016*. Jakarta: Ristekdikti
- [2] Prabowo, Gigih. (2015). *Sosialisasi KRI 2016 Politeknik Negeri Jember*. Jakarta: Ristekdikti
- [3] Arifin, Bustanul. (2015). *Perancangan Sistem Gerakan Otomatis Robot berdasarkan Musik Pengiring pada Kontes Robot Seni Tari Indonesia*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya