

Sound Generator Berbasis Superposisi Gelombang Sinus untuk Alat Peraga Praktikum

Informasi Artikel

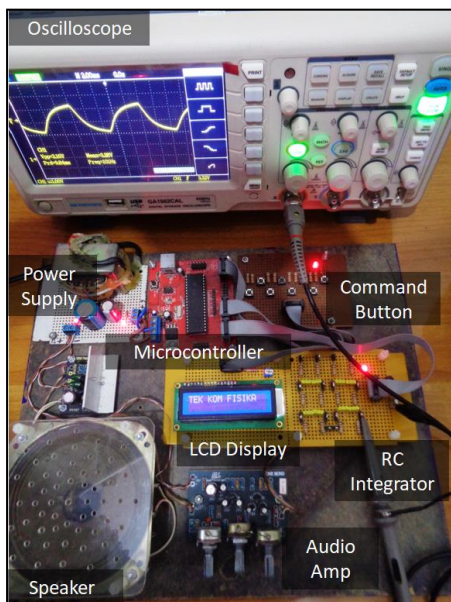
Naskah Diterima: 7 Nopember 2019
 Direvisi: 16 Desember 2019
 Disetujui: 20 Desember 2019

Tri Agus Djoko Kuntjoro¹, Billy Montolalu¹, Dwi Edi Setyawan¹

*Korespodensi Penulis :
 triagus@ypt.or.id
 ediset@ittelkom-sby.ac.id

¹Fakultas Teknik Elektro, Institut Teknologi Telkom Surabaya

Graphical abstract



Abstract

This paper discusses the sound generator which uses of sine waves superposition to produce musical sounds. The sound generator was then further used as practicum module by electrical engineering students in the electrical physics course. Especially to better understand about electrical waves and its parameters. This sound generator is considered to be a more effective learning tool in comparison to the oscilloscope and function generators, which are more commonly used. To build the sound generator, a simple and precise architectural design is required. The architecture consist of microcontroller as main processor and several RC integrators to convert square waves into sine waves. The algorithm in the microcontroller was aranged to produce a harmonious melody. In summary, this paper discusses the complete and comprehensive process of constructing a sound generator including its architectural design, generation process of sine waves, superposition of waves, and also the process of composing a tone scenario in order to produce a harmonious melody.

Keywords: Teaching Aid, Sinewave, Sound Generator

Abstrak

Paper ini membahas tentang sound generator yang mana output suara dihasilkan dari superposisi beberapa gelombang sinus sehingga membentuk alunan melodi musik. Sound generator tersebut digunakan untuk alat peraga praktikum bagi mahasiswa teknik elektro. Khususnya dalam memahami tentang gelombang listrik dan parameternya pada matakuliah Fisika Listrik. Hal ini karena metode pembelajaran umum yang hanya menggunakan function generator dan oscilloscope sangat sulit untuk dipahami. Untuk merealisasikan sound generator tersebut, maka dibutuhkan desain arsitektur yang tepat dan sederhana. Arsitektur dibangun dari sebuah mikrokotroller sebagai prosesor utama dan beberapa rangkaian RC integrator untuk menghasilkan alunan melodi yang merdu. Secara keseluruhan, paper ini membahas step by step proses pembuatan sound generator mulai dari desain arsitektur, proses pembangkitan gelombang sinus, superposisi gelombang hingga proses penyusunan skenario nada agar menghasilkan alunan melodi musik yang merdu didengar.

Kata kunci: Alat Peraga Praktikum, Gelombang Sinus, Sound Generator

© 2019 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

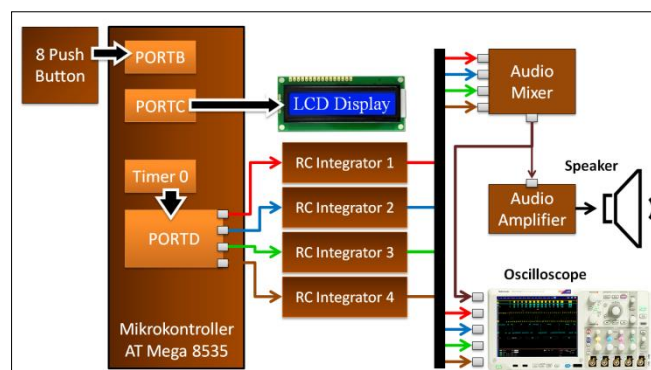
Fisika Listrik adalah bidang ilmu yang dipelajari oleh sebagian besar mahasiswa teknik elektro. Pada mata kuliah Fisika Dasar, mahasiswa dituntut untuk dapat memahami tentang gelombang listrik. Gelombang listrik yang paling mudah untuk dipelajari adalah gelombang sinusioida. Beberapa contoh gelombang sinusioida dikehidupan sehari-hari adalah tegangan jala-jala AC (Alternating Current), Gelombang pada frekuensi pembawa radio AM (Amplitudo Modulation)

ataupun FM (Frekuensi Modulation), Gelombang suara yang dihasilkan garpu tala, dan lain-lain. Dalam mempelajari gelombang listrik, umumnya mahasiswa menggunakan Oscilloscope dan Function Generator sebagai alat pembelajaran. Dalam hal ini, oscilloscope berfungsi sebagai display dan pengukuran parameter gelombang. Sementara, Function generator berfungsi sebagai pembangkit gelombang sinusioda pada range frekuensi rendah AF (Audio Frequency) hingga range frekuensi tinggi RF (Radio Frekuensi). Dengan kedua alat tersebut, maka mahasiswa dituntut untuk dapat mempelajari parameter gelombang antara lain frekuensi gelombang, amplitudo gelombang, periode gelombang, bentuk gelombang, fasa gelombang, distorsi gelombang dan lain sebagainya. Metode pembelajaran ini terkadang sangat sulit dipahami oleh mahasiswa generasi z yang lebih suka pembelajaran aplikatif. Untuk itu, paper ini mengusulkan musik sebagai alat peraga praktikum dalam mempelajari gelombang listrik. Musik dapat merangsang keingintahuan mahasiswa dalam mempelajari gelombang listrik. Untuk itu, dibutuhkan sebuah sound generator yang dapat membangkitkan gelombang listrik hingga menghasilkan suara melodi musik. Dalam hal ini, suara melodi musik dibentuk dari superposisi beberapa gelombang sinusioda.

Arsitektur sound generator berbasis oscillator adalah yang paling tua diantara arsitektur yang lain. Sound generator jenis ini diaplikasikan pada mainan anak-anak sejak lama [1],[2]. Menggunakan arsitektur ini sangat tidak menguntungkan karena membutuhkan komponen elektronik yang terlalu banyak. Sound generator berbasis IC pernah diusulkan untuk meminimalisir jumlah komponen yang diperlukan [3]. Namun seiring berkembangnya mikrokontroller, arsitektur ini mulai ditinggalkan. Sound generator berbasis IC yang lebih baru adalah menggunakan audio chip PCM 2904 dengan teknologi PLL (Phase Locked Loop) dan dapat diintegrasikan dengan software PC [4]. Meskipun demikian, teknologi ini hanya sebatas menggantikan peran function generator yang umum digunakan di laboratorium. Sound generator berbasis mobile device pernah diusulkan untuk menggantikan peran function generator pada laboratorium bila terjadi kerusakan [5]. Meskipun demikian, mobile device kurang cocok bila dikemas ulang dalam bentuk modul praktikum. Sound generator berbasis mikrokontroller juga pernah diaplikasikan untuk kendaraan niaga [6]. Arsitektur ini memiliki kekurangan, yaitu memerlukan proses recording karena menggunakan format audio MP3 atau WAV yang disimpan di dalam microSD (micro-Secure Data). Meskipun demikian, arsitektur menggunakan mikrokontroller sangat menguntungkan karena sistem operasinya sederhana, dapat diprogram ulang dan bisa berdiri sendiri. Untuk itu, pada penelitian ini sound generator menggunakan arsitektur yang berbasis mikrokontroller. Selanjutnya, pembahasan menyeluruh tentang desain sound generator tersaji dalam chapter 2.

2. DESAIN SISTEM SOUND GENERATOR

Sound generator dapat dibangun dari sebuah minimum sistem mikrokontroler. Pada penelitian ini, mikrokontroller yang digunakan adalah Atmel AT Mega 8535 A. Beberapa fitur pada mikrokontroller yang berperan penting adalah PORT I/O dan fungsi Timer. Gambar 1 menunjukkan blok diagram arsitektur sound generator yang diusulkan.



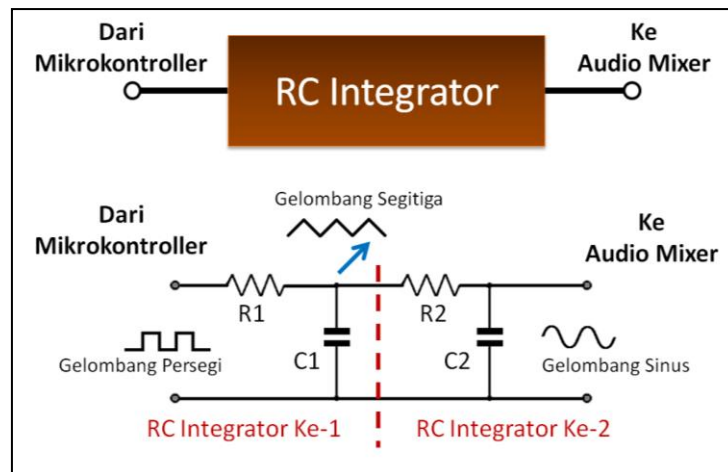
Gambar 1. Blok Diagram Arsitektur Sound Generator.

Mikrokontroller AT Mega 8535 memiliki 4 buah PORT I/O (PORTA, PORTB, PORTC and PORTD) yang masing-masing PORT memiliki 8 PIN I/O. Dalam hal ini, cukup 3 PORT saja yang digunakan (PORTB, PORTC, PORTD). PORTB terhubung dengan 8 buah push button, dalam hal ini,

PORTB digunakan untuk menerima input perintah. PORTC digunakan sepenuhnya untuk menampilkan data pada LCD Display 2 x 16. 4 Pin PORTD digunakan untuk mengeluarkan gelombang persegi, sementara 4 Pin yang lain tidak digunakan. 4 Pin PORTD kemudian dihubungkan dengan 4 buah blok RC (Resistor Capasitor) integrator untuk mengubah gelombang persegi yang dihasilkan mikrokontroller menjadi gelombang sinusioda. 4 Sumber gelombang sinus yang dihasilkan blok RC integrator dicampur menggunakan rangkaian audio mixer. Output audio mixer dihubungkan ke audio amplifier kemudian diumpankan ke speaker sebagai penampil suara. Alunan melodi musik hasil superposisi gelombang sinus dapat didengar melalui speaker. Sementara oscilloscope digunakan bagi mahasiswa untuk mengamati 4 buah gelombang sinusioda yang dihasilkan dan hasil pencampuran nya.

2.1 Konversi Gelombang Persegi ke Gelombang Sinus

Output gelombang yang dihasilkan mikrokontroller adalah gelombang persegi. Untuk mengubah gelombang persegi menjadi gelombang sinus, maka diperlukan rangkaian konversi. Pada penelitian ini rangkaian yang digunakan sebagai konverter adalah RC integrator. Gambar 2 menunjukkan skema rangkaian RC integrator. Pada arsitektur, 4 buah blok RC integrator masing-masing didalamnya terdiri dari 2 buah rangkaian RC integrator. RC integrator ke-1 digunakan untuk mengubah gelombang persegi menjadi gelombang segitiga, sementara RC integrator ke-2 yang kedua berfungsi untuk mengubah gelombang segitiga menjadi gelombang sinus.



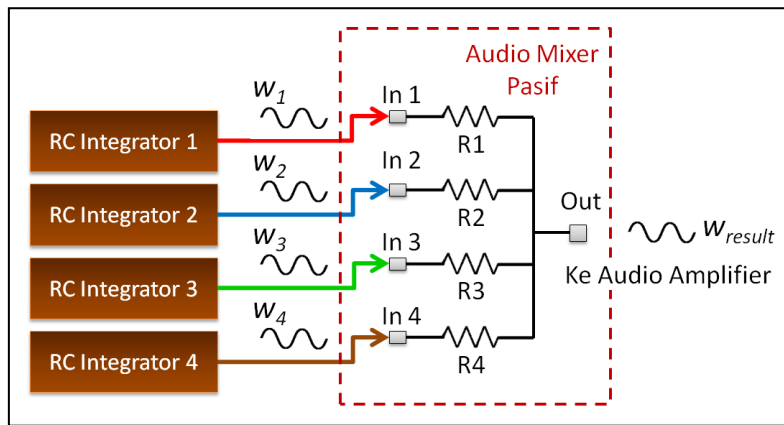
Gambar 2. Blok RC Integrator

2.2 Superposisi Beberapa Gelombang Sinus

Setelah proses konversi gelombang persegi menjadi gelombang sinus berhasil dilakukan, maka proses selanjutnya adalah proses pencampuran menggunakan blok audio mixer. Pada blok audio mixer, berlaku rumus superposisi gelombang sinus. Jika gelombang sinus yang pertama hingga yang keempat diinisialisasikan sebagai $w_1, w_2, w_3,$ dan w_4 . Dan jika hasil superposisi dinyatakan sebagai w_{result} , maka secara sederhana aturan superposisi dinyatakan dalam persamaan (1).

$$w_{result} = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 \quad (1)$$

Pada penelitian ini, aturan superposisi pada equation (1) diimplementasikan dalam blok audio mixer. Gambar 3 menunjukkan blok audio mixer pasif. Alasan utama untuk menggunakan audio mixer pasif adalah karena kompleksitasnya yang rendah.



Gambar 3. Audio Mixer Pasif

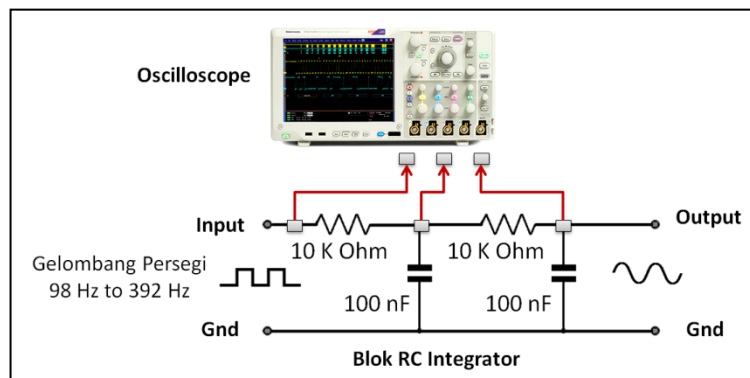
2.3 Integrator Pasif

RC Integrator pasif memiliki keuntungan yaitu membutuhkan komponen yang sedikit dan sederhana. Meskipun demikian, RC integrator pasif memiliki kerugian yaitu bersifat sebagai low pass filter. Dalam hal ini, amplitudo gelombang output integrator akan bervariasi sesuai dengan frekuensi gelombang input. Secara default, low pass filter berlaku aturan (2). Dimana Reaktansi Kapasitif dinyatakan sebagai X_c yang dinyatakan dalam Ω (Ohm).

$$X_c = 1/2\pi fC \quad (2)$$

Frekuensi dinyatakan dalam Hz (Hertz). Kapasitansi diinisialisasikan sebagai C dan dinyatakan dalam Farad. Dengan berpedoman pada aturan (2) maka semakin tinggi frekuensi (nada), maka akan semakin kecil resistansi kapasitor terhadap ground. Dengan demikian, amplitudo gelombang yang dihasilkan oleh output blok RC integrator pasif akan semakin kecil. Ini adalah kerugian ketika menggunakan RC Integrator pasif sebagai konverter. Meskipun demikian, RC Integrator pasif tetap layak digunakan dalam desain sound generator.

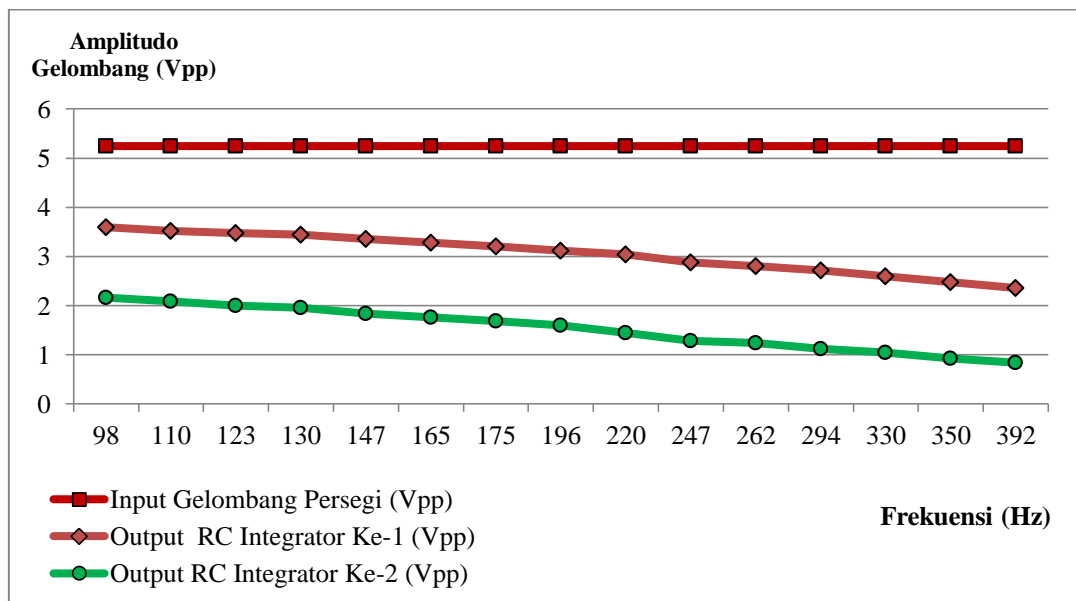
Untuk menganalisa lebih mendalam, maka dilakukan uji coba respon blok RC integrator pada beberapa frekuensi nada. Gambar 4 menunjukkan metode uji coba. Uji coba dilakukan dengan cara mengukur amplitudo gelombang pada beberapa frekuensi nada menggunakan oscilloscope. Dalam hal ini, amplitudo gelombang dinyatakan dalam Volt Peak to Peak (V_{pp}). Pada pelaksanaan uji coba, probe oscilloscope dihubungkan pada output RC Integrator ke-1 dan ke-2 untuk mengamati amplitudo gelombang pada masing-masing step. Tabel 1 menunjukkan hasil uji coba, sementara Gambar 5 menunjukkan visualisasi grafis hasil uji coba pada tabel 1. Hasil uji coba menunjukkan bahwa, semakin tinggi frekuensi pada input pasif blok RC integrator, maka semakin kecil pula amplitudo gelombang pada output nya.



Gambar 4. Metode Uji Coba

Tabel 1. Hasil Uji Coba Respon Pasif Integrator

Notasi Nada	Frekuensi Standar Nada	Input Gelombang Persegi (Vpp)	Output RC Integrator ke-1 (Vpp)	Output RC Integrator ke-2 (Vpp)
G ₂	98 Hz	5.24	3.60	2.16
A ₂	110 Hz	5.24	3.52	2.08
B ₂	123 Hz	5.24	3.48	2.0
C ₃	130 Hz	5.24	3.44	1.96
D ₃	147 Hz	5.24	3.36	1.84
E ₃	165 Hz	5.24	3.28	1.76
F ₃	175 Hz	5.24	3.20	1.68
G ₃	196 Hz	5.24	3.12	1.60
A ₃	220 Hz	5.24	3.04	1.44
B ₃	247 Hz	5.24	2.88	1.28
C ₄	262 Hz	5.24	2.80	1.24
D ₄	294 Hz	5.24	2.72	1.12
E ₄	330 Hz	5.24	2.60	1.04
F ₄	350 Hz	5.24	2.48	0.92
G ₄	392 Hz	5.24	2.36	0.84



Gambar 5. Visualisasi Dalam Bentuk Grafik.

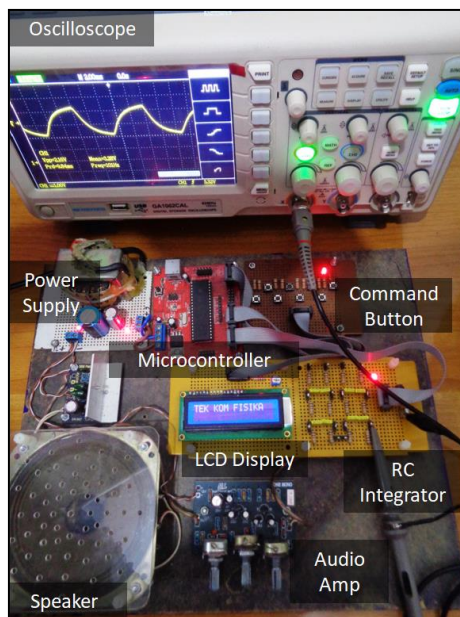
2.4 Skenario Nada dan Realisasi Prototype

Agar sound generator dapat menghasilkan suara melodi musik, maka hal yang harus dilakukan adalah membuat skenario nada. Pada penelitian ini, "Twinkle Twinkle Little Star" digunakan sebagai contoh lagu dalam menyusun skenario nada. Table 2 menunjukkan skenario nada yang telah dibuat. Skenario nada terdiri dari lirik lagu dan pemilihan frekuensi.

Table 2. Skenario nada

Lirik	<i>Twinkle</i>	<i>Twinkle</i>	<i>Little</i>	<i>Star</i>	<i>How I</i>	<i>Wonder</i>	<i>What You</i>	<i>Are</i>
w_1 (Nada Pengiring 1)	148 Hz	148 Hz	131 Hz	148 Hz	131 Hz	148 Hz	148 Hz	148 Hz
w_2 (Nada Pengiring 2)	197 Hz	197 Hz	165 Hz	197 Hz	165 Hz	197 Hz	220 Hz	197 Hz
w_3 (Nada Pengiring 3)	247 Hz	247 Hz	262 Hz	247 Hz	262 Hz	247 Hz	294 Hz	247 Hz
w_4 (Nada Utama)	392 Hz	587 Hz	659 Hz	587 Hz	523 Hz	494 Hz	440 Hz	392 Hz
Lirik	<i>Up</i>	<i>Above The</i>	<i>World So</i>	<i>High</i>	<i>Like a</i>	<i>Diamond</i>	<i>In The</i>	<i>Sky</i>
w_1 (Nada Pengiring 1)	148 Hz	131 Hz	148 Hz	148 Hz	148 Hz	131 Hz	148 Hz	148 Hz
w_2 (Nada Pengiring 2)	197 Hz	165 Hz	197 Hz	220 Hz	197 Hz	165 Hz	197 Hz	220 Hz
w_3 (Nada Pengiring 3)	247 Hz	262 Hz	247 Hz	294 Hz	247 Hz	262 Hz	247 Hz	294 Hz
w_4 (Nada Utama)	587 Hz	523 Hz	494 Hz	523 Hz	587 Hz	523 Hz	494 Hz	523 Hz
Lirik	<i>Twinkle</i>	<i>Twinkle</i>	<i>Little</i>	<i>Star</i>	<i>How I</i>	<i>Wonder</i>	<i>What You</i>	<i>Are</i>
w_1 (Nada Pengiring 1)	148 Hz	148 Hz	131 Hz	148 Hz	131 Hz	148 Hz	148 Hz	148 Hz
w_2 (Nada Pengiring 2)	197 Hz	197 Hz	165 Hz	197 Hz	165 Hz	197 Hz	220 Hz	197 Hz
w_3 (Nada Pengiring 3)	247 Hz	247 Hz	262 Hz	247 Hz	262 Hz	247 Hz	294 Hz	247 Hz
w_4 (Nada Utama)	392 Hz	587 Hz	659 Hz	587 Hz	523 Hz	494 Hz	440 Hz	392 Hz

Pada penelitian ini, sound generator direalisasikan dalam bentuk prototype. Gambar 5 menunjukkan realisasi prototype dan aktivitas pengamatan gelombang menggunakan oscilloscope.



Gambar 6. Realisasi Dalam Bentuk Prototype dan Aktivitas Pengamatan Gelombang.

3. KESIMPULAN

Penelitian ini memuat tentang upaya peningkatan pembelajaran pada mata kuliah fisika listrik khususnya pemahaman tentang gelombang listrik. Sound generator dalam hali ini sebagai alat peraga praktikum yang menghasilkan suara melodi musik yang merdu. Melodi musik dihasilkan dari superposisi gelombang sinusioda diharapkan dapat meningkatkan minat belajar mahasiswa. Pada penelitin ini telah diusulkan dan direalisasikan desain sound generator yang meliputi desain sistem, konsep superposisi gelombang, skenario nada agar menghasilkan suara yang merdu untuk didengar. Kelemahan yang ada dalam desain sistem adalah penggunaan RC Integrator pasif yang memiliki sifat seperti low pass filter. Untuk itu, pada penelitian selanjutnya, akan dikembangkan metode lain untuk menyelesaikan masalah tersebut.

REFERENSI

- [1] Stewart, J. (1972). Synthetic Animal Sound Generator And Method, US3683113A
- [2] Lipsitz, R., Dolinar, K. (1982). Sound Producing Toy, US4314423A
- [3] Burstein., S. (1979). A Multichannel Programmable Sound Generator IC. IEEE International Solid-State Circuits Conference. Digest of Technical Papers, (Nov). DOI: 10.1109/ISSCC.1979.1155925
- [4] Jaanus, M., Udal, A. (2012). USB Audio Chip Based Oscilloscope And Signal Generator For Mobile Laboratories. IEEE Conference on International Conference on Signals and Electronic Systems ICSES, (Sept). DOI: 10.1109/ICSES.2012.6382229
- [5] Mathew, Z., Biradar, T., Karamchandani, S. (2015). Microsmart signal generator. IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC), (Dec). DOI: 10.1109/ICCIC.2015.7435725
- [6] Aigner, B., Rössler, P., (2013). Integrated A low-cost sound generator for an electric quad bike. IEEE Conference on 2nd Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), (June). DOI: 10.1109/MECO.2013.6601380