

## Desain dan Modifikasi Perangkat Telepon Kabel Menjadi Alat Musik Mini Piano

Dwi Edi Setyawan<sup>1</sup>, Lora Khaula Amifia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Elektro, Institut Teknologi Telkom Surabaya, Jawa Timur.

### Informasi Artikel

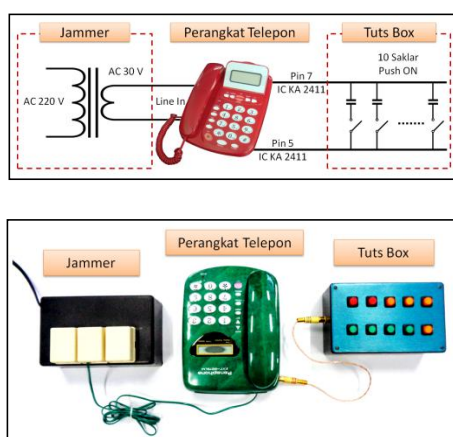
Naskah Diterima : 16 Maret 2019

Direvisi : 14 April 2019

Disetujui : 15 Juni 2019

\*Korespondensi Penulis :  
ediset@ittelkom-sby.ac.id

### Graphical abstract



### Abstract

Along with rapidly cellular telecommunications technology development, then sooner or later, communication using the conventional telephone will be left. Even so, conventional telephone devices can be used as art objects. In this study, conventional telephone devices were modified to become mini piano instruments. Specifically, the ringing sound of the telephone is modified so that it can be changed using buttons to change the ringing frequency. The telephone ringing sound is adjusted to 10 tones of C, D, E, F, G, A, B, C', D' and E' following pitch standard. This research discusses consist of system design, realization and trial analysis. Based on the results of the trial analysis, a mini piano instrument is feasible to use and can be combined with other musical instruments because it has an average frequency difference of 5.4 Hz or less than 10 Hz from the pitch standard. The mini piano has the potential to produce noise because of the system designed in analog. Even so, the mini piano can still feasible to use, because the noise produced is outside the audiosonic frequency range so that noise cannot be heard by the human ear.

**Keywords:** Phone Ringer, Musical Instrument, Mini Piano.

### Abstrak

Seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi seluler, maka cepat atau lambat komunikasi via telepon kabel akan ditinggalkan oleh penggunanya. Meskipun demikian, perangkat telepon kabel dapat dimanfaatkan menjadi benda bernilai seni. Pada penelitian ini, perangkat telepon kabel dialihfungsikan menjadi alat musik sejenis mini piano. Secara spesifik, suara dering telepon dimodifikasi agar bisa diubah ubah frekuensi nadanya melalui media tombol hingga membentuk sebuah tangga nada. Suara dering telepon disesuaikan dengan 10 nada C, D, E, F, G, A, B, C', D' dan E' mengikuti standar frekuensi pada musik. Penelitian ini membahas mulai dari desain sistem, realisasi hingga uji coba. Berdasarkan hasil uji coba, alat musik mini piano layak digunakan dan dapat dipadukan dengan alat musik lain karena memiliki rata-rata selisih frekuensi sebesar 5,4 Hz atau kurang dari 10 Hz terhadap frekuensi standar pada musik. Karena desain sistem bersifat analog, maka mini piano berpotensi menghasilkan suara noise. Meskipun demikian, mini piano masih dapat dinyatakan layak, karena noise yang dihasilkan berada di luar rentang frekuensi audiosonik sehingga noise tidak dapat didengar oleh telinga manusia.

**Kata kunci:** Ringer Telepon, Alat Musik, Mini Piano.

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

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya perkembangan bidang telekomunikasi, komunikasi via telepon seluler dirasa masyarakat menjadi sangat murah dan fleksibel. Cepat atau lambat media telekomunikasi via telepon kabel akan ditinggalkan. Ketika teknologi telepon kabel mulai ditinggalkan, maka tentu saja riset maupun kajian teknologi yang berkaitan dengan telepon kabel hampir tidak ada lagi karena sudah dianggap usang dan tak memiliki nilai kebaruan. Disisi lain, bagi para ilmuwan yang menghargai sejarah perkembangan teknologi memahami bahwa, tidak akan ada

teknologi baru tanpa adanya teknologi lama. Perangkat telepon kabel adalah satu dari sekian banyak teknologi lama yang mungkin tidak akan ada nilai kebaruan dibidang riset tetapi dapat dimanfaatkan untuk hal lain, salah satunya adalah dalam hal seni. Untuk itu, tujuan penelitian ini adalah mengalihfungsikan perangkat telepon kabel menjadi sebuah karya seni.

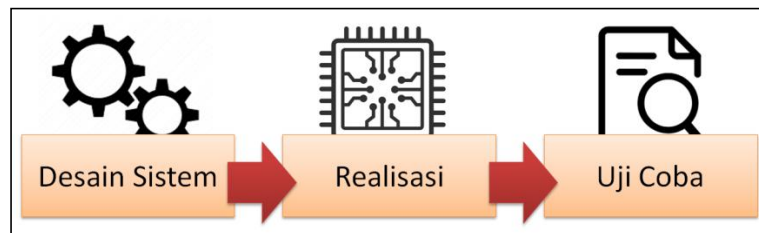
Disetiap perangkat telepon kabel, tentu terdapat rangkaian elektronik yang berfungsi untuk mengeluarkan suara dering panggilan. Pada penelitian ini, suara dering telepon diubah menjadi karya seni yaitu alat musik mini piano. Dalam hal ini, frekuensi nada pada dering telepon didesain agar bisa diubah ubah sesuai keinginan pengguna. Tiap frekuensi nada diubah menggunakan tombol-tombol sehingga pengguna dapat memainkan nada selayaknya alat musik mini piano. Pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini berupaya untuk tetap mempertahankan sistem yang sudah ada pada pesawat telepon dan hanya melakukan modifikasi secara minor.

Penelitian terkait dering telepon diawali pada era 1960 hingga 1970 an. Pada era ini, suara dering pada perangkat telepon umumnya dihasilkan dari komponen elektromagnetis [1], karena komponen elektromagnetis memiliki efek noise terhadap suara telepon, maka pada awal tahun 1970 an komponen electroacoustic transducer diusulkan untuk menggantikan komponen elektromagnetis [2]. Sejak diusulkan, maka komponen pendukung dering telepon mulai dikembangkan secara elektronis dan menggunakan komponen solid state. IC KA 2411 merupakan contoh komponen solid state yang dapat digunakan sebagai pembangkit suara dering telepon [3]. Komponen IC ini masih digunakan hampir di semua produk perangkat telepon kabel hingga saat ini.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini mencakup desain sistem, realisasi dalam bentuk prototype dan uji coba. Metodologi penelitian dapat divisualisasikan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

#### (1) Desain Sistem

Tahap desain sistem meliputi perancangan komponen-komponen pendukung sistem yang terdiri dari komponen elektronika aktif dan komponen elektronika pasif.

#### (2) Realisasi

Setelah dilakukan desain sistem, maka proses selanjutnya adalah realisasi dalam bentuk modifikasi pada perangkat telepon kabel.

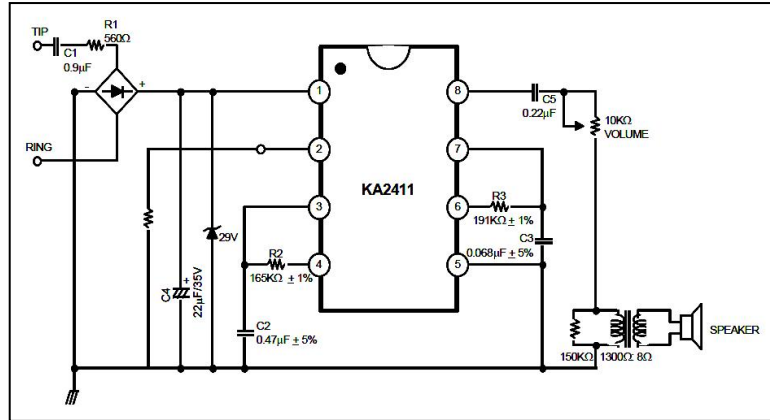
#### (3) Uji Coba

Langkah penelitian yang terakhir adalah uji coba untuk mendapatkan hasil kinerja dari apa yang telah dilakukan. Pada langkah ini, dilakukan pengukuran beberapa parameter sebagai tolok ukur kelancaran dan keberhasilan penelitian.

### 2.2 Desain Sistem

Untuk memodifikasi suara dering telepon menjadi alat musik mini piano, maka perlu dilakukan modifikasi pada sirkuit dering pada perangkat. Umumnya, sirkuit dering pada perangkat

telepon kabel menggunakan standar yang mengacu pada pemakaian komponen elektronik IC *Tone Ringer* type KA 2411. Suara dering yang dihasilkan oleh IC KA 2411 adalah percampuran antara 3 buah frekuensi suara yaitu *High Frequency 1* ( $f_{H1}$ ), *High Frequency 2* ( $f_{H2}$ ) dan *Low Frequency* ( $f_L$ ). Gambar 2 menunjukkan skema standar dering telepon yang lazim diaplikasikan pada hampir seluruh produk perangkat telepon kabel. Sementara Tabel 1 menunjukkan detail 3 parameter frekuensi nada pada standar dering telepon. Pada tabel tersebut, telah ditentukan standar besaran frekuensi pada  $f_{H1}$ ,  $f_{H2}$ , dan  $f_L$  untuk keperluan produksi, manufaktur dan komersial produk perangkat telepon kabel. Namun pada penelitian ini, besaran frekuensi tersebut akan diubah mengikuti standar frekuensi pada musik.



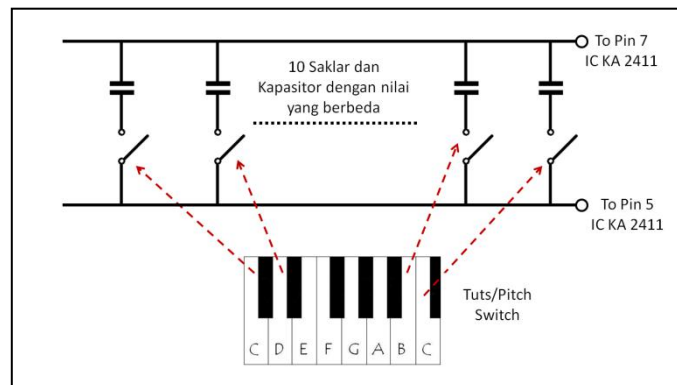
Gambar 2. Skema Standar Dering Telepon [4]

Tabel 1. Frekuensi nada pada standar dering telepon [4]

	Parameter	Minimum	Typical	Maksimum
1	$f_{H1}$	461 Hz	512 Hz	563 Hz
2	$f_{H2}$	576 Hz	640 Hz	704 Hz
3	$f_L$	9 Hz	10 Hz	11 Hz

### 2.3

Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi terhadap skema standar dering telepon. Mengacu pada gambar 2,  $f_{H1}$  dan  $f_{H2}$  diatur oleh komponen pasif R3 dan C3, sementara  $f_L$  diatur oleh komponen pasif R2 dan C2. Modifikasi yang dilakukan adalah mengubah standar sistem dering telepon menjadi alat musik sejenis mini piano namun tetap mempertahankan karakter suara dering telepon. Setiap tombol untuk masing-masing nada adalah konfigurasi dari nilai komponen pasif C3 sementara nilai R3 dibuat tetap. Gambar 3 menunjukkan modifikasi pada sistem dering telepon.



Gambar 3. Modifikasi Pada Sistem Dering Telepon

### 2.3 Penghitungan Frekuensi Nada

Merujuk pada datasheet IC KA 2411, frekuensi nada dering khususnya *High Frequency 1* ( $f_{H1}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus (1), sementara *High Frequency 2* ( $f_{H2}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus (2). *High Frequency 1* ( $f_{H1}$ ) dan *High Frequency 2* ( $f_{H2}$ ) keduanya memiliki satuan Hertz (Hz). Agar frekuensi nada dering dapat sesuai dengan frekuensi pada standar musik, maka nilai kapasitansi C3 (Pada Gambar2) diatur sesuai rumus (1) dan (2). Oleh karena  $f_{H1}$  terdengar lebih dominan dibandingkan dengan  $f_{H2}$ , maka nilai kapasitansi C3 ditentukan dengan menggunakan rumus (1). Jika nilai resistansi R3 adalah 220 Kohm, dan jika pada realisasi terdapat 10 tombol untuk 10 nada C, D, E, F, G, A, B, C', D', E' maka nilai kapasitansi C3 adalah seperti pada Tabel 2.

$$f_{h1} = \frac{1}{1.518 * R2 * C2} \tag{1}$$

$$f_{h2} = 1.214 * f_{h1} \tag{2}$$

Tabel 2. Nilai kapasitansi C3 sesuai penghitungan dan realisasi

Nada	Standar Frekuensi Nada pada Musik (Hz)	Nilai Kapasitansi C3 Sesuai Penghitungan	Nilai Kapasitansi C3 Saat Realisasi	$f_{H1}$ (Hz)	Selisih antara standar frekuensi dengan $f_{H1}$ (Hz)
1	2	3	4	5	6
C	261,63	11,44 nF	10 nF + 1 nF + 470 pF	261,06	0,57
D	293,66	10,19 nF	10 nF + 200 pF	292,99	0,67
E	329,63	9,08 nF	8,2 nF + 820 pF + 68 pF	329,49	0,14
F	349,23	8,57 nF	8,2 nF + 270 pF + 100 pF	349,40	-0,17
G	392	7,63 nF	6,8 nF + 820 pF + 22 pF	391,83	0,17
A	440	6,8 nF	6,8 nF	440,35	-0,35
B	493,88	6,06 nF	5,6 nF + 470 pF	493,31	0,57
C'	523,25	5,72 nF	5,6 nF + 120 pF	523,49	-0,24
D'	587,33	5,098 nF	4,7 nF + 470 pF	579,18	8,15
E'	659,25	4,54 nF	3,3 nF + 1 nF + 220 pF + 18 pF	659,84	-0,59

Adapun penjelasan Tabel 2 adalah sebagai berikut. Kolom 1 adalah 10 tangga nada mulai dari nada terendah C hingga nada tertinggi E'. Kolom 2 merupakan daftar standar frekuensi nada pada musik untuk 10 tangga nada tersebut. Agar sesuai dengan standar frekuensi nada pada musik, maka nilai kapasitansi C3 dapat ditentukan dengan menggunakan rumus (1) dan hasilnya ditampilkan pada kolom 3. Dalam realita, komponen kapasitor yang kapasitansi nya sesuai dengan kolom 3 tidak mudah untuk didapatkan. Dalam hal ini, dibutuhkan komponen elektronika kapasitor variabel yang memiliki nilai antara 1 sampai dengan 12 nano Farad. Untuk itu, pada realisasi digunakan beberapa kapasitor yang diparalel untuk mendapatkan nilai yang mendekati. Beberapa nilai kapasitor yang diparalel ditampilkan pada kolom 4. Dalam hal ini, simbol penjumlahan adalah merepresentasikan pemasangan kapasitor secara paralel. Karena kapasitor yang terpasang paralel hanya mendekati nilai kapasitansi yang dibutuhkan, maka frekuensi nada yang akan dihasilkan akan sedikit berbeda dari



standar frekuensi nada pada musik. Kolom 5 menunjukkan hasil penghitungan setelah pemasangan kapasitor secara paralel. Kolom 6 menunjukkan selisih antara frekuensi nada hasil penghitungan dengan standar frekuensi nada pada musik. Dengan kata lain, kolom 6 adalah selisih antara nilai yang ada pada kolom 2 dengan nilai pada kolom 5. Dalam hal ini, bilangan negatif maupun positif pada kolom 6 dapat diabaikan. Dengan selisih rata-rata kurang dari 10 Hz, maka frekuensi nada yang dihasilkan tidak akan terlalu melenceng dari standar frekuensi nada pada musik.

#### 2.4 Realisasi pada Perangkat

Pada penelitian ini, realisasi diwujudkan dalam bentuk modifikasi perangkat. Gambar 4 menunjukkan desain realisasi pada perangkat. Sementara Gambar 5 menunjukkan realisasi yang telah dilakukan.



Gambar 4. Desain Realisasi pada Perangkat

*Jammer* adalah perangkat power supply AC 30 Volt yang tidak hanya berfungsi sebagai power supply, tetapi juga berfungsi untuk mengaktifkan suara dering pada perangkat telepon secara kontinyu. Sementara *Tuts Box* adalah kumpulan saklar untuk memilih nada sesuai keinginan.



Gambar 5. Realisasi yang Telah Dilakukan

#### 2.5 Proses Uji Coba

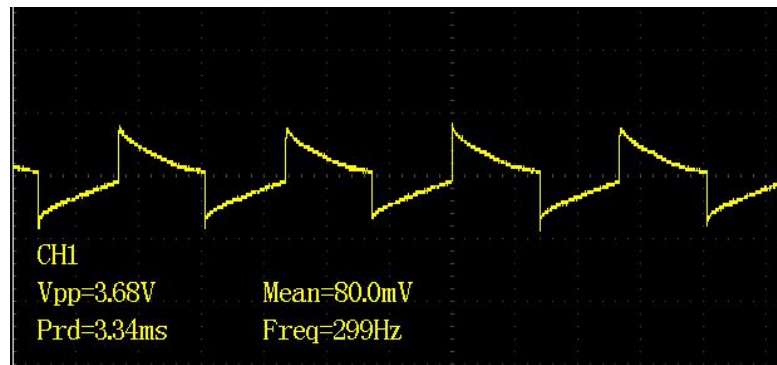
Proses uji coba dilakukan untuk menguji kinerja dari alat musik mini piano. Proses uji coba akan dibahas lebih mendalam pada sub bab 3 Hasil dan Pembahasan. Beberapa hal yang diujikan adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran frekuensi nada menggunakan oscilloscope. Uji coba ini dilakukan untuk memastikan frekuensi nada yang dihasilkan saat realisasi sesuai dengan penghitungan saat tahap desain.
2. Mencari selisih antara frekuensi nada saat pengukuran dengan standar frekuensi nada pada musik. Uji coba ini dilakukan untuk memastikan bahwa alat musik mini piano yang dibangun memiliki frekuensi nada yang sama atau hampir mendekati sama dengan frekuensi nada pada standar musik. Hal ini akan memudahkan pengoperasian saat dimainkan dengan alat musik lain.
3. Pengukuran dan pengamatan noise dilakukan untuk menganalisa noise yang muncul saat tak satupun tombol pada tuts box ditekan.

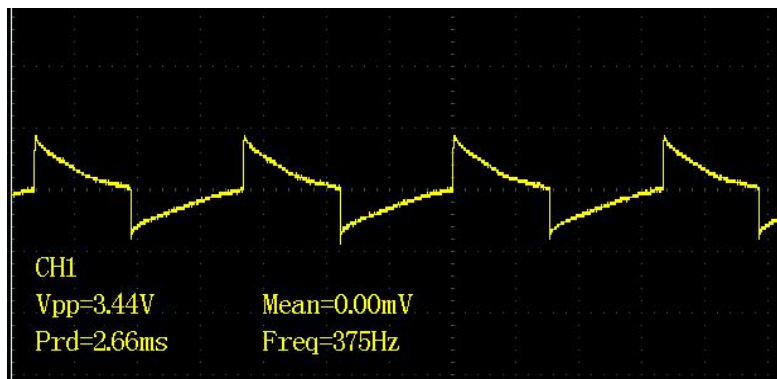
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengukuran Frekuensi Nada Menggunakan Oscilloscope

Pengukuran frekuensi nada penting dilakukan untuk memastikan kesesuaian antara realisasi dengan penghitungan saat tahap desain. Oscilloscope digunakan sebagai alat ukur dengan pertimbangan dapat melihat bentuk gelombang dan menampilkan besaran frekuensi nada. Proses pengukuran dilakukan dengan menekan tombol pada tuts box secara bergantian mulai dari nada C hingga E'. Probe oscilloscope dihubungkan dengan pin nomor 8 pada IC KA 2411. Layar pada oscilloscope akan menampilkan secara random  $f_{H1}$  dan  $f_{H2}$ . Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan screenshot layar oscilloscope saat pengukuran pada nada D. Pengukuran pada nada C, E, F, G, A, B, C', D', dan E' tidak ditampilkan karena tidak ada perbedaan pada bentuk gelombang yang dihasilkan oleh output IC KA 2411. Adapun perbedaan hanya pada besaran frekuensi gelombang. Tabel 3 menunjukkan data hasil pengukuran pada 10 tangga nada.



Gambar 6. Layar Oscilloscope Saat Menampilkan  $f_{H1}$  Pada nada D



Gambar 7. Layar Oscilloscope Saat Menampilkan  $f_{H2}$  Pada nada D



Tabel 3. Data hasil pengukuran frekuensi nada

Nada	Sesuai Penghitungan		Hasil Pengukuran		Selisih [Pengukuran – Penghitungan]	
	$f_{H1}$ (Hz)	$f_{H2}$ (Hz) $f_{H2} = 1,214 * f_{H1}$	$f_{H1}$ (Hz)	$f_{H2}$ (Hz)	$f_{H1}$ (Hz)	$f_{H2}$ (Hz)
1	2	3	4	5	6	7
C	261	316	267	333	6	16
D	292	355	299	375	6	19
E	329	400	337	423	8	23
F	349	424	357	446	8	22
G	391	475	396	500	4	24
A	440	534	438	549	2	14
B	493	598	495	617	2	18
C'	523	635	526	666	3	30
D'	579	703	595	746	16	43
E'	659	801	666	833	6	32
<b>Selisih rata-rata (Hz)</b>					<b>5,9</b>	<b>24,2</b>

Berikut penjelasan Tabel 3, Kolom 1 adalah tangga nada mulai dari nada terendah C hingga nada tertinggi E'. Setelah dilakukan realisasi, sesuai dengan penghitungan menggunakan rumus (1) dan (2), maka dapat diketahui nilai  $f_{H1}$  dan nilai  $f_{H2}$ . Nilai  $f_{H1}$  ditampilkan pada kolom 2 sementara nilai  $f_{H2}$  ditampilkan pada kolom 3. Setelah dilakukan pengukuran, terdapat perbedaan antara hasil penghitungan dengan hasil pengukuran. Hasil pengukuran  $f_{H1}$  ditampilkan pada kolom 4, sementara hasil pengukuran  $f_{H2}$  ditampilkan pada kolom 5. Selisih antara hasil pengukuran  $f_{H1}$  dengan hasil penghitungan  $f_{H1}$  ditampilkan pada kolom 6, sementara selisih antara hasil pengukuran  $f_{H2}$  dengan hasil penghitungan  $f_{H2}$  ditampilkan pada kolom 7. Selisih rata-rata akan dinyatakan bagus jika kurang dari 10 Hz. Selisih rata-rata pada  $f_{H1}$  didapatkan hasil yang sesuai harapan yaitu sebesar 5,9 Hz, sementara selisih rata-rata pada  $f_{H2}$  didapatkan hasil 24,2 Hz atau lebih dari 10 Hz. Karena frekuensi yang dominan adalah  $f_{H1}$ , maka hasil yang kurang bagus pada  $f_{H2}$  dapat diabaikan.

### 3.2 Selisih antara hasil pengukuran dengan standar frekuensi nada pada musik

Membandingkan hasil pengukuran frekuensi nada dengan standar frekuensi pada musik penting dilakukan untuk memastikan bahwa alat musik mini piano yang dibangun mudah untuk dimainkan dengan alat musik lain karena memiliki frekuensi nada yang standar atau mendekati standar. Tabel 4 menunjukkan hasil perbandingan dengan penjelasan sebagai berikut, kolom 1 adalah tangga nada mulai dari nada terendah C hingga nada tertinggi E'. Kolom 2 merupakan frekuensi standar pada musik dengan mengabaikan angka dibelakang koma. Dalam hal ini, selisih angka dibelakang koma tidak berpengaruh signifikan terhadap akurasi nada dan dapat diabaikan. Kolom 3 merupakan hasil pengukuran  $f_{H1}$ . Dalam hal ini,  $f_{H2}$  tidak dimasukkan dalam analisa karena bukan frekuensi dominan yang didengar oleh telinga. Kolom 4 merupakan selisih antara frekuensi nada hasil pengukuran dengan standar frekuensi nada pada musik. Selisih rata-rata dinyatakan baik jika kurang dari 10 Hz. Karena selisih rata-rata adalah 5,4 Hz, maka alat musik mini piano yang dibangun dengan

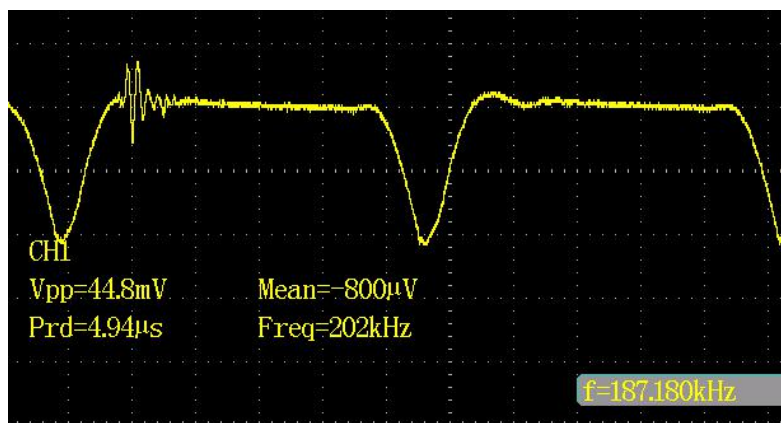
menggunakan pesawat telepon kabel cukup layak untuk digunakan dan siap dimainkan dengan alat musik lain.

Tabel 4. Selisih antara hasil pengukuran dengan standar frekuensi pada musik

Nada	Frekuensi Nada pada Standard Musik (Hz)	Hasil Pengukuran $f_{HI}$ (Hz)	Selisih (Hz)
1	2	3	4
C	261	267	6
D	293	299	6
E	329	337	8
F	349	357	8
G	392	396	4
A	440	438	2
B	493	495	2
C'	523	526	3
D'	587	595	8
E'	659	666	7
<b>Selisih Rata-rata</b>			<b>5,4 Hz</b>

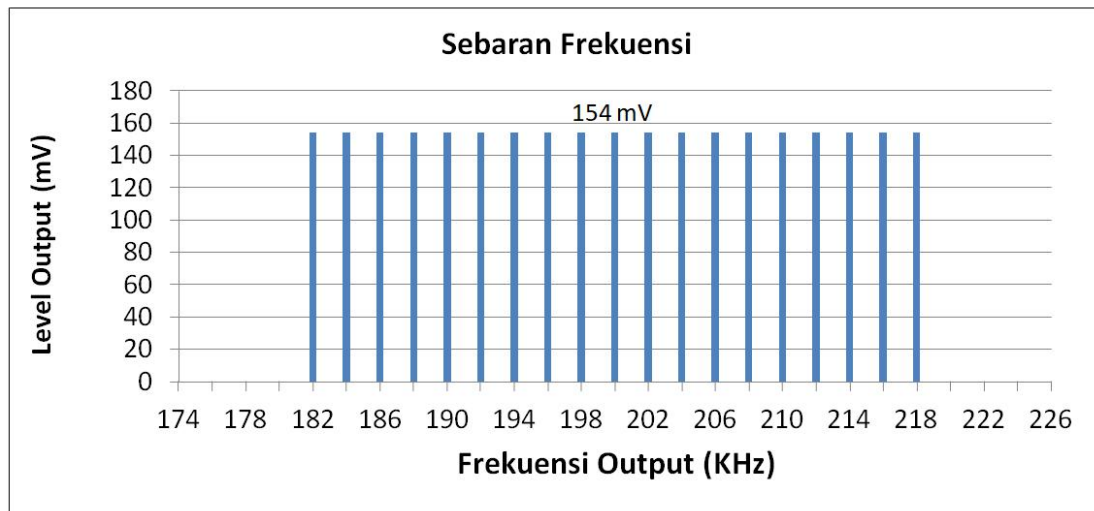
### 3.3 Pengukuran dan pengamatan noise

Ketika tak satupun tombol pada tuts box yang ditekan, maka tak satupun kapasitor yang terhubung pada pin IC KA 2411 khususnya pin nomor 5 dan 6 (Gambar 2). Dengan demikian nilai kapasitansi C3 menjadi random dan berpotensi menimbulkan suara yang tidak diinginkan (noise). Pengamatan dan pengukuran noise perlu dilakukan untuk memastikan suara yang dihasilkan tidak berada pada rentang frekuensi audiosonik (20Hz – 20 KHz). Jika noise berada pada frekuensi audiosonik, maka akan menghasilkan suara tak bernada dan mengganggu telinga. Gambar 8 menunjukkan hasil pengamatan bentuk sinyal pada output (pin nomor 8) IC KA 2411. Adanya bentuk gelombang trapesium menunjukkan adanya noise yang dihasilkan. Idealnya, jika tidak ada noise, maka bentuk gelombang adalah garis mendatar. Grafik pada Gambar 9 menunjukkan sebaran frekuensi yang dihasilkan. Dari grafik pada Gambar 9 dapat disimpulkan bahwa pada saat tak satupun tombol pada tuts box yang ditekan, maka IC KA 2411 akan menghasilkan suara tak bernada pada rentang frekuensi antara 182 KHz hingga 218 KHz dengan level output sebesar 154 mV. Karena rentang frekuensi hasil pengukuran jauh melebihi dari rentang frekuensi audiosonik, maka dapat disimpulkan bahwa noise yang dihasilkan tidak mengganggu. Dalam hal ini, suara dengan frekuensi antara 182 KHz hingga 218 KHz tidak dapat terdengar oleh telinga manusia.





Gambar 8. Hasil Pengamatan dan Pengukuran Noise Menggunakan Oscilloscope.



Gambar 9. Sebaran Frekuensi Noise.

### 3 KESIMPULAN

Perangkat telepon kabel yang mulai ditinggalkan penggunaannya pada penelitian ini telah dialihfungsikan menjadi alat musik mini piano. Dalam hal ini, alat musik mini piano yang dimaksud adalah yang memiliki karakter suara seperti dering telepon namun dengan nada yang dapat diatur menyerupai tangga nada. Secara teknis, nilai kapasitansi komponen kapasitor pembentuk nada dering pada perangkat telepon diubah sesuai keinginan pengguna melalui media tombol pada tuts box. Kemudian, frekuensi nada yang dihasilkan alat musik mini piano telah disesuaikan dengan standar frekuensi pada musik. Adapun kendala yang dihadapi adalah, proses untuk mencari nilai kapasitansi yang tepat sangatlah sulit. Secara teknis, membutuhkan kapasitor variabel berukuran 1 sampai dengan 12 nano Farad. Dengan memberi nilai kapasitansi yang hampir mendekati, maka didapat selisih antara frekuensi nada yang dihasilkan dengan standar frekuensi pada musik. Selisih rata-rata sesuai penghitungan adalah 5,9 Hz dan sesuai pengukuran sebesar 5,4 Hz. Dengan demikian alat musik mini piano layak digunakan karena penyimpangan terhadap standar frekuensi pada musik kurang dari 10 Hz. Suara noise yang dihasilkan oleh alat musik mini piano dapat diabaikan karena berada pada rentang frekuensi antara 182 KHz hingga 218 KHz yang tidak mungkin dapat didengar oleh telinga manusia.

### 4 UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih pada Institut Teknologi Telkom Surabaya atas penyelenggaraan program penelitian mandiri tahun 2019.

### REFERENSI

- [1] D. J. Suda, "An electronic tone ringer for telephones," in *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, Part I: Communication and Electronics*, vol. 82, no. 2, pp. 199-201, May 1963. doi: 10.1109/TCE.1963.6373376.
- [2] R. Boutros-Attia, J. Gale and G. Sencer, "An Electronic Tone Ringer for the Telephone," in *IEEE Transactions on Communications*, vol. 20, no. 1, pp. 43-48, February 1972. doi: 10.1109/TCOM.1972.1091098.
- [3] Choopra., R., (2006). *Electronics Project Vol 22*, EVY Enterprises PVT Ltd. hal-133.
- [4] KA 2410/11 Tone Ringer Datasheet, Samsung Electronics.