



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

GAMELLED : PEMBANGUNAN DAN APLIKASI KEROMONG ELEKTRONIK

NAZIMIN BIN NAZERI



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS

2021



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

GAMELLED : PEMBANGUNAN DAN APLIKASI KEROMONG ELEKTRONIK

NAZIMIN BIN NAZERI

**DISERTASI DIKEMUKAKAN BAGI MEMENUHI SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA MUZIK
(MOD PENYELIDIKAN)**

**FAKULTI MUZIK DAN SENI PERSEMBAHAN
UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS**

2021



Sila tanda (✓)
Kertas Projek
Sarjana Penyelidikan
Sarjana Penyelidikan dan Kerja Kursus
Doktor Falsafah

✓

INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH

PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN

Perakuan ini telah dibuat pada 13 (hari bulan) April (bulan) 2021...

i. Perakuan pelajar :

Saya, NAZIMIN BIN NAZERI, M20182002081, FAKULTI MUZIK DAN SENI PERSEMBAHAN (SILA NYATAKAN NAMA PELAJAR, NO. MATRIK DAN FAKULTI) dengan ini mengaku bahawa disertasi/tesis yang bertajuk GAMELED : Pembangunan dan Aplikasi Keromang Elektronik

adalah hasil kerja saya sendiri. Saya tidak memplagiat dan apa-apa penggunaan mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dilakukan secara urusan yang wajar dan bagi maksud yang dibenarkan dan apa-apa petikan, ekstrak, rujukan atau pengeluaran semula daripada atau kepada mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dinyatakan dengan sejujalnya dan secukupnya

Tandatangan pelajar

ii. Perakuan Penyelia:

Saya, ZAHARUL LAILIDDIN BIN SAIDON (NAMA PENYELIA) dengan ini mengesahkan bahawa hasil kerja pelajar yang bertajuk

GAMELED : Pembangunan dan Aplikasi Keromang Elektronik

(TAJUK) dihasilkan oleh pelajar seperti nama di atas, dan telah diserahkan kepada Institut Pengajian Siswazah bagi memenuhi sebahagian/sepenuhnya syarat untuk memperoleh Ijazah

SARJANA TEKNOLOGI MUZIK KREATIF (SILA NYATAKAN NAMA IJAZAH).

13/4/2021

Tarikh

Tandatangan Penyelia

PROFESSOR ZAHARUL LAILIDDIN BIN SAIDON
Director
International and Mobility Centre
Universiti Pendidikan Sultan Idris
Perak Darul Ridzuan



UNIVERSITI
PENDIDIKAN
SULTAN IDRIS
جامعة Pendidikan سلطان ايدريس

INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH /
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS/DISERTASI/LAPORAN KERTAS PROJEK
DECLARATION OF THESIS/DISSERTATION/PROJECT PAPER FORM

Tajuk / Title: GameILED: PEMBANGUNAN DAN APLIKASI
KERAMAH ELEKTRONIK

No. Matric / Matric's No.: M20182002082

Saya / I: NALIMIN BIN NALIN

(Nama pelajar / Student's Name)

mengaku membenarkan Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek (Kedoktoran/Sarjana)* ini disimpan di Universiti Pendidikan Sultan Idris (Perpustakaan Tuanku Bainun) dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-
acknowledged that Universiti Pendidikan Sultan Idris (Tuanku Bainun Library) reserves the right as follows:-

1. Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek ini adalah hak milik UPSI.
The thesis is the property of Universiti Pendidikan Sultan Idris.
2. Perpustakaan Tuanku Bainun dibenarkan membuat salinan untuk tujuan rujukan dan penyelidikan.
Tuanku Bainun Library has the right to make copies for the purpose of reference and research.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan Tesis/Disertasi ini sebagai bahan pertukaran antara Institusi Pengajian Tinggi.
The Library has the right to make copies of the thesis for academic exchange.
4. Sila tandakan (✓) bagi pilihan kategori di bawah / Please tick (✓) for category below:-

☐ SULIT/CONFIDENTIAL

Mengandungi maklumat yang bertaraf keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub dalam Akta Rahsia Rasmi 1972. / Contains confidential information under the Official Secret Act 1972.

☐ TERHAD/RESTRICTED

Mengandungi maklumat terhad yang telah ditentukan oleh organisasi/ortan di mana penyelidikan ini dijalankan. / Contains restricted information as specified by the organization where research was done.

☒ TIDAK TERHAD / OPEN ACCESS


(Tandatangan Pelajar/ Signature)

Tarikh 16/6/2021


PROFESOR ZAHARUL LAILIDIN BIN SAUDON
(Tandatangan Penyelia / Signature of Supervisor)
& (Nama & Cop Rasmi / Name & Official Stamp)
Pusat Antarabangsa dan Inovasi
Universiti Pendidikan Sultan Idris
Perak Darul Ridzuan

Catatan: Jika Tesis/Disertasi ini SULIT @ TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sebab dan alasan kenapa ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

Notes: If the thesis is CONFIDENTIAL, or RESTRICTED, please attach with the letter from the organization with period and reasons for confidentiality or restriction.



PENGHARGAAN

Terlebih dahulu ingin saya mengucapkan syukur ke hadrat Allah S.W.T, kerana limpah dan kurniaNya, dapat saya menyiapkan tesis ini walaupun menempuh pelbagai dugaan dan rintangan. Ingin mendedikasikan jutaan terima kasih buat ibu bapa saya, Nor Aziath Binti Othman dan Nazeri Bin Ibrahim, kedua mertua, Hanie Baizuria Binti Mahmud dan Azman Bin Ab Rahman, serta ibu saya Suraya Binti Kamaruddin. Tanpa berkat doa dan sokongan mereka tidak mungkin saya dapat meneruskan pengajian ke tahap ini. Ucapan ini juga ditujukan kepada isteri tercinta Saidatul Fiqreayah dan permata sulung, Nawwar Binti Nazimin. Terima kasih kerana sentiasa berada di sisi untuk menyokong dan secara tidak langsung menemani setiap getir sepanjang pengajian ini. Di kesempatan ini juga saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih buat pensyarah penyelia, Prof Madya Zaharul Lailiddin Bin Saidon dan Encik Affendi Bin Ramli. Terima kasih kerana bersabar dalam mendidik dan membimbing saya tanpa lelah. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih buat institusi yang saya sayangi, Universiti Pendidikan Sultan Idris kerana memberikan kepercayaan dalam menjalankan kajian ini dibawah tajaan Skim Pelajar Cemerlang. Ucapan ini juga ditujukan kepada semua pensyarah yang banyak membantu dan mendorong saya. Selain itu terima kasih kepada pihak yang telah terlibat dalam menjayakan tugas ini sama ada secara langsung atau tidak langsung. Segala bantuan yang telah dihulurkan amatlah saya hargai kerana tanpa bantuan dan sokongan anda semua tugas ini mungkin tidak dapat dilaksanakan dengan baik.



ABSTRAK

Kajian ini dijalankan dengan tujuan untuk membangunkan dan mengaplikasi keromong elektronik yang dinamakan GaMelLED Keromong. GaMelLED Keromong bertindak sebagai pengawal MIDI yang menggunakan paradigma ketukan untuk mencetus sensor yang menghantar data kepada perisian muzik atau DAW di dalam komputer. Kajian ini dipandu dengan tiga objektif iaitu bagi: (i) mengenalpasti perisian muzik yang dapat digunakan bersama GaMelLED Keromong, (ii) menerangkan proses pembangunan GaMelLED Keromong serta (iii) mengaplikasi GaMelLED Keromong dalam persembahan. Kajian ini telah menggunakan kaedah *practice-led* bagi memperolehi dapatan yang bersifat lebih holistik. Instrumen yang digunakan adalah jurnal refleksi, *serendipity*, analisa media dan rakan kritikal. Kajian ini mendapati bahawa: (i) perisian muzik atau DAW yang sesuai digandingkan bersama GaMelLED Keromong adalah Ableton Live, (ii) terdapat sembilan fasa yang diperlukan dalam proses pembangunan keromong elektronik dan (iii) GaMelLED Keromong berupaya untuk memainkan not yang pelbagai khasnya bunga di dalam lagu tradisional gamelan. Penghasilan GaMelLED Keromong ini dapat menangani isu permasalahan saiz, berat serta kemudahan alih alat muzik gamelan menggunakan teknologi pengekodan dan cip pemproses Arduino serta pencetakan 3D dari bahan *polylactic acid* (PLA).

GaMeLED: DEVELOPMENT AND APPLICATION OF AN ELECTRONIC KEROMONG

ABSTRACT

This research was conducted to develop and apply an electronic keromong named as GaMeLED Keromong. GaMeLED Keromong acts as a MIDI controller that uses a knocking paradigm to trigger sensors that send data to music software or DAW inside a computer. This research was driven by three objectives: (i) to identify music software that will be used with the GaMeLED Keromong, (ii) to explain the process of developing GaMeLED Keromong, and (iii) to apply the GaMeLED Keromong in performance. This research has employed practice-led methodology in order to achieve a more holistic findings. Instruments employed were reflective journal, serendipity, media analysis and critical friend. This research found that: (i) music software or DAW that is compatible with GaMeLED Keromong is Ableton Live, (ii) the process of developing GaMeLED Keromong comprised of nine phases, and (iii) GaMeLED Keromong able to play various note especially to play the solo part in the traditional gamelan song. The production of GaMeLED Keromong can address the issues related to size, weight and portability of the gamelan instruments using coding technology and Arduino processor chips as well as 3D printing from polylactic acid (PLA) material.

KANDUNGAN

Muka Surat

PENGAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SINGKATAN	xiv
DAFTAR ISTILAH	xvi
SENARAI LAMPIRAN	xix
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Inspirasi/ Motivasi	1
1.2 Matlamat Kajian	4
1.3 Pernyataan Masalah	5
1.4 Objektif Kajian	6
1.5 Persoalan Kajian	6
1.6 Limitasi Kajian	7
1.7 Definisi Istilah	
1.7.1 <i>Musical Instrument Digital Interface (MIDI)</i>	8
1.7.2 Piezoeletrik Sensor	9

1.7.3 <i>Digital Audio Workstation</i> (DAW)	10
1.7.4 Latensi	10
1.7.5 <i>Virtual Studio Technology</i> (VST)	10
1.7.6 Perisian Pengekodaan Arduino	12

BAB 2 TINJAUAN LITERATUR & KARYA

2.1 Tinjauan Literatur	14
2.1.1 <i>Standalone</i> dan Pengawal MIDI	15
2.1.2 Protokol MIDI dan Bahasa MIDI	20
2.1.3 <i>Digital Audio Workstation</i> (DAW)	23
2.1.4 Audio dalam Media	
2.1.4.1 Pensampelan Audio (<i>Sampling Audio</i>) VST	27
2.1.4.2 Fizik Bunyi, Psikofizik, Akustik dan Psikoakustik	28
2.1.5 Bahasa Pengaturcaraan C dan C++	31
2.1.6 Keromong	33
2.2 Tinjauan Karya	
2.2.1 Persembahan Menggunakan pengawal MIDI	34
2.3 Kesignifikan Kajian	38

BAB 3 PROSES KREATIF

3.1 Pendahuluan	40
3.2 <i>Practice-Led Research</i>	41
3.3 <i>Framework of Practices</i>	43
3.4 Instrumen	
3.3.1 Jurnal Reflektif	47
3.3.2 <i>Serendipity</i>	50
3.3.3 Rakan kritikal (<i>Critical Friend</i>)	51

3.3.4 Analisa Media	52
3.5 Kesimpulan	53
BAB 4 DAPATAN KAJIAN	
4.1 Pendahuluan	55
4.2 Dapatan Kajian	
4.2.1 Perisian muzik yang sesuai untuk memudahkan pengguna menggunakan keromong elektronik.	56
4.2.2 Proses membangunkan keromong elektronik.	62
4.2.3 Mengaplikasi keromong elektronik dalam persembahan	90
4.2.3.1 GaMelLED Keromong dalam ensemble Gamelan Melayu	90
4.2.3.2 GaMelLED Keromong secara solo	92
4.2.3.3 Karya Kreatif	94
4.3 Model Pembangunan Keromong Elektronik	108
4.4 Rumusan	114
BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1 Pendahuluan	117
5.2 Rumusan Kajian	117
5.3 Kesimpulan Dapatan	118
5.4 Cadangan	122
5.5 Penutup	124
RUJUKAN	126
LAMPIRAN	135



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
2.1	Julat MIDI	22
2.2	Konsep Psikoakustik	30
4.1	Koding input bagi analog	71
4.2	Koding senarai midi mapping	72
4.3	Analisa Rakaman Pertama	87
4.4	Analisa Rakaman Kedua	88
4.5	Frekuensi Keromong Tanpa Pelarasan Digital	98





SENARAI RAJAH

No. Rajah		Muka Surat
1.1	MIDI not	9
1.2	<i>Piezoelectric sensor</i>	9
1.3	Logo perisian rakaman atau DAW	10
1.4	Penyangga RAM yang menghasilkan latensi	11
1.5	Proses VST	12
1.6	Perisian Arduino	13
1.7	Peranti Arduino Mega	13
2.1	Poster Novalia Drum	16
2.2	Finger Drum Bitty	17
2.3	Digital Handpan	17
2.4	Format data <i>byte</i> bagi MIDI	21
2.5	Akses kibod kepada sintaksis midi menggunakan kabel MIDI	23
2.6	Akses kibod midi kepada computer menggunakan kabel usb	23
2.7	Menggunakan sistem digital dengan isyarat Analog	27
2.8	Bentuk Gelombang	30
2.9	Perisian Arduino	32
2.10	Keromong atau bonang	33
2.11	Gamelan ElektriKA memainkan komposisi Technogong	35
2.12	Laser Harp oleh Gary Numan	36
2.13	Novation Launchkey Mini MK3	37





3.1	<i>Practice-led Research: a framework of Practice</i>	44
3.2	Empat komponen yang digunakan dalam proses kreatif	47
3.3	Kitaran Reflektif	49
4.1	Hairless MIDI	57
4.2	Tetapan Audio MIDI	58
4.3	Proses menghubungkan Arduino dan DAW Bagi sistem IOS	58
4.4	Proses menghubungkan Arduino dan DAW Bagi sistem Windows	58
4.5	Sampel Audio Keromong dalam EXS24	59
4.6	Penampalan Sampel Audio Menggunakan DAW Ableton Live	60
4.7	Manual penggunaan GaMeLED Keromong Bersama perisian Ableton Live	61
4.8	Lakaran awal idea ensemble gamelan Elektronik	63
4.9	Percubaan pertama	66
4.10	Proses lakaran litar skematik GaMeLED Keromong	67
4.11	Lakaran litar elektronik menggunakan perisian Fritzing	68
4.12	Komponen elektronik yang telah dipateri	69
4.13	Koding piezo pad	72
4.14	Koding potentiometer	72
4.15	Lakaran idea arahan bagi piezo	74
4.16	Lakaran 2D GaMeLED Keromong	76
4.17	Bahagian Badan GaMeLED Keromong	77



4.18	Bahagian Penutup GaMelLED Keromong	78
4.19	Bahagian Hujung GaMelLED Keromong	79
4.20	GaMelLED Keromong Setelah Dicetak Menggunakan mesin 3D	80
4.21	Proses Mengecat GaMelLED Keromong	80
4.22	Kedudukan Mikrofon Rakaman Pertama	84
4.23	Teknik Rakaman Keromong Rakaman Kedua yang dihasilkan	85
4.24	Analisa Sampel Rakaman Teknik Pertama	86
4.25	Analisa Sampel Rakaman Teknik Kedua	87
4.26	GaMelLED Keromong	89
4.27	GaMelLED Keromong Bersama Ensemble Gamelan Melayu	91
4.28	GaMelLED Keromong Bersama Elektronik	92
4.29	Spektogram Laras Rendah Keromong	96
4.30	Spektogram Laras Tinggi Keromong	97
4.31	Trek Karya Impetus	98
4.32	Pelarasan -30semiton	99
4.33	Nada C bersama <i>flanger</i> dan <i>frequency shifter</i>	100
4.34	Menterbalikkan nada ketiga	100
4.35	<i>Detune</i> dan <i>transpose</i>	100
4.36	Tetapan <i>appregiator</i> dan <i>flanger</i>	101
4.37	Tetapan <i>Reverb</i>	101
4.38	Tetapan <i>Delay</i>	102
4.39	Trek Sulang Arak Alt	103
4.40	Regangan waktu dan <i>flux</i>	103

4.41	Tetapan VST Wavetable	104
4.42	Trek Kunang-kunang Sesat	104
4.43	Tetapan kesan bunyi <i>Flanger</i>	105
4.44	Tombol yang dikawal oleh potentiometer 1 & 2	106
4.45	Proses Pembangunan GaMeLED Keromong	109
4.46	Lakaran Idea Asal	111
4.47	Lakaran Kasar 2D	111
4.48	Lakaran 2D berserta Perincian Ukuran	112
4.49	GaMeLED Keromong dari Hadapan	113

SENARAI SINGKATAN

MIDI	<i>Musical Instrument Digital Interface</i>
RIM	<i>The Recording Industry Association of Malaysia</i>
DAW	<i>Digital Audio Workstation</i>
VST	<i>Virtual Studio Technology</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
IDE	<i>Intergrated Development Environment</i>
PBR	<i>Practice-based Research</i>
PLR	<i>Practice-led Research</i>
DAC	<i>Digital-to-Analog Converter</i>
ADC	<i>Analog-to-Digital Converter</i>
WAV	<i>Waveform audio file format</i>
MP3	<i>MPEG Level 3</i>
AIFF	<i>Audio Interchange File Format</i>
Hz	<i>Hertz</i>
db	<i>Decibel</i>
t	<i>Time</i>
f	<i>Frequency</i>
PLA	<i>Polylactic Acid</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
CC	<i>Control Change</i>
2D	<i>Dua Dimensi</i>

3D	Tiga Dimensi
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
IQ	<i>installation qualification</i>
OQ	<i>operational qualification</i>
PQ	<i>performance qualification</i>

**DAFTAR ISTILAH****BAHASA INGGERIS****BAHASA MELAYU***Programming*

pengaturcaraan

MIDI Controller

Pengawal MIDI

Keyboard

kibod

External sound module

modul bunyi luaran

Coding

pengekodan

Lightweight

ringan

Economy

ekonomi

Velocity

halaju

Open source platform

sumber platform terbuka

Piezoelectric sensor

sensor piezoeletrik

Latency

latensi

Synthesizer

sintaksis

Interface

antara muka

Transmitting

menghantar

Receiving

menerima

Deformed

merencat

Track

trek

Editing

menyunting, sunting

Mixing

mengadun

Delay

lengah





<i>Playback</i>	pemain semula
<i>Buffers</i>	penampan
<i>Buffering</i>	penyangga
<i>Virtual audio mixing console</i>	pencampuran konsol audio maya
<i>Effects</i>	kesan
<i>Processing unit</i>	unit pemprosesan
<i>Routing</i>	penghalaan
<i>Multitracking</i>	rakaman pelbagai trek
<i>Programming language</i>	bahasa pengaturcaraan
<i>Standalone</i>	mandiri
<i>Digital signal processor</i>	pemproses isyarat digital
<i>Converter</i>	penukar
<i>Musical instrument</i>	alat muzik
<i>Hardware</i>	peranti
<i>Software</i>	perisian
<i>Performance controller</i>	kawalan persembahan
<i>Octave</i>	oktaf
<i>Plugins</i>	pemalam
<i>Communication</i>	komunikasi
<i>Speed and flexible</i>	kelajuan dan fleksibel
<i>Automation</i>	automasi
<i>Expendability</i>	kebolehkembangan
<i>User-friendly operation</i>	operasi mesra pengguna
<i>Audio sampling</i>	pensampelan audio
<i>Settings</i>	tetapan



<i>Cycle</i>	kitaran
<i>Wavelength</i>	panjang gelombang
<i>Speed of sound</i>	kelajuan bunyi
<i>Critical friend</i>	rakan kritikal
<i>Compiler</i>	penyusun
<i>Mallet</i>	palu, pengetuk
<i>Resonance</i>	resonansi, gema
<i>Trial and error</i>	cuba jaya
<i>Self-observation</i>	pemerhatian diri
<i>Practices</i>	amalan
<i>Patching</i>	ditampal
<i>Live</i>	secara langsung
<i>Mixer</i>	pengadun
<i>Resistor</i>	perintang
<i>Volume</i>	kelantangan
<i>Modulation</i>	modulasi
<i>Fade in</i>	ansur jelma
<i>Fade out</i>	ansur hilang
<i>Time stretch</i>	regangan waktu

SENARAI LAMPIRAN

A	Litar Elektronik GaMeLED Keromong
B	Surat Kebenaran Penggunaan Studio Gamelan
C	Skor Togok
D	Skor Lambang Sari
E	Skor Lagu Timang Burung
F	Skor Grafik Impetus
G	Skor Grafik Sulang Arak Alt
H	Skor Kunang-kunang Sesat
I	Skor Grafik Overtone
J	Skor Ku Tunggu Hadirmu
K	Koding Arahan GaMeLED Keromong
L	Laporan Teknikal IQ, OQ & PQ

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Inspirasi/ Motivasi

Kajian ini di inspirasi daripada pengalaman saya sebagai seorang pemain gamelan. Kebiasaannya, untuk mengangkat alat muzik gamelan dari satu tempat ke satu tempat yang lain memerlukan kerahan tenaga dan masa yang lebih berbanding alat muzik moden yang lain. Terdapat tiga faktor yang menyumbang kepada inspirasi serta motivasi saya iaitu berdasarkan pengalaman, individu serta media. Pengalaman saya sebagai pemuzik, penggubah, komposer serta produser label muzik berdaftar dengan *The Recording Industry Association of Malaysia* (RIM) sedikit sebanyak menyumbang kepada pembangunan kajian ini. Saya sering mempersembahkan muzik bergenre Elektro Rock yang memberi ruang kepada saya untuk melakukan pengaturcaraan dan menggunakan beberapa alat elektronik mahupun pengawal MIDI sebagai salah satu peranti semasa persembahan. Dari sudut pengalaman sebagai seorang penggubah

mahupun komposer, saya sering kali melihat keperluan alat pengawal MIDI di dalam bentuk alat muzik tradisional kerana saya merasakan keperluan komposisi mahupun gubahan dapat dimainkan secara realistik dengan memukul (bagi bunyi gamelan) dan bukannya menggunakan alat pengawal MIDI seperti kibod. Ini secara tidak langsung, dapat memudahkan pemuzik untuk membawanya serta mempamerkan keunikan dalam persembahan.

Saya pernah cuba untuk membuat gabungan diantara gamelan dan juga elektronik muzik, namun alat gamelan seperti bonang misalannya terlalu besar dan berat untuk dimuatkan ke dalam kereta pada masa itu. Pernyataan saya ini disokong oleh Shafik et al. (2014), kebanyakan alat gamelan besar dan terlalu berat untuk dibawa. Ini kerana, ensemble Gamelan Melayu terdiri daripada lapan jenis instrumen iaitu gambang kayu, keromong, kenong, saron peking, saron barung, saron demung, gendang dan sepasang gong (Jaafar et al., 2015). Menurut Fauzy et al. (2017) yang menyatakan, alat muzik gamelan sukar didapati dan hanya beberapa kedai yang menjual alat gamelan. Hal ini juga memerlukan daya yang banyak untuk diangkat serta memerlukan ruang yang agak besar untuk penyimpanan serta harganya terlalu mahal (Engkur et al., 2019). Berdasarkan pengalaman, saya pernah melihat sendiri pembuatan gamelan di Solo, Indonesia bersama seorang pakar dalam pembuatan gamelan yang lebih dikenali sebagai Pak Agus. Pada pendapat saya, sememangnya harga bagi alat muzik gamelan adalah setimpal dengan kerahan tenaga yang dicurahkan oleh pembuat gamelan.

Selain itu, pensyarah Fakulti Muzik dan Seni Persembahan juga merupakan antara inspirasi saya kerana beliau pernah memberi pendapat untuk saya berfikir akan gamelan yang lebih murah dan ringan bagi mengurangkan beban buat pemuzik untuk



membawa alat muzik ke tempat persembahan. Ini disebabkan pensyarah ini pernah melihat sendiri kesukaran bagi pemuzik Gamelan Melayu untuk membawa peralatan gamelan ke persembahan. Sebagai contoh, berlaku satu insiden dimana saya dan rakan-rakan perlu memindahkan satu set alat muzik ensembel gamelan dari satu tingkat ke tingkat yang lain bagi menjalani sesi latihan semasa diundang oleh Singapura bagi persembahan Teater Tumasik. Banyak lagi insiden lain dimana terdetiknya idea untuk mencipta gamelan yang lebih ringan dan kecil berdasarkan pengalaman yang telah saya alami sebagai seorang pemain gamelan.

Saya juga pernah terlihat di laman sesawang mengenai beberapa inovasi alat muzik elektronik yang dibangunkan. Terdapat satu kajian yang berkaitan gamelan elektronik yang menarik perhatian saya. Antara kajian yang menjadi inspirasi saya ialah reka bentuk *Electronic Gamelan* (2011) atau dikenali sebagai gamelan elektrika yang dibangunkan pada tahun 2011 oleh Pardue et al. di bawah Massachusetts Institute of Technology. Kajian ini telah membangunkan Gamelan Bali elektronik yang menggunakan piezo sebagai penyalur tenaga kemudian melalui sebuah komputer yang dipanggil sebagai modul bunyi luaran.

Berdasarkan kajian ini, saya melihat penggunaan *Musical Instrument Digital Interface* (MIDI) sebagai proses utama yang diperlukan dalam penghasilan bunyi. Namun begitu, kajian ini tidak diketengahkan kepada pengguna kerana terdapat beberapa permasalahan apabila menggunakan MIDI sebagai alat komunikasi bagi alat muzik elektronik. Antaranya ialah, pemain tidak dapat mendengar bunyi langsung dari alat muzik. Seterusnya pertingkaan dalam corak permainan menjadikan bunyi





mempunyai beberapa detik yang tidak seragam. Oleh itu, kajian selanjutnya dapat membantu dalam memudahkan pengguna.

Terdapat banyak carian di laman sesawang yang menyumbang kepada inspirasi saya seperti kajian yang melibatkan struktur harmonik yang unik bagi gamelan ensembel (Lydia, 1996), menotasikan algoritma semula jadi bagi jenis-jenis muzik gamelan yang telah dijalankan oleh Matthews (2018), serta perisian komputer bagi penggunaan komposisi dalam mengaplikasikan proses teori muzik gamelan kepada notasi muzikal (Matthews, 2014; Khafiizh & Mustafa, 2016; Gerd, 2008). Menurut Craig dan Parry (2019), terdapat pelbagai kajian berkaitan gamelan dan audio digital telah dijalankan. Berdasarkan dari pemerhatian awal saya ini, teknologi bukan sahaja digunakan di dalam produk, namun segala proses dari permulaan kajian seperti menggunakan laman sesawang sebagai pencarian kajian lepas, proses menganalisa bunyi sampel, proses penyuntingan bunyi, pengekodan dan lain-lain lagi sehingga terhasilnya sebuah alat gamelan elektronik merupakan proses kreatif yang memerlukan kajian yang sistematik.

1.2 Matlamat Kajian

Matlamat kajian ini adalah untuk membangunkan alat muzik keromong elektronik atau pengawal MIDI yang murah dan ringan berbanding alat muzik sedia ada tanpa menghilangkanan cara permainan gamelan sebenar yang akan diterangkan di dalam tinjauan literatur di bawah sub bahagian 'Keromong' atau bonang.





Seiring dengan tajuk kajian ini ‘GaMelLED’ dalam konteks pemikiran saya adalah akronim bagi ‘Gamel’ iaitu Gamelan dan ‘Mel’ merujuk kepada Melayu seterusnya ‘L’ yang membawa erti ringan (*Lightweight*), ‘E’ bermaksud murah dan elektronik (*Economy & Electronic*) serta ‘D’ membawa maksud Digital. Maka untuk fasa permulaan bagi kajian GaMelLED ini, saya akan meneliti setiap proses dan ilmu pengetahuan yang diperlukan dalam pembangunan alat muzik elektronik ini.

1.3 Pernyataan Masalah

Dalam membangunkan gamelan elektronik, pastinya akan terdapat beberapa permasalahan dalam penghasilan audio sampel yang relevan, modul bunyi yang dapat menjadi akses utama kepada penghasilan bunyi serta kebolehan dari aspek teknikal bagi aras kekuatan bunyi atau halaju. Maka sebagai seorang pengkaji, saya akan menjalankan beberapa penelitian dan mengkaji sejauh mana kebolehcapaian produk akhir gamelan elektronik ini dalam keupayaannya memainkan karya kreatif mahupun lagu tradisional Gamelan Melayu.

Terdapat beberapa permasalahan yang dinyatakan berdasarkan kajian lepas yang berkaitan dengan pembangunan alat muzik gamelan elektronik misalannya pemain tidak dapat mendengar bunyi langsung dari alat muzik (Pardue et al. 2011). Seterusnya pertingkatan dalam corak permainan menjadikan bunyi mempunyai beberapa detik yang tidak seragam dengan alat yang lain (Pardue et al. 2011). Selain itu, alat muzik digital MIDI yang sedia ada di pasaran masih di dalam bentuk alat muzik moden kerana tiada sebarang alat muzik tradisional MIDI seperti gamelan, gendang dan sebagainya (Fauzy et al., 2017), maka ini juga merupakan peluang bagi satu kajian yang lebih



menjurus kepada pengguna yang akan menggunakan gamelan elektronik MIDI di dalam bentuk persembahan pentas serta bagi mereka yang ingin menjimatkan kos membeli alat gamelan tradisional.

1.4 Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah untuk :

1. Mengenal pasti perisian yang paling sesuai untuk digunakan bersama keromong elektronik yang dibangunkan.
2. Menerangkan proses membangunkan keromong elektronik.
3. Mengaplikasi keromong elektronik dalam persembahan.

1.5 Persoalan Kajian

Berdasarkan objektif kajian yang telah dirancang, persoalan kajian yang terhasil adalah:

1. Apakah perisian muzik yang paling sesuai untuk memudahkan pengguna menggunakan keromong elektronik?
2. Bagaimanakah proses untuk membangunkan keromong elektronik?
3. Bagaimana keromong elektronik dapat diaplikasikan dalam persembahan?



1.6 Limitasi Kajian

Terdapat beberapa limitasi yang telah ditetapkan. Saya hanya berfokus kepada salah satu alat muzik gamelan sahaja iaitu keromong atau bonang kerana ingin mengeksplorasi tahap optimum dalam membangunkan sebuah alat muzik elektronik. Saya beranggapan bahawa dengan bermulanya satu kajian optimum terhadap salah satu alat muzik gamelan iaitu bonang, maka alat muzik gamelan yang lain akan lebih mudah dibangunkan dan dapat digabungkan seperti bongkah. Sampel audio gamelan yang akan dirakam dan digunakan adalah merupakan set gamelan yang berada di Fakulti Muzik dan Seni Persembahan, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjong Malim Perak. Ini kerana, lebih mudah untuk berurusan dengan pihak fakulti berkenaan bilik bagi menjalankan sesi rakaman alat gamelan. Saya akan menggunakan hanya skel Gamelan Melayu iaitu pentatonik dan tanda nada Bb.



Rakaman dan permainan akan dijalankan oleh saya dan beberapa orang rakan. Bagi aspek pengekodan akan dijalankan menggunakan platform Arduino, ini kerana saya lebih selesa dan pernah menjalani kursus pengekodan menggunakan platform tersebut. Saya menjangkakan tempoh masa selama lapan minggu untuk menyiapkan satu alat bonang digital. Setelah tempoh lapan minggu ini, saya akan menjalankan beberapa persembahan pentas di luar mahupun di dalam universiti secara formal mahupun tidak. Ini adalah untuk menguji produk yang dihasilkan. Tempoh masa bagi mendapatkan pengesahan produk akhir adalah selama enam minggu selepas siapnya produk dibina. Namun begitu, tempoh masa yang dinyatakan akan bersifat fleksibel dan saya menjangkakan untuk menyiapkan kajian ini menggunakan masa yang lebih minimum.

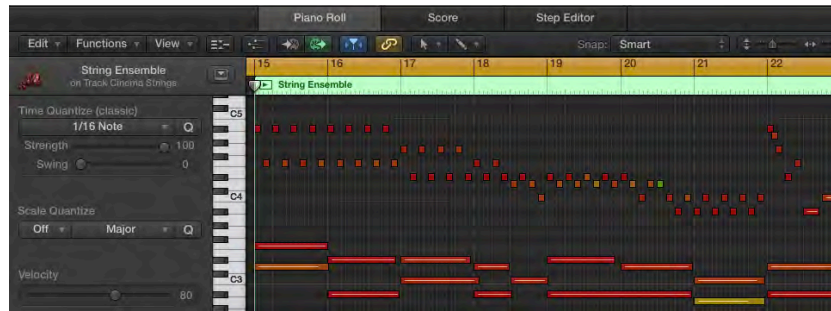


1.7 Definisi Istilah

Operasi definisi istilah akan digunakan bagi menganalisa serta untuk menerangkan elemen teknikal. Kajian ini menjalinkan bidang muzik dan teknologi. Istilah dari sudut bidang teknologi yang akan digunakan adalah seperti MIDI, DAW, sensor piezoeletrik, latensi, VST, sumber platform terbuka dan lain-lain. Selain istilah yang digunakan dari bidang teknologi, saya juga akan menyatakan beberapa istilah yang mungkin dapat membantu pembaca untuk memahami konteks bahasa yang saya cuba nyatakan di dalam kajian ini.

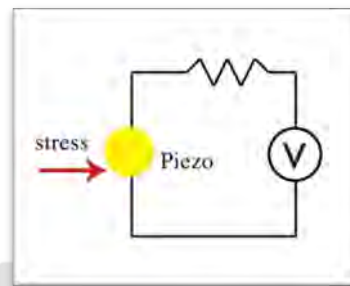
1.7.1 *Musical Instrument Digital Interface (MIDI)*

MIDI adalah protokol yang membolehkan komputer, alat muzik dan peranti yang berkaitan dengan muzik untuk berkomunikasi. MIDI kebiasaannya digunakan dalam rakaman dan memainkan muzik daripada alat digital atau sintaksis. Digital bermaksud informasi data mengenai alat muzik yang disampaikan dalam digital atau berdasarkan bahasa komputer. *Interface* pula adalah untuk pautan sebenar diantara alat, dimana data melalui satu alat ke satu alat yang lain. Maka, MIDI adalah jalinan diantara alat muzik yang mampu menghantar dan menerima data komputer. Tujuan MIDI adalah untuk membenarkan alat muzik elektronik dari pengilang yang berbeza untuk bekerjasama sebagai sistem pembuatan muzik (Anderton, 2018).



Rajah 1.1. MIDI Not. Diadaptasi dari Anderton, 2018

1.7.2 Piezoelectric sensor

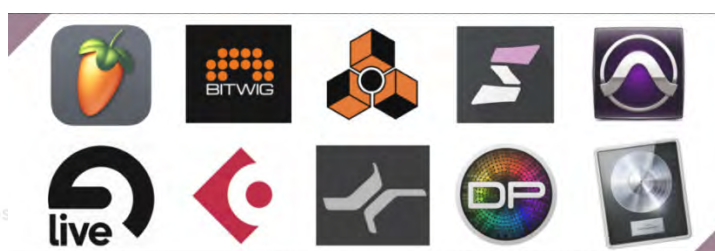


Rajah 1.2. Piezoelectric Sensor. Diadaptasi dari Woodford, 2020

Sensor piezoeletrik (selepas ini disebut sebagai piezo) sesuai digunakan bagi kajian ini kerana tekanan akan dicetuskan apabila mengesan sesuatu daya yang diberikan padanya. Piezo dalam bahasa greek bermaksud tekan atau picit. Piezo diperbuat dari bahan kristal biasanya dari seramik. Struktur atom didalam kristal disusun secara simetri dan caj eletriknya seimbang. Apabila tekanan digunakan kepada piezo, struktur atom di dalamnya merencat, menyebabkan ketidakseimbangan diantara caj positif dan negatif, lalu menghasilkan sebilangan caj eletrik (Woodford, 2020). Ini merupakan satu persamaan apabila mallet digunakan untuk memukul gamelan. Piezo adalah sejenis sensor yang mampu milik untuk digunakan dalam projek elektronik gamelan elektronik ini.

1.7.3 *Digital Audio Workstation (DAW)*

Perisian muzik bermaksud program atau atur cara komputer yang dapat digunakan dengan sistem komputer tertentu. Perisian muzik juga dikenali sebagai *Digital Audio Workstation (DAW)*. Terdapat pelbagai jenis DAW seperti Steinberg Cubase, Cakewalk Sonar, Logic Pro, Ableton Live, Fruity Loops, Mixcraft dan lain-lain lagi. Murphy (2019), menyatakan *Digital Audio Workstation* (selepas ini akan dipanggil sebagai DAW) adalah merupakan satu perisian yang membolehkan pengguna untuk merakam banyak trek, menyunting, dan mengadun semua menghasilkan satu fail audio atau lagu.



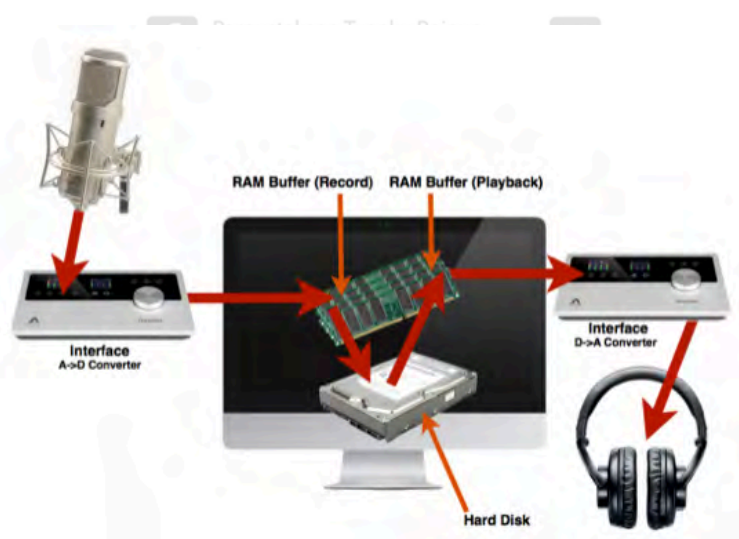
Rajah 1.3. Logo perisian rakaman atau DAW. Diadaptasi dari Murphy, 2019

1.7.4 *Latensi (Latency)*

Latensi di dalam skop teknologi muzik dikatakan sebagai *delay* atau jarak yang mempunyai unsur lengah. Menurut kamus dewan bahasa dan pustaka, *delay* bermaksud litar, peranti atau cip litar bersepadu elektronik yang bertugas menerima isyarat atau data dan kemudian mengeluarkan semula isyarat atau data tersebut selepas suatu lengah masa tertentu. Menurut Mix (2018), latensi adalah jarak masa diantara stimulasi dan respon. Terdapat beberapa digital aspek yang mempengaruhi latensi, antaranya adalah disebabkan dari bahagian teknikal rakaman digital dan pemain semula yang dipanggil

sebagai *Ram buffering*. Menurut Martindale (2019), *Random Access Memory* (selepas ini dipanggil sebagai RAM) merupakan salah satu komponen penting dalam pemprosesan data komputer, komputer riba, telefon pintar, dan konsol permainan. Tanpa komponen ini, segala tugas yang dilakukan di dalam semua sistem akan menjadi perlahan dan lebih perlahan.

Albino (2014) menyatakan, masa bagi audio semasa berada di tahap penampan RAM menjamin pengaliran data yang tidak terjejas, namun begitu untuk perkara itu terjadi akan terdapat beberapa penambahan yang sedikit dan kadang kala dapat dilihat dalam jarak lengah di audio monitor. Setelah melalui pelbagai proses di dalam komputer, audio monitor yang terhasil akan menjadi lebih lambat responnya. Inilah yang dimaksudkan oleh Mix (2018), iaitu latensi adalah jarak masa diantara stimulasi dan respon.

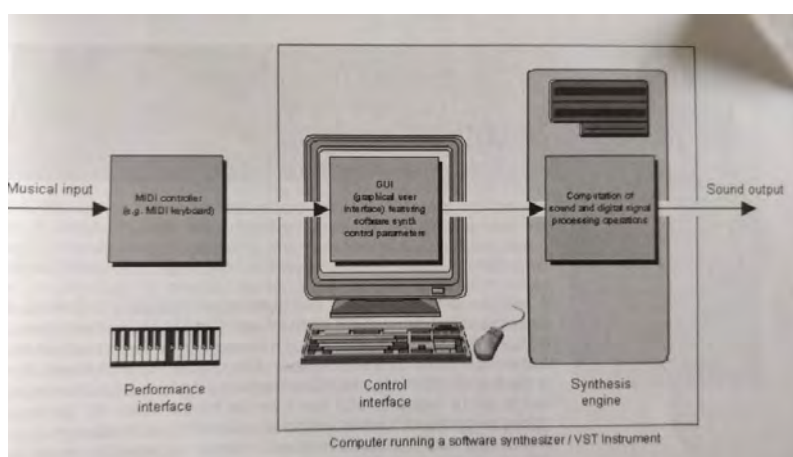


Rajah 1.4. Penyangga RAM yang menghasilkan latensi. Diadaptasi dari Albino, 2014

1.7.5 Virtual Studio Technology (VST)

Millward (2002), menyatakan bahawa VST adalah singkatan bagi *Virtual Studio Technology* dan telah diperkenalkan oleh Steinberg pada tahun 1996 (pp.3). VST pula

merupakan cubaan untuk menggabungkan hampir kesemua elemen audio dan dunia rakaman MIDI dibawah satu kawalan operasi. Ianya juga mempunyai ciri-ciri seperti pencampuran konsol audio maya, kesan dan unit pemproses, penghalaan komprehensif audio dan keupayaan rakaman pelbagai trek dan rakaman yang canggih, serta memanipulasi data MIDI.



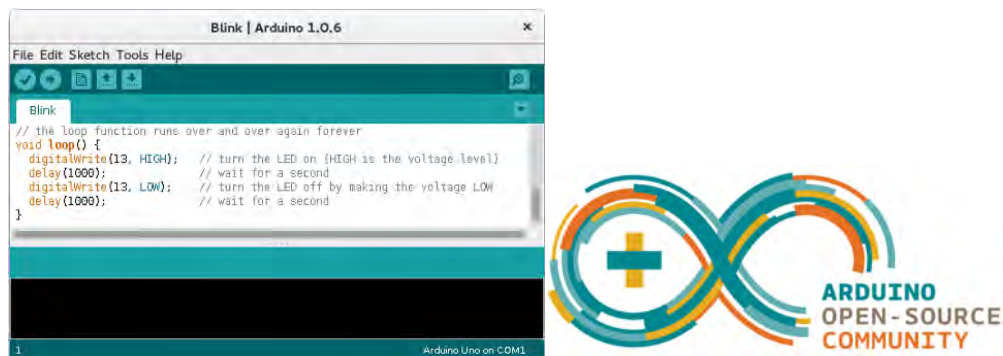
Rajah 1.5. Proses VST. Diadaptasi dari Millward, 2002

Rajah 1.5 menunjukkan proses penggunaan VST dari pengawal MIDI kepada kawalan antara muka (*control interface*) kemudiannya kepada VST enjin sintaksis lalu keluar menjadi bunyi. Rujuk tinjauan literatur untuk penerangan berkaitan VST yang akan dibincangkan lebih lanjut.

1.7.6 Perisian Pengekodan (*Open Source Platform*) dan Peranti Arduino

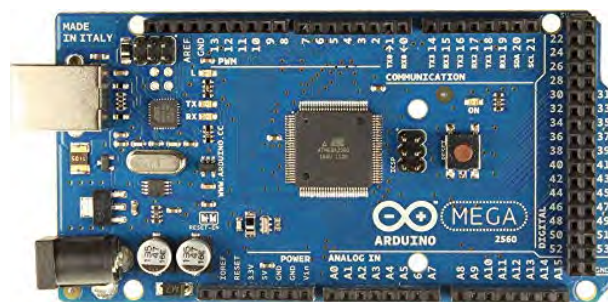
Dari aspek digital, kajian ini akan menggunakan perisian pengekodan yang akan dibangunkan menggunakan platform Arduino. Menurut Fauzy et al. (2017), perisian Arduino menggunakan sistem *Integrated Development Environment* (IDE) yang tidak

terlalu rumit bagi pengguna baru dan sistem yang lebih efisien. Perisian Arduino di dalam aplikasinya menggunakan bahasa pengaturcaraan C. Berdasarkan dari laman sesawang Arduino (2019), perisian bagi pengekodan ini boleh di muat turun secara percuma dari laman utamanya.



Rajah 1.6. Perisian Arduino. Diadaptasi dari Arduino, 2019

Bagi peranti pula, Fauzy et al. (2017) berpendapat bahawa Arduino Uno merupakan sebuah peranti yang sesuai bagi pengguna baru kerana jenis ini paling banyak digunakan dan banyak rujukan perbincangan mengenai versi ini. Menurut pernyataan Dokmetas (2016), Arduino adalah platform fizikal sumber terbuka bagi pengekodan. Menurut Bulus dan Basaran (2019), arduino boleh dijadikan sebagai komputer mandiri.



Rajah 1.7. Peranti Arduino Mega. Diadaptasi dari Arduino, 2019