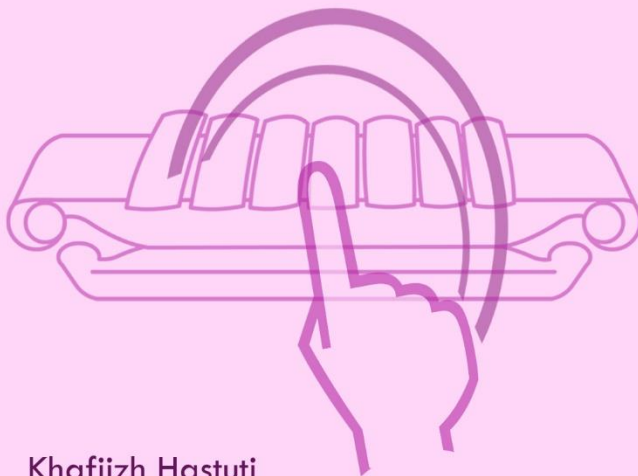




MONOGRAF

PENGEMBANGAN
'SMART GAMELAN: LEARN & PLAY'
Aplikasi Pembelajaran Interaktif
Memainkan Instrumen Gamelan Secara Mandiri



Khafiizh Hastuti
Arry Maulana Syarif
Ahmad Zainul Fanani
Aton Rustandi Mulyana

MONOGRAF
PENGEMBANGAN
‘SMART GAMELAN: LEARN & PLAY’
Aplikasi Pembelajaran Interaktif Memainkan
Instrumen Gamelan Secara Mandiri



Khafiizh Hastuti
Arry Maulana Syarif
Ahmad Zainul Fanani
Aton Rustandi Mulyana

Penerbit
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT UNIVERSITAS DIAN NUSWANTORO
SEMARANG
2020

**PENGEMBANGAN
'SMART GAMELAN: LEARN & PLAY'**

**Aplikasi Pembelajaran Interaktif Memainkan Instrumen
Gamelan Secara Mandiri**

Penulis:

Dr. Khafiizh Hastuti, M.Kom.
Arry Maulana Syarif, S.S., M.Kom.
Dr. Ahmad Zainul Fanani, M.Si.
Dr. Aton Rustandi Mulyana, M.Sn.

ISBN: 978-623-90175-9-0

Penerbit:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Dian Nuswantoro

Redaksi:

LPPM Udinus
Jl. Nakula I No. 5-11
Semarang, 50131

Telp: (024) 351-7261, 352-0165

Fax: (024) 356-99684

E-mail: sekretariat@lppm.dinus.ac.id

Desain Sampul:

Arry Maulana Syarif

Pencetak:

Percetakan Universitas Dian Nuswantoro Semarang

Hak Cipta 2018 dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa
seijin penulis

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Atas berkat rahmat dan karunia Allah SWT dan tak lupa shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, tim peneliti telah dapat menyelesaikan monograf yang berjudul **Pengembangan *Smart Gamelan: Learn & Play* - Aplikasi Pembelajaran Interaktif Memainkan Instrumen Gamelan Secara Mandiri.**

Monograf ini merupakan salah satu hasil keluaran penelitian yang didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia untuk tahun berjalan 2019. Atas dukungan dan kerjasama yang baik dalam proses penyelesaian monograf, peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Edi Noersasongko, M.Kom., selaku Rektor Universitas Dian Nuswantoro yang telah mendukung penelitian teknologi informasi dan komunikasi untuk difokuskan di bidang karawitan.

2. Dr. Drs. Guntur, M.Hum., selaku Rektor Institut Seni Indonesia Surakarta yang telah memberikan dukungan dan kerja sama dalam skema penelitian terapan. .
3. Prof. Rahayu Supanggah, S.Kar., M.Kar, yang telah memberikan sumbangsih ilmu seni karawitan sehingga menambah wawasan tim penulis.
4. Dr.Eng. Yuliman Purwanto, M.Eng., selaku Direktur Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Dian Nuswantoro yang telah mengawal, dan melakukan pendampingan selama pelaksanaan penelitian.
5. Dr Slamet, M.Hum., selaku ketua LPPMPP Institut Seni Indonesia Surakarta yang telah menjadi mitra penelitian pengembangan *Smart Gamelan*.
6. Dr. Widodo Brotosejati, S.Sn., dari Universitas Negeri Semarang, M.Sn., Bapak Suraji, S.Kar., M.Sn., dari Institut Seni Indonesia Surakarta, Dr. Rahardja dari Institut Seni Indonesia Yogyakarta yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi, serta pitutur (nasihat) kepada penulis agar *tatag, teteg, tutug*.

Akhir kata, tim peneliti berharap bahwa monograf ini dapat memberikan kontribusi bagi pelestarian warisan budaya bangsa Indonesia dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Semarang, April 2020

Penulis

INTISARI

Gamelan mempunyai tipikal permasalahan musik orkestra dalam penyelenggaraannya, antara lain memerlukan biaya yang mahal, ruang yang besar, kompleksitas instrumen, dan membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk mempelajarinya. Fakta ini menyebabkan banyak generasi muda yang tidak mengetahui dan memahami musik gamelan. Pemanfaatan teknologi informasi telah diterapkan untuk mengatasi masalah tersebut, yaitu dengan mentransformasi gamelan ke format virtual melalui pengembangan program aplikasi gamelan virtual. Program *Smart Gamelan: Learn & Play* merupakan program gamelan virtual yang telah dikembangkan dengan inovasi dan kebaruan yang lebih dibandingkan program sejenis lainnya. Program ini dikembangkan dengan menyertakan instruktur virtual di dalam sistem yang mampu membaca notasi gendhing yang kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk audio, visual, dan animasi, serta mendukung pembelajaran interaktif yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem untuk mempelajari musik gamelan. Instruktur virtual dirancang dengan mengidentifikasi pola permainan musisi dalam memukul tombol instrumen berdasarkan tempo. Identifikasi dilakukan menggunakan metode analisis *time-frequency* dan *peak detection*.

Aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play* dikembangkan menggunakan metode *rule-based* dengan memiliki tiga fitur utama untuk pembelajaran interaktif, yaitu: (1) Dokumentasi

pengetahuan musik gamelan; (2) Orkestra interaktif yang memungkinkan pengguna dan sistem berinteraksi dalam memainkan gendhing secara bersamaan; (3) Pembelajaran interaktif untuk memainkan instrumen gamelan.

Pengujian efektivitas model dilakukan menggunakan teknik Mean Opinion Score dengan melibatkan sejumlah pakar musik gamelan, serta eksperimen grup kontrol dan perlakuan. Berdasarkan hasil evaluasi, model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan secara mandiri terbukti dapat memudahkan akses untuk belajar dan dapat secara efektif meningkatkan performa belajar pengguna dalam mempelajari cara memainkan instrumen gamelan.

Kata kunci: rule-based, time-frequency analysis, gamelan virtual, virtual player, orkestra virtual

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	III
INTISARI.....	VII
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR TABEL.....	XIII
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Warisan Budaya dan Globalisasi	2
1.2 Karawitan dan Globalisasi.....	4
1.3 Urgensi Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Karawitan	8
KARAWITAN, TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI, DAN KECERDASAN BUATAN.....	11
2.1 Formulasi dalam Bermusik	12
2.2 Komposisi Musik Otomatis.....	14
2.3 Instrumen Musik Virtual	16
2.4 Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Pelestarian Karawitan	20
METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Model Pembelajaran Interaktif	25

3.2	Metode Penelitian	31
3.2.1	Analisis Pengembangan Model	32
3.2.2	Pengumpulan Data	36
3.2.3	Akuisisi Pengetahuan	38
3.2.4	Implementasi	43
3.2.5	Evaluasi	47
IDENTIFIKASI POLA TEMPO PERMAINAN MUSISI		
MENGGUNAKAN METODE ANALISIS <i>TIME-FREQUENCY</i>		51
4.1	Pendahuluan	52
4.2	Kajian Pustaka	54
4.3	Metode Penelitian	56
4.3.1	Akuisisi Pengetahuan	59
4.3.2	Analisis Nada dan Waktu	62
4.3.3	Pengembangan Sistem	67
4.3.4	Evaluasi	72
4.5	Kesimpulan	74
HASIL, PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN		75
DAFTAR PUSTAKA		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Tangkapan gambar aplikasi piano virtual di Google Play	17
Gambar 2. 2. Tangkapan gambar aplikasi gamelan virtual di Google Play	18
Gambar 2. 2. Berita penolakan Wali Kota Surakarta terhadap aplikasi gamelan virtual	19
Gambar 3. 1. Diagram model aplikasi Smart Gamelan: Learn & Play.....	28
Gambar 3. 2. Tahapan Penelitian.....	31
Gambar 3. 3. Salah satu kegiatan FGD analisis pengembangan model.....	33
Gambar 3. 4 Diagram tulang ikan untuk bagian kegiatan dalam penelitian	35
Gambar 3. 5. Kegiatan mendokumentasikan foto instrumen gamelan	37
Gambar 3. 6. Kegiatan mendokumentasikan audio instrumen gamelan	38
Gambar 3. 7. Contoh notasi gendhing	40
Gambar 3. 8. Diagram alir kerja sistem	45
Gambar 3. 10. Tangkapan layer aplikasi Smart Gamelan: Learn & Play.....	46

Gambar 3. 9. Kegiatan sosialisasi aplikasi Smart Gamelan: Learn & Play pada grup perlakuan	48
Gambar 3. 10. Anggota grup perlakuan belajar memainkan instrumen gamelan menggunakan aplikasi.....	49
Gambar 3. 11. Kegiatan latihan menggunakan instrumen asli.	49
Gambar 4. 1. Contoh urutan notasi dalam gendhing berjudul Suwe Ora Jamu	53
Gambar 4. 2. Relasi antara urutan notasi, target waktu, waktu eksekusi dan ketepatan waktu.....	57
Gambar 4. 3. Diagram model pengembangan sistem otomatisasi memainkan notasi musik	58
Gambar 4. 4. Ilustrasi instrumen saron	59
Gambar 4. 5. Kegiatan akuisisi pengetahuan memainkan instrumen gamelan	61
Gambar 4. 6. Data masukan dari rekaman permainan musisi ..	62
Gambar 4. 7. Hasil penerapan FFT pada data masukan	63
Gambar 4. 8. Diagram alir kerja sistem otomatisasi memainkan notasi musik	68
Gambar 4. 9. Visualisasi animasi tombol instrumen (a) momen diam, (b) hit notasi 1, (c) hit notasi 4	69
Gambar 4. 10. Urutan notasi dalam data array.....	70
Gambar 4. 11. Tangkapan layar sistem otomatisasi memainkan notasi musik	72

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Gambaran umum desain penelitian	30
Tabel 3. 2. Contoh basis pengetahuan gamelan yang dihimpun.....	39
Tabel 4. 1. Dataset gendhing	61
Tabel 4. 2. Hasil analisis time-frequency.....	66
Tabel 4. 3. Contoh koleksi urutan notasi dalam aplikasi	70
Tabel 4. 4. Contoh hasil evaluasi.....	73

Bab 1

PENDAHULUAN

Warisan budaya terbagi atas warisan budaya *tangible* (benda) dan *intangible* (tak-benda). Warisan budaya yang dapat diraba atau benda meliputi monument, artefak dan wilayah budaya, sedangkan warisan budaya tak benda meliputi bahasa, permainan tradisional, pakaian tradisional, kuliner tradisional, kesenian, naskah kuno, kerajinan tradisional dan yang lainnya yang dapat ditangkap oleh selain indera peraba.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia telah melakukan pencatatan warisan budaya Indonesia sejak tahun 1976. Tercatat terdapat 67.273 warisan budaya yang telah berhasil dicatat, meliputi 65.165 adalah warisan budaya benda, dan 2.108 berupa warisan budaya tak benda. Jumlah warisan

budaya yang telah berhasil dicatat belum mencerminkan jumlah keseluruhan mengingat kekayaan warisan budaya Indonesia yang melimpah. Upaya tersebut merupakan salah satu cara pemerintah dalam melindungi warisan budaya.

Data statistik kebudayaan yang dipublikasikan oleh Sekretariat Jenderal Pusat Data dan Statistik Pendidikan dan Kebudayaan pada tahun 2016 menunjukkan bahwa jumlah kesenian yang punah berdasarkan distribusi tiap provinsi di Jawa adalah sebagai berikut: di Jawa tengah terdapat 2 pertunjukan, 3 musik, dan 9 tari yang telah punah, Daerah Istimewa Yogyakarta terdapat 3 pertunjukan, 1 musik, dan 7 tari telah punah, dan di Jawa Timur terdapat 21 pertunjukan, dan 2 musik yang telah punah.

1.1 Warisan Budaya dan Globalisasi

Penyebab punahnya warisan budaya salah satunya karena kurangnya upaya perlindungan, pelestarian, pengembangan, dan pendanaan dari pemerintah sebagai pemegang kebijakan (nasional.sindonews.com), transfer ilmu budaya tradisional yang makin tidak sempurna, atau berkurang esensinya, serta masuknya budaya asing karena pengaruh globalisasi. Globalisasi membuka pembatas, membentuk keterkaitan dan memberikan pengaruh pada semua aspek kehidupan antar-bangsa. Westernisasi

merupakan salah satu komponen dalam globalisasi (Scholte, 2001) yang memberikan pengaruh difusi kebudayaan barat ke dalam kebudayaan lokal. Teknologi informasi dan komunikasi mempercepat proses globalisasi. Pelaku utama dalam proses globalisasi adalah negara-negara maju yang menguasai teknologi informasi dan komunikasi melalui difusi nilai-nilai lokal yang dimiliki menjadi nilai-nilai global, dan kondisi ini mengancam kesenian daerah seperti gamelan (Mubah, 2011).

Pendekatan yang difokuskan pada pertahanan kebudayaan lokal melalui penguatan filter terhadap kebudayaan asing dan resistensi terhadap nilai-nilai yang mengancam budaya lokal untuk membendung globalisasi dalam kebudayaan diusulkan oleh Nasution (2017). Selain pendekatan tersebut, Mubah (2011) menyarankan campur tangan pemerintah untuk membuat regulasi yang dapat melindungi budaya lokal, serta menggunakan media komunikasi dan informasi (internet) untuk memasarkan budaya lokal ke dunia.

Pelestarian warisan budaya dapat dilakukan melalui cara terjun langsung di lokasi warisan budaya dan pelestarian dengan mengembangkan sistem yang mampu berperan sebagai pusat informasi kebudayaan (Aufar, 2012). Kemudahan akses

informasi menjadi tantangan bagi bangsa Indonesia dalam pengelolaan karawitan.

1.2 Karawitan dan Globalisasi

Dalam era globalisasi kebudayaan, penggunaan kata karawitan, gamelan atau gendhing pada nama atau konten dalam situs web yang dimiliki baik oleh anak bangsa atau bukan warga negara Indonesia telah menghilangkan batas ruang dan waktu dalam lingkup kebudayaan lokal menjadi global. Pengaruh teknologi informasi dan komunikasi dalam globalisasi kebudayaan memberikan dampak kurang eksisnya bangsa Indonesia sebagai pewaris karawitan. Hal ini dapat ditemukan pada saat melakukan pencarian informasi karawitan melalui internet. Meskipun karawitan merupakan warisan budaya bangsa Indonesia, berdasarkan fakta yang didapatkan pada saat melakukan pencarian informasi karawitan menggunakan kata kunci yang terkait dengan karawitan, seperti “karawitan”, “gendhing”, “gending”, atau “gamelan”, data informasi karawitan didominasi oleh sumber-sumber dari luar negeri.

Pencarian yang dilakukan menggunakan mesin pencarian Google menggunakan kata kunci “karawitan” menghasilkan data situs web yang menyajikan informasi karawitan dengan urutan teratas

adalah situs web Wikipedia, beberapa blog dari individu, serta situs web kaitan dari YouTube yang menyajikan video penampilan dari individu atau kelompok karawitan. Pencarian dengan kata kunci “karawitan music” pun masih belum menghasilkan data situs web yang menyajikan informasi karawitan secara terstruktur dalam hal kelengkapan dan validitas informasi. Pencarian tersebut merekomendasikan berbagai situs web seperti halnya pada pencarian yang hanya menggunakan kata kunci “karawitan”.

Pencarian menggunakan kata kunci “gendhing”, “gending”, dan “gamelan” menghasilkan data yang tidak jauh berbeda dengan pencarian menggunakan kata kunci “karawitan”. Ironi yang terjadi adalah hasil pencarian yang merujuk pada lebih banyak situs web yang dimiliki oleh bukan warga negara Indonesia pada saat melakukan pencarian menggunakan kata kunci “gendhing collection” atau “gending collection”, bahkan basis data gendhing yang mudah didapatkan dari Internet adalah melalui situs web gamelanbvg.com (Boston Village Gamelan dari Amerika Serikat).

Selain situs Web milik individu, kelompok atau lembaga, Wikipedia, blog (Blogspot, atau Wordpress), dan YouTube

merupakan situs Web yang mendominasi media penyajian konten karawitan. Situs web tersebut dimiliki oleh bukan warga negara Indonesia, dan penempatan konten karawitan pada situs web tersebut, baik oleh anak bangsa maupun bukan warga negara Indonesia, merupakan perwujudan dari globalisasi karawitan. Dalam perspektif ahli waris budaya, informasi karawitan yang didominasi oleh sumber-sumber luar negeri mereduksi harga diri bangsa Indonesia sebagai pewaris karawitan.

Terkait dengan penamaan situs web, identitas situs web yang menggunakan nama gamelan tidak melekat pada kepemilikan anak bangsa. Sebagai contoh, situs web gamelan.org dimiliki oleh American Gamelan Institut, situs web gamelan.org.nz dimiliki oleh Gamelan Wellington Newzealand, situs web [gamelan.sulukala](http://gamelan.sulukala.com) dimiliki oleh Plainfield Village Gamelan dari Vermont, Amerika Serikat, situs web gsj.org singkatan dari Gamelan Sekar Jaya berada di kota San Fransisco, Amerika Serikat.

Karawitan telah terglobalisasi, dan adalah sah bagi setiap individu atau kelompok baik dari dalam atau luar negeri yang terlibat dalam kesenian karawitan untuk menggunakan kata karawitan atau gamelan atau gendhing sebagai identitas diri atau kelompok

mereka. Di sisi lain, teknologi Internet mempercepat proses globalisasi karawitan.

Kepemilikan dan penguasaan teknologi Internet oleh masyarakat karawitan dari barat yang lebih maju dari masyarakat karawitan Indonesia memberikan peluang bagi barat untuk mempublikasikan pengetahuan dan karya karawitan melalui Internet dengan menyertakan kata gamelan sebagai identitas situs web-nya. Meskipun masyarakat karawitan dari luar negeri tetap menghormati asal muasal karawitan dengan memberikan informasi bahwa karawitan atau gamelan berasal dari Jawa, bangsa Indonesia sebagai pemilik asli karawitan dan harus mempertimbangkan eksistensinya sebagai penyedia sumber informasi karawitan yang utama dalam Internet.

Pencarian informasi kelompok karawitan (sanggar gamelan) yang berada di Amerika Serikat lebih mudah dari pada kelompok karawitan dari Indonesia. Data yang menyebutkan bahwa terdapat lebih dari 100 kelompok karawitan di Amerika Serikat, termasuk profil dari kelompok karawitan tersebut telah terpublikasi di situs web Wikipedia pada halaman yang berjudul List of gamelan ensembles in the United States. Lebih ironi, pada halaman yang berjudul Gamelan dalam situs Web tersebut tidak

muncul informasi tokoh-tokoh karawitan Indonesia, melainkan tokoh-tokoh musisi yang berkolaborasi dengan karawitan seperti John Cage, Colin McPhee, Lou Harrison, Béla Bartók, Francis Poulenc, Olivier Messiaen, Pierre Boulez, Bronislaw Kaper, Benjamin Britten, dan masih banyak lagi.

Pencarian informasi menggunakan kata kunci “tokoh karawitan Jawa” memberikan hasil yang tidak jauh berbeda dengan pencarian informasi karawitan yang lain. Belum ada situs web yang menyajikan informasi tokoh-tokoh karawitan Jawa secara lengkap dan valid, Informasi profil tokoh-tokoh karawitan Jawa seperti, Sindusawarna, Martopangrawit, Mloyowidodo, Wasitodiningrat, Sumarsam, Rahayu Supanggah, Sri Hastanto, Narto Sabdo, dan yang lainnya, terdokumentasi secara tidak lengkap dan masih tersebar di berbagai situs Web sehingga pencarian harus dilakukan secara tidak praktis. Apabila kondisi ini terus berlangsung, tokoh-tokoh karawitan dapat terlupakan oleh generasi mendatang.

1.3 Urgensi Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Karawitan

Penggerusan identitas bangsa Indonesia sebagai pemilik asli karawitan akan terus terjadi apabila bangsa Indonesia tidak

melakukan dokumentasi karawitan yang lengkap dan valid dengan akses pencarian informasi karawitan yang mudah, dan apabila sumber informasi karawitan di Internet dari luar negeri semakin mendominasi dengan pengunggah atau pemilik konten karawitan dan penyedia situs web yang menyajikan informasi karawitan dalam internet, termasuk pengguna (pencari informasi karawitan) adalah lebih banyak yang bukan dari Indonesia.

Monograf ini memaparkan proses dan hasil penelitian yang melibatkan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi sebagai salah satu upaya untuk melestarikan warisan budaya Indonesia, khususnya karawitan dan lebih dikhususkan pada gamelan yang merupakan instrumen musik dalam karawitan sebagai objek penelitian.

Penelitian yang didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dilakukan dengan mengembangkan aplikasi pembelajaran memainkan instrumen gamelan secara mandiri yang diberi nama *Smart Gamelan: Learn & Play*. Aplikasi ini dirancang untuk dijalankan menggunakan ponsel cerdas untuk mendukung pembelajaran memainkan instrumen gamelan tanpa batasan ruang dan waktu.

Bab 2

KARAWITAN, TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI, DAN KECERDASAN BUATAN

Pengaruh globalisasi dapat ditemukan dalam penggunaan sistem pencatatan musik atau notasi dalam karawitan. Notasi musik adalah teknologi *western* (barat) yang mengharuskan pemusik patuh dan mengikuti semua ketentuan yang tercatat di dalamnya, sedangkan seni karawitan menggunakannya sebagai gambaran umum dalam memainkan musik. Becker dalam Rusdiyantoro (2011) menyebutkan bahwa sistem notasi merupakan pengaruh musik barat dalam karawitan yang paling berbahaya tetapi sistem ini dapat diterima nyaris tanpa perlawanan. Meskipun penggunaan sistem notasi dapat menyesatkan, pada

perkembangannya pengaruh ini dapat membuka kesadaran tokoh-tokoh karawitan untuk mendokumentasikan gending agar tidak lenyap, dan menjadikannya sebagai media belajar, dan digunakan oleh pemusik sebagai panduan dalam penyajian karawitan.

2.1 Formulasi dalam Bermusik

Dampak difusi tidak hanya berhenti di penerapan notasi dalam karawitan, formulasi lagu yang berlaku pada musik barat juga berusaha diterapkan pada gending dengan konsep gatra dalam formulasi *ding kecil-dong kecil-ding besar-dong besar* oleh Sindusawarna (Supardi, 2013) atau formulasi *maju-mundur-maju-seleh* (Martopangrawit, 1969). Hal yang membedakan antara formulasi pada musik barat dan karawitan adalah 'kepastian' dan 'ketidak-pastian'. Formulasi musik barat menghasilkan kesimpulan yang cenderung pasti dalam bermusik, sedangkan formulasi musik dalam karawitan tidak dapat memberikan kepastian dalam bermusik. Konteks ketidak-pastian adalah musik karawitan tidak dapat dipelajari hanya berdasarkan formula bermusik; kekuatan rasa merupakan pengetahuan yang lebih dominan sehingga kesimpulan dapat berbeda dengan formulasi tetapi hasilnya dapat diterima.

Masyarakat barat yang mempelajari karawitan, seperti Becker dan Becker (1982), Hughes (1989), Benamou (2016) dan yang lainnya, berusaha memformulasikan gendhing lebih lanjut sampai pada nilai nada (notasi) dalam gendhing. Paradigma masyarakat barat dalam mempelajari karawitan cenderung memformulasikan gendhing menggunakan logika *matematika jika A maka B*, sedangkan tokoh karawitan Indonesia lebih menekankan bahwa gendhing adalah sebuah rasa yang tidak bisa diformulasikan sehingga logika yang dibangun adalah *jika A maka tidak selalu B*. Perbedaan logika dalam memahami gendhing antara tokoh karawitan Indonesia dan barat pun tidak menjadikan pertentangan atau menimbulkan penolakan dari tokoh karawitan Indonesia atau menjadikan pembatalan formulasi gendhing oleh masyarakat karawitan barat. Sifat rendah hati yang dipegang teguh oleh tokoh karawitan Indonesia menjadikan dasar untuk menerima perbedaan dengan mempersilakan adanya formulasi untuk menciptakan gendhing. Supanggah (2015) menyatakan bahwa tidak ada salah atau benar dalam menciptakan gendhing karena gendhing terbuka untuk diciptakan oleh siapa saja, tetapi hal yang harus dipertimbangkan dalam menciptakan gendhing adalah penerimaan masyarakat.

Sikap yang diambil oleh tokoh karawitan Indonesia yang dapat menerima perbedaan sudah sesuai dengan arus globalisasi kebudayaan yang tidak akan dapat dibendung. Individu-individu dari luar negeri atau dari dalam negeri bebas untuk belajar karawitan di Indonesia, dan bebas mengaplikasikan apa yang sudah dipelajari berdasarkan kapasitas pengetahuan yang dimiliki. Di sisi lain, era globalisasi memungkinkan untuk mempublikasi karya melalui internet yang dapat diakses oleh siapa saja dan di mana saja tanpa ada kontrol untuk mengukur kesesuaian karya terhadap karakteristik karawitan. Kondisi ini dapat menggerus eksistensi orisinalitas karawitan apabila lebih banyak karya yang tidak sesuai karakteristik karawitan yang beredar di internet dan lebih banyak yang mempelajari karawitan melalui internet.

2.2 Komposisi Musik Otomatis

Fenomena penerapan teknologi informasi dan komunikasi, termasuk kecerdasan buatan, dalam kesenian juga tidak dapat dicegah. Pendekatan kecerdasan buatan digunakan untuk mengembangkan program komputer yang mempunyai kemampuan menciptakan lagu. Fenomena ini berkembang sejak munculnya karya komposisi string quartet (salah satu jenis musik

klasik) yang diciptakan oleh program komputer (Hiller dan Isaacson, 1959). Penelitian pengembangan program komputer berbasis kecerdasan buatan yang dapat menciptakan lagu mulai menjadi tren dengan penerapan berbagai metode dan algoritme kecerdasan buatan pada penciptaan komposisi dalam berbagai jenis musik, seperti karya dari Xenakis (1965), Ebcioglu (1986), Gillick et al (2009), Kitani dan Koike (2010), Pestana (2012), Quick (2015) dan Pachet (2016), sedangkan penerapan kecerdasan buatan untuk program komputer yang dapat menciptakan gendhing dikembangkan oleh Hastuti et al (2016).

Kontroversi terhadap penerapan kecerdasan buatan dalam karawitan adalah hal yang wajar, namun resistensi tidak dapat mencegah keberlangsungan fenomena ini. Peneliti dalam bidang ini berlandaskan upaya pendokumentasian karakteristik karawitan dalam bentuk program komputer yang dapat menciptakan gendhing. Peneliti berusaha memformulasikan karakteristik gendhing dan menyimpan formulasi ke dalam program komputer agar karakteristik karawitan tetap terjaga sampai kapan pun, dan apabila gendhing yang dibangkitkan belum memenuhi karakteristik karawitan, penelitian akan terus

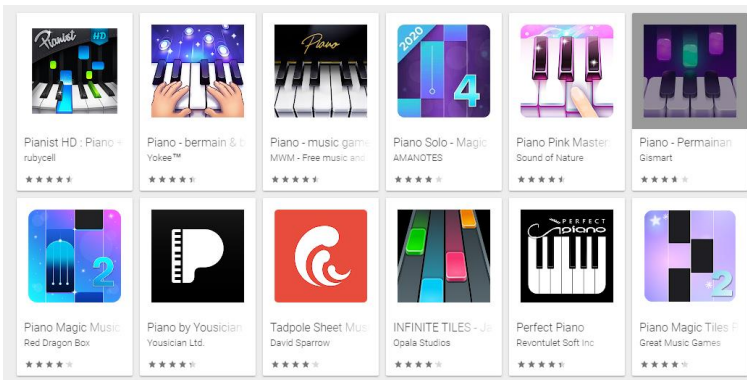
dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan performa program.

Eksistensi orisinalitas karawitan harus tetap dijaga tanpa memunculkan penolakan karya yang merupakan dampak dari arus globalisasi kebudayaan. Perumusan kebijakan terkait kemungkinan yang dapat mempengaruhi eksistensi karawitan perlu dirumuskan dengan mempertimbangkan perspektif sosial, hukum dan perkembangan teknologi. Kebijakan dengan luaran klasifikasi orisinal atau tidak orisinal perlu dipertimbangkan, misalnya menggunakan klasifikasi yang diusulkan oleh (Sunarto, 2015) yang membedakan musik baru dalam karawitan ke dalam tiga kelas, yaitu tradisional-klasik, populer, dan gagrag/kontemporer.

2.3 Instrumen Musik Virtual

Perkembangan komputer dan teknologi ponsel cerdas telah membawa dampak pada pengembangan aplikasi instrumen musik virtual, seperti Pianist HD karya Rubbycell, Synthesia karya Synthesia LLC, Piano Play and Learn karya Yokee, dan Smule karya Ge Wang. Aplikasi instrumen musik virtual yang pada awalnya untuk tujuan pembelajaran dan permainan semakin berkembang sehingga digunakan untuk pertunjukan. Dannen

(2009) mendeskripsikan bahwa, Smule mampu mengubah iPhone menjadi kanal kreatif yang memungkinkan pengguna belajar, bermain, dan melakukan pertunjukan. Gambar 2.2 memperlihatkan tangkapan gambar dari Google Play yang berisikan aplikasi piano virtual yang telah dipublikasikan untuk umum.

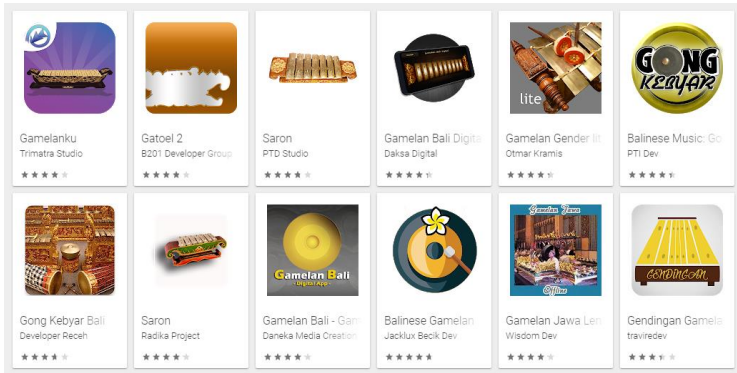


(Sumber: Google Play)

Gambar 2. 1. Tangkapan gambar aplikasi piano virtual di Google Play

Fenomena pengembangan aplikasi instrumen musik virtual juga masuk ke dunia karawitan dengan munculnya berbagai aplikasi instrumen gamelan virtual, seperti e-Gamelan karya Universitas Dian Nuswantoro, Gamelan Toetoel/Gatoel karya B201dev, Saron Digital karya ProAndro, Gamelan Bali Digital karya Daksa

Digital, Digital Gamelan karya Bueh Developer, dan yang lainnya. Gambar 2.2 memperlihatkan tangkapan gambar dari Google Play yang berisikan aplikasi gamelan virtual yang telah dipublikasikan untuk umum.

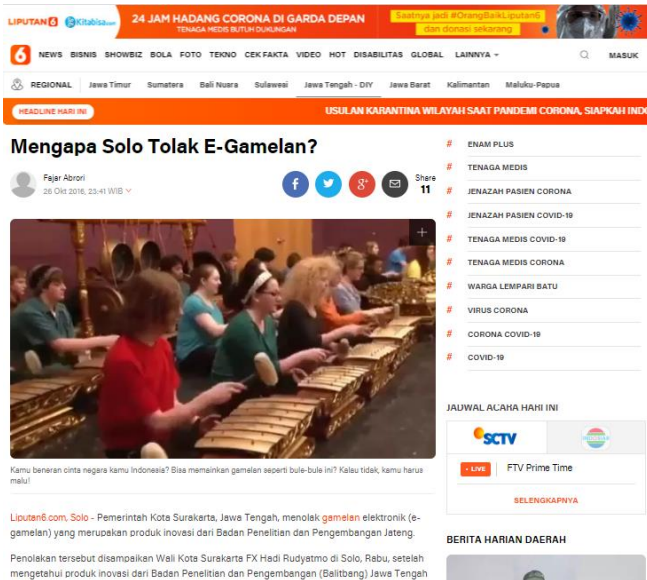


(Sumber: Google Play)

Gambar 2. 2. Tangkapan gambar aplikasi gamelan virtual di Google Play

Perbedaan pandangan antara tokoh karawitan Indonesia dengan pengembang aplikasi gamelan virtual didasari oleh tujuan yang sama, yaitu melestarikan warisan budaya. FX Hadi Rudyatmo yang pada saat monograf ini ditulis menjabat selaku Wali Kota Surakarta (kota Surakarta atau dikenal dengan kota Solo merupakan salah satu kota pusat karawitan), menyatakan bahwa perlu adanya penghormatan terhadap leluhur yang menciptakan

gamelan dan nilai-nilai luhur gamelan tidak dapat diterapkan pada aplikasi virtual (www.liputan6.com). Sedangkan pengembang aplikasi gamelan virtual mempunyai cara pandang yang berbeda dalam memaknai penghormatan warisan budaya, yaitu dengan mengembangkan aplikasi gamelan virtual sebagai upaya melestarikannya. Gambar 2.3 memperlihatkan tangkapan gambar dari berita penolakan gamelan virtual oleh Wali Kota Surakarta yang diambil dari web www.liputan6.com.



(Sumber: www.liputan6.com)

Gambar 2. 3. Berita penolakan Wali Kota Surakarta terhadap aplikasi gamelan virtual

Seperti halnya penerapan kecerdasan buatan dalam penciptaan gendhing, pengembangan gamelan virtual yang merupakan dampak dari globalisasi teknologi informasi dan komunikasi tidak dapat dicegah. Jika tidak dari dalam negeri, dari luar negeri yang melakukannya, dan globalisasi memungkinkan semua karya dapat diakses oleh siapa saja dan di mana saja. Pada kasus gamelan virtual, Catherine Basset (2005) yang berkewarganegaraan Prancis merupakan salah satu pionir dalam pengembangan aplikasi gamelan virtual dengan karyanya Gamelan Mécanique yang dikembangkan pada tahun 2003, dan aplikasinya dapat diunduh melalui internet. Ada baiknya memberikan kesempatan bagi anak bangsa untuk berkontribusi dalam melestarikan budaya bangsa melalui pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi dengan mengembangkan gamelan virtual, meskipun kajian yang lebih mendalam untuk dapat menilai pengaruh positif dan negatifnya tetap diperlukan.

2.4 Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Pelestarian Karawitan

Dokumentasi karawitan Jawa meliputi sejarah dan pembelajaran, tokoh karawitan, gendhing (pencipta, notasi, lirik dan makna), kelompok karawitan, penyajian/penampilan (audio, atau audio

dan visual), perangkat gamelan yang bernilai historis, dan yang lainnya. Tersedianya informasi karawitan secara lengkap dan valid melalui Internet sampai pada saat ini belum menunjukkan kemudahan yang seharusnya dijamin oleh bangsa Indonesia sebagai ahli warisnya.

Pelestarian karawitan Jawa harus dilakukan melalui dokumentasi yang lengkap dan valid, dan didukung oleh kemudahan dalam pencarian informasi. Terdapat tiga poin utama yang menjadi prioritas dalam menjaga eksistensi bangsa Indonesia sebagai ahli waris karawitan dalam era globalisasi karawitan, yaitu: (1) mengembangkan sistem dokumentasi karawitan Jawa berbasis TIK yang mendukung tersedianya basis data terkait karawitan Jawa dan kemudahan pencarian informasi atau pembelajaran, (2) melakukan sosialisasi untuk membangun kesadaran masyarakat karawitan Indonesia tentang pentingnya menjaga eksistensi bangsa Indonesia sebagai ahli waris karawitan di era globalisasi kebudayaan, (3) memberikan transfer pengetahuan kepada masyarakat karawitan Indonesia tentang mekanisme berkontribusi dalam dokumentasi dan penyediaan informasi karawitan atau mempelajari karawitan melalui sistem informasi yang dibangun.

Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi, serta internet di era globalisasi kebudayaan merupakan salah satu hal yang dapat dilakukan untuk menjaga eksistensi bangsa Indonesia sebagai pewaris karawitan dan merupakan implementasi butir pertama dari tiga butir prioritas yang diusulkan untuk menjaga eksistensi bangsa Indonesia sebagai ahli waris karawitan dalam era globalisasi karawitan.

Bab 3

METODOLOGI PENELITIAN

Musik komputer dihasilkan dari penelitian dan eksperimen berkelanjutan (Keith, 2010) yang melibatkan program komputer yang dapat memainkan bagian dari komposisi musik, melakukan pertunjukan musik dan memberikan peran besar bagi komputer dalam aplikasi yang terkait musik (Keislar, 2009). Penelitian instrumen musik virtual merupakan salah satu topik dalam musik komputer. Instrumen musik virtual yang dimainkan melalui komputer atau ponsel cerdas harus dapat menduplikasi desain dari instrumen konvensional. Hal ini penting bagi pengguna yang bukan merupakan musisi karena kekurang-pahaman mereka terhadap konsepsi dan ketrampilan teknis musikal (Wu dan Kinns, 2018).

Pendekatan musik komputer dapat digunakan untuk membantu orang dewasa dalam mempelajari cara memainkan instrumen musik karena keterbatasan mereka dalam berasimilasi dengan pengetahuan baru dan karena keterbatasan waktu mereka untuk aktifitas yang tidak memberikan keuntungan secara nyata. Oleh karena itu, imitasi instrumen musik harus didesain semirip mungkin dengan instrumen aslinya (Dascălua et al, 2014). Pengembangan instrumen musik virtual dapat menghasilkan sistem inovasi yang memungkinkan permainan dalam satu grup yang berisikan instrumen yang sama atau berbeda, seperti sistem instrumen musik virtual yang dikembangkan oleh Ren et al, (2014) yang mendukung sejumlah pengguna untuk memainkan musik perkusi virtual dalam satu perangkat masukan.

Pendekatan musik komputer dapat diterapkan sebagai solusi dalam mempelajari cara memainkan instrumen gamelan. Gamelan merupakan musik orkestra tradisional dari Jawa yang menggunakan gamelan sebagai instrumen, dan gendhing sebagai lagunya. Gamelan mempunyai tipikal permasalahan musik orkestra, yang oleh Trumen (2007) dijelaskan bahwa kendala dalam penyelenggaraan musik orkestra adalah berbiaya mahal, memerlukan ruang yang besar, musisi dengan kemampuan

bermusik yang baik, memerlukan waktu bertahun-tahun untuk dapat menguasai instrumen. Di sisi lain, globalisasi dengan pesatnya laju perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dapat semakin mempercepat punahnya kesenian tradisional apabila tidak diantisipasi dan dikelola dengan baik.

Permasalahan tersebut menyebabkan akses untuk mempelajari musik gamelan menjadi sulit dan mudahnya kebudayaan asing masuk ke Indonesia memberikan dampak kurangnya minat, pemahaman dan pengetahuan generasi muda terhadap gamelan atau karawitan. Teknologi informasi dan komunikasi yang mempercepat arus globalisasi harus dimanfaatkan sebagai solusi untuk mengatasi masalah tersebut.

3.1 Model Pembelajaran Interaktif

Aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play* merupakan produk yang dikembangkan dalam penelitian eksperimen ini sebagai solusi untuk mendukung pembelajaran memainkan instrumen gamelan yang memungkinkan pengguna untuk belajar secara mandiri. Sistem yang dikembangkan memiliki tiga fitur utama untuk pembelajaran interaktif, yaitu: (1) Dokumentasi koleksi notasi gendhing, (2) otomatisasi permainan instrumen gamelan

berdasarkan notasi gendhing, (3) pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan.

Aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play* dikembangkan dengan menyertakan *virtual player* di dalam sistem yang mampu membaca notasi gendhing untuk ditransformasikan ke dalam bentuk audio, visual, dan animasi. Fitur ini juga berperan sebagai instruktur virtual yang dapat menuntun pengguna dalam memainkan instrumen gamelan virtual.

Sistem dirancang untuk dioperasikan pada platform aplikasi ponsel cerdas. Rancangan aplikasi ponsel cerdas mendukung pembelajaran tanpa dibatasi oleh waktu dan tempat serta dapat meningkatkan kualitas keluaran dari pengguna (Tong, 2016). Sistem dirancang dengan desain tampilan dan navigasi yang sederhana serta memiliki kemampuan yang dapat mengikuti progress pembelajaran pengguna secara simultan selama mempelajari cara memainkan instrumen gamelan secara virtual. Keberagaman tingkat ketrampilan pengguna harus dipertimbangkan dalam mengembangkan antar-muka program instrumen musik, dan tampilan yang sederhana dapat mengurangi kerumitan musik yang dipelajari (Barraclough et al, 2015).

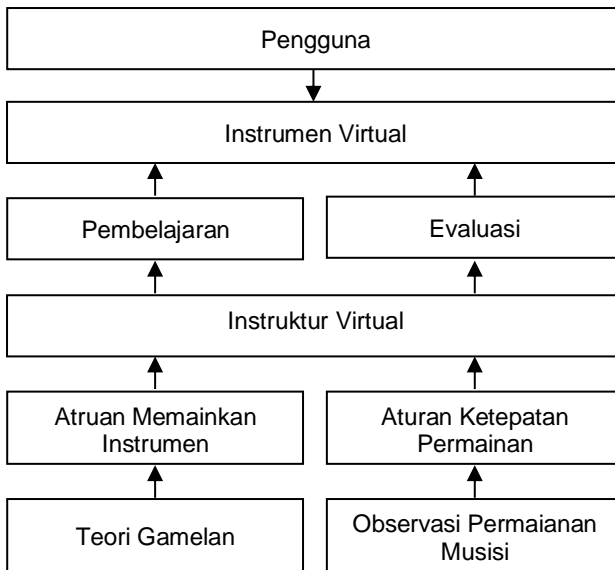
Model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan secara mandiri dikembangkan menggunakan metode *rule-based* (berbasis aturan). Domain kepakaran merupakan bagian utama dalam metode ini. Metode *rule-based* merupakan bagian dari sistem pakar yang memerlukan transfer pengetahuan dari pakar untuk diimplementasikan ke dalam program komputer ke dalam bentuk aturan.

Terdapat dua jenis aturan yang diformulasikan, yaitu aturan memainkan instrumen gamelan dan aturan ketepatan permainan. Aturan memainkan instrumen gamelan mengatur cara memainkan instrumen berdasarkan teori gamelan, dan aturan ketepatan permainan mengatur toleransi waktu dalam memukul tombol berdasarkan hitungan tempo yang tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat.

Dalam model ini, instruktur virtual (*virtual instructor*) bertugas untuk menuntun pengguna dalam mempelajari cara memainkan instrumen gamelan. Oleh karenanya, instruktur virtual dirancang untuk memiliki kemampuan memainkan instrumen gamelan berdasarkan notasi gendhing. Instruktur virtual juga berperan sebagai pemain musik virtual dalam otomatisasi permainan orkestra gamelan untuk mengiringi pengguna. Instruktur virtual

dikonstruksi berdasarkan teori gamelan dan observasi permainan musisi gamelan. Selama memainkan aplikasi, interaksi pengguna dalam mengklik tombol instrumen untuk memainkan notasi gendhing secara simultan dikirim ke sistem untuk dievaluasi. Evaluasi memberikan umpan balik pada pengguna yang menginformasikan performa pengguna (kualitas permainan pengguna).

Gambar 3.1 memperlihatkan diagram model aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play*.



Gambar 3. 1. Diagram model aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play*

Serangkaian eksperimen yang dilakukan untuk mengembangkan model pembelajaran memainkan instrumen gamelan secara mandiri meliputi: akuisisi pengetahuan dan ketrampilan membaca notasi gendhing, serta akuisisi pengetahuan dan ketrampilan memainkan instrumen gamelan, representasi pengetahuan dan ketrampilan memainkan instrumen gendhing, serta rekayasa perangkat lunak untuk implementasi model.

Rangkaian eksperimen yang dilakukan menghasilkan tiga modul utama dalam pengembangan aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play*, yaitu modul yang berisikan formulasi membaca notasi gendhing, modul yang berisikan formulasi memainkan instrumen gamelan berdasarkan notasi gendhing dan modul rekayasa perangkat lunak yang menerapkan kedua formulasi tersebut.

Pengujian dilakukan pada setiap eksperimen untuk memastikan ketepatan dan kesesuaian metode yang digunakan dalam menghasilkan keluaran, serta evaluasi keberhasilan penelitian dengan mengukur ketepatan model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan berdasarkan penggunaannya.

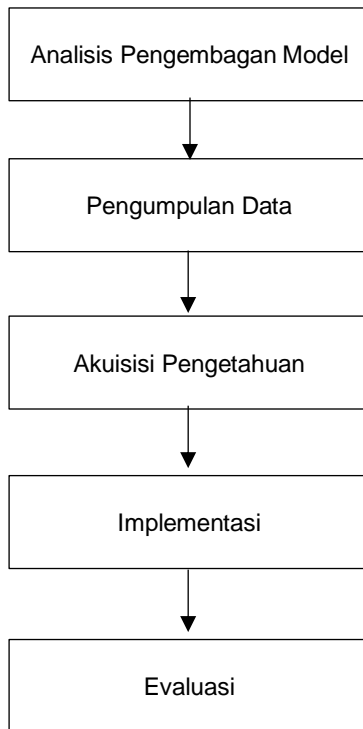
Tabel 3.1 menampilkan gambaran umum eksperimen yang dilakukan untuk mengembangkan aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play*.

Tabel 3. 1. Gambaran umum desain penelitian

Tahapan	Jenis Data	Sumber Data	Sumber Pengetahuan	Keluaran
Akuisisi pengetahuan dan ketrampilan membaca notasi gendhing	Teks (lembar musik)	Buku koleksi notasi gendhing. Situs web koleksi notasi gendhing.	Buku teori karawitan. Praktisi karawitan.	Formulasi membaca notasi gendhing
Akuisisi pengetahuan dan ketrampilan memainkan instrumen gendhing	Teks (teori karawitan). Data sinyal audio permainan instrumen musik gamelan.	Buku teori karawitan Data rekaman permainan instrumen musik gamelan	Buku teori karawitan Praktisi karawitan	Formulasi memainkan instrumen gamelan
Rekayasa perangkat lunak	Teks, gambar, audio, animasi	Buku koleksi gendhing. Data rekaman audio instrumen gamelan. Data gambar/foto instrumen gamelan. Data animasi instrumen gamelan	Buku teori karawitan Praktisi karawitan	Aplikasi <i>Smart Gamelan: Learn & Play.</i>

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian terbagi atas lima tahap, yaitu analisis pengembangan model, pengumpulan data, akuisisi pengetahuan, implementasi dan evaluasi. Gambar 3.1 memperlihatkan diagram tahapan penelitian.



Gambar 3. 2. Tahapan Penelitian

3.2.1 Analisis Pengembangan Model

Berbagai aplikasi gamelan virtual telah dipublikasikan secara umum, seperti e-Gamelan karya Universitas Dian Nuswantoro, Gamelan Toetoel/Gatoel karya B201dev, Digital Gamelan karya Bueh Developer, Saron Pro karya PTD Studio, dan yang lainnya.

Aplikasi-aplikasi tersebut dapat diunduh melalui *Google Play*, *App Store*, diunduh secara langsung dari web pengembang aplikasi, atau melalui sumber dari internet. Aplikasi gamelan virtual yang beredar hanya memberikan fitur instrumen gamelan virtual yang dapat dibunyikan selayaknya instrumen gamelan yang nyata, dan belum mendukung fitur pembelajaran.

Analisis pengembangan model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan secara mandiri dilakukan dengan mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan aplikasi sejenis yang sudah ada untuk disinkronisasikan dengan kebutuhan dalam pembelajaran memainkan instrumen gamelan. Analisis dilakukan dengan menyelenggarakan lima kali kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) yang melibatkan sejumlah pemangku kepentingan yang mewakili praktisi karawitan, akademisi dari bidang seni karawitan, serta mahasiswa yang diposisikan sebagai pengguna aplikasi.

Gambar 3.2 memperlihatkan salah satu kegiatan FGD yang diselenggarakan di kediaman Prof Dr. Rahayu Supanggah, S. Kar. DEA. (dosen Institut Seni Indonesia Surakarta dan maestro karawitan Indonesia) yang berlokasi di kota Surakarta.



Gambar 3. 3. Salah satu kegiatan FGD analisis pengembangan model

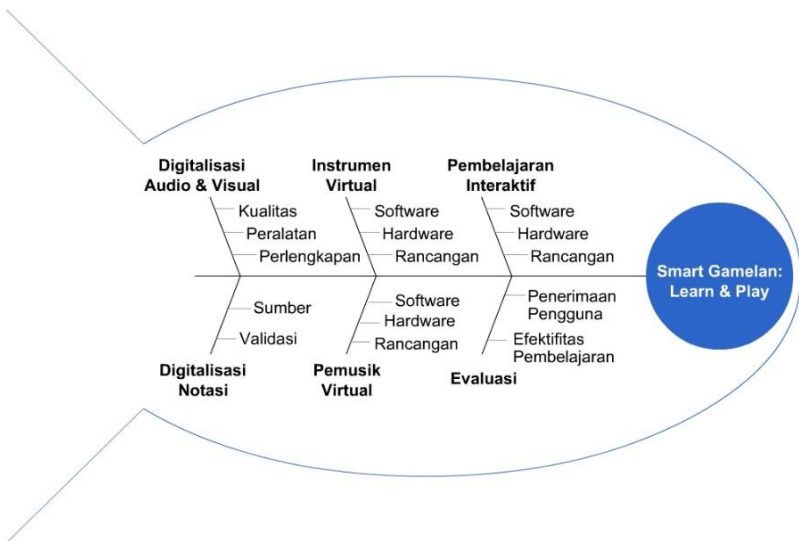
Butir-butir pokok kebutuhan dalam pengembangan model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan dirangkumkan sebagai berikut:

- Pemahaman membaca notasi gendhing untuk merancang sistem yang mampu membaca notasi gendhing.
- Pemahaman memainkan instrumen gamelan untuk merancang sistem yang mampu memainkan instrumen gamelan berdasarkan notasi gendhing.

- Penentuan desain pemusik virtual atau *virtual player* untuk merancang sistem yang secara otomatis mampu memainkan orkestra gamelan berdasarkan notasi gendhing dan dapat berperan sebagai instruktur untuk menuntun pengguna dalam mempelajari cara memainkan instrumen gamelan.
- Perekaman data audio dan visual untuk merancang sistem yang mampu menyajikan audio dan visual instrumen gamelan selengkap aslinya dengan kualitas yang terukur.
- Penentuan serangkaian eksperimen yang diperlukan dalam pengembangan model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan secara mandiri.
- Pemilihan perangkat lunak untuk pengembangan aplikasi untuk menentukan perangkat lunak yang diperlukan dalam setiap eksperimen.
- Penentuan desain antar-muka aplikasi untuk merancang tampilan aplikasi yang menarik dan mudah dipahami pengguna.

- Pengujian model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan untuk mengukur ketercapaian target penelitian.

Butir-butir pokok kebutuhan pengembangan model yang dihasilkan dari FGD selanjutnya digunakan untuk merancang peta jalan penelitian. Terdapat enam kegiatan utama dalam rancangan peta jalan penelitian, yaitu: digitalisasi audio dan visual, digitalisasi notasi, instrumen virtual, pemusik virtual, pembelajaran interaktif dan evaluasi (Gambar 3.3).



Gambar 3. 4 Diagram tulang ikan untuk bagian kegiatan dalam penelitian

3.2.2 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk pengembangan aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play* berupa koleksi notasi gendhing, foto instrumen dan bunyi instrumen. Pengumpulan data koleksi notasi gendhing dilakukan secara daring melalui gamelanbvg.com yang merupakan web dengan konten basis data notasi gendhing. Data yang tersedia berupa berkas dengan format *.pdf*. Digitalisasi data koleksi notasi gendhing dilakukan dengan mengonversikan data ke dalam format *.txt*, yaitu dengan menuliskan ulang notasi menggunakan program *Notepad* yang merupakan program bawaan dari sistem operasi *Windows*.

Digitalisasi audio dan gambar instrumen dilakukan dengan merekam bunyi dan memfoto gambar instrumen. Pengumpulan data foto instrumen dilakukan dengan mendokumentasikan set perangkat orkestra gamelan *Nyai Gambuh* pada sanggar Garasi Benowo milik Prof. Dr. Rahayu Supanggah, S.Kar dan set perangkat orkestra gamelan *Kyai Nuswantoro* milik Universitas Dian Nuswantoro. Data foto instrumen disimpan dalam format *.jpg* dengan pertimbangan format berkas tersebut didukung oleh program editor pengolah gambar dan program editor pengembangan aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini.

Pengumpulan data audio instrumen dilakukan dengan merekam set perangkat orkestra gamelan *Nyai Gambuh*. Pemilihan set gamelan *Nyai Gambuh* sebagai sumber audio didasari oleh kualitas material untuk pembuatan instrumen yang baik sehingga mampu menghasilkan bunyi yang halus dan jernih dan ketepatan nada pada setiap bilahnya. Data audio instrumen disimpan dalam format *.wav* dengan pertimbangan format berkas tersebut didukung oleh program editor pengolah audio dan program editor pengembangan aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini.

Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 memperlihatkan kegiatan mendokumentasikan foto dan audio instrumen gamelan.



Gambar 3. 5. Kegiatan mendokumentasikan foto instrumen gamelan



Gambar 3. 6. Kegiatan mendokumentasikan audio instrumen gamelan

3.2.3 Akuisisi Pengetahuan

Akuisisi pengetahuan ditujukan untuk memahami aturan dan metode dalam memainkan instrumen gamelan. Teori gamelan dan pakar gamelan digunakan sebagai sumber pengetahuan. Contoh hasil akuisisi pengetahuan diuraikan pada pembahasan berikut.

Gamelan terdiri atas dua jenis tangga nada, yaitu *laras slendro* yang berisikan notasi 1, 2, 3, 5, 6, serta *laras pelog* yang berisikan notasi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Masing-masing notasi memiliki frekuensi sinyal audio yang berbeda. Selain notasi tersebut, terdapat notasi titik yang disebut dengan *pin* dalam kedua jenis tangga nada ini.

Notasi titik melambangkan ketukan diam (tidak memukul bilah instrumen). Dalam proses komputasi, notasi titik dikonversikan ke dalam format angka, menjadi 0. Tabel 3.2. memperlihatkan basis pengetahuan yang dihimpun berdasarkan teori gamelan dan wawancara dengan pakar gamelan.

Tabel 3. 2. Contoh basis pengetahuan gamelan yang dihimpun

Tangga Nada/ <i>Laras</i>	Slendro
	Pelog
Notasi <i>Slendro</i>	0, 1, 2, 3, 5, 6
Notasi <i>Pelog</i>	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Gatra	Terdiri atas empat ketukan
Tempo	Sangat lambat
	Lambat
	Sedang
	Cepat
	Sangat cepat
Instrumen demung, saron, slenthem	Dimainkan di semua notasi <i>balungan</i> .
Instrumen kenong	Dimainkan di ketukan ke empat dari gatra genap.
Instrument kempul	Dimainkan di ketukan ke empat gatra ganjil dan dimulai pertama kali pada gatra ketiga

Data koleksi notasi gendhing disimpan dalam format *.txt*. Gambar 3.7 memperlihatkan contoh notasi gendhing yang konversikan ke dalam format teks.

Ladrang Dhencong Laras Pelog Pathet Nem

2	•	2	6	2	•	2	6	2	3	2	1	6	5	3	5
2	3	2	1	6	5	3	5	3	3	6	5	3	2	1	2
6	•	6	2	6	•	6	2	3	1	2	3	5	3	2	1
2	1	2	3	5	3	2	1	3	5	3	2	•	1	2	6

Gambar 3. 7. Contoh notasi gendhing

Data dalam Gambar 3.7 dikonversikan menjadi: (2, 0, 2, 6, 2, 0, 2, 6, 2, 3, 2, 1, 6, 5, 3, 5, 2, 3, 2, 1, 6, 5, 3, 5, 3, 3, 6, 5, 3, 2, 1, 2, 6, 0, 6, 2, 6, 0, 6, 2, 3, 1, 2, 3, 5, 3, 2, 1, 2, 1, 2, 3, 5, 3, 2, 1, 3, 5, 3, 2, 0, 1, 2, 6).

Tempo menentukan durasi memukul bilah instrumen di antara dua notasi yang berurutan berdasarkan teori gamelan. Pengetahuan tempo dibangun berdasarkan teori gamelan dan cara manusia mengestimasi waktu untuk memukul bilah. Berdasarkan teori gamelan, nilai tempo digunakan untuk menentukan waktu diam di antara dua notasi yang berurutan, misalnya satu detik di antara dua notasi. Sedangkan estimasi waktu memukul instrumen

dalam permainan manusia diimplementasikan pada sistem untuk memainkan notasi dan animasi instrumen.

Program komputer dapat dirancang untuk memainkan notasi sesuai nilai waktu tempo secara akurat. Permainan manusia menggunakan intuisi, atau memainkan notasi berdasarkan estimasi ketepatan waktu. Ketepatan waktu adalah durasi untuk memukul bilah instrumen berdasarkan tempo, dan waktu memukul dapat ditoleransi sebagai tidak terlalu cepat atau tidak terlalu lambat.

Ketepatan waktu ditentukan dengan menganalisis frekuensi sinyal audio permainan musisi gamelan. Metode *time-frequency analysis* dan *peak detection* digunakan untuk menentukan rentang waktu yang masuk ke dalam kategori ketepatan waktu. Pelaksanaan eksperimen ini dibahas pada Bab 4.

Dalam metode *rule-based*, aturan merupakan representasi pengetahuan. Hasil akuisisi pengetahuan digunakan untuk mendefinisikan aturan untuk fitur permainan otomatis, pembelajaran dan evaluasi. Permainan otomatis merupakan musik iringan pengguna dalam mode orkestra.

Berikut adalah contoh aturan permainan otomatis, pembelajaran dan evaluasi:

```
//Aturan Tangga nada
IF slendro
THEN tangga nada = 0, 1, 2, 3, 5, 6

IF Pelog
THEN tangga nada = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

//Aturan hitungan ketukan dan gatra
Start
Jumlah ketukan = 0
Jumlah gatra = 0

IF hit
THEN jumlah ketukan += 1

IF jumlah ketukan = 4
THEN jumlah bar += 1

IF jumlah ketukan = ketukan terakhir
THEN jumlah ketukan = 0
AND jumlah gatra = 0

//Aturan tempo
Lambat = T1 ms di antara dua notasi yang berurutan
Sedang = T2 ms di antara dua notasi yang berurutan
Cepat = T3 ms second di antara dua notasi yang berurutan
TT = target waktu
AT= ketepatan waktu (TT-Tn1, TT + Tn2)
ET= waktu eksekusi
NI = indeks notasi (1, 2, 3, ..., notasi terakhir)

IF tempo = lambat
THEN TT = T1
AND AT = ((NI x TT) - (TT - T1(1)), (NI x TT) + (TT + T1(2)))
AND ET = random (AT)
```

```
IF tempo = sedang
THEN TT = T12
AND AT = ((NI x TT) - (TT - T2(1)), (NI x TT) + (TT + T2(2)))
AND ET = random (AT)
```

```
IF tempo = cepat
THEN TT = T3
AND AT = ((NI x TT) - (TT - T3(1)), (NI x TT) + (TT + T3(2)))
AND ET = random (AT)
```

```
//Aturan permainan otomatis
```

```
IF waktu = ET
AND instrumen = saron
THEN mainkan notasi
```

```
IF waktu = ET
AND instrumen = kenong
AND NI = ketukan ke empat dari gatra genap
THEN mainkan notasi
```

```
//Aturan evaluasi permainan pengguna
```

```
IF ET ∈ AT
THEN benar
AND naikkan tempo
AND kurangi visualisasi panduan permainan
ELSE
AND kurangi tempo
AND tambahkan visualisasi panduan permainan
```

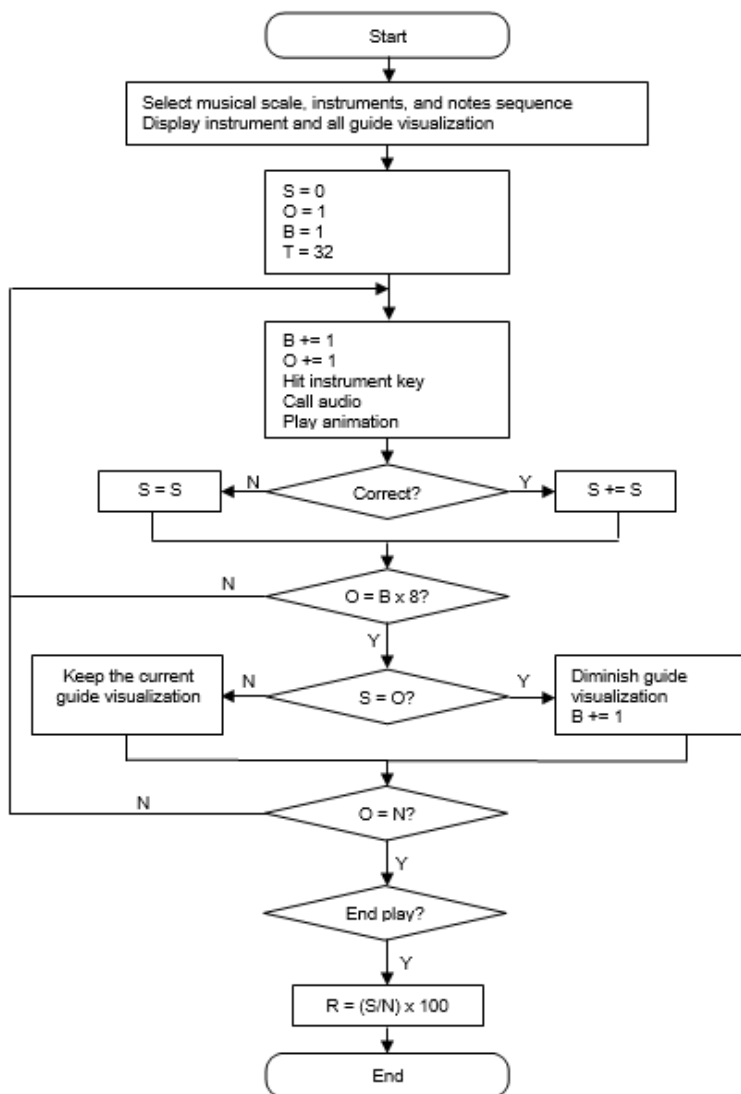
3.2.4 Implementasi

Sistem memiliki dua bagian utama, yaitu bagian yang mendukung pembelajaran dengan visualisasi panduan memainkan instrumen gamelan dan bagian yang bertugas untuk mengevaluasi permainan pengguna. Sistem bekerja dengan memberikan pilihan

untuk pengguna memainkan *laras slendro* atau *laras pelog*, dan memilih notasi gendhing. Selanjutnya, sistem memainkan audio dan menampilkan visualisasi permainan dalam bentuk animasi berdasarkan notasi gendhing yang dipilih pengguna sebagai musik iringan dalam mode orkestra. Sistem secara simultan mengevaluasi permainan pengguna selama memainkan instrumen. Evaluasi dilakukan dengan mengkalkulasi pukulan instrumen berdasarkan akurasi pukulan terhadap target notasi yang dimainkan dan ketepatan waktu.

Sistem secara otomatis meningkatkan tantangan dengan meningkatkan tempo dan mengurangi visualisasi panduan yang terdiri atas tanda untuk notasi pada bilah yang menjadi target dimainkan, animasi ketepatan waktu dan tampilan urutan notasi. Kondisi ini berlaku kebalikannya pada saat akurasi pukulan dinyatakan salah pada delapan notasi yang berurutan, visualisasi panduan memainkan instrumen akan ditampilkan kembali.

Gambar 3.7 memperlihatkan diagram alir kerja sistem dengan S melambangkan skor berdasarkan jumlah pukulan yang benar, T melambangkan jumlah notasi dalam gendhing yang dimainkan, B melambangkan gatra, dan O melambangkan urutan notasi yang menjadi target pukulan.



Gambar 3. 8. Diagram alir kerja sistem

Desain sistem diimplementasikan pada aplikasi Android dalam pilihan instrumen *kempul*, *slenthem*, *peking*, *saron* dan *demung*. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan program Adobe Flash. Pemilihan program ini didasari oleh kemampuan program dalam mendukung pengelolaan audio, visual, animasi dan pemrograman yang dapat dipublikasi ke dalam format *.apk* (Android).

Gambar 3.9 memperlihatkan tangkapan gambar dari aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play*.



Gambar 3. 9. Tangkapan layer aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play*

3.2.5 Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan menyelenggarakan eksperimen yang melibatkan grup kontrol dan *treatment* (perlakuan). Eksperimen dilakukan untuk mengukur keberhasilan model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan secara mandiri. Rancangan model pembelajaran memungkinkan pengguna untuk belajar memainkan instrumen gamelan secara mandiri dengan dukungan musik orkestra pengiring otomatis mengingat jenis musik orkestra memerlukan grup pemain musik untuk memainkan atau mempelajari instrumen.

Setiap grup berisikan lima anggota yang merupakan mahasiswa tingkat dua yang tidak pernah memainkan atau mempelajari instrumen musik gamelan. Anggota dari kedua grup tersebut diberikan tugas untuk mempelajari cara memainkan instrumen gamelan. Lima jenis instrumen yang dikembangkan dalam aplikasi *Smart Gamelan: Learn and Play* didistribusikan pada setiap anggota grup. Grup dijadwalkan untuk mengikuti 10 kali latihan yang diselenggarakan satu minggu satu kali dengan durasi 1,5 jam untuk setiap sesi latihan.

Dua musisi gamelan yang memiliki pengalaman 20 tahun memainkan instrumen gamelan diminta menjadi instructor untuk

grup dan diminta untuk menilai performa dari setiap anggota grup. Sebagai tambahan, anggota dari grup perlakuan didukung oleh pembelajaran mandiri menggunakan aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play*. Setiap anggota grup perlakuan diminta untuk berlatih menggunakan aplikasi ini setiap hari dengan durasi minimal satu jam per hari.

Gambar-gambar berikut memperlihatkan kegiatan yang dilakukan pada eksperimen yang melibatkan grup kontrol dan perlakuan.



Gambar 3. 10. Kegiatan sosialisasi aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play* pada grup perlakuan



Gambar 3. 11. Anggota grup perlakuan belajar memainkan instrumen gamelan menggunakan aplikasi



Gambar 3. 12. Kegiatan latihan menggunakan instrumen asli

Skala likert digunakan untuk mengukur keluaran ketrampilan anggota dari dua grup tersebut dengan tingkatan ‘istimewa’,

‘sangat baik’, ‘baik’, ‘kurang baik’, ‘sangat kurang baik’. Instruktur diminta untuk menilai progress latihan setiap anggota berdasarkan akurasi notasi dan tempo. Selama 10 kali latihan, performa anggota grup perlakuan menunjukkan bahwa mereka dapat belajar lebih cepat dari anggota grup control. Nilai rerata ketrampilan dari semua anggota grup perlakuan mencapai kategori ‘istimewa’ pada sesi latihan ke empat, sedangkan rerata anggota grup kontrol mencapai kategori ‘istimewa’ pada sesi latihan ke sembilan. Anggota grup kontrol memiliki kesulitan dalam menghafalkan notasi, dan hal ini membuat tempo permainan mereka sering terlambat. Di sisi lain, anggota grup perlakuan dapat mengingat notasi gendhing yang dimainkan selama melakukan latihan harian menggunakan.

Berdasarkan hasil evaluasi, model pembelajaran interaktif yang dikembangkan dapat dinyatakan berhasil meningkatkan performa pengguna dalam belajar. Aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play* dapat mendukung pengguna dalam mempelajari memainkan instrumen musik orkestra, khususnya dalam mempelajari urutan notasi gendhing dan memainkan notasi pada tempo yang tepat.

Bab 4

IDENTIFIKASI POLA TEMPO PERMAINAN MUSISI MENGUNAKAN METODE ANALISIS *TIME-FREQUENCY*

Tugas sistem otomatisasi memainkan notasi musik adalah memukul tombol instrumen untuk memainkan notasi berdasarkan tempo yang direpresentasikan ke dalam interval waktu antara dua ketukan atau notasi yang berurutan. Tempo diukur dalam ketukan per menit atau jumlah ketukan yang dimainkan dalam satu menit. Setiap notasi dalam urutan notasi mempunyai target waktu yang mengacu pada nilai interval waktu. Target waktu digunakan sebagai parameter dalam memainkan notasi secara otomatis. Parameterisasi target waktu menjadi tantangan dalam

pengembangan sistem untuk musik orkestra. Sistem untuk memainkan notasi musik secara otomatis akan menghasilkan bunyi melodi yang kaku jika setiap instrumen dalam orkestra memainkan setiap notasi tepat pada target waktu. Kondisi ini membuat bunyi melodi yang dihasilkan sistem terdengar kurang natural. Otomatisasi memukul tombol untuk memainkan notasi seharusnya tidak dieksekusi tepat pada target waktu tetapi lebih cenderung mengacu pada permainan manusia yang memukul tombol instrumen berdasarkan ketepatan waktu.

Ketepatan waktu adalah rentang waktu berdasarkan target waktu dalam memukul tombol instrumen yang dapat ditoleransi sebagai memukul tombol instrumen yang tidak terlalu cepat dan terlalu lambat. Nilai ketepatan waktu dalam sistem otomatisasi memainkan notasi musik yang mengacu pada cara manusia memainkan instrumen musik tidak sekedar didefinisikan berdasarkan nilai acak. Penelitian penentuan nilai untuk parameter ketepatan waktu menjadi tantangan dalam mengembangkan musik orkestra virtual.

4.1 Pendahuluan

Gendhing atau lagu dalam karawitan terdiri atas urutan gatra (birama). Gatra terdiri atas empat ketukan, dan pada awalnya

setiap ketukan direpresentasikan menggunakan notasi titik yang disebut dengan *pin*. Notasi titik dapat diisi dengan nada atau tetap dalam bentuk notasi titik. Irama dalam karawitan didefinisikan berdasarkan jumlah notasi dalam satu ketukan dan kecepatan dalam memainkan notasi musik (Martopangrawit, 1969). Terdapat lima tingkatan irama dalam karawitan, yaitu *lancar* (1/1) dengan satu ketukan berisikan satu notasi, *tanggung* (1/2) dengan satu ketukan berisikan dua notasi, *dados* (1/4) dengan satu ketukan berisikan empat notasi, *wiled* (1/8) dengan satu ketukan berisikan delapan notasi dan *rangkep* (1/16) dengan satu ketukan berisikan 16 notasi.

Tempo untuk memainkan ketukan atau notasi didefinisikan berdasarkan konstanta nilai interval waktu. Sebagai contoh, irama *lancar* menggunakan nilai interval waktu 1000 ms di antara dua ketukan yang berurutan. Gambar 4.1 memperlihatkan ilustrasi urutan notasi yang terdiri atas 32 ketukan dalam gendhing yang berjudul *Suwe Ora Jamu*.

Suwe Ora Jamu
Written by R.C. Hardjosubroto

. 2 . 3	. 2 . 3	. 1 . 2	. 3 . 2
. 3 . 5	. 6 . 5	. 4 . 2	. 1 . 6

Gambar 4. 1. Contoh urutan notasi dalam gendhing berjudul *Suwe Ora Jamu*

Alih-alih menggunakan nilai waktu interval untuk otomatisasi memainkan notasi musik, teknik acak yang diparameterisasi berdasarkan observasi pada permainan musisi digunakan dalam pengembangan aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play*.

Parameterisasi untuk mengacak waktu sebagai nilai ketepatan waktu dalam memukul tombol ditentukan berdasarkan rentang nilai waktu. Sebagai contoh, P adalah fungsi memukul tombol untuk memainkan notasi; P mengidentifikasi rentang nilai waktu RT untuk mendefinisikan nilai ketepatan waktu AT yang menghasilkan aksi eksekusi memukul tombol. Dengan demikian, notasinya menjadi $P: RT \rightarrow AT$. Nilai rentang waktu RT ditentukan berdasarkan analisis permainan musisi menggunakan metode analisis *time-frequency* dan *peak detection*.

4.2 Kajian Pustaka

Analisis *time-frequency* umum digunakan untuk permasalahan sinyal musik, seperti analisis bunyi dari instrumen musik (Alm dan Walker, 2002), analisis interaksi irama musik dengan struktur melodi (Cheng et al, 2009), analisis representasi bermacam frekuensi dari bunyai/nada gong yang menjadi bagian dari instrumen tradisional dari Nusa Tenggara Timur, Indonesia (Siki dan Mamulak, 2017). Analisis *time-frequency* yang juga dikenal

dengan sebutan spektrogram mengatasi perubahan dalam konten frekuensi dari waktu ke waktu, menyediakan gambaran *time-frequency* dari bunyi musikal dan mendeskripsikan transisi yang cepat antara notasi (Alm dan Walker, 2002).

Fungsi dalam analisis *fourier* dapat direpresentasikan baik dalam domain waktu dan frekuensi atau dalam analisis *time-frequency* (Lenssen dan Needell, 2014; Degani et al, 2013). Teknik *fourier transform* dan *peak detection* digunakan dalam analisis *time-frequency* oleh Meyer dan Spiertz (2008) untuk segmentasi audio dengan *peak detection* digunakan untuk mengidentifikasi nilai waktu pada saat manusia memukul tombol instrumen.

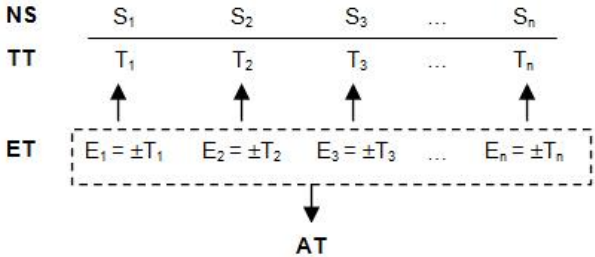
Penelitian untuk mengestimasi tempo dan ketukan diselenggarakan oleh Alonso et al (2004), Eronen dan Klapuri (2010), dan Gkiokas et al (2012). Analisis spectral, fungsi *spectral energy flux* dan *peak detection* digunakan oleh Alonso et al (2004), *k-NN regression* digunakan oleh Eronen dan Klapuri (2010) dan utilisasi *harmonic separation* dan analisis *periodicity* digunakan oleh Gkiokas et al (2012) untuk mengestimasi tempo dan ketukan dengan tujuan mengidentifikasi genre musik dengan mendefinisikan tempo dan melacak ketukan dari sumber audio musik.

Dalam penelitian ini, estimasi tempo dan ketukan digunakan untuk mengobservasi cara musisi mengestimasi tempo dalam memainkan instrumen musik. Teknik *fourier transform* dan *peak detection* yang digunakan dalam analisis *time-frequency* oleh Meyer dan Spiertz (2008) dan Alonso et al (2004) untuk segmentasi audio digunakan untuk mengidentifikasi cara musisi mengestimasi tempo dalam memainkan instrumen musik. Teknik *peak detection* digunakan untuk mengidentifikasi nilai waktu pada saat musisi memukul tombol instrumen, selanjutnya nilai waktu dikalkulasi berdasarkan target waktu untuk mendefinisikan rentang waktu *RT* yang digunakan sebagai parameter dalam mengacak ketepatan waktu *AT* untuk memainkan notasi.

4.3 Metode Penelitian

Sistem otomatisasi memainkan notasi musik dikembangkan dengan menganalisis cara musisi mengestimasi waktu eksekusi memukul tombol instrumen berdasarkan target waktu dalam tempo. Estimasi waktu eksekusi direpresentasikan dalam ketepatan waktu pada satu nilai rentang waktu yang dapat diterima oleh target waktu dalam tempo. Program mengeksekusi memukul tombol instrumen dalam nilai ketepatan waktu.

Gambar 4.2 mengilustrasikan relasi antara urutan notasi *NS* yang berisikan serangkaian notasi *S*, target waktu *TT* yang berisikan nilai waktu *T* dan waktu eksekusi *ET* yang berisikan nilai waktu *E*. Notasi pertama S_1 memiliki nilai pertama target waktu (T_1) dan waktu eksekusi pertama (E_1) memiliki nilai waktu kurang lebih T_1 , dan seterusnya. Lebih lanjut, nilai *ET* digunakan untuk mendefinisikan *AT*.

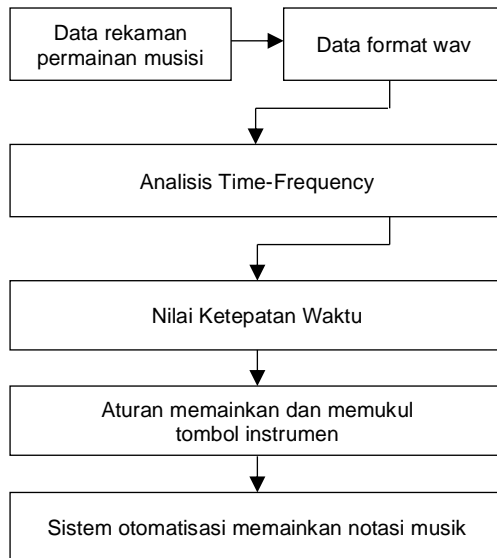


Gambar 4. 2. Relasi antara urutan notasi, target waktu, waktu eksekusi dan ketepatan waktu

Waktu eksekusi diukur dengan menganalisis rekaman audio dari musisi pada saat memainkan instrumen musik. Permasalahan pada fase ini adalah seleksi metode yang dapat secara akurat mengidentifikasi waktu eksekusi pada saat tombol instrumen dipukul. Data nada dan waktu dari notasi musik yang dimainkan oleh musisi diperlukan untuk dianalisis menggunakan metode

time-frequency yang dapat secara akurat mengidentifikasi eksekusi waktu dari interaksi antara musisi dan instrumen musik dalam memainkan notasi gendhing.

Analisis *time-frequency* adalah metode untuk merepresentasikan bunyi secara visual dalam bentuk spektrogram. Dalam domain analisis bunyi musik, spektrogram mendeskripsikan transisi antar-notasi dan waktunya. Gambar 4.3 memperlihatkan diagram model yang digunakan untuk mengembangkan sistem otomatisasi memainkan notasi musik.

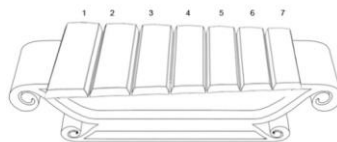


Gambar 4. 3. Diagram model pengembangan sistem otomatisasi memainkan notasi musik

Eksperimen dilakukan dengan mengembangkan sistem otomatisasi memainkan notasi musik untuk musik orkestra gamelan yang dibatasi pada irama *lancar* dan urutan notasi *balungan* (kerangka lagu), serta instrumen *saron*, *demung*, *peking* dan *slenthem*. Metode penelitian terbagi menjadi tahap akuisisi pengetahuan, analisis *time-frequency* dan implementasi.

4.3.1 Akuisisi Pengetahuan

Instrumen dalam gamelan diklasifikasikan berdasarkan fungsi. Grup instrumen yang memainkan notasi *balungan*, seperti *demung*, *saron*, *peking* dan *slenthem*; grup instrumen yang memainkan notasi lagu, seperti *gender* dan *rebab*; grup instrumen yang memainkan notasi yang mendefinisikan struktur gendhing, seperti *kenong* dan *gong*. Dalam eksperimen ini, pengembangan sistem otomatisasi memainkan notasi musik dibatasi pada instrumen *saron* dengan jenis tangga nada *laras pelog*. Gambar 4.4 memperlihatkan ilustrasi instrumen *saron*.



Gambar 4. 4. Ilustrasi instrumen saron

Notasi melodi *balungan* dimainkan dalam konstanta nilai interval waktu, seperti satu ketukan dalam satu detik untuk tempo lambat, atau satu ketukan dalam setengah detik untuk tempo yang lebih cepat. Sebagai contoh, gendhing berjudul *Suwe Ora Jamu* (Gambar 4.1) terdiri atas 32 ketukan yang diisi oleh notasi titik dan notasi angka. Tempo lambat dengan nilai satu ketukan per detik menentukan ketukan pertama memiliki target waktu pada detik pertama, ketukan kedua pada detik kedua, ketukan ketiga pada detik ketiga dan seterusnya. Dengan demikian target waktu untuk memainkan keseluruhan 32 ketukan dalam gendhing tersebut adalah 32 detik.

Akuisisi pengetahuan dilakukan untuk mendapatkan data sinyal audio dari permainan musisi dalam irama *lancar* dengan waktu interval di antara dua notasi yang berurutan adalah kurang lebih 1000 ms. Akuisisi pengetahuan dilakukan dengan merekam permainan instrumen *saron* oleh musisi gamelan. Permainan instrumen tersebut direkam ke dalam format berkas *.wav* dengan *sample rate* 48 khs dan 16 bit mono. Gambar 4.5 memperlihatkan kegiatan perekaman permainan instrumen *saron* oleh musisi gamelan.



Gambar 4. 5. Kegiatan akuisisi pengetahuan memainkan instrumen gamelan

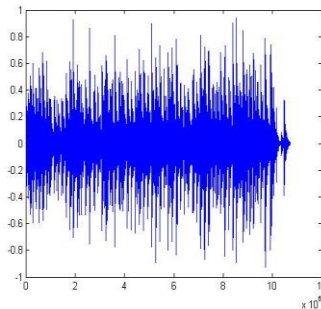
Musisi gamelan diminta untuk memainkan lima gendhing dengan data notasi yang dikoleksi dari www.gamelanbvg.com. Gendhing yang dimainkan ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1. Dataset gendhing

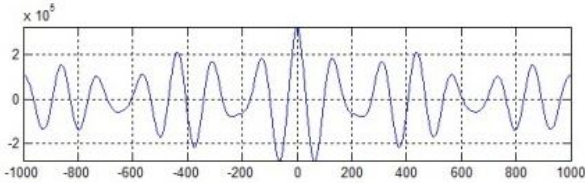
No	Judul	Jumlah Ketukan
1	Suwe Ora Jamu	32
2	Kebo Giro	80
3	Gugur Gunung	64
4	Lasem	64
5	Manyarmilar	72

4.3.2 Analisis Nada dan Waktu

Musisi menggunakan intuisi untuk memainkan notasi berdasarkan tempo dengan mengestimasi waktu untuk memukul tombol dalam ketepatan waktu yang semaksimal mungkin mendekati waktu target. Analisis *time-frequency* digunakan untuk mengidentifikasi ketepatan waktu dari musisi gamelan pada saat memainkan notasi gendhing. Analisis dilakukan dengan menerapkan teknik *fast fourier transform* (FFT) untuk menghilangkan *noise*, kemudian menerapkan teknik *peak detection* untuk secara akurat mengidentifikasi nilai waktu dari ketepatan waktu. Gambar 4.6 memperlihatkan data masukan dari rekaman permainan musisi dan Gambar 4.7 memperlihatkan hasil penerapan FFT untuk menghilangkan *noise* dari data masukan.



Gambar 4. 6. Data masukan dari rekaman permainan musisi



Gambar 4. 7. Hasil penerapan FFT pada data masukan

Jarak antara waktu eksekusi yang diidentifikasi dari *peak detection* terhadap jarak target waktu diukur untuk mendefinisikan rentang waktu yang digunakan untuk memparameterisasi nilai acak dalam ketepatan waktu. Sebagai contoh, jika terdapat interval waktu 1000 ms dan permainan dimulai dari waktu 0 ms, target waktu dari setiap notasi dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$TT = \sum_{k=0}^{k=L-1} [TI \times K]$$

dengan:

TT = Target waktu

TI = Interval waktu

L = Jumlah ketukan

Waktu eksekusi diidentifikasi berdasarkan nilai puncak gelombang (*peak*) menggunakan formula sebagai berikut:

$$ET = \sum_{k=0}^{k=L-1} [TT_k - PT_k]$$

dengan:

ET = Waktu eksekusi

PI = Waktu *peak*

L = Jumlah ketukan

Penentuan rentang waktu digunakan untuk memparameterisasi pengacakan nilai waktu untuk memainkan notasi. Data waktu eksekusi diurutkan untuk mendapatkan nilai waktu terendah dan tertinggi untuk diterapkan pada variabel ketepatan waktu.

Nilai terendah waktu eksekusi menjadi nilai negatif yang merepresentasikan musisi memainkan notasi sebelum target waktu. Nilai tertinggi waktu eksekusi menjadi nilai positif yang merepresentasikan musisi memainkan notasi setelah target waktu. Nilai terendah dan tertinggi menjadi parameter dalam mengacak nilai variabel ketepatan waktu menggunakan formula berikut:

$$DS = \text{Sort}(ET)$$

$$RT = \sum_{k=0}^{k=L-1} [(TT_k + DS[0]), (TT_k + DS[L - 1])]$$

$$AT = \text{Random}(RT)$$

dengan:

DS = Data yang diurutkan dari ET

RT = Rentang waktu

AT = Ketepatan waktu

Berikut adalah ilustrasi penerapan formula di atas. Ditentukan nilai waktu interval adalah 1000 ms dan nilai ketepatan waktu untuk memainkan notasi pada segemen kedua adalah:

$TI = 1000\text{ms.}$

$ET = [0, 11, -31, 150, 87].$

$DS = [-31, 0, 11, 87, 150].$

$TT_3 = 2000\text{ms.}$

$RT_3 = ((2000+ (-31)), (2000 + 150))$

$AT_3 = \text{Random} (1969, 2150)$

Berdasarkan ilustrasi di atas, ketepatan waktu AT untuk memainkan notasi ketiga dalam urutan notasi dengan target waktu 2000 ms adalah waktu dalam rentang nilai RT 1965 sampai 2150 ms, dan sistem akan mengacak nilai dalam rentang nilai tersebut untuk menentukan nilai ketepatan waktu untuk memukul tombol instrumen. Tahapan dalam analisis *time-frequency* diterapkan dalam eksperimen. Musisi gamelan dengan 27 tahun pengalaman memainkan instrumen gamelan dipilih untuk

memainkan lima notasi *balungan* gendhing menggunakan instrumen *saron*. Setiap lagu direkam secara terpisah, kemudian data audio hasil rekaman dianalisis menggunakan metode analisis *time-frequency* dan *peak detection* melalui program Matlab.

Tabel 4. 2. Hasil analisis *time-frequency*

GS	IN	NS	TT	PT	ET (TT-PT)
			(dalam milisekon)		
1	1	.	0	0	0
	2	2	1000	985	15
	3	.	2000	2236	-236

	32	6	32000	32378	-378
...
5	1	.	0	0	0
	2	2	1000	1081	-81
	3	.	2000	2143	-212

	72	7	72000	71967	33

Tabel 4.2 memperlihatkan hasil analisis *time-frequency* untuk gendhing yang dimainkan dengan nilai interval waktu 1000 ms. Kolom yang dilabeli GS berisikan indeks dari gendhing, IN

berisikan indeks urutan notasi, NS berisikan urutan notasi, TT berisikan target waktu, PT berisikan waktu puncak (*peak*) dan ET berisikan waktu eksekusi.

Terdapat 312 nilai puncak dari waktu eksekusi yang dihasilkan dari lima gendhing yang dimainkan musisi. Nilai waktu eksekusi dari semua sampel digabungkan, kemudian diurutkan untuk mencari waktu terendah dan tertinggi. Berikut adalah contoh penggabungan dan pengurutan dengan DA melambangkan data hasil analisis *time-frequency*, DC melambangkan data hasil penggabungan dan DS melambangkan data hasil pengurutan.

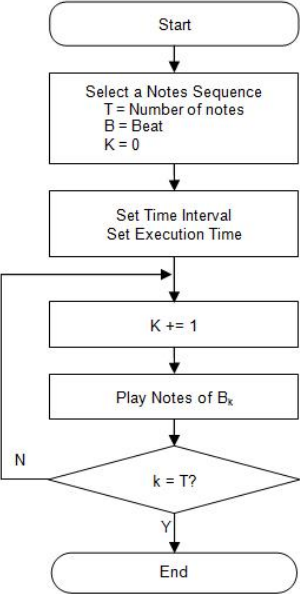
$$DA = [[0, 15, -236, \dots, -378] [0, -74, -133, \dots, 13] [0, -174, -142, \dots, 108] [0, 109, -212, \dots, -231] [0, -81, -212, \dots, 33]]$$
$$DC = [0, 15, -236, \dots, -378, 0, -74, -133, \dots, 13, 0, -174, -142, \dots, 108, 0, 109, -212, \dots, -231, 0, -81, -212, \dots, 33]$$
$$DS = [-328, \dots, 0, \dots, 246]$$

Nilai waktu terendah yang didapatkan adalah -328 ms dan waktu tertinggi adalah 246 ms. Hasil ini digunakan sebagai rentang waktu untuk parameterisasi pengacakan nilai ketepatan waktu.

4.3.3 Pengembangan Sistem

Sistem otomatisasi memainkan notasi musik dikembangkan untuk memainkan notasi *balungan* gendhing dengan instrumen

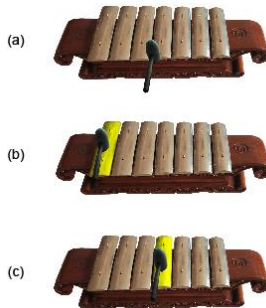
demung. Data urutan notasi diinput ke dalam sistem. Sistem bekerja dengan memainkan data urutan notasi yang terpilih dan menyajikan keluaran berupa bunyi notasi dan animasi notasi sesuai urutan. Gambar 4.8 memperlihatkan diagar alir kerja sistem otomatisasi memainkan notasi musik.



Gambar 4. 8. Diagram alir kerja sistem otomatisasi memainkan notasi musik

Bunyi tombol instrumen demung di rekam secara terpisah dan disimpan dalam format *.wav*, yaitu: *sound1.wav*, *sound2.wav*, *sound3.wav*, *sound4.wav*, *sound5.wav*, *sound6.wav* and

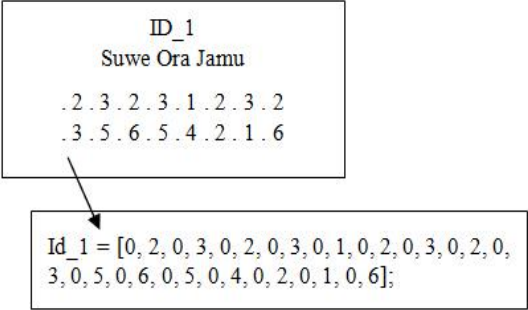
sound7.wav. Foto image dimanipulasi dengan menambahkan foto pemukul instrumen untuk memvisualkan permainan. Terdapat delapan foto instrumen yang digunakan, tujuh untuk memvisualkan eksekusi memukul notasi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan satu foto untuk momen diam (fotot tanpa pemukul instrumen). Setiap foto disimpan dalam format *.png* dan diberikan label dengan *pic0.png*, *pic1.png*, *pic2.png*, *pic3.png*, *pic4.png*, *pic5.png*, *pic6.png*, and *pic7.png*. Gambar 4.9 memperlihatkan contoh foto untuk visualisasi tombol instrumen.



**Gambar 4. 9. Visualisasi animasi tombol instrumen
(a) momen diam, (b) hit notasi 1, (c) hit notasi 4**

Sistem memanggil setiap bunyi dan foto berdasarkan notasi yang dimainkan pada variabel ketepatan waktu. Terdapat 30 notasi *balungan* gendhing disertakan ke dalam aplikasi sebagai koleksi gendhing. Semua urutan notasi diatur ke dalam format data array

dan notasi titik dikonversikan ke dalam angka 0. Gambar 4.10 memperlihatkan ilustrasi urutan notasi yang diformat ke dalam data array.



Gambar 4. 10. Urutan notasi dalam data array

Tabel 4.4 memperlihatkan sebagian contoh urutan notasi yang menjadi koleksi gendhing dalam aplikasi.

Tabel 4. 3. Contoh koleksi urutan notasi dalam aplikasi

ID	Notes Sequences
ID_1	[0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 3, 0, 1, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 3, 0, 5, 0, 6, 0, 5, 0, 4, 0, 2, 0, 1, 0, 6]
ID_2	[0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 3, 0, 1, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 3, 0, 5, 0, 6, 0, 5, 0, 4, 0, 2, 0, 1, 0, 6]
ID_3	[0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 3, 0, 1, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 3, 0, 5, 0, 6, 0, 5, 0, 4, 0, 2, 0, 1, 0, 6]
ID_4	[0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 3, 0, 1, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 3, 0, 5, 0, 6, 0, 5, 0, 4, 0, 2, 0, 1, 0, 6]

Fase pemrograman dan pengujian dilakukan dengan menuliskan kode untuk program aplikasi otomatisasi memainkan notasi musik. Pengujian *white box* dan *black box* yang dilakukan menunjukkan bahwa tidak terdapat kesalahan dalam program dan semua fungsi bekerja dengan baik. Berikut adalah algoritme dalam otomatisasi memainkan notasi musik:

Koleksi gending = [id_1, id_2, ..., id_30];

Koleksi audio = [sound1.wav, sound2.wav, ..., sound7.wav]

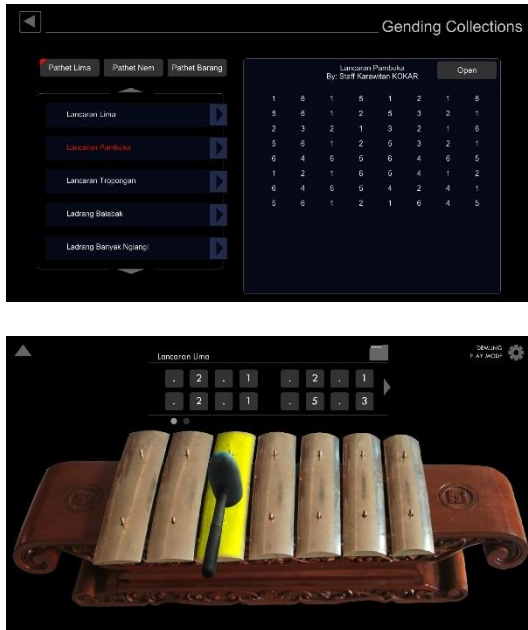
Koleksi foto = [pic0.png, pic1.png, ..., pic7.png];

Tempo = 1000 ms;

Timer = 0 millisecond

- (1) Pilih urutan notasi dari koleksi gendhing.
- (2) Atur durasi dengan mengalikan jumlah notasi dalam urutan notasi yang terpilih dengan tempo.
- (4) Atur waktu eksekusi untuk semua notasi dengan mengacak nilai ketepatan waktu.
- (5) Atur timer ke 0 milisekon.
- (6) Mainkan bunyi dan tampilkan animasi untuk setiap notasi dalam urutan notasi secara berurutan pada saat timer mencapai nilai eksekusi waktu.
- (7) Stop permainan pada saat nilai timer sama dengan nilai durasi.

Sistem dikembangkan untuk dioperasikan menggunakan platform ponsel cerdas. Program Adobe Flash digunakan untuk mengembangkan sistem. Gambar 4.11 memperlihatkan tangkapan layar dari sistem otomatisasi memainkan notasi musik.



Gambar 4. 11. Tangkapan layar sistem otomatisasi memainkan notasi musik

4.3.4 Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan merekam otomatisasi permainan notasi musik oleh aplikasi menggunakan lima notasi gending.

Hasil rekaman dianalisis menggunakan prosedur yang diimplementasikan pada fase analisis data, yaitu analisis *time-frequency* dan *peak detection*. Ekspektasi dari hasil rekaman adalah semua notasi dimainkan oleh program dalam ketepatan waktu sesuai rumusan rentang waktu memukul tombol instrumen, yaitu nilai acak (-328, 246) dari target waktu. Hasil menunjukkan bahwa semua notasi dimainkan pada ketepatan waktu sesuai ekspektasi.

Tabel 4. 4. Contoh hasil evaluasi

GS	IN	NS	TT	PT	ET (TT-PT)
			(dalam milisekon)		
1	1	.	0	0	0
	2	2	1000	985	15
	3	.	2000	2236	-236

	32	6	32000	32378	-378
2	1	.	0	0	0
	2	6	1000	1074	-74
	3	.	2000	2133	-133

	80	5	80000	79987	13

Tabel 4.4 memperlihatkan eksekusi waktu dalam memainkan instrumen oleh program. Kolom dengan label GS melambangkan id gendhing, IN melambangkan indeks notasi, NS melambangkan urutan notasi, TT melambangkan target waktu, PT melambangkan waktu puncak (*peak*) dan ET melambangkan waktu eksekusi.

4.5 Kesimpulan

Sistem otomatisasi memainkan notasi musik yang mengacu cara musisi memainkan musik dikembangkan dalam penelitian ini. Fungsi P untuk memukul instrumen musik dan memainkan notasi pada waktu yang dapat ditoleransi diformulasikan ke dalam $P: RT \rightarrow AT$. Rentang nilai RT didefinisikan berdasarkan analisis permainan musisi menggunakan metode analisis *time-frequency*. Rentang nilai digunakan sebagai parameter dalam mengacak nilai ketepatan waktu untuk memukul tombol instrumen.

Evaluasi dilakukan pada program aplikasi yang mengimplementasikan fungsi tersebut. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model yang dikembangkan menghasilkan sistem yang dapat memukul tombol instrumen untuk memainkan notasi musik berdasarkan tempo yang sesuai pola permainan musisi.

Bab 5

HASIL, PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN

Gamelan merupakan jenis musik orkestra tradisional yang memiliki kendala dalam penyelenggaraannya termasuk mempelajarinya, yaitu berbiaya mahal, memerlukan ruang yang besar, musisi dengan kemampuan bermusik yang baik, memerlukan waktu bertahun-tahun untuk dapat menguasai instrumen. Permasalahan ini membuat akses mempelajari gamelan menjadi sulit. Di sisi lain, globalisasi mengeliminasi Batasan waktu dan ruang dalam lingkup budaya local menjadi global dan pengaruh westernisasi menjadi komponen dalam globalisasi.

Karawitan menjadi bagian dari warisan budaya yang terpengaruh oleh arus globalisasi. Penyelenggaraan gamelan yang mempunyai permasalahan sesuai karakteristik permasalahan penyelenggaraan musik orkestra dan pengaruh globalisasi, membuat akses mempelajari gamelan menjadi semakin sulit dan kurang diminati.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi mempercepat proses globalisasi, dan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu solusi dari permasalahan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan yang mendukung pembelajaran secara mandiri. Model ini diharapkan dapat memudahkan akses untuk belajar dan meningkatkan performa belajar pengguna dalam mempelajari cara memainkan instrumen gamelan.

Model pembelajaran ini dikembangkan menggunakan metode *rule-based* yang difokuskan pada akuisisi pengetahuan dalam domain kepakaran di bidang karawitan. Akuisisi pengetahuan menggunakan teori karawitan dan pakar karawitan sebagai sumber pengetahuan. Hasil akuisisi pengetahuan ditransformasikan ke dalam bentuk aturan memainkan instrumen gamelan yang diimplementasikan pada sistem.

Model pembelajaran ini menyertakan instruktur virtual yang dapat membantu pengguna dalam mempelajari cara memainkan instrumen gamelan, serta dapat berperan sebagai musisi virtual yang dapat memainkan notasi gendhing secara otomatis sebagai iringan musik orkestra, dan mengevaluasi permainan pengguna. Instruktur virtual dirancang untuk dapat memainkan untuk dapat memukul tombol instrumen berdasarkan tempo seperti halnya musisi dalam memainkan musik. Analisis *time-frequency* dan *peak detection* digunakan untuk mengidentifikasi ketepatan waktu musisi dalam memukul tombol instrumen berdasarkan tempo. Rekaman permainan musisi digunakan sebagai masukan dalam analisis ini. Teknik *fast fourier transform* (FFT) diterapkan untuk menghilangkan *noise* dari rekaman, dan selanjutnya teknik *peak detection* digunakan untuk mengidentifikasi waktu puncak yang merepresentasikan waktu pada saat musisi memukul tombol instrumen. Hasil indentifikasi ini menghasilkan pola waktu memukul tombol instrumen yang dilakukan oleh musisi. Pola waktu tersebut diurutkan untuk mendapatkan waktu terendah dan waktu tertinggi sebagai variabel rentang waktu. Rentang waktu digunakan sebagai parameter dalam mengacak nilai ketepatan waktu untuk memukul tombol instrumen.

Model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan secara mandiri diterapkan dengan mengembangkan program aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play* yang dioperasikan menggunakan platform ponsel cerdas dengan sistem operasi Android. Evaluasi ketercapaian target penelitian dilakukan dengan eksperimen yang melibatkan grup kontrol dan grup perlakuan. Kedua grup tersebut dijadwalkan mengikuti praktik latihan memainkan instrumen gamelan asli, dan dua musisi gamelan diminta sebagai instruktur dalam latihan serta menilai performa belajar setiap anggota grup. Sebagai tambahan, grup perlakuan diberikan pelatihan mandiri menggunakan aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play*.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa grup perlakuan memiliki performa belajar yang lebih baik dari grup kontrol. Pembelajaran mandiri menggunakan aplikasi *Smart Gamelan: Learn & Play* memudahkan mereka mengingat notasi gendhing sehingga mereka dapat fokus pada bilah instrumen pada saat belajar menggunakan instrumen asli alih-alih mengingat notasi gendhing bersamaan dengan menentukan bilah instrumen yang harus dipukul. Hal yang menarik dan menjadi tantangan untuk penelitian berikutnya adalah evaluasi dari instruktur latihan yang

menyatakan bahwa semua anggota grup masih memiliki kesulitan dalam menentukan keras-lembutnya pukulan pada tombol instrumen.

Berdasarkan hasil evaluasi, model pembelajaran interaktif memainkan instrumen gamelan secara mandiri terbukti dapat memudahkan akses untuk belajar dan dapat secara efektif meningkatkan performa belajar pengguna dalam mempelajari cara memainkan instrumen gamelan.

Penelitian pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada implementasi teknik *pathet* ke dalam program aplikasi. Teknik ini menentukan keras-lembutnya pukulan pada tombol instrumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Alm, J.F., Walker, J.S., 2002, Time-Frequency Analysis of Musical Instruments, Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), 2002; 44 (3): 457-476.
- Aufar, I, 2012, Pengertian Kebudayaan. Makalah tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Industri. Universitas Gunadharma. Jakarta.
- Barraclough, T.J., Carnegie, D.A., Kapur, A., 2015, Musical Instrument Design Process for Mobile Technology, in Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, Baton Rouge, LA, USA, May 31-June 3, 2015, 289-292.
- Basset, C., 2005, Gamelan, architecture sonore (et Gamelan mécanique), Moussons Vol. 8.
- Becker, J., dan Becker, A., 1982, A Grammar of the Musical Genre Srepegan, University of Texas Press, Texas.
- Benamou, M, 2016, Rasa: Affect and Intuition in Javanese Musical, Aesthetics, AMS Studies in Music.
- Cheng, X., Hart, J.V., Walker, J.S., 2009, Timefrequency analysis of musical rhythm, Notices of the American Mathematical Society, 2009; 56:344-60, available at <http://www.ams.org/notices/200903/>
- Dannen, C., 2009, iPhone Design Award Winning Project, Apress, New York.

- Dascălua, M.I., Coman, M., Postelnicu, R., Nichifor, C., 2014, Learning to Play a Musical Instrument in Adulthood-Challenges and Computer-mediated Solutions, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* Volume 142, 311-317.
- Degani, A., Dalai, M., Leonardi, R., Migliorati, P., 2013, Time-Frequency Analysis of Musical Signals Using the Phase Coherence, *Proc. of the 16th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-13)*, Maynooth, 2013: 2-5.
- Ebcioğlu, K., 1986, An Expert System for Chorale Harmonization, *AAAI-86 Proceedings*.
- Eronen, A., Klapuri, A., 2010, Music Tempo Estimation with K-NN Regression, *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 2010; 18 (1): 50-57.
- Gillick, J., Tang, K., dan Keller, R. M., 2009, Learning jazz grammars, *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference*.
- Gkiokas, A., Katsouros, V., Carayannis, G., Stafylakis, T., 2012, Music Tempo Estimation and Beat Tracking by Applying Source Separation and Metrical Relations, 2012 *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, Kyoto, 2012: 421-424.
- Hastuti, K., Azhari, Musdholifah, A, Supanggah, R, 2017, Rule-Based and Genetic Algorithm for Automatic Gamelan Music Composition, *International Revieww on Modelling and Simulations* Vol 10, No 3.
- Hiller, Jr., L.A., dan Isaacson, L.M., 1959, *Experimental Music: Composition with an Electronic Computer*, McGraw-Hill Book Company, Inc, New York.

- Hughes, D.W., 1988, *Deep Structure and Surface Structure in Javanese Music: A Grammar of Gending Lampah*, University of Illinois Press, Illinois.
- Keislar, D., 2009, A historical view of computer music technology. In: R.T. Dean. *The Oxford Handbook of Computer Music*. New York: Oxford University Press, 2009: 11-43.
- Keith, S., 2010, Bridging The Gap: Thoughts On Computer Music And Contemporary (Popular) Electronic Music, *Proceedings of the 2010 Australasian Computer Music Conference*, Canberra, 2010: 37-42.
- Kitani, K.M., dan Koike, H., 2010, ImprovGenerator: Online grammatical induction for on-the-fly improvisation accompaniment, *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*.
- Lenssen, N., Needell, D., 2014, An Introduction to Fourier Analysis with Applications to Music, *Journal of Humanistic Mathematics*, 2014; 4 (1): 72-89.
- Martopangrawit, 1969, *Pengetahuan Karawitan*, ASKI, Surakarta.
- Mubah, A.S, 2011, Strategi Meningkatkan Daya Tahan Budaya Lokal dalam Menghadapi Arus Globalisasi, *Jurnal Universitas Airlangga*, Vol. 24-No. 4.
- Meyer, C., Spiertz, M., 2008, Audio Segmentation Using Different Time-Frequency Representations, *Poster 2008: 12th International Student Conference on Electrical Engineering*, Prague, 2008: 1-5.

- Nasution, R.D, 2017, Pengaruh Perkembangan Teknologi Informasi Komunikasi terhadap Eksistensi Budaya Lokal, *Jurnal Penelitian Komunikasi dan Opini Publik*, Vol. 21-No. 1
- Pachet, F., 2016, A joyful ode to automatic orchestration, *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, Vol. 8, No. 2, Article 18.
- Pestana, P., 2012, Lindenmayer systems and the harmony of fractals, *Chaotic Modeling and Simulation (CMSIM)* 1.
- Quick, D., 2015, Composing with Kulitta, *ICMC 2015 – Sept. 25 - Oct. 1, 2015 – CEMI, University of North Texas*.
- Ren, Z., Coposky, J., Mehra, R., Lin, M. C., 2012, Designing Virtual Instruments with Touch-Enabled Interface, *CHI'12, May 5-10, 2012, Austin, Texas, USA. ACM 978-1-4503-1016-1/12/05, 433-436*.
- Rusdiyantoro, 2011, Notasi Kepatihan: Kebertahanan, Perkembangan dan Dampaknya terhadap Kehidupan Karawitan, Tesis Magister Seni pada Institut Seni Indonesia Surakarta.
- Scholte, J.A, 2001, *The Globalization of World Politics*. Oxford: Oxford University Press.
- Siki, Y.C.H., Mamulak, N.M.R., 2017, Time-frequency analysis on gong timor music using short-time fourier transform and continuous wavelet transform, *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, 2017; 3 (3): 146-153.
- Sunarto, B., 2015, Musical Genres in Music of Karawitan: Crosswords Between Tradition and New Music, *Sineris Revista De Musicologia* 1 (21)
- Supangah, R., 2015, wawancara, Solo

- Supardi, 2013, Ricikan Struktural Salah Satu Indikator pada Pembentukan Gending dalam Karawitan Jawa, Jurnal Keteg, Volume 13-No. 2.
- Tong, J., 2016, Design and Implementation of Music Teaching Platform in College Based on Android Mobile Technology, International Journal of Emerging Technologies in Learning, Vol 11, No 05, 4-9.
- Trueman, D., 2007, Why a Laptop Orchestra, Cambridge Journal Volume 12, 2007.
- Wu, Y., Kinns, N.B., 2018, Musicking with an Interactive Musical System: the Effects of Task Motivation and User Interface Mode on Non-musicians' Creative Engagement Musicking with an interactive musical system: The effects of task motivation and user interface mode on non-musicians' creative engagement, International Journal of Human-Computer Studies, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.07.009>
- Xenakis, I., 1992, Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition, Pendragon Press, New York
- www.liputan6.com/regional/read/2635841/mengapa-solo-tolak-e-gamelan, accessed on October 7th, 2017.
- www.nasional.sindonews.com/read/776518/15/kurang-perlindungan-ratusan-budaya-tradisional-punah-1377684089, accessed on October 7th, 2017.

TIM PENULIS

- Dr. Khafiizh Hastuti, M.Kom, dosen di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro. Bidang penelitiannya meliputi *data mining*, *artificial intelligence*, *software engineering* lunak dan *IT project management*.
- Arry Maulana Syarif, S.S., M.Kom, dosen di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro. Bidang penelitiannya meliputi *data mining*, *artificial intelligence* dan *machine learning*.
- Dr. Ahmad Zainul Fanani, M.Si, dosen di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro. Bidang penelitiannya meliputi *computer game simulation*, *artificial intelligence* dan *multimedia processing*.
- Dr. Aton Rustandi Mulyana, M.Sn, dosen di jurusan Etnomusikologi Institut Seni Indonesia Surakarta. Bidang penelitiannya meliputi *performing arts*, *music culture*, *music and education* dan *applied ethnomusicology*.

PENGEMBANGAN

‘SMART GAMELAN: LEARN & PLAY’

Aplikasi Pembelajaran Interaktif

Memainkan Instrumen Gamelan Secara Mandiri

ISBN 978-623-90175-9-0



Penerbit:

**Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Dian Nuswantoro**