

Kajian Pustaka Terstruktur Mengenai Analisis Audio Menggunakan Filterisasi Dengan Python

Nadea Cipta Laksmi¹⁾, Arief Setyanto²⁾, Ferry Wahyu Wibowo³⁾

^{1,2,3}Universitas Amikom Yogyakarta

^{1,2,3}Gedongkiwo, MJI/887A, Ngringin, Condongcatur, Depok, Sleman

¹nadea.1195@students.amikom.ac.id, ²arief_s@amikom.ac.id, ³ferry.w@amikom.ac.id

Abstrak

Kemajuan teknologi berkembang sangat pesat saat ini, ini dibuktikan dengan banyaknya aktifitas manusia yang menggunakan teknologi. Informasi audio sangat penting dalam peningkatan konten digital, sehingga diperlukan metodologi yang secara otomatis menganalisis. Dunia audio pada era digital memang sangat erat kaitannya dengan teknologi, karena *audio* dapat diubah menjadi sinyal digital sedemikian rupa bagi para pelaku nya, sehingga dalam hal ini dapat memanfaatkan filterisasi dengan *Python* yang merupakan metode yang lebih cepat, dan lebih efisien yang dapat dimanfaatkan untuk menganalisis dan eksperimen lainnya dalam bidang *audio*. *Python* adalah Bahasa pemrograman interpretative multiguna dengan filosofi perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode. Dengan menggunakan *Pyaudio* yang difungsikan untuk penyajian pustaka *Python* yang terbuka sebagai prosedur analisis audio yang akan mengarah pada peningkatan praktis perpustakaan. Kajian Pustaka ini digunakan untuk menganalisis filterisasi pada *audio* yang akan dikembangkan pada musik gamelan dengan filterisasi *IIR* dan *FIR* yang menunjukkan bahwa akan menganalisis dan mampu membuat performa audio menjadi maksimal.

Kata kunci: filtering, python, pyaudio, analisis, audio

1. PENDAHULUAN

Digital recording mulai menggantikan sistem analog recording dalam proses audio recording sebelum tahun 1976, semua musik direkam menggunakan analog tape recorder, dimana sinyal audio direkam sebagai pola naik dan turun menjadi gelombang sinyal. Dengan menggunakan teknologi pekerjaan dapat diselesaikan dengan waktu yang lebih cepat dan juga menghemat biaya. Informasi audio sangat penting dalam peningkatan konten digital, sehingga diperlukan metodologi yang secara otomatis menganalisis. Dunia audio pada era digital memang sangat erat kaitannya dengan teknologi, karena audio dapat diubah menjadi sinyal digital sedemikian rupa bagi para pelaku. Ketika kita melakukan perekaman sebuah suara, tidak jarang karena sudah banyak sekali aplikasi/software perekaman yang digunakan kemudian menampilkan, menambah hasil atau informasi secara cepat dan instan tanpa mengetahui proses penghitungan pada penambahan atau pengurangan informasi digital suatu *audio*. Sangat penting mengingat bahwa peningkatan

kualitas digital teknologi yang sangat erat dengan teknis.

Filtering digunakan pada perangkat audio untuk membersihkan sinyal suara, agar suara yang terdengar lebih jernih. Kita ketahui bahwa sinyal audio atau suara yang dapat didengar oleh telinga manusia adalah dengan frekuensi 20 Hz sampai dengan 20KHz sehingga frekuensi pada ukuran berapa yang akan didengarkan. Filterisasi dengan digital adalah salah satu yang cukup penting dari sebuah proses sinyal digital, yang digunakan untuk kalkulasi terhadap rentang angka sample dari sinyal digital tersebut. Banyak sekali transformasi sinyal namun filtering digunakan karena dapat bekerja dengan baik pada rentang frekuensi antara 20 H-20KHz. Perkembangan teknologi ini memiliki manfaat yang sangat besar terlebih bidang audio ini guna menjadikan sebuah parameter baru bagi praktisi audio dengan mengikuti proses pengolahan audio dengan lebih kuantitatif dan menghasilkan audio yang kualitatif. Terdapat 2 jenis filterisasi yang akan digunakan peneliti untuk diterapkan dalam penelitiannya yaitu *Finite Impulse Response Filters (FIR)* atau respon integral terhadap selang waktu

bekerjanya gaya dari penyaringan tak terbatas, dan *Infinite Impulse Response Filters* (IIR) atau respon integral terhadap selang waktu bekerjanya gaya dari penyaringan terbatas. Dengan filterisasi tersebut akan mengoptimalkan proses penelitian dalam *audio* menjadi lebih baik.

Komputer menjadi peran sangat penting sebagai pusat yang hampir semua berhubungan dengan *audio*. Baik dalam produksi musik, perekaman di studio atau pencampuran suara secara langsung. Efek *audio*, *plugin* dan instrumen virtual diterapkan dengan kode perangkat lunak komputer. Aplikasi musik adalah program yang dijalankan pada komputer juga. Dengan demikian semua alat ini dibuat dengan menggunakan program komputer. Informasi *audio* memainkan peran yang agak penting dalam peningkatan konten digital yang tersedia pada saat ini, menghasilkan kebutuhan akan metologi yang secara otomatis menganalisis konten tersebut. *Python* adalah Bahasa pemrograman *open source* yang berjalan di banyak *platform* termasuk Linux, Mac OS X dan Windows. Secara luas digunakan dan dikembangkan secara aktif dan memiliki beragam kode perpustakaan dan alat pengembangan, dan yang akan terintegrasi dengan baik dengan banyak bahasa pemrograman lain, dan aplikasi musik. *Pyaudio* adalah pustaka *Python open source* yang menyediakan berbagai prosedur analisis *audio* seperti ekstraksi fitur, klasifikasi sinyal *audio*, segmentasi yang diawasi dan tanpa pengawasan dan visualisasi konten. *Pyaudio* telah digunakan dalam beberapa aplikasi penelitian analisis *audio* seperti fungsi rumah pintar melalui deteksi peristiwa *audio*, pengenalan emosi ucapan, klasifikasi depresi berdasarkan fitur *audio-visual*, segmentasi musik, rekomendasi film berbasis konten multimoda dan aplikasi kesehatan (misalnya memantau makan kebiasaan). Umpan balik yang disediakan dari semua aplikasi *audio* khusus ini telah mengarah pada peningkatan praktis perpustakaan. Penulis menggunakan alat ini untuk penelitiannya *audio* pada perekaman langsung musik gamelan. Paper ini ditulis agar memberikan referensi atau wawasan terhadap peneliti terhadap penggunaan filterisasi *FIR* dan *IIR* yang diterapkan menggunakan *Python* sebagai Analisa terhadap *audio*. Ada beberapa saat ini model filterisasi yang digunakan untuk

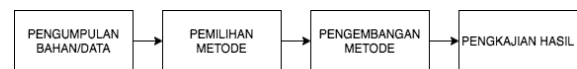
menganalisa *audio* yang sering diterapkan pada *file* musik, dengan harapan setelah mendapatkan wawasan tentang penggunaan filterisasi pada *Python*. Peneliti dapat mengetahui hasil analisa dari filterisasi dengan menggunakan *Python* dan mampu mengembangkannya, sehingga akan sangat bermanfaat untuk pelaku peneliti bidang *audio*.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang ditetapkan ini disusun sesuai dengan kajian yang dilakukan pada saat pelaksanaan penelitian akan berjalan dengan baik.

a. Alur Pengkajian Pustaka

Alur pengkajian pustaka dilakukan agar dalam melakukan penelitian dapat memperoleh hasil yang baik. Karena penelitian sebelumnya telah mendapat respon ketika diterbitkan. Terlebih pada analisis *audio* ini, semua harus dilakukan dengan sesuai.

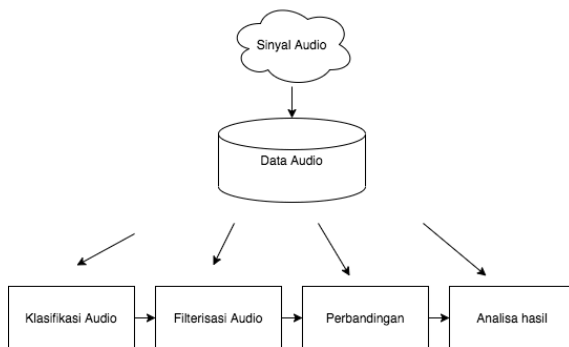


Gambar 1. Alur Pengkajian Pustaka

b. Metode Penelitian

Klasifikasi mungkin merupakan masalah terpenting dalam aplikasi pembelajaran mesin. Ini merujuk pada tugas mengklasifikasikan sampel yang tidak diketahui (dalam kasus sinyal *audio* kami) ke sekumpulan kelas yang telah ditentukan, menurut beberapa model yang diawasi yang terlatih. Perpustakaan menyediakan fungsionalitas untuk pelatihan model yang dilindungi yang mengklasifikasikan baik segmen atau seluruh rekaman *audio*. Mesin vektor pendukung dan pengklasifikasi k-Nearest Neighbor telah diadopsi untuk tujuan ini. Selain itu, prosedur validasi silang disediakan untuk mengekstrak pengklasifikasi dengan parameter yang dioptimalkan. Secara khusus, tingkat presisi dan perolehan, bersama dengan ukuran F1 diekstraksi per kelas *audio*. Pemilihan parameter dilakukan berdasarkan pengukuran F1 rata-rata terbaik. Fungsi pembungkus tingkat tinggi disediakan sehingga proses ekstraksi fitur juga tertanam dalam prosedur klasifikasi. Dengan cara ini, pengguna dapat secara langsung mengklasifikasikan *file audio* yang tidak

dikenal atau bahkan grup file audio yang disimpan di jalur tertentu.



Gambar 2. Metode Penelitian

Filter digital merupakan algoritma matematika yang diimplementasikan dalam bentuk hardware atau software yang beroperasi pada sinyal input digital menghasilkan output berupa sinyal output digital untuk mencapai sasaran pemfilteran. Filter digital memiliki banyak keunggulan untuk beberapa aplikasi (seperti data *compressing*, *biomedical signal processing*, *speech processing*, *image proceesing*, *data transmission*, *digital audio*) dikarenakan filter digital dapat mempunyai karakteristik yang tidak mungkin dimiliki oleh filter analog yaitu linier phase response yang sempurna.

3. TINJAUAN PUSTAKA

Analisis *audio* dengan filterisasi khususnya pada musik gamelan membutuhkan data *audio* format *.wav* karena data tersebut belum terjadi suatu perubahan yang besar dan utuh serta optimal ketika dilakukan sebuah penambahan informasi berupa filterisasi. Data *audio* gamelan diambil dari perekaman secara langsung yang tidak banyak orang memiliki file tersebut guna dijadikan bahan penelitian.

Penelitian ini dipusatkan pada kajian pustka dari berbagai penelitian yang sebelumnya berhubungan dengan topik serupa yang akan diteliti yaitu filterisasi audio. Tujuan dari dilakukan penelitian ini adalah agar mengetahui pengembangan metode filterisasi yang proper untuk menganalisis *audio* secara efektif dan efisien serta yang terkandung dari hasil penelitian adalah pengembangan dari metodenya. Kajian pustaka inimeliputi pengumpulan bahan/data, penerapan metode filterisasi, pengembangan metode yang diambil, lalu hasil dari penelitian

sebelumnya. Setelahnya peneliti akan melakukan pembahasan secara mendalam pada penelitian sebelumnya yang sudah dikaji. Ini akan bermanfaat bagi peneliti pada bidang *audio* yang akan melakukan analisis. Dalam analisis derau sangat banyak jenisnya, salah satunya yang digunakan adalah *thermal noise* berhubungan dengan perpindahan elektron yang cepat dan acak dalam alat konduktor akibat digitasi *thermal* membuktikan bahwa kekuatan *thermal noise* proporsional dengan bandwidth dan temperatur absolut.

$N = KTB$

Keterangan:

N =kekuatan noise (noise power)

K =Boltzmann's proportionality constant (1.38×10^{-23} joules per Kelvin)

T =Temperatur absolute

B =bandwidth

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam audio perancangan filter *FIR* dengan fungsi *window* yang mengubah nilai variabel. Perbandingan yang diambil adalah *window Hamming* dan *Kaiser* yang digunakan untuk mengolah sinyal digital. Hasilnya memiliki respons fase linier yang bagus untuk menentukan kriteria paling penting untuk filter *FIR* tersebut dapat disesuaikan dengan mengubah nilai suatu variabel. Dalam makalah ini kami telah menyajikan *pyAudioAnalysis*, pustaka Python open-source yang mengimplementasikan berbagai fungsi analisis audio dan dapat digunakan di beberapa aplikasi. Dengan menggunakan *pyAudioAnalysis*, seseorang dapat mengklasifikasikan segmen audio yang tidak diketahui menjadi sekumpulan kelas yang telah ditentukan, mengelompokkan rekaman audio dan mengklasifikasikan segmen yang homogen, menghapus area hening dari rekaman ucapan, memperkirakan emosi segmen ucapan, mengekstrak thumbnail audio dari trek musik, dll. Wrappers tingkat tinggi dan penggunaan baris perintah juga disediakan sehingga non-programmer dapat mencapai fungsionalitas penuh. Rentang fungsi analisis audio yang diterapkan di perpustakaan mencakup sebagian besar spektrum analisis audio umum: klasifikasi, regresi, segmentasi, deteksi perubahan, pengelompokan dan visualisasi melalui pengurangan dimensi. Oleh karena itu *pyAudio* dapat digunakan sebagai dasar untuk

sebagian besar aplikasi analisis audio umum. PyAudio terus ditingkatkan dan komponen baru akan ditambahkan dalam waktu dekat. Secara khusus, arahan utama yang sedang berlangsung adalah: (a) implementasi fungsi sidik jari audio yang akan diadopsi dalam konteks sistem pengambilan audio (b) mengoptimalkan semua fungsi ekstraksi fitur dengan mempercepat fungsi-fungsi kritis menggunakan paralelisasi GPU NVIDIA melalui pemrograman Cuda.

Filter digital adalah wajib bagi pemrosesan sinyal digital. Hal ini disajikan filter digital yang menghilangkan sinyal atau kebisingan yang tidak diinginkan dari sinyal yang diperlukan dan meningkatkan kinerja sinyal yang lebih baik. Diberikan parameter dari filter *IIR* untuk mencapai hasil yang diinginkan. Dengan perangkat lunak MATLAB FDA yang digunakan sebagai pencarian berbagai respons filter digital, sehingga akan mengerti parameter analisis respons fase, respons langkah dan impuls daripada filter tersebut. Beberapa sinyal audio yang dipilih digunakan untuk mengamati respons empiris dari *high pass*, *low pass*, *band stop filter* dan *band pass filter*. Namun implementasi langsung dari respons ruang umumnya tidak praktis karena kompleksitas dinamika sistem yang ekstrem. Sehingga dilakukan sebuah implementasi teknik *IRR* filter yang disintesis dengan *sub-band*, sehingga terbukti efektif dalam memberikan reproduksi kualitas gema pada ruangan.

Filter adalah jaringan yang memproses sinyal dengan cara bergantung pada frekuensi. Filter menyaring dan menghilangkan noise dari audio, dan dalam penelitian ini penulis juga mengikuti metode deskriptif analitik. Filter yang digunakan adalah *low pass filter* dengan pengambilan sampel *audio* berformat *.wav* yang melakukan operasi penyaringan dengan perhitungan persamaan perbedaan. Persamaan koefisien dan fungsi sebagai *low pass* diberikan agar optimal dalam penggunaannya.

Tabel 1. Perbandingan Proses Tinjauan

Referensi Paper	Tujuan Paper	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan
1.	Perancangan filter FIR dengan window baru, karena dapat mengubah nilai	Dari keseluruhan penelitian dapat disimpulkan bahwa jendela	FIR filter hanya dapat memungkinan untuk method

	variabel, dan dapat disesuaikan. FIR merupakan filter digital dengan cara windowing, fungsi dua parameter yang dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan sehingga dapat dihasilkan suatu analisis dari sinyal digital.	yang diusulkan cukup efisien di atas <i>window hamming & Kaiser</i> , di mana rasio roll-off sisi-lobus untuk jendela yang diusulkan adalah 24,65dB sedangkan jendela <i>hamming & Kaiser</i> masing-masing memiliki 5,74dB, 18,87dB. Selain dalam kasus filter FIR, menggunakan jendela yang diusulkan, memiliki rasio roll-off sisi-lobus 24,78dB di mana untuk <i>hamming</i> dan jendela <i>Kaiser</i> masing-masing 5,71dB & 18,76 dB yang menyiratkan bahwa jendela yang diusulkan lebih efisien daripada <i>hamming</i> dan <i>Kaiser</i> jendela. Selain itu, dari keseluruhan penelitian, dipahami bahwa jendela yang diusulkan memiliki respons fase linier yang baik, yang merupakan salah satu kriteria paling penting untuk filter FIR & jendela tersebut dapat disesuaikan dengan mengubah nilai suatu variabel.	window, untuk frekuensi sampling saja, lalu filter hanya memiliki durasi respons impuls yang terbatas. Sehingga filter yang diusulkan lebih efisien daripada <i>Hamming</i> dan <i>Kaiser</i> . Tidak dispesifikasi format yang akan dilakukan filterisasi apa.
2.	Dalam makalah bertujuan untuk menyajikan filter digital yang dapat menghilangkan sinyal atau kebisingan yang tidak diinginkan	Dalam tulisan ini, parameter desain yang berbeda telah dipertimbangkan untuk filter <i>IIR Butterworth</i> untuk menganalisis kinerja filter. Empat kategori	Sinyal Audio yang mengalami filterisasi tidak semuanya akan menjadi sinyal yang lebih baik, dikarenakan

	<p>untuk meningkatkan kinerja sinyal digital yang lebih baik dari sebelumnya. Dengan Matlab, diberikan sebuah parameter yang dirancang berbeda dari filter IIR untuk mencapai hasil yang diinginkan.</p>	<p>filter seperti <i>high pass, low pass, band stop</i> dan <i>band pass filter</i> telah digunakan untuk filter <i>IIR Butterworth</i>. Untuk menganalisis kinerja, alat MATLAB FDA telah digunakan. Untuk mensimulasikan hasil dalam alat FDA, pesanan yang berbeda seperti pesanan 400, 600, pesanan 800, pesanan 1000 dan pesanan 1500 telah dipertimbangkan. Dari kinerja orde yang berbeda, telah dianalisis bahwa output yang lebih baik dapat ditemukan dari orde yang lebih tinggi. Itu berarti, hasil yang lebih baik telah ditemukan dari pesanan 1500 membandingkan pesanan 1000, 800, 600 dan pesanan 400. Sinyal <i>audio</i> yang dipilih yang melewati filter yang berbeda dapat memberikan output yang lebih baik dalam filter <i>low pass</i> daripada filter lainnya. Alat MATLAB GUIDE digunakan untuk menganalisis kinerja filter digital dalam hal sinyal <i>audio</i>.</p>	<p>n kebutuhan setiap sinyal yang akan dirancang berbeda-beda. Kita hanya bisa menganalisis is sinyal ketika dilakukan filtering. Filter IIR sulit dikendalikan dan tidak memiliki fase tertentu, juga memiliki siklus terbatas. Filter IIR berasal dari analog. IIR tidak terbatas dan digunakan untuk aplikasi dimana karakteristik linier tidak menjadi acuan.</p>
3.	<p>Aplikasi perangkat lunak untuk Pemrosesan Sinyal Digital diimplementasikan dengan</p>	<p>Sinyal audio untuk menjadi invarian, nonlinier dan dalam sinyal homogen memiliki</p>	<p>Hanya digunakan data <i>mp3</i> sebagai inputan, seharusnya untuk</p>
	<p>perangkat MyDAQ; dalam aplikasi yang dirancang, sinyal audio dari File MP3 digunakan sebagai data input. Alat perangkat lunak berbasis Labview GUI dikembangkan untuk porpoise ini untuk memvisualisasikan respons spektrum frekuensi. Dua filter khusus sebagai Respons Impuls Tak Terbatas (FIR) atau (IIR) Infinite Impulse Response diimplementasikan dan dibandingkan. Prosedur dan simulasi dirancang dalam Matlab untuk memahami proses yang dilakukan oleh Digital Signal Processor (MyDSP) dari Instrumen Nasional sebagai studi kasus dalam kegiatan pendidikan.</p>	<p>kekhasan yang sulit untuk dikarakterisasi, saat ini karena kemajuan perangkat elektronik baru seperti MyDSP dan lingkungan pengembangan Labview dapat membuat segala jenis sinyal perawatan menggunakan algoritma sederhana. Pekerjaan ini dapat dengan mudah diimplementasikan (menggunakan wizard) secara luas algoritma matematika untuk memindai, memproses dan memproses sinyal audio menjadi sinyal digital dan untuk parameterisasi sinyal audio secara real time. Matlab sangat penting dalam desain semua jenis sistem filter, dengan itu dapat dirancang dan disimulasikan semua jenis filter digital dengan implementasi sederhana dan alat yang sama. Di sini transformasi Fourier cepat dikembangkan karena biaya komputasinya lebih rendah. Untuk implementasi koefisien filter FIR hasil dalam simulasi di Matlab diambil, MyDSP dapat menangani dari 2 hingga 600 koefisien FIR dan ke urutan kesepuluh. Labview GUI fleksibel untuk pemrograman</p>	<p>inputan audio yang lebih proper untuk dijadikan bahan analisis adalah waveform karena tingkat fleksibilitas dan sample rate nya tinggi untuk dilakukan sebuah penyaringan</p>

		<p>filter digital dan melakukan misalnya Fast Fourier Transform, ini dapat ditulis dalam bahasa grafis. Matlab adalah alat yang sangat baik untuk mensimulasikan algoritma dan model pengujian untuk mendapatkan koefisien yang diperlukan untuk implementasi filter FIR dan IIR. Filter FIR dapat menyimpulkan bahwa jenis filter ini meningkatkan jumlah koefisien dan secara signifikan meningkatkan pita respons filter. Ketika sinyal bising dianalisis, proses penyaringan melemahkan sinyal dan komponen kebisingan lainnya dihilangkan.</p>		<p>tiga amplifier audio dibangun untuk menggerakkan woofer (frekuensi rendah), speaker frekuensi menengah, dan tweeter (frekuensi tinggi). Penguat audio praktis juga dibuat dengan penguatan moderat untuk memberi daya pada speaker, di mana sirkuit amplifikasi dimodifikasi menggunakan lembar data chip audio IC LM386. Tiga jenis filter, yang low-pass, band-pass dan high-pass, juga dirancang menggunakan algoritma pertukaran Remez oleh MATLAB. Kemudian, koefisien filter yang diperoleh dimuat ke dalam dua papan DSP (TMS320C6713) untuk memproses sinyal suara dalam rentang frekuensi audio penuh. Akhirnya, data audio yang diproses ditingkatkan oleh amplifier audio yang cukup kuat untuk memberi daya pada tiga set speaker: bass, mid-range, dan tweeter. Selain mengembangkan dan menguji sistem, metodologi dan desain penelitian dirangkum dan perbaikan di masa depan dibahas.</p>	<p>DSP karena itu berhasil digunakan dalam penyaringan audio dan terbukti menawarkan kualitas suara yang tinggi. Peningkatan di masa depan termasuk membuat amplifier yang lebih kuat, lebih banyak saluran suara, dan memberikan efek surround.</p>
4.	<p>Dalam penelitian ini, sistem surround sound baru yang dioperasikan oleh papan DSP dikembangkan. Selain woofer (s) dan tweeter (s), sistem audio telah ditingkatkan dengan menambahkan speaker tambahan untuk menangani frekuensi menengah dengan merancang filter band-pass tertentu untuk memproses mid-range-nya. Sementara itu,</p>	<p>Dalam penelitian ini, sistem suara canggih yang dioperasikan oleh papan DSP dengan 3 jenis filter - low-pass, band-pass dan high-pass filter - dikembangkan. Sistem ini terdiri dari tiga amplifier audio berkualitas tinggi, dua papan DSP, dan tiga set speaker. Sistem ini dapat menghasilkan kualitas suara yang baik dalam rentang frekuensi yang berbeda. Papan</p>	<p>Dalam era modern seperti ini akan sangat bagus jika dibuat penyaringan versi digital di mana penerapannya akan sangat dinamis</p>		

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam makalah ini kami telah menyajikan *pyAudioAnalysis*, pustaka *Python open-source* yang mengimplementasikan berbagai fungsi analisis audio dan dapat digunakan di beberapa aplikasi. Dengan menggunakan *pyAudioAnalysis*, seseorang dapat mengklasifikasikan segmen audio yang tidak diketahui menjadi sekumpulan kelas yang telah ditentukan, mengelompokkan rekaman audio dan mengklasifikasikan segmen yang homogen, menghapus area hening dari rekaman ucapan, memperkirakan emosi segmen ucapan, mengekstrak thumbnail audio dari trek musik, dll. Wrappers tingkat tinggi dan penggunaan baris perintah juga disediakan sehingga non-programmer dapat mencapai fungsionalitas penuh. Rentang fungsi analisis audio yang diterapkan di perpustakaan mencakup sebagian besar spektrum analisis audio umum: klasifikasi, regresi, segmentasi, deteksi perubahan, pengelompokan dan visualisasi melalui pengurangan dimensi. Oleh karena itu *pyAudio* dapat digunakan sebagai dasar untuk sebagian besar aplikasi analisis audio umum. *PyAudio* terus ditingkatkan dan komponen baru akan ditambahkan dalam waktu dekat. Secara khusus, arahan utama yang sedang berlangsung adalah: (a) implementasi fungsi sidik jari audio yang akan diadopsi dalam konteks sistem pengambilan audio (b) mengoptimalkan semua fungsi ekstraksi fitur dengan mempercepat fungsi-fungsi kritis menggunakan paralelisasi GPU NVIDIA melalui pemrograman Cuda

6. REFERENSI

- Mclughlin, I.(2009). *Applied Speech and Audio Processing: with Matlab Examples*. Cambrid: University Press.
- Giannakopoulos, T.(2014). *Introduction to Audio Analysis: a MATLAB*. Academic Press.
- Tarr, E.(2018). *Hack Audio: an Introduction to Computer Programming and Digital Signal Processing in MATLAB*, Routledge.
- Bai, M. R., Ou, K. Y., & Zeung, P.(2009). Multirate synthesis of reverberators using subband filtering. *Journal of sound and vibration*, 321(3-5), 1090-1108.
- Dornean, I., Topa, M., Kirei, B. S., & Neag, M., (2009). Sub-band adaptive filtering for acoustic echo cancellation. In *2009 European Conference on Circuit Theory and Design* (pp. 810-813). IEEE.
- Jiang, J.(2018). Audio processing with channel filtering using DSP techniques. In *2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)* (pp. 545-550). IEEE.
- Meiniar, W., Afrida, F. A., Irmasari, A., Mukti, A., & Astharini, D.(2017). Human voice filtering with band-stop filter design in MATLAB. In *2017 International Conference on Broadband Communication, Wireless Sensors and Powering (BCWSP)* (pp. 1-4). IEEE.
- Salih, A. O. M.(2017). Audio Noise Reduction Using Low Pass Filters. *Open Access Library Journal*, 4(11), 1-7.
- Serrezuela, R. R., Chavarro, A. F., Cardozo, M. A. T., Caicedo, A. G. R., & Cabrera, C. A., (2017). Audio signals processing with digital filters implementation using MyDSP. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(16), 4848-4853.
- Shil, M., Rakshit, H., & Ullah, H.(2017). An adjustable window function to design an FIR filter. In *2017 IEEE International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (icIVPR)* (pp. 1-5). IEEE.
- Sutradhar, S. R., Sayadat, N., Rahman, A., Munira, S., Haque, A. F., & SAKIB, S. N.(2017). IIR based digital filter design and performance analysis. In *2017 2nd International Conference on Telecommunication and Networks (TEL-NET)* (pp. 1-6). IEEE.