

APLIKASI *SPECTRUM ANALYZER* UNTUK MENGANALISA FREKUENSI SINYAL AUDIO MENGGUNAKAN MATLAB

Septian Tri Wahyudi*, Ery safrianti**, Yusnita Rahayu**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau ** Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Bina Widya KM 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Telepon : (0761) 66595, Fax. 66595, *website* : <http://ee.ft.unri.ac.id>

E-mail : septian.triwahyudi.st@gmail.com

ABSTRACT

In this study, the authors implement an application Spectrum Analyzer used to examine the frequency response of the human voice. This application begins with making the function of the Fast Fourier Transform (FFT), which calculates the value of the amplitude of a wave file. Then the manufacture equalizer and normalization adjusts the value of the highest amplitude of each spectrum to be more easily studied. Spectrum Analyzer application is built using MATLAB programming language. From the test results, the human voice is in the frequency range of 300 -3400 Hz and a human voice shrill has higher frequencies then bass, By using sound recorder application that already include in the operation of windows, the audio signal will be at the input. The audio signal that we will process here is the type of audio signal stereo. Stereo signals having a phase of R and L which produces the dominant voice on the left or right.

Keywords : Fast Fourier Transform (FFT), the audio signal, spectrum analyzer.

PENDAHULUAN

Suara merupakan kompresi mekanikal atau gelombang yang merambat melalui medium. Bagi yang mempunyai pendengaran normal, hampir setiap saat kehidupannya selalu diwarnai oleh berbagai macam suara. Sebagai contoh mendengarkan suara musik melalui *sound system* yang dimiliki. Saat ini dapat ditemukan berbagai macam audio *loudspeaker* dengan berbagai merek di pasar. Seseorang tidak dapat mengetahui kualitas audio *loudspeaker* yang akan dibeli dengan mudah, terlebih lagi definisi seseorang tentang kualitas dari *loudspeaker* yang berbeda, kualitas bisa berarti ketahanan fisik, bentuk desain, atau respons frekuensi dari suatu audio *loudspeaker*. Respons frekuensi dari berbagai macam *loudspeaker* yang ada dapat diteliti secara sederhana dengan menggunakan indra pendengaran manusia yaitu telinga. Namun, cara ini belum tentu akurat disebabkan standar dari kualitas suara seseorang dengan orang yang lainnya belum tentu sama. Penelitian respons frekuensi dapat menggunakan suatu alat khusus

untuk mengetes respons frekuensi dari audio *loudspeaker*, namun harga dari alat ini sangatlah mahal. Melalui spektrum suara maka penulis ingin mengetahui apakah dapat dilakukan penelitian respons frekuensi dari suatu audio *loudspeaker* melalui spektrum suara.

Masalah yang ada dalam implementasi:

1. Untuk pengetesan audio *loudspeaker* masih banyak orang yang menggunakan cara primitif yaitu hanya dengan mengandalkan telinga, dimana standarisasi dari kualitas suara tiap-tiap orang berbeda
2. Harga dari *Spectrum Analyzer* yang tergolong sangat mahal.

LANDASAN TEORI

Pada dasarnya untuk menghitung frekuensi dari suatu sinyal suara, pada sebuah implementasi diskrit, analisa Fourier dapat digunakan, yang kemudian lebih disempurnakan dengan suatu algoritma yang kenal sebagai *Fast Fourier*

transform (FFT). Secara umum teknik ini merupakan pendekatan yang terbaik untuk transformasi. Dalam hal ini, input sinyal yang ditetapkan memiliki panjang 2m (meter). Maka dapat memilih analisis yang akan digunakan. Output dari syntax FFT (x,n) merupakan sebuah vektor kompleks, dengan n amplitudo kompleks dari 0 Hz sampai dengan sampling frekuensi yang digunakan.

Dan untuk mengukur suatu frekuensi di perlukan sebuah alat ukur, adapun alat ukur tersebut ialah *spectrum analyzer*. *Spectrum analyzer* adalah sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui distribusi energi dari suatu spektrum frekuensi dari sebuah sinyal listrik yang diukur. Alat tersebut banyak digunakan dalam praktikum pada jurusan teknik telekomunikasi. Selain, *spectrum analyzer* juga banyak digunakan oleh perusahaan yang bergerak di bidang jasa telekomunikasi, serta lembaga pemerintah yang memiliki wewenang untuk memonitor penggunaan frekuensi. Namun harga alat ini relatif mahal sehingga menyebabkan institusi hanya mampu menyediakan alat tersebut dalam jumlah yang terbatas.

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan, penulis mengajukan sebuah solusi,yaitu membangun aplikasi Spectrum Analyzer menggunakan MATLAB yang memungkinkan beberapa pengguna dapat memvisualisasikan pengukuran yang dibuat oleh *Spectrum Analyzer* sesungguhnya secara *realtime*. Hal ini diharapkan dapat mendukung kegiatan praktikum dan perusahaan yang bergerak pada jasa telekomunikasi yang membutuhkan *spectrum analyzer* dalam jumlah yang besar. Selain itu, pembangunan aplikasi tersebut juga dapat memberikan beberapa keuntungan lainnya, diantaranya adalah penggunaan alat ukur dapat dilakukan dengan mudah, meminimalisasi biaya perawatan, dan memperpanjang masa hidup dari alat ukur tersebut karena meminimalisasi interaksi secara langsung dengan alat.

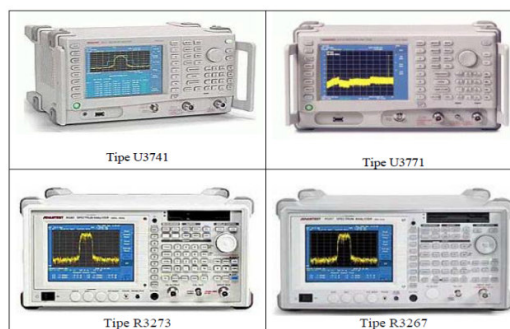
2.2 Spectrum analyzer

Spectrum analyzer adalah alat ukur serba guna dalam melakukan pengukuran sinyal pada domain frekuensi. Sebuah penganalisa dapat dipakai untuk melakukan pengukuran sinyal pada suatu transmitter yang memerlukan pengukuran

parameter seperti frekuensi, power, gain, dan noise.

Spectrum analyzer juga digunakan untukmenyelidiki mengenai distribusi energi sepanjang spektrum frekuensi dari sinyal listrik yang diketahui. Dari penyelidikan ini diperoleh informasi yang sangat berharga mengenai lebar bidang frekuensi (*bandwidth*), efek berbagai jenis modulasi, pembangkitan sinyal yang palsu dan begitu juga pada semua manfaatnya dalam perencanaan dan pengujian rangkaian RF (*radio frequency*). *Spectrum analyzer* mempunyai fungsi secara khusus untuk mengukur beberapa besaran sinyal dalam suatu spectrum frekuensi yang terbatas.

Spectrum analyzer merupakan sebuah penerima sinyal secara pasif, yang berarti sinyal yang diterima hanya ditampilkan saja untuk mengukur sinyal elektrik yang melalui atau ditransmisikan oleh sebuah sistem/perangkat. Sinyal yang ditampilkan oleh *spectrum analyzer* akan dianalisis oleh pengguna untuk mengetahui karakteristik sinyal tersebut. Dengan mengetahui karakteristik sinyal tersebut, kita dapat menentukan kinerja, menemukan masalah, dan sebagainya terkait dengan sistem/perangkat tersebut. *Spectrum analyzer* biasanya menampilkan informasi sinyal yang belum diproses seperti *voltage*, *power*, *period*, *waveshape*, *sidebands*, dan *frequency*. Gambar 2.1 dibawah menunjukkan beberapa contoh alat ukur *spectrum analyzer* yang ada di pasaran



Gambar 2.1 Beberapa contoh *spectrum analyzer* (Ni made s,2012)

2.3.Suara

Suara merupakan suatu hal yang unik dan memiliki range frekuensi tertentu dan intensitas suara yang bisa dan tidak bisa didengar oleh manusia. Satuan untuk mengukur intensitas suara tersebut adalah *desibel* (dB) diambil dari nama

penemunya yaitu Alexander Graham Bell yang dikenal sebagai penemu telepon, sedangkan satuan dari frekuensi suara adalah Hertz, diambil dari nama seorang Fisikawan, Heinrich Rudolf Hertz untuk menghargai jasa atas kontribusinya dalam bidang elektromagnetik.

Suara yang sudah tersimpan dapat diubah ke dalam berbagai format audio seperti mp3, wav, flac, real audio, midi, dan sebagainya. Format penyimpanan suara yang dipakai dalam penelitian ini yaitu format wav karena hanya Matlab yang bisa menyimpan format suara dalam bentuk wav.

2.4 Kecepatan Bunyi

Penyebaran dari gelombang longitudinal melalui media material diterangkan secara lengkap dalam hukum mekanika. Sekarang akan dipelajari bunyi (akustik) adalah bagian dari mekanika. Hubungan antara bunyi dan mekanika yang pertama ditunjukkan oleh Newton, yang menggunakan hukum kedua dari gerak untuk menghitung kecepatan bunyi. Kita akan memberikan versi yang sederhana dari memperoleh perintah untuk menunjukkan mekanisme penyebaran bunyi. (Asal yang sama untuk kecepatan gelombang transversal pada tali akan diberikan dalam appendix V). Gelombang bunyi merambat dalam bentuk rapatan dan renggangan sehingga bunyi dapat merambat melalui zat padat, zat cair, dan zat gas. Bunyi tidak dapat merambat melalui vakum. Bukti nyatanya yaitu pada para astronot di bulan karena bulan tidak memiliki atmosfer seperti di bumi. Sehingga tidak dapat saling berbicara secara langsung walaupun jarak mereka sangat dekat. Untuk berkomunikasi, mereka menggunakan alat komunikasi melalui gelombang radio. Dimana gelombang radio termasuk dalam spektrum gelombang elektromagnetik.

Pada suhu udara 15 derajat celsius bunyi dapat merambat di udara bebas pada kecepatan 340 meter perdetik. Rumus cepat rambat bunyi adalah :

$$V = S/t \quad (2.1)$$

Keterangannya :

V = cepat rambat bunyi (m/s)

S = jarak tempuh (m)

t = waktu tempuh (s)

Suhu udara yang lebih panas atau lebih dingin mempengaruhi kecepatan bunyi di udara. Semakin rendah suhu udara maka cepat rambat bunyi semakin cepat karena partikel udara lebih banyak. Misalnya pada bunyi arloji yang terdengar lebih keras kalau menggunakan kayu dibanding tanpa menggunakan kayu. Bunyi tidak dapat terdengar pada ruang hampa udara karena bunyi membutuhkan zat perantara untuk menghantarkan bunyi baik zat padat, cair maupun gas.

2.4.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi cepat rambat bunyi.

Ada faktor-faktor yang mempengaruhi cepat rambat bunyi diantaranya:

- Kerapatan partikel medium yang dilalui bunyi. Semakin rapat susunan partikel medium maka semakin cepat bunyi merambat, sehingga bunyi merambat paling cepat pada zat padat.
- Suhu mediumnya, dimana semakin panas suhu medium yang dilalui maka semakin cepat bunyi merambat. Hubungan ini dapat dirumuskan kedalam persamaan matematis yaitu :

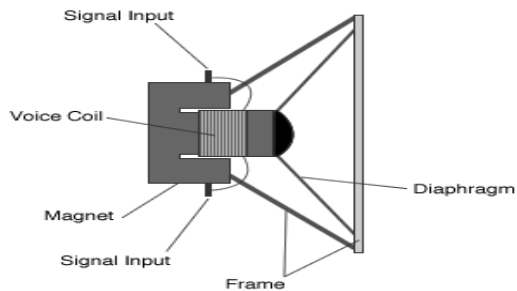
$$V = V_0 + 0,6 t \quad (2.2)$$

dimana V_0 adalah cepat rambat pada suhu nol derajat dan t adalah suhu medium.

2.5. Loudspeaker

Loudspeaker atau speaker adalah alat yang berfungsi untuk mengubah sinyal elektrik menjadi suara. loudspeaker pada umumnya bekerja dengan menggetarkan komponennya yang berbentuk selaput. Dalam sebuah *sound system* atau sistem suara, kualitas speaker juga menjadi penentu dari kualitas suara yang dihasilkan. Suara yang terekam dengan baik, diolah dengan alat yang baik, dan menggunakan output suara dari speaker yang baik tentu akan menghasilkan suara yang baik pula. Sebaliknya, menggunakan speaker yang tidak baik, tentu hasil suara yang di hasilkan kurang baik pula. Proses yang dilakukan oleh sebuah speaker berawal dari data suara yang tersimpan dalam alat penyimpan (*storage devices*) yang bisa berupa hard

disk, lalu mengembalikannya lagi kedalam bentuk frekuensi suara yang dapat kita dengar.



Gambar 2.3. Loudspeaker, (Leo Willyanto Santoso, 2001)

Fungsi speaker ini adalah mengubah gelombang listrik menjadi getaran suara. Proses perubahan gelombang listrik/electromagnet menjadi gelombang suara terjadi karena adanya aliran listrik arus AC audio dari penguat audio kedalam kumparan yang menghasilkan gaya magnet sehingga akan menggerakkan membran, kuat lemahnya arus listrik yang diterima, akan mempengaruhi getaran pada membran, bergetar membran ini menghasilkan gelombang bunyi yang dapat kita dengar. (Leo Willyanto Santoso 2001)

2.5.1 Jenis speaker berdasarkan suara yang dihasilkannya

- Woofers* adalah jenis *speaker* yang menghasilkan output suara nada rendah
- Midrange* adalah jenis *speaker* yang menghasilkan nada menengah
- Twitter* adalah jenis *speaker* yang menghasilkan output suara nada tinggi.

2.6 Audio

Audio diartikan sebagai suara atau reproduksi suara. Gelombang suara adalah gelombang yang dihasilkan dari sebuah benda yang bergetar. Gambarnya adalah senar gitar yang dipetik, gitar akan bergetar dan getaran ini merambat di udara, atau air, atau material lainnya. Satu-satunya tempat dimana suara tak dapat merambat adalah ruangan hampa udara. Gelombang suara ini memiliki lembah dan bukit, satu buah lembah dan bukit akan menghasilkan satu siklus atau periode. Siklus ini berlangsung berulang-ulang, yang membawa pada konsep

frekuensi. Jelasnya, frekuensi adalah jumlah dari siklus yang terjadi dalam satu detik. Satuan dari frekuensi adalah Hertz atau disingkat Hz. Telinga manusia dapat mendengar bunyi antara 20 Hz hingga 20 KHz (20.000Hz) sesuai batasan sinyal audio. Karena pada dasarnya sinyal audio adalah sinyal yang dapat diterima oleh telinga manusia. Angka 20 Hz sebagai frekuensi suara terendah yang dapat didengar, sedangkan 20 KHz merupakan frekuensi tertinggi yang dapat didengar. Pemanfaatan sinyal audio memberikan lapangan kerja bidang produksi sinyal audio meliputi, perekaman, manipulasi sinyal dan reproduksi gelombang suara. Untuk memahami audio harus memiliki pemahaman dua hal yaitu :

- Gelombang suara:** Gelombang bunyi merupakan gelombang mekanik yang dapat merambat melalui medium. Gelombang bunyi adalah gelombang longitudinal sehingga mempunyai sifat-sifat yang dapat dipantulkan (Refleksi), dapat dibiaskan (Refraksi), dapat dipadukan (interferensi) dan dapat dilenturkan (difraksi). Gelombang bunyi terdiri dari molekul-molekul udara yang bergetar maju-mundur. Tiap saat, molekul-molekul itu berdesakan di beberapa tempat, sehingga menghasilkan wilayah tekanan rendah. Gelombang bertekanan tinggi dan rendah secara bergantian bergerak di udara, menyebar dari sumber bunyi. Gelombang bunyi ini menghantarkan bunyi ke telinga manusia. Terdapat dua hal mengenai bunyi ini yang dapat dirasakan langsung oleh pendengar, yaitu keras bunyi (loudness) dan tinggi nada (pitch). Kedua besaran tersebut dapat diukur secara fisik. Keras bunyi berhubungan dengan energi yang terkandung di dalam gelombang bunyi tersebut. Dan telinga manusia dapat menangkap gelombang bunyi berfrekuensi antara 20 Hz dan 20.000 Hz. Interval ini dinamakan daerah audible. Bunyi frekuensi di atas 20.000 Hz dinamakan ultrasonik, (berbeda dengan supersonik yang artinya adalah kecepatan yang melebihi kecepatan suara). Beberapa hewan dapat mendengar gelombang ultrasonik, misalnya serigala dapat mendengar bunyi hingga 30.000 Hz dan kelelawar dapat mendeteksi bunyi berfrekuensi 100.000 Hz. Dan gelombang ultrasonik memiliki

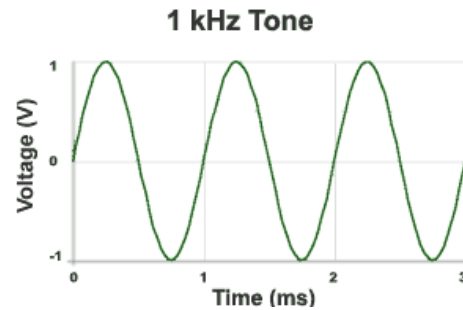
sejumlah manfaat, misalnya di bidang medis kedokteran.

- b. Peralatan suara : Dan banyak jenis peralatan suara yang berada di pasaran, tetapi banyak juga yang kurang tau akan peralatan suara tersebut.

Lebih jauh sebelum mempelajari bagaimana peralatan suara bekerja, maka sangat penting untuk memahami bagaimana gelombang suara bekerja. Pengetahuan ini akan mendasari apapun yang dikerjakan dalam bidang audio.

Gelombang suara bervariasi sebagaimana variasi tekanan media perantara seperti udara. Suara diciptakan oleh getaran dari suatu obyek, yang menyebabkan udara disekitarnya bergetar. Getaran udara ini kemudian menyebabkan kendang telinga manusia bergetar, yang kemudian oleh otak diinterpretasikan sebagai suara. Diilustrasikan pada gambar speaker menciptakan gelombang suara.

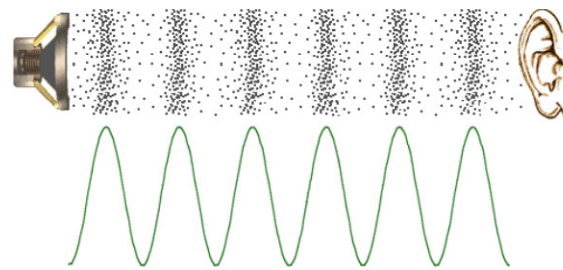
Gelombang suara berjalan melalui udara kebanyakan dengan cara yang sama seperti perjalanan gelombang air melalui air. Dalam kenyataannya, karena gelombang air mudah untuk dilihat dan dipahami, ini sering digunakan sebagai analogi untuk mengilustrasikan bagaimana perambatan gelombang suara. Gelombang suara dapat juga ditunjukkan dalam suatu grafik standar x versus y seperti ditunjukkan gambar 2.4 di bawah ini. Ini memungkinkan untuk memvisualisasi gelombang dengan sudut pandang matematis, menghasilkan kurva yang dikenal sebagai bentuk gelombang. Gelombang ditunjukkan pada nada konstan frekuensi tertentu. Tes nada dibuat dalam bentuk gelombang yang baik ideal untuk tujuan teknis. Bentuk grafis gelombang dua dimensi namun gelombang sebenarnya dalam bentuk tiga dimensi. Grafik menunjukkan perjalanan gelombang sepanjang jalur dari kiri ke kanan, namun perjalanan gelombang sebenarnya mengembang berlapis dari sumber. Oleh karena itu model kerja dua dimensi menjelaskan dengan baik bila berpikir tentang bagaimana suara berjalan dari satu tempat ke tempat lain.



Gambar 2.4. Gelombang pada nada konstan frekuensi tertentu.

Hal lain yang perlu dipertimbangkan apa yang ditampilkan grafik, apa maknanya bila gelombang berada pada titik tinggi atau rendah. Penjelasan sederhana cara memandang bagaimana gelombang suara bekerja dan bagaimana ditunjukkan sebagai bentuk gelombang.

Dalam sinyal elektronik, harga tinggi ditunjukkan dengan tegangan positif tinggi. Bila sinyal diubah ke dalam gelombang suara, dapat dipikirkan harga tinggi ditunjukkan sebagai penambahan tekanan udara. Bila bentuk gelombang pada titik tinggi, ini berkaitan dengan kerapatan molekul udara. Bila gelombang pada titik rendah molekul udara menyebar lebih tipis. Gambar 2.5 di bawah ini, titik hitam menunjukkan molekul udara. Sebagaimana getaran loudspeaker, menyebabkan molekul disekitarnya bergetar dalam pola tertentu ditunjukkan dengan bentuk gelombang. Getaran udara ini menyebabkan gendang telinga pendengar bergetar dengan pola yang sama.



Gambar 2.5. Perambatan sinyal audio (gelombang suara)

Pada gambar di atas molekul udara sebenarnya tidak berjalan dari loudspeaker ke telinga. Setiap molekul udara berpindah pada jarak yang kecil sebagai getaran, namun mengakibatkan molekul yang bersebelahan bergetar semua terpengaruh berjalan sampai telinga. Semua gelombang pasti memiliki tiga sifat penting untuk kerja audio

meliputi : panjang gelombang, amplitudo dan frekuensi.

- a. Panjang gelombang : Jarak antar titik gelombang dan titik ekuivalen pada fasa berikutnya.

Panjang gelombang



Gambar 2.6. Panjang gelombang.

- b. Amplitudo : Kekuatan atau daya gelombang sinyal. Tinggi gelombang yang bisa dilihat sebagai grafik. Gelombang yang lebih tinggi diinterpretasikan sebagai volume yang lebih tinggi, sehingga dinamakan amplifier untuk perangkat yang menambah amplitudo.

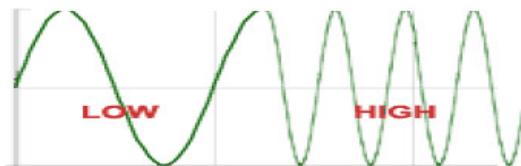
amplitudo



Gambar 2.7. Amplitudo

- c. Frekuensi : Jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik. Diukur dalam hertz atau siklus per detik. Getaran gelombang suara semakin cepat, frekuensi semakin tinggi. Frekuensi lebih tinggi diinterpretasikan sebagai jalur lebih tinggi. Misal bila menyanyi dalam pita suara tinggi memaksa tali suara untuk bergetar secara.

frekuensi



Gambar 2.8. Frekuensi

Secara umum audio merupakan salah satu elemen penting yang ikut berperan dalam membangun sebuah sistem komunikasi dalam bentuk suara, yaitu suatu sinyal elektrik yang akan membawa unsur bunyi didalamnya. Audio sendiri terbentuk melalui beberapa tahap, antara lain tahap pengambilan/penangkapan suara, sambungan transmisi pembawa bunyi, amplifier dan lain sebagainya.

2.6.1 Macam-Macam audio

- a. **Audio Visual** yaitu istilah yang digunakan untuk seperangkat *sound system* yang dilengkapi dengan tampilan gambar, biasanya digunakan untuk presentasi.
- b. **Audio Streaming** yaitu istilah yang digunakan untuk mendengarkan siaran secara langsung (live) melalui internet. Contohnya adalah *Winamp* (MP3), *Real Audio* (RAM) dan *Liquid Radio*.
- c. **Audio Modem Riser (AMR)** yaitu istilah yang digunakan untuk sebuah kartu *plug-in untuk motherboard intel* yang memuat sirkuit audio atau sirkuit modem.

2.6.2 Macam-Macam format audio.

- a. **MP3 (MPEG, Audio Layer 3)** adalah format audio yang dikembangkan oleh Fraunhofer Institute dengan bitrate 128 kbps. Dalam waktu singkat MP3 menjadi format paling populer dalam musik digital karena ukuran filenya yang kecil dan kualitasnya yang tidak kalah dengan CD Audio
- b. **WAV** adalah format audio yang merupakan standar suara *de-facto di Windows*. Pada awalnya format ini dijadikan jembatan penghubung untuk *file* yang akan dikonversi keformat yang lain. Tapi seiring perkembangan zaman, banyak pengguna yang melewati tahap ini dengan mengkonversi file secara langsung ke format yang diinginkan. Format ini jarang digunakan karena ukuran filenya yang lumayan besar.
- c. **AAC (Advanced Audio Coding)** adalah format audio yang menjadi standar Motion Picture Experts Group (MPEG). Sejak standar MPEG-2 diberlakukan tahun 1997, sample rate yang ditawarkan sampai 96

KHz atau dua kali sample rate MP3. Kualitas audio dengan format ini cukup baik bahkan pada bitrate paling rendah sekalipun. Salah satu pengguna format audio ini adalah *iTunes*, toko musik online besutan *Apple* dan piranti atau perangkat pendukung terkemuka untuk format audio ini juga berasal dari produknya *Apple* yakni *Ipod*.

- d. **WMA (Windows Media Audio)** adalah format audio yang ditawarkan oleh perusahaan teknologi terbesar dunia yakni *Microsoft Corporation*. Format audio ini sangat disukai oleh *vendor* musik online karena dukungannya terhadap *Digital Right Management (DRM)* yaitu suatu fitur yang digunakan untuk mencegah pembajakan musik. Selain itu, menurut isu yang beredar format audio ini mempunyai kualitas yang lebih baik dari pada AAC dan MP3.
- e. **Ogg Vorbis** adalah satu-satunya format audio yang terbuka dan gratis untuk umum. Kelebihannya terletak pada kualitas audio yang tinggi walau pada bitrate rendah sekalipun. *Winamp* versi terbaru sudah mendukung format audio yang satu ini.
- f. **Real Audio** adalah salah satu format audio yang sering kita temui pada *bitrate* rendah. Format ini dikembangkan oleh *RealNetworks* untuk layanan *streaming* audio pada *bitrate* 128 kbps ke atas dengan menggunakan standar AAC MPEG-4.
- g. **MIDI** adalah format audio yang biasa digunakan untuk *ringtone* pada *handphone* karena ukuran filenya yang kecil tapi sayang format audio ini hanya cocok untuk suara yang dihasilkan oleh *synthesizer*. (Muhamad Azhar, 2013)

2.8 Frekuensi, Periode, Fasa.

Jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik atau banyaknya gelombang/getaran listrik yang dihasilkan tiap detik. Frekuensi dilambangkan dalam huruf F. Periode adalah selang waktu yang diperlukan untuk melakukan satu getaran sempurna. Periode dilambangkan dengan huruf T. Hubungan antara frekuensi dan periode adalah berbanding terbalik, berarti

semakin besar frekuensinya periodenya akan semakin kecil. Secara matematis dapat dituliskan :

$$f = 1/T \rightarrow T = 1/f \quad (2.3)$$

Jika kecepatan perputaran sudut dinyatakan dengan ω , maka frekuensinya sama dengan kecepatan sudut dibagi dengan besarnya sudut satu putaran penuh (2π) atau dapat ditulis :

$$f = \omega/2\pi \rightarrow \omega = 2\pi f \quad (2.4)$$

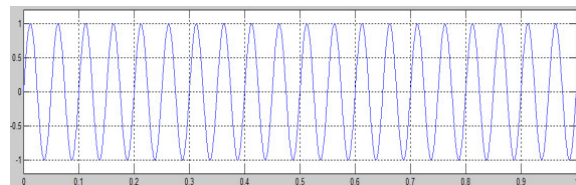
Dengan pengertian ω adalah kecepatan sudut dalam Radial/detik.

2.9 Fast Fourier Transform (FFT)

FFT (*Fast fourier transform*) adalah suatu metoda untuk mentransformasikan sinyal suara menjadi sinyal frekuensi, artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang *spectrum* suara berbasis frekuensi. Transformasi *fourier* sangat efisien untuk menyelesaikan transformasi *fourier* diskrit yang banyak dipakai untuk keperluan analisa sinyal seperti pemfilteran, analisa korelasi, dan analisa spektrum.

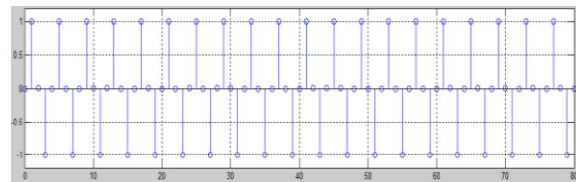
Ada beberapa klasifikasi sinyal yang ada :

1. Sinyal waktu kontinyu, yaitu terdefinisi pada setiap waktu.



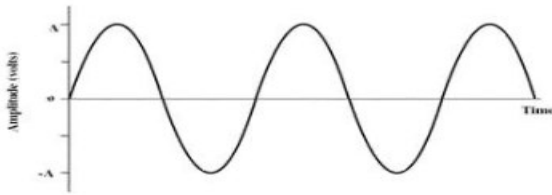
Gambar 2.9. Sinyal kontinyu.

2. Sinyal waktu diskrit, yaitu terdefinisi pada waktu-waktu tertentu.



Gambar 2.10. Sinyal diskrit.

3. Sinyal analog, yaitu sinyal waktu kontinyu dengan amplitudo yang kontinyu.



Gambar 2.11. Sinyal analog.

4. Sinyal digital, yaitu sinyal waktu diskrit dengan amplitudo bernilai diskrit.



Gambar 2.12. Sinyal digital.

Pada tahun 1960, J. W. Cooley dan J. W. Tukey, berhasil merumuskan suatu teknik perhitungan algoritma Fourier Transform yang efisien. Teknik perhitungan algoritma ini dikenal dengan sebutan **Fast Fourier Transform** atau lebih populer dengan istilah **FFT** yang diperkenalkan oleh J.S.Bendat dan A.G.Piersol pada 1986. **Fast Fourier Transform** dalam bahasa Indonesia adalah Transformasi Fourier Cepat adalah sumber dari suatu algoritma untuk menghitung Discrete Fourier Transform (transformasi Fourier diskrit atau DFT) dengan cepat, efisien dan inversnya. (Muhammad Azhar, 2013)

Fast Fourier Transform (FFT) diterapkan dalam beragam bidang dari pengolahan sinyal digital dan memecahkan persamaan diferensial parsial menjadi algoritma-algoritma untuk penggandaan bilangan integer dalam jumlah banyak. Ada pun kelas dasar dari algoritma **FFT** yaitu *decimation in time* (DIT) dan *decimation in frequency* (DIF). Garis besar dari kata Fast diartikan karena formulasi **FFT** jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode perhitungan algoritma Fourier Transform sebelumnya.

Metode **FFT** memerlukan sekitar 10000 operasi algoritma matematika untuk data dengan 1000 observasi, 100 kali lebih cepat dibandingkan dengan metode sebelumnya. Penemuan **FFT** dan perkembangan personal komputer, teknik **FFT** dalam proses analisa data menjadi populer, dan

merupakan salah satu metode baku dalam analisa data. Satu bentuk transformasi yang umum digunakan untuk merubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi adalah Transformasi Fourier Persamaan dari bentuk sinyal $x(t)$. **FFT** dalam pengolahan isyarat meliputi Periode dan frekuensi:

1. Periode

Secara umum periode didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk sebuah isyarat atau gelombang mencapai suatu gelombang penuh. Dan dapat menentukan nilai periodesitasnya. Perlu dicermati bahwa pengertian ini berlaku untuk isyarat monokromatis, isyarat yang dimaksud adalah gelombangnya bersifat tunggal, pasti memiliki sebuah periode. Dengan demikian isyarat itu dikenal dengan istilah periodis, pengamatan dapat dilakukan dengan memantau gelombang kita dapat mengetahui nilai nilai yang terkandung dalam isyarat serta periodenya.

2. Frekuensi

Maka ada frekuensi diartikan sebagai jumlah gelombang yang terjadi dalam 1 detik. Frekuensi didefinisikan secara sederhana sebagai kebalikan dari waktu. Sehingga waktu yang satuannya adalah detik (second) akan menjadi Hertz (1-per second) hanya akan memiliki tepat satu nilai spektrum. Yang dikenal dengan spektrum frekuensi. Pengertian frekuensi ini juga berlaku untuk gelombang monokromatis. (Muhammad Azhar, 2013)

2.10 Equalizer

Proses perhitungan pada algoritma FFT akan selalu menghasilkan frekuensi-frekuensi yang memiliki level amplitudo yang berbeda, dan bukan tidak mungkin perbedaan-perbedaan amplitudo antar frekuensi yang terjadi sangat besar. Akibatnya perubahan-perubahan yang terjadi pada frekuensi akan sangat sulit untuk dideteksi. Untuk itu dipakailah metode *equalizer* dimana pada pemakaiannya *equalizer* ini akan menciptakan frekuensi-frekuensi dengan level amplitudo yang seimbang. (Leo Willyanto Santoso, 2001)

Perumusan *Equalizer*:

$$X'[n] = F[n] * X[n] \quad (2.5)$$

Keterangan:

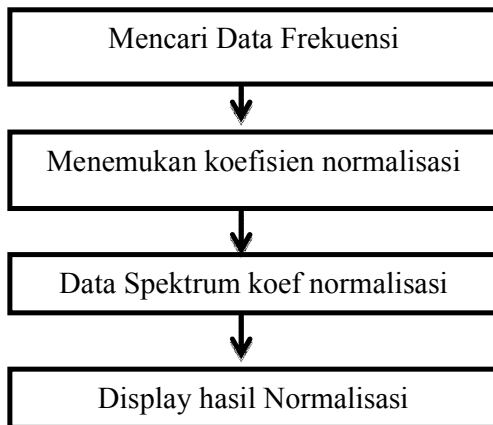
$X[n]$ = data frekuensi

$F[n]$ = Respons *equalizer*

2.11 normalisasi

Dalam setiap penghitungan FFT akan diperoleh hasil dimana setiap spektrum akan mempunyai bentuk yang berbeda-beda dan level amplitudo yang berbeda-beda pula. Oleh karena itu untuk menyamakan nilai amplitudo tertinggi dari tiap-tiap spektrum maka digunakanlah proses normalisasi.

Secara garis besar proses normalisasi dari *spectrum analyzer* ditunjukkan oleh Gambar dibawah ini.



Gambar 2.14 Blok diagram proses normalisasi.

Dari gambar diatas dapat di jelaskan proses normalisasi dari spectrum analyzer:

Dimana algoritma dari proses normalisasi adalah sebagai berikut:

- Mencari data frekuensi tertinggi dari sebuah spektrum.
- Mencari koefisien normalisasi:

$$K_n = 255 / X_{\text{highest}} \quad (2.6)$$

Dimana : K_n = koefisien normalisasi
 X_{highest} = nilai data tertinggi

- Mengalikan semua data dari *spektrum* dengan koefisien normalisasi.

$$X_{\text{norm}}[n] = K_n \cdot X[n] \quad (2.7)$$

Dimana:

X_{norm} = data spektrum ternormalisasi

X = data spektrum

Data spektrum dari hasil proses normalisasi kemudian disimpan kedalam bentuk *array*, dan ditampilkan dalam bentuk grafis, (Leo Willyanto Santoso, 2001).

Penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

METODE PENELITIAN.

3.1 Umum

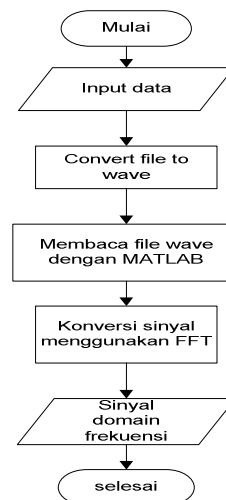
Pada bab ini akan dijabarkan tahap-tahap dalam melakukan perancangan aplikasi *spectrum analyzer* dengan menggunakan MATLAB. Studi literatur sebagai langkah awal dalam perancang aplikasi *spectrum analyzer* ini digunakan untuk menambah wawasan mengenai alat ukur *spectrum analyzer*. Dilanjutkan dengan menentukan beberapa parameter diantaranya melakukan *sound recorder* untuk mendapatkan input sinyal audio yang kemudian akan dianalisa dengan MATLAB agar mendapatkan keluaran sinyal dalam domain frekuensi.

3.2 Studi literatur

Studi literatur bertujuan untuk mencari literatur-literatur berupa thesis, skripsi dan jurnal-jurnal ilmiah sebagai landasan teori yang relevan terhadap penelitian ini dan memperkuat masalah yang akan dipecahkan.

3.3 Diagram Alir Perancangan Topologi Jaringan

Dalam merancang aplikasi *spectrum analyzer*, di dalamnya, diperlukan diagram alir yang berisi tahapan-tahapan untuk membantu dalam proses perancangan. Gambar 3.1 merupakan gambar diagram alir dari perancangan *spectrum analyzer* dengan menggunakan MATLAB.



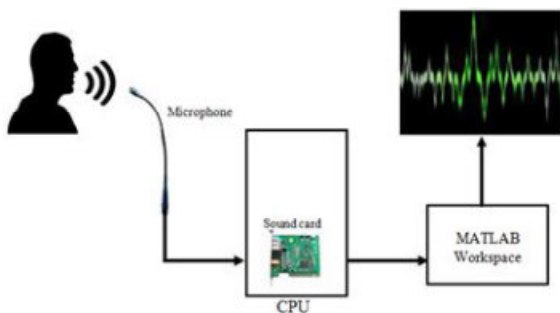
Gambar 3.1 gambar diagram alir dari perancangan *spectrum analyzer*

3.3.1 Inputan data

Pada skripsi ini akan menganalisa sinyal audio yang di ambil dari suara manusia dengan range frekuensi 300 -3400 Hz. Dengan menggunakan aplikasi sound recorder yang sudah include di dalam operation windows, sinyal audio akan di input kan. Sinyal audio yang akan kita olah di sini adalah sinyal audio yang bertipe stereo. Sinyal stereo mempunyai fase R dan L yang menghasilkan dominan suara disebelah kiri atau kanan. Dibuat sistem stereo ini merupakan perkembangan dari sistem Mono supaya suara dapat dinikmati seolah-olah mendengarkan pagelaran musik yang alami dari depan panggung atau musik yang benar-benar Natural.

3.3.2 Convert to wave

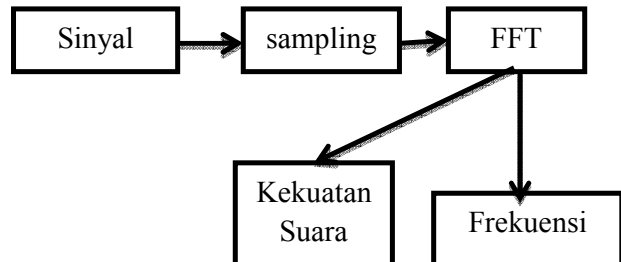
Sinyal hasil inputan dari sound recorder memiliki format WMA (windows media audio), sedangkan untuk menganalisa sinyal menggunakan Matlab harus dengan format wav. Untuk itu sinyal input dikonversi terlebih dahulu dengan menggunakan aplikasi wav mp3 converter. Sistem pengambilan suara pada riset ini diawali pengambilan sinyal suara langsung memakai *microphone* ke laptop/ PC dan filenya disimpan dalam format wav. Setelah itu dapat dilihat bentuk frekuensi dan sebagainya dari visualisasi yang terlihat dalam sistem aplikasi yang telah dirancang. Pemrograman proses perekaman suara memakai program berbasis Matlab. Dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Ilustrasi cara kerja aplikasi.

Setelah mengambil sinyal suara melalui *microphone*, didalam CPU komputer suara diubah menjadi suara digital dan diolah oleh sistem aplikasi Matlab sehingga ditampilkan sinyal frekuensinya pada GUI aplikasi yang sudah dibuat. Untuk memudahkan memahami gambar di atas,

maka berikut ditampilkkan diagram blok cara kerja dari proses perekaman sampai ditampilkan bentuk frekuensi dari data suara yang sudah disimpan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3. Diagram blok cara kerja.

Pada gambar 3.3 langkah awal menentukan jenis suara yang akan digunakan dalam penelitian ini, di karnakan setiap individu tidak mempunyai jenis suara yang sama. Suara yang di gunakan pada penelitian ini adalah jenis suara yang bass dan melengking, dikarnakan dalam kehidupan sehari-hari banyak di temukan. Setelah jenis suara yang di inginkan suadah di dapat maka langkah selanjutnya masuk ke proses sampling. Kemudian masuk lagi ke proses Fast Fourier Transfom FFT,tetapi dalam proses FFT trsebut di dalam aplikasi MATLAB sudah tersedia jadi tinggal menjalankanya saja. Setelah hasil FFT sudah di jalankan maka dapat lah hasil bilangan dari suara tersebut dalam bentuk domain waktu dan domain frekuensi, dan juga terdapat nila dari setiap suara yang di harapkan.

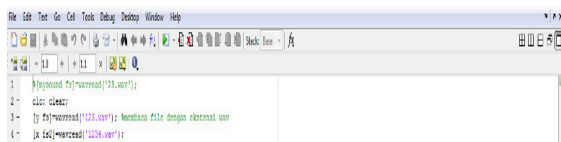
Agar program berjalan sesuai dengan yang diharapkan, maka suara yang direkam haruslah dengan kemungkinan noise sangat kecil karena suara tersebut merupakan input utama yang akan sangat menentukan untuk proses selanjutnya. Syarat-syarat tersebut misalnya: dalam keadaan normal, tidak ada noise, soundcard baik, micropoon baik, dsb. Hal yang paling disorot adalah masalah noise karena sangat mempengaruhi kualitas suara yang diambil dengan microphone. Misalkan mengambil sampel saat keadaan ramai dengan saat keadaan hening akan terlihat berbeda hasilnya. Bahkan noise juga bisa berasal dari desah nafas sendiri saat merekam suara, menghirup udara dengan keras-keras dan semua suara yang biasa datang bersamaan dengan voice.

Selain itu, sample suara juga memegang peranan penting dalam proses ini. Jika sample suara banyak mengandung noise maka hasil yang didapat tidak sesuai dengan yang diinginkan. Namun bila noise yang terekam stabil maka proses

front end detection cukup bisa mengatasi. Proses pengambilan suara ini menjadi penting karena hal ini akan berpengaruh besar dalam pemrosesan sinyal suara pada setiap bagian proses, sehingga akan lebih baik bila user mengambil suara ditempat yang tenang dan suara diusahakan normal sehingga dapat memperkecil noise yang bersamaan datang dengan suara sendiri. Oleh sebab itu perekaman suara harus dilakukan dengan baik karena vital untuk menentukan baik tidaknya suara yang diambil.

3.3.3 Membaca file wave dengan MATLAB

Matlab adalah perangkat lunak yang dapat menyelesaikan komputasi matematis teknik salah satu contoh adalah transformasi fourier, pada matlab menggunakan perintah FFT untuk mengkonversi sinyal audioberdomain waktu menjadi domain frekuensi. Pada skripsi ini sinyal audio di dapatkan dari inputan sound recorder yang telah di konversi terlebih dahulu menggunakan wav to mp3 converter dan untuk membaca file wav di gunakan perintah wavread yang bisa di lihat pada gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4 Membaca file wave dengan MATLAB.

Pada gambar 3.4 di atas ialah program yang bekerja untuk membaca file wav dari suara yang telah di rekam dan di konversi dari WMA (windows media audio) ke file wav agar bisa di baca pada aplikasi matlab yang akan di eksekusi dalam penelitian ini.

3.3.4 konversi sinyal menggunakan FFT

Kalkulasi FFT yang dipakai pada aplikasi *Spectrum Analyzer* ini, menggunakan metode FFT (*Fast Fourier Transform*) . Proses kalkulasi FFT dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu: Proses pengurutan data, Proses penghitungan perkalian kompleks, dimana hasil dari perkalian ini adalah data bilangan kompleks dalam domain frekuensi

Untuk menghitung frekuensi dari suatu sinyal, sebuah implementasi diskrit dari analisa

Fourier dapat digunakan, yang kemudian lebih disempurnakan dengan suatu algoritma yang kita kenal sebagai *Fast Fourier transform* (FFT). Secara umum teknik ini merupakan pendekatan yang terbaik untuk transformasi. Dalam hal ini input sinyal ke windows ditetapkan memiliki panjang 2m. Anda dapat memilih analisis windows yang akan digunakan. Output dari syntax FFT(x,n) merupakan sebuah vector kompleks, dengan n amplitudo kompleks dari 0 Hz sampai dengan sampling frekuensi yang digunakan. (Leo willyanto santoso, 2001)

3.3.5 Sinyal domain frekuensi

Hasil Keluaran dari transformasi fourier menggunakan fft pada sinyal berdomain waktu akan berupa sederatan bilangan kompleks. Bilangan ini merepresentasikan magnitudo dan fasa dari sinyal. Untuk mendapatkan komponen magnitude, digunakan perintah `abs(S)`. Sedangkan untuk mendapatkan komponen fasa nya digunakan perintah `angle(S)`.

$M = \text{abs}(S(1 : \text{length}(S)/2));$

Pada persamaan diatas terdapat perintah `1:length(S)/2`, hal ini dimaksudkan untuk membaca data dengan index dari 1 sampai `length(S)/2`. *Length* menghasilkan panjang data dari sinyal suara berdomain frekuensi.

Komponen *magnitude* yang telah didapatkan dari proses di atas, akan di *plot* ke dalam grafik *Magnitud VS Frekuensi* menggunakan perintah `plot(w,M)` pada MATLAB.

`Plot(w,M);` grafik *Magnitud VS Frekuensi*.

HASIL DAN PEMBAHASAN.

4.1 Umum

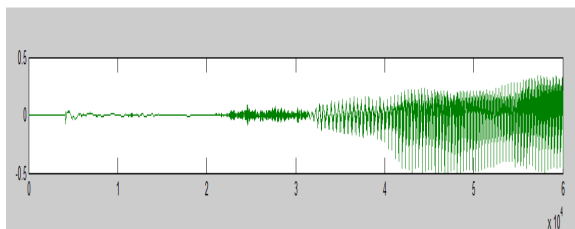
Pada bab ini akan dipaparkan data hasil simulasi beserta analisis pada aplikasi MATLAB, data di dapat dari input sound recorder berupa suara melengking dan bass.kemudian kedua suara akan di bandingkan dan di analisa dengan menggunakan MATLAB. Dan pada penelitian ini mengacuh pada standar frekuensi suara yang dapat di lihat pada table 4.1 di bawah ini.

Table 4.1 kelompok frekuensi suara bass dan melengking (Achmad Basuki 2000)

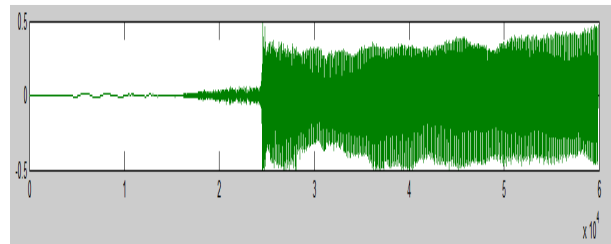
Kelompok frekwensi.	Oktaf (tanga nanda)	Jangkauan frekwensi
Low Bass	Kotaf pertama	20Hz-40Hz
	Oktaf kedua	40Hz-80Hz
Upper Bass	Oktaf ketiga	80Hz-160Hz
	Oktaf ke empat	160Hz-320Hz
Melengking	Oktaf ke lima	320Hz-640Hz
	Oktaf ke enam	640Hz-1.280Hz
upper Melengking	Oktaf ke tujuh	1.280Hz-2.560Hz

4.2 Sinyal inputan domain waktu

Audio diartikan sebagai suara atau reproduksi suara. Sinyal audio atau gelombang suara adalah gelombang yang dihasilkan dari sebuah benda yang bergerak pada range frekuensi audio (dapat didegar manusia). suara manusia dihasilkan dari pita suara manusia yang memiliki lebar frekuensi 0-3400 Hz. Pada skripsi ini akan digunakan dua tipe suara manusia suara bass dan suara melengking. suara ini di hasilkan dari proses perekaman menggunakan aplikasi bawaan windows sound recorder. Kemudian agar dapat di analisa denggan menggunakan matlab, data yang sebelumnya berformat windows audio file, harus dikonversi menjadi format WAV dengan menggunakan WAV MP3 CONVERTER.



Gambar 4.1 Suara bass pada domain waktu.

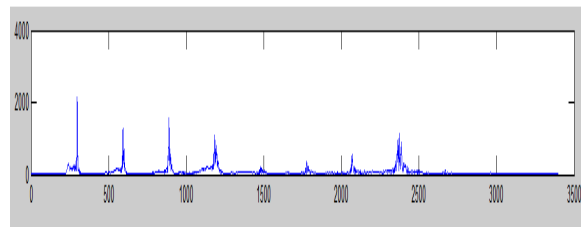


Gambar 4.2 Suara melengking pada domain waktu.

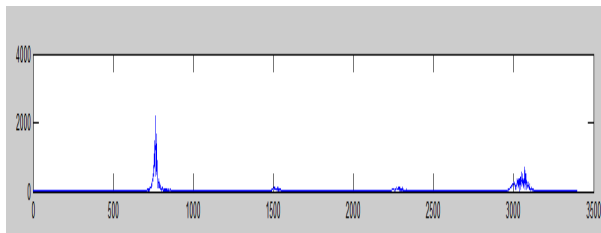
Pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 merupakan sinyal suara bass dan melengking pada domain waktu. Terlihat pada gambar bahwa suara yang melengking memiliki gelombang yang lebih rapat dari pada suara bass. Ini menandakan jika suara melengking memiliki frekuensi yang lebih tinggi dari pada suara bass. Selain itu amplitudonya juga lebih besar.

4.3 sinyal dalam domain frekuensi

sinyal domain frekuensi didapat dari sinyal domain waktu yang di transformasi menggunakan FFT. Hasil transformasi ini, berupa kumpulan bilangan kompleks yang dapat dikonversi untuk mendapatkan komponen magnitudo dan fasa dari sinyal suara. Komponen magnitudo di dapatkan dengan cara mengambil nilai absolut dari bilangan kompleks.



Gambar 4.3 suara bass dalam domain frekuensi.



Gambar 4.4 Suara melengking dalam domain frekuensi.

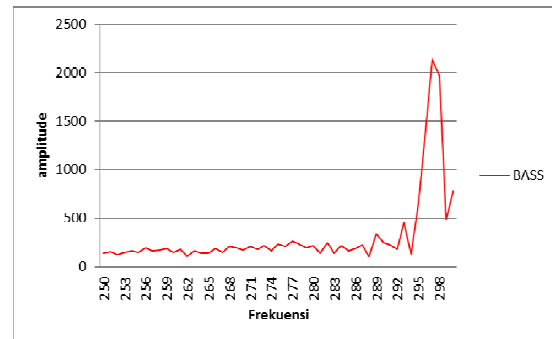
Gambar 4.3 dan gambar 4.4 merupakan sinyal suara dalam domain frekuensi. di mana pada gambar di atas untuk suara melengking memiliki magnitude tertinggi pada frekuensi 750-800 Hz sedangkan magnetudo yang tertinggi pada suara bass berada pada frekuensi 250-300 Hz.

Jika bilangan kompleks dinyatakan seperti berikut :

Maka nilai magnitude dapat dicari menggunakan persamaan di bawah ini :

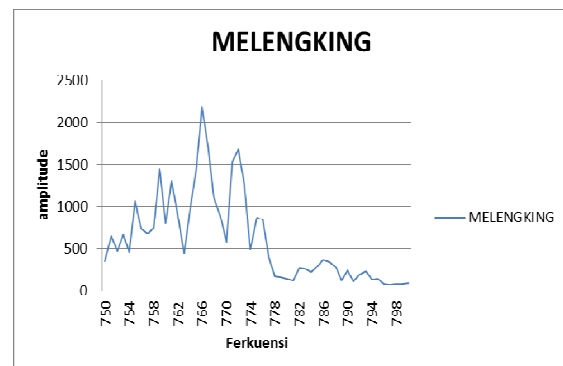
Bilangan kompleks untuk suara bass dan melengking ditunjukkan lampiran A.1.

Dari table di atas dapat di simpulkan bahwa nilai imajiner dan abs dari suara melengking lebih besar di bandingkan dengan nilai imajiner dan abs dari suara bass dikarnakan suara yang melengking memiliki gelombang yang lebih rapat dari pada suara bass. Ini menandakan jika suara melengking memiliki frekuensi yang lebih tinggi dari pada suara bass. Selain itu amplitudonya juga lebih besar. Dan lebih jelas dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.5 gambar magnitude maksimum zoom version pada suara bass.

Dapat di lihat dari gambar 4.5 diatas jelas terlihat bahwa puncak tertinggi dari suara baas ada pada range frekuensi 250-300Hz, sehingga amplitude dari suara bass juga lebih rendah.



Gambar 4.6 Gambar magnitude maksimum zoom version pada suara melengking.

Pada gambar diatas dapat di lihat bahwa frekuensi sinyal suara melengking mempunyai frekuensi yang lebih tinggi di bandingkan dengan frekuensi suara bass, frekuensi trtinggi dari suara melengking adalah kisaran 750-800 Hz di karnakan memiliki kerapatan gelombang dan amplitudonya jugak lebih besar.

$$y = -1.8004 \times 10^3 + 1.2343 \times 10^3 i$$

$$M = \sqrt{(-1.8004 \times 10^3)^2 + (1.2343 \times 10^3)^2}$$

$$M = \sqrt{3241440.16 + 1523496.49}$$

$$M = 2182.87$$

Pada penelitian ini dapat di simpulkan dimana frekuensi suara bass lebih rendah dari suara yang melengking.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Bentuk spektrum yang dihasilkan pada pegujian dengan menggunakan aplikasi matlab mempermudah dalam penganalisaan dan menentukan jenis-jenis suara manusia sehinga dapat menentukan kualitas suara dari setiap oarangnya.
2. Faktor sensifitas dari sebuah mikrofon juga sangat mempengaruhi hasil yang didapat dalam pengambilan sampel suara yang di rekam ketika ingin menganalisa.
3. Selain untuk menganalisa respon frekuensi dari sebuah spectrum suara, aplikasi ini dapat juga digunakan untuk mengukur tingkat kekuatan dari setiap suara
4. Pada hasil pengujian dan pengukuran dari suara dapat di simpulkan bahwa frekuensi suara berjenis bass lebih rendah di bandingkan dengan suara yang melengking di karnakan kerapatan gelombang suara yang melengking lebih rapat di bandingkan suara yang bass.

5.2 Saran

Terdapat beberapa saran berkaitan dengan peneltian ini antara lain :

1. Pada penelitian ini terdapat banyak factor, diantaranya setiap individu manusia, setiap individu tidak memiliki sura yang sama.maka di lakukanlah penelitian terhadap setiap suara.

2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk pengembangan algoritma FFT pada aplikasi-aplikasi dibidang pengolahan suara.

DAFTAR PUSTAKA

- Agilent Technologies. (2000). Spectrum Analyzer Basics. USA:Hewlett Packard. <URL: <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5952-0292.pdf>>. Tanggal akses: 26 Mei 2014, 23:14.
- Cik Nor Anita Fairros binti Ismail. *Pengenalan Dan Definasi Multimedia Digital Audio and Video*.
- Gunawan, D., & Juwono, F. H. (2011). Pengolahan Sinyal Digital Dengan Pemrograman Matlab. Jakarta: Graha Ilmu.
- King, K. N. (1997). The Case for Java as a First Language. Department of Mathematics and Computer Science, Georgia State University.
- Leo Willyanto Santoso. (2001). Aplikasi Spectrum Analyzer Untuk Menganalisa Loudspeaker. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra.
- Muhamad Azhar.(2013). Identifikasi Suara dengan MATLAB sebagai Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan. Teknik Komputer, Universitas Komputer Indonesia (UNIKOM). Bandung
- Ni Made Satvika Iswari (2000). Pembangunan Aplikasi Client-Server Berbasis Java untuk Penggunaan Alat Ukur Spectrum Analyzer Secara Multiuser
- Siang, J. J. (2005). *Jaringan syaraf tiruan dan pemrogramannya menggunakan Matlab*. Yogyakarta : Andi