

# Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode FFT (*Fast Fourier Transform*)

Reonaldo Yohanes Sipasulta<sup>(1)</sup>, Arie.S.M. Lumenta ST, MT.<sup>(2)</sup>, Sherwin R.U.A. Sompie, ST, MT.<sup>(3)</sup>

(1)Mahasiswa, (2)Pembimbing 1, (3)Pembimbing 2

reosipasulta@yahoo.co.id<sup>(1)</sup>, arie.lumenta@gmail.com<sup>(2)</sup>, sherwinsompie@gmail.com<sup>(3)</sup>,

Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115

*Abstract -- In the world of engineering, signals is a magnitude that changed by the time and space as well as bring some information. According to the ITU ( International Telecommunication Union), the signal is a physical phenomenon in which one or more of its characteristics typify information. With a sound signal we can deliver an information easily. However, In this study will be conducted randomization of a sound signal that we want to convey this information only be accepted by the people we want. The process of voice recording is record by using the internal microphone of the PC and for signal processing I used MATLAB program . The method used is the Fast Fourier Transform to randomize and transform voice signals in the time domain into voice signals in the frequency domain. After recording the voice signals, the randomization step will be done to make the information that we send can not be heard by the others except our destiny. Based on the testing, this system can randomize all kinds of voices that recorded in intervals of 3 seconds . This study is only a simulated system through matlab .*

*Keywords: Fast Fourier Transform, MATLAB, Randomization voice signals, signal*

**Absrtak--** Dalam dunia keteknikan, sinyal merupakan besaran yang berubah dalam waktu dan atau dalam ruang serta membawa suatu informasi. Menurut ITU (*International Telecommunication Union*), sinyal merupakan suatu gejala fisika dimana satu atau lebih dari karakteristiknya melambangkan informasi. Dengan sinyal suara kita dapat menyampaikan sebuah informasi dengan mudah. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengacakan sebuah sinyal suara sehingga informasi yang ingin kita sampaikan hanya akan diterima oleh tujuan yang kita inginkan. Perekaman suara dilakukan dengan menggunakan *microphone internal* dari PC. Untuk pengolahan sinyal digunakan program MATLAB. Metode yang digunakan adalah *Fast Fourier Transform* untuk mengacak dan mentransformasikan sinyal suara dalam domain waktu menjadi sinyal suara dalam domain frekuensi. Setelah dilakukan perekaman suara maka akan dilakukan pengacakan sinyal untuk membuat informasi yang kita kirimkan tidak dapat didengarkan oleh siapapun selain tujuan kita. Berdasarkan pengujian, sistem ini dapat mengacak semua jenis suara yang direkam dalam interval waktu 3 detik. Penelitian ini hanya berupa sistem yang disimulasikan lewat matlab.

**Kata Kunci :** *Fast Fourier Transform, MATLAB, Pengacakan sinyal suara, sinyal*

## I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi sekarang ini, begitu banyak alat yang tercipta dengan menggunakan teknologi yang begitu canggih sesuai dengan kebutuhan masyarakat yang ada. Setiap alat elektronik yang dibuat menggunakan sinyal untuk pengiriman dan penerimaan data. Salah satu contohnya adalah dalam peralatan komunikasi. Banyak penyalahgunaan alat komunikasi yang dilakukan masyarakat sekarang ini. Diantaranya adalah pemakaian alat komunikasi di tempat - tempat yang sebenarnya dilarang untuk menggunakan alat komunikasi tersebut, karena bisa berpengaruh untuk keselamatan, proses peribadatan, ataupun proses pembelajaran. Alat komunikasi tersebut biasanya berupa *handphone* (telepon genggam).

Untuk mengurangi resiko gangguan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan

mensimulasikan cara mengolah dan mengacak sinyal, yang nantinya bisa digunakan dalam perancangan sebuah alat pengacak sinyal.

Dimana proses dan perancangan program dalam simulasi ini dikerjakan melalui program MATLAB R2009a dengan menggunakan *tools* pada matlab yaitu GUI (*Graphical User Interface*) yang akan mensimulasikan proses pengacakan sinyal. Dalam proses pemfilteran sinyal pada sistem ini menggunakan metode FFT (*Fast Fourier Transform*) sebagai metode yang mentransformasikan sinyal suara dalam domain waktu (s) menjadi sinyal suara dalam domain frekuensi (Hz).

## II. LANDASAN TEORI

### A. Teori Sinyal

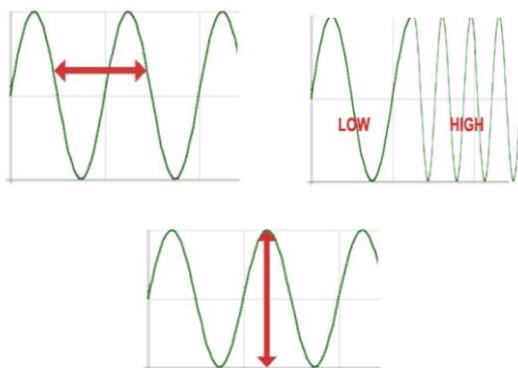
Sinyal adalah suatu isyarat untuk melanjutkan atau meneruskan suatu kegiatan. Biasanya isyarat ini berbentuk tanda-tanda, lampu-lampu, suara-suara, dan lain-lain. Dalam kereta api, misalnya, isyarat berarti

suatu tanda untuk melanjutkan atau meneruskan perjalanan ke tempat/stasiun berikutnya, dan biasanya isyarat ini dikirimkan oleh stasiun yang terkait. Dalam dunia Keteknikan, khususnya Teknik Elektro, Teknik Informasi, dan Teknik Kendali, isyarat adalah besaran yang berubah dalam waktu dan atau dalam ruang dan membawa suatu informasi. Menurut ITU (*International Telecommunication Union*), sinyal adalah suatu gejala fisika dimana satu atau lebih dari karakteristiknya melambangkan informasi. Sinyal ini biasanya berupa sinyal elektrik. Sinyal ini bisa merupakan besaran elektrik murni (tegangan, arus, dan lain-lain), tetapi pada umumnya adalah besaran fisik lain yang dijadikan elektrik dengan bantuan sensor. Contoh sinyal elektrik adalah sinyal suara yang berasal dari radio, sinyal citra yang berasal dari kamera fotografi, dan sinyal video yang berasal dari kamera video.

### B. Sinyal Suara

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 (20.000 Hz) sesuai dengan batasan sinyal suara. Karena pada dasarnya sinyal suara 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.



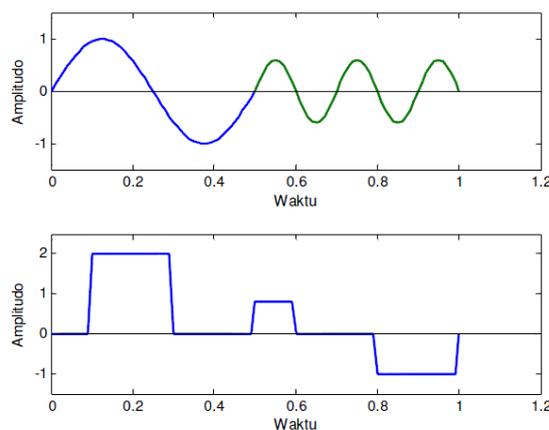
Gambar 1. Panjang Gelombang, Frekuensi dan Amplitudo

Panjang gelombang merupakan jarak antara titik gelombang dan titik *ekuivalen* pada fasa berikutnya. Amplitudo merupakan kekuatan atau daya gelombang sinyal. Gelombang yang lebih tinggi diinterpretasikan sebagai gelombang yang lebih tinggi, sehingga dinamakan *amplifier* untuk perangkat yang berfungsi untuk menambah amplitudo. Frekuensi merupakan jumlah getaran dalam waktu satu detik. Diukur dalam Hertz atau siklus per detik. Getaran gelombang suara semakin cepat, maka frekuensi semakin tinggi. Frekuensi lebih tinggi diinterpretasikan sebagai jalur yang lebih tinggi. Misalnya, bila menyanyi dalam pita suara tinggi, maka memaksa tali suara untuk bergetar secara cepat. Panjang gelombang, amplitudo, dan frekuensi digambarkan pada gambar 1.

### C. Sinyal dan Sistem

Sinyal adalah fenomena dari lingkungan yang terukur atau terkuantisasi, sementara sistem merupakan bagian dari lingkungan yang menghubungkan sinyal dengan sinyal lainnya, atau dengan kata lain merespon sinyal masuk dengan menghasilkan sinyal keluaran. Ada berbagai macam contoh sinyal dan sistem, salah satunya adalah suara pembicaraan dan sistem komunikasi telepon.

Berdasarkan bentuknya, data dan sinyal dapat dibedakan ke dalam data dan sinyal *analog* atau data dan sinyal *digital* (gambar 2). Suatu data atau sinyal dikatakan analog apabila amplitudo dari data atau sinyal tersebut terus menerus ada dalam rentang waktu tertentu (kontinyu) dan memiliki variasi nilai amplitudo tak terbatas. Misalnya, data yang berasal dari suara (*voice*) tergolong sebagai data analog. Sebaliknya data atau sinyal dikatakan digital apabila amplitudo dari data atau sinyal tersebut tidak kontinyu dan memiliki variasi nilai amplitudo yang terbatas (*diskrit*).



Gambar 2. Sinyal analog (atas) dan Sinyal digital (bawah)

#### D. Fast Fourier Transform

*Fast Fourier Transform* (FFT) yang ditemukan tahun 1965 merupakan pengembangan dari Fourier Transform (FT). Penemu FT adalah J. Fourier pada tahun 1822. FT membagi sebuah sinyal menjadi frekuensi yang berbeda-beda dalam fungsi eksponensial yang kompleks.

Definisi *Fast Fourier Transform* (FFT) adalah metode yang sangat efisien untuk menghitung koefisien dari Fourier diskrit ke suatu finite sekuen dari data yang kompleks. Karena substansi waktu yang tersimpan lebih dari pada metoda konvensional, fast fourier transform merupakan aplikasi temuan yang penting didalam sejumlah bidang yang berbeda seperti analisis spectrum, speech and optical signal processing, design filter digital. Algoritma FFT berdasarkan atas prinsip pokok dekomposisi perhitungan discrete fourier transform dari suatu sekuen sepanjang N kedalam transformasi diskrit Fourier secara berturut-turut lebih kecil. Cara prinsip ini diterapkan memimpin ke arah suatu variasi dari algoritma yang berbeda, di mana semuanya memperbandingkan peningkatan kecepatan perhitungan.

*Fast Fourier Transform*, adalah suatu algoritma untuk menghitung transformasi fourier diskrit dengan cepat dan efisien. Karena banyak sinyal-sinyal dalam sistem komunikasi yang bersifat kontinyu, sehingga untuk kasus sinyal kontinyu kita gunakan transformasi fourier. Transformasi Fourier didefinisikan oleh rumus:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (1)$$

Dimana  $s(f)$  adalah sinyal dalam domain frekuensi (*frequency domain*),  $s(t)$  adalah sinyal dalam domain waktu (*time domain*), dan  $e^{-j2\pi ft}$  adalah konstanta dari nilai sebuah sinyal,  $f$  adalah frekuensi dan  $t$  adalah waktu.

FFT (*Fast Fourier Transform*) merupakan salah satu metode untuk transformasi sinyal suara dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi, artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang *spectrum* suara yang berbasis frekuensi sehingga lebih mudah dalam menganalisa *spectrum* frekuensi suara yang telah direkam.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan

Perencanaan serta proses perancangan alat bertempat di Laboratorium Teknik Kendali Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi (Unsrat) dan dirumah tinggal penulis.

Waktu dan lama penelitian berlangsung selama  $\pm 5$  bulan, dimulai dari bulan Juli 2013 sampai bulan November 2013.

#### B. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak Yang Digunakan

Dalam penelitian ini digunakan perangkat keras dan perangkat lunak, seperti: *Software* Matlab R2009a, *Software* Microsoft Office 2007, dan laptop *lenovo* G460 dengan spesifikasi Processor IntelCore i3; 2.27GHz; RAM 2.00 GB.

#### C. Prosedur Penelitian

Pertama dilakukan pengumpulan buku-buku referensi, di internet dan tulisan yang lain yang berhubungan dengan pemograman matlab, pengacakan sinyal, pengolahan sinyal dengan matlab, dan metode *Fast Fourier Transform*.

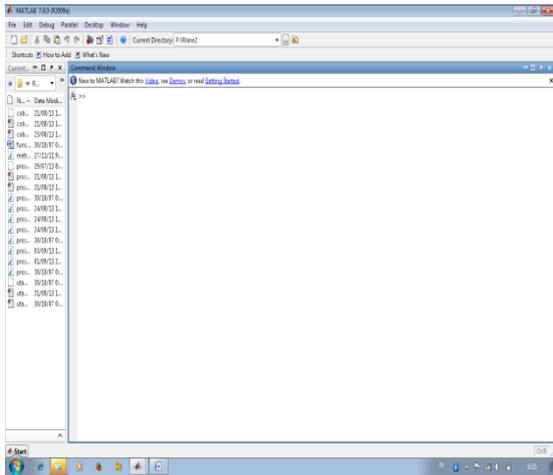
#### D. Perancangan Program Matlab

Perancangan sistem ini dibuat dengan bantuan program Matlab R2009a yang memanfaatkan fasilitas GUI (*Graphical User Interface*). Untuk merancang suatu konsep program di GUI (*Graphical User Interface*) penulis melakukan perancangan diagram alir terlebih dahulu supaya dapat memudahkan dalam merancang. Ketika selesai dirancang program ini ditulis dalam *M-File Editor* kemudian di *run*.

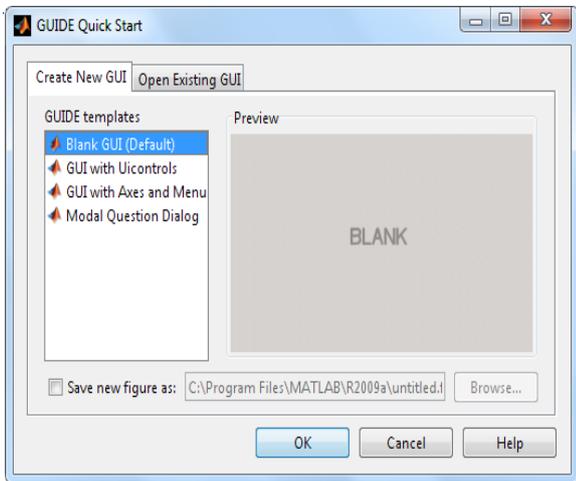
Untuk dapat memulai melakukan perancangan dari simulasi sistem pengacak sinyal pada matlab (*Matrix Laboratory*) terlebih dahulu penulis melakukan perancangan diagram alir agar supaya dapat memudahkan dalam pembuatan programnya.

Setelah ditampilkan tampilan awal matlab maka kita perlu mengetik perintah kata *guide* untuk dapat merancang suatu sistem pengenalan suara. Gambar 3 merupakan tampilan awal ketika kita masuk dalam program matlab R2009a. Pada lembar kerja tersebut kita ketik kata "*guide*" untuk memulai *tools* GUI.

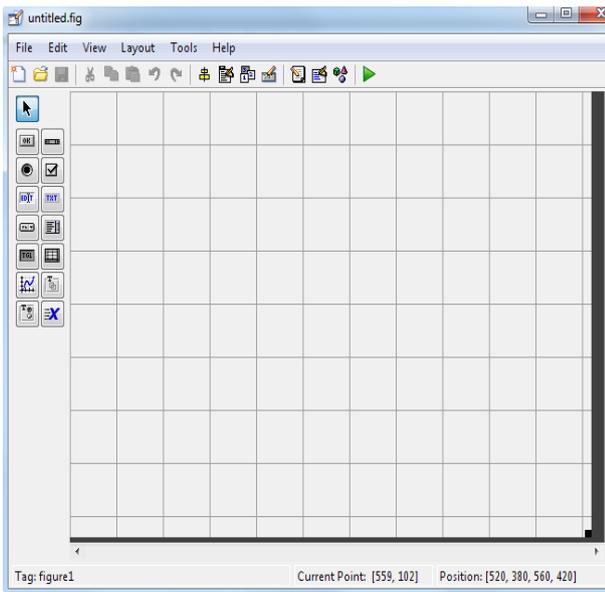
*Guide* ini berfungsi sebagai perintah untuk dapat masuk kedalam *tools Graphical User Interface* (GUI), seperti pada gambar 4 merupakan tampilan awal untuk membuka GUI. Ketika muncul gambar seperti gambar 5 maka kita dapat menekan menu OK untuk dapat melakukan perancangan di sistem dari *voice recognition* ini di dalam *tools Graphical User Interface* (GUI). Gambar 5 merupakan tampilan awal perancangan GUI untuk memulai perancangan dari sistem VR namun untuk dapat melakukan perancangan sistem dari *voice recognition* terlebih dahulu penulis melakukan diagram alir agar supaya dapat memudahkan dalam pembuatan programnya.



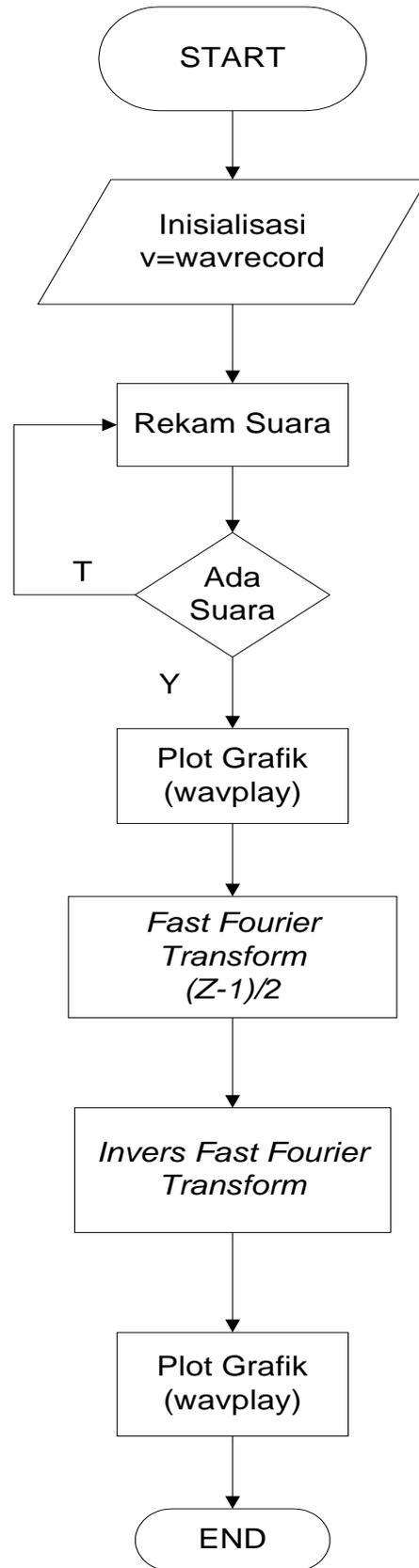
Gambar 3. Tampilan Utama Matlab R2009a



Gambar 4. Tampilan Awal Membuka GUI

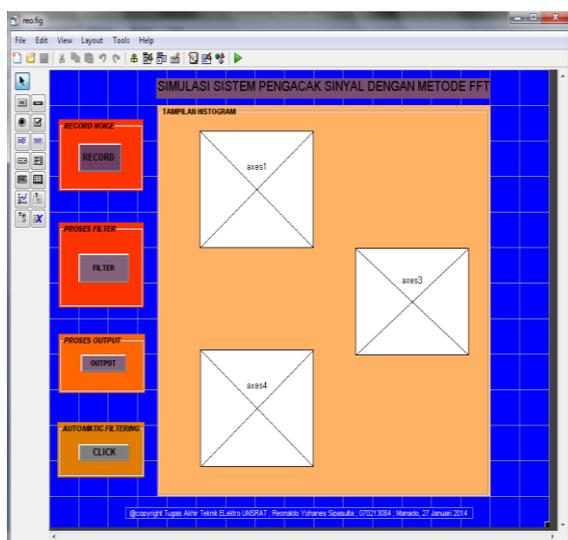


Gambar 5. Tampilan Awal Perancangan GUI

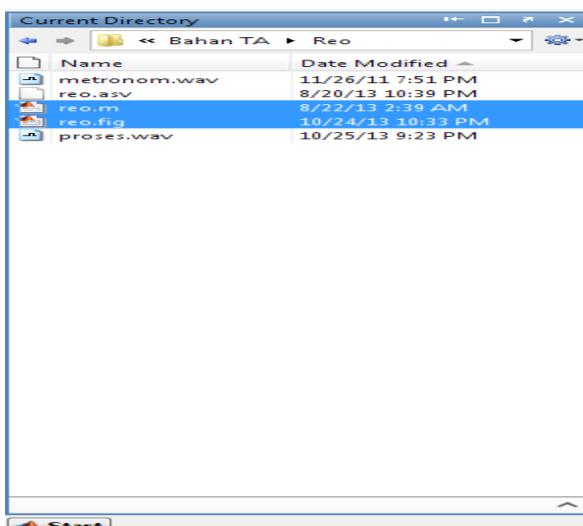
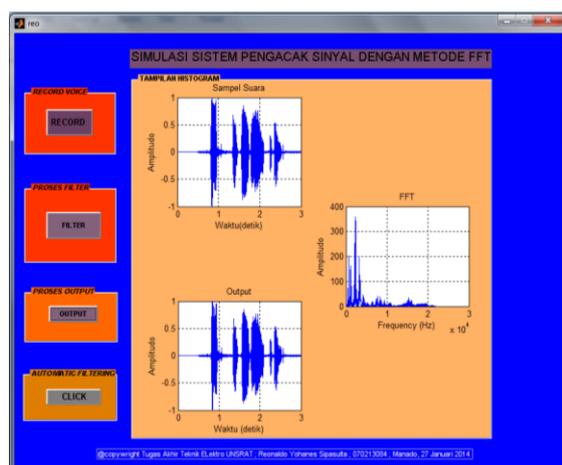


Gambar 6. Diagram Alir Sistem

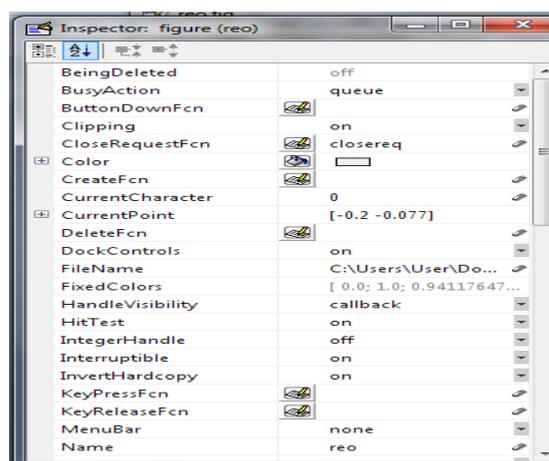
Diagram alir sistem pada gambar 6 memiliki keterangan sebagai berikut, terlebih dahulu *Running* program dalam Matlab. Program tersebut akan melakukan proses inialisasi, dengan perintah  $v$  sebagai *wavrecord*. Kemudian Tekan *pushbutton* “record” untuk merekam suara. Jika ada suara yang terekam, maka program akan dilanjutkan, tetapi jika tidak maka akan kembali lagi ke langkah “rekam suara” sampai ada suara yang terekam. Setelah ada suara yang terekam, grafik akan di plot pada simulasi sistem ini dan kemudian suara yang terekam akan dimainkan dengan perintah *wavplay*.



Gambar 7. Perancangan Simulasi Sistem Pengacak Sinyal

Gambar 9. Tampilan *Current Directory*

Gambar 8. Simulasi Sistem Pengacak Sinyal

Gambar 10. Tampilan *Property Inspector*

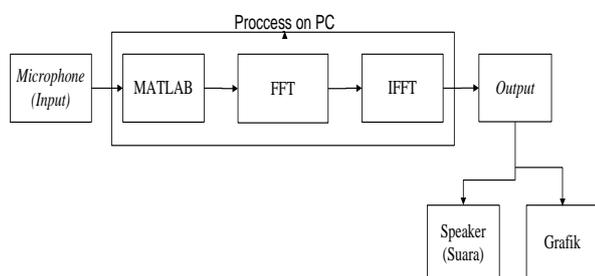
Tombol “Acak” berfungsi untuk menjalankan perintah FFT untuk mengubah sinyal dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi untuk proses pengacakan. Tombol “output” berfungsi untuk menjalankan perintah IFFT untuk mengubah sinyal yang telah diacak kembali seperti sinyal semula (sinyal *input*). Setelah itu grafik dari proses FFT dan IFFT akan di *plot* pada simulasi sistem ini, kemudian kita bisa mendengar dan melihat bahwa sinyal tersebut berhasil diacak, dan berhasil dikembalikan dalam keadaan semula seperti sinyal *input*. Akhiri program.

Dalam mendesign sistem sesuai gambar 7 ini terdapat 4 *pushbutton*, 1 *static text*, 3 *axes* dan 5 *panel*. *Pushbutton* berfungsi untuk melakukan perekaman suara manusia, proses pengacakan, dan output. *Static text* berfungsi untuk menulis judul dari rancangan sistem, *axes* berfungsi untuk menampilkan grafik sinyal suara manusia yang telah direkam dan proses pengacakan, *panel* berfungsi untuk dapat membuat group pada *pushbutton* dan *axes* tersebut.

Pengambilan data suara dilakukan dengan menggunakan *microphone* internal yang dihubungkan dengan PC pada laptop sebagai media untuk merekam suara manusia sebagai perintah awal untuk dapat mendeteksi sinyal suara. Untuk dapat merekam suara penulis menggunakan *pushbutton* yang bertuliskan *record*, *acak*, *output*, dan *click*. Pada tombol *record* berfungsi untuk melakukan perekaman suara dengan input bervariasi dalam interval 3 detik, kemudian tombol *acak* berfungsi untuk melakukan proses pengacakan sinyal suara yang telah direkam dengan metode *fft*, setelah itu pada tombol *output* berfungsi untuk melakukan proses *ifft* sebagai proses untuk mengembalikan sinyal pada bentuk awal yang tidak teracak dan pada tombol *click* (*automatic*) berfungsi untuk menjalankan proses *fft* dan *ifft* sekaligus dengan sekali klik.

Dalam pengaturan sistem sesuai gambar 10 ini ditunjukkan pengaturan pada *property inspector*. Pengaturan ini bertujuan mengatur setiap *pushbutton*, *axes*, dan *panel* untuk penggunaannya dalam sistem pengacakan sinyal, supaya setiap fungsinya bisa diatur sesuai ketentuan sistem yang akan digunakan.

Untuk pengaturan sistem pengacak sinyal sesuai gambar 9 ini, ditunjukkan proses menyimpan data pada *GUI* setelah melakukan pengaturan pada *property inspector*. File tersebut disimpan dalam 2 jenis, yaitu *m-file* dan *m-fig*. *M-file* berisikan *list program* yang ada pada sistem pengacakan sinyal, sedangkan *m-fig* berisi *figure* atau gambar dari pemodelan sistem pengacakan sinyal ini.

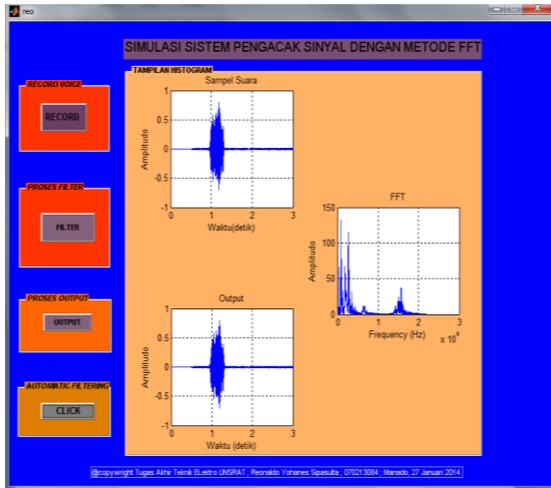


Gambar 11. Proses Pengujian Sistem Pengacakan Sinyal

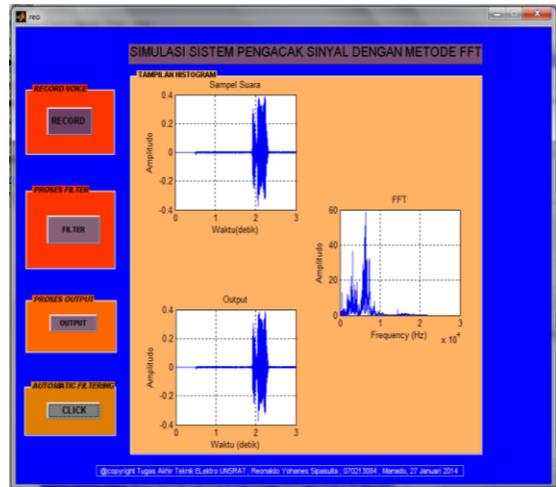
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian dapat dilihat pada gambaran umum sistem ini pada gambar 8 untuk mengidentifikasi sinyal suara, pertama dilakukan perekaman dengan menggunakan *microphone* internal untuk melakukan *recording* suara secara *real time* dan representasi sinyal suaranya yang telah di *recording* tadi akan langsung ditampilkan pada program matlab dengan bantuan *tools Graphical User Interface* (GUI) yang ditampilkan pada *axes*. Hasil suara yang ditampilkan pada *axes* masih dalam bentuk sinyal analog yang belum diketahui berapa nilai frekuensinya karena representasi sinyal yang begitu acak. Dengan metode *FFT* sinyal tersebut diacak untuk bisa mengetahui nilai frekuensinya, yang kemudian akan dilakukan proses pengacakan dengan menaikkan nilai frekuensi pada sinyal tersebut sehingga informasi yang ada dalam sinyal tersebut tidak dapat didengar. Kemudian pada langkah selanjutnya sinyal suara yang telah diacak dikembalikan pada kondisi semula dengan melakukan *IFFT* sehingga informasi yang ada dalam sinyal tersebut bisa didengarkan kembali. Perancangan program dilakukan dalam beberapa tahap (gambar 11), yaitu tahap *recording voice signals*, pemfilteran dan pengacakan sinyal suara dengan metode *FFT*, dan pengembalian sinyal suara seperti kondisi semula (*input*) dengan *IFFT*. Juga ditambahkan satu program khusus untuk mengaktifkan proses *automatic filtering* untuk menjalankan proses pemfilteran, pengacakan, dan pengembalian sinyal suara pada kondisi semula (*input*). Dapat dilihat pada beberapa gambar di bawah ini tentang bagaimana proses pengujian berlangsung. Mulai dari perekaman suara, pemfilteran dan pengacakan, pengembalian kondisi sinyal, *automatic filtering*, bahkan sampai pengujian sistem dengan beberapa sampel suara. Pada proses pengujian sistem pengacakan ini juga dilakukan dengan beberapa variasi input (gambar 12 hingga gambar 17), untuk mengetahui apakah sistem pengacakan sinyal dapat digunakan pada semua jenis suara atau tidak. Dari beberapa sampel suara antara laki-laki dan perempuan yang mengucapkan tiga kata yang sama sebagai input sinyal suara, diperoleh bahwa ketiga bentuk sinyal suara yang diperoleh dari suara perempuan dan laki-laki hampir sama dan dapat diproses dalam sistem ini.

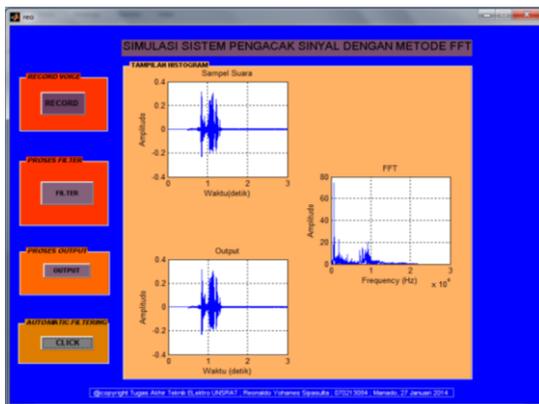
Selain itu juga dilakukan pengujian pada dengan *input* sinyal suara ditambahkan *noise* dari tempat yang ramai dan suara hujan (gambar 18 hingga gambar 23). Dari pengujian dapat diperoleh bahwa sinyal input dengan *noise* terlihat lebih susah jika dibandingkan dengan sinyal input tanpa *noise*. Namun dapat dihitung nilai frekuensi dari sinyal suara dengan *noise* tersebut, sehingga menjadi sinyal yang bisa diproses dalam sistem pengacakan sinyal ini.



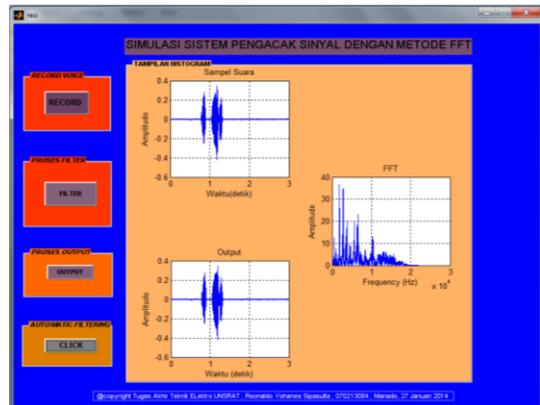
Gambar 12. Pengujian Sistem Pengacakan Sinyal 1



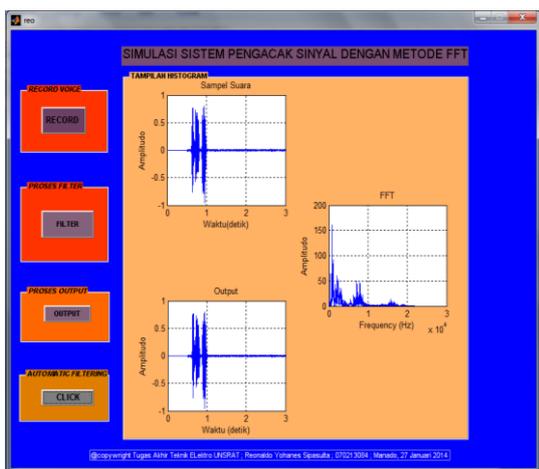
Gambar 13. Pengujian Sistem Pengacakan Sinyal 2



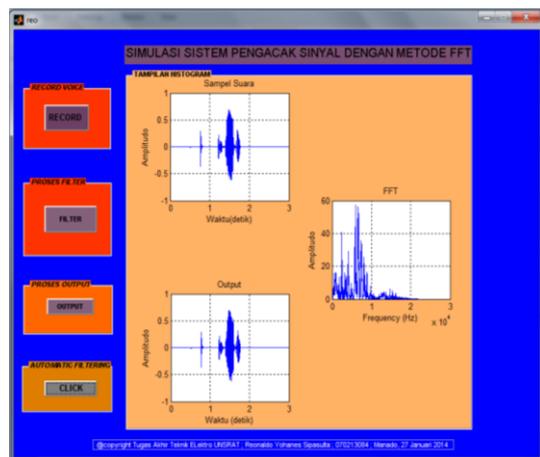
Gambar 13. Pengujian Sistem Pengacakan Sinyal 3



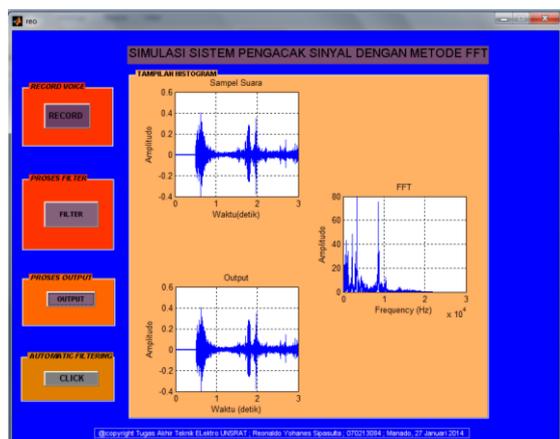
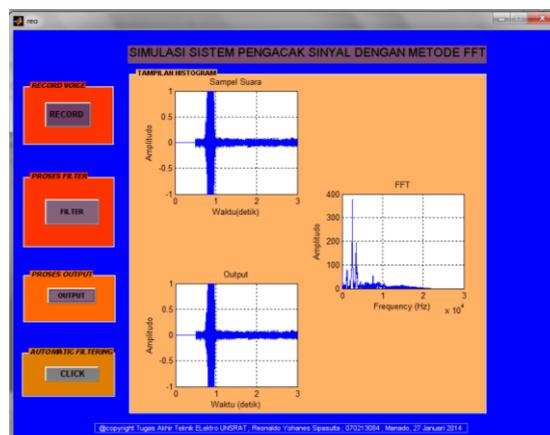
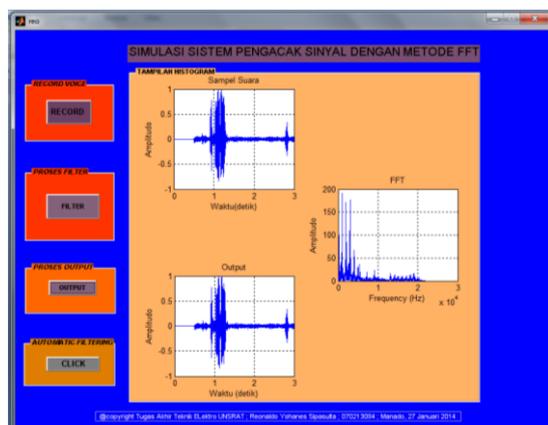
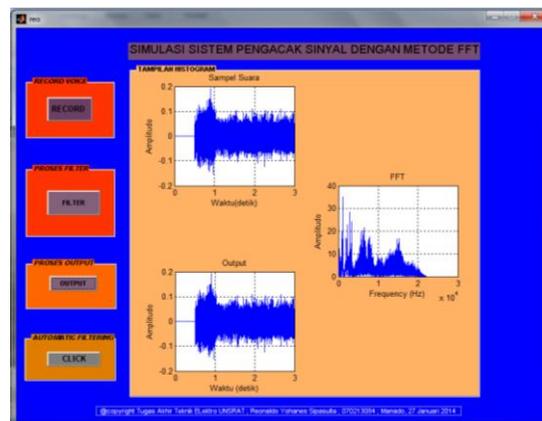
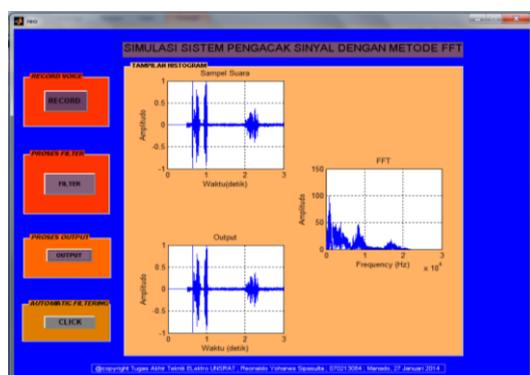
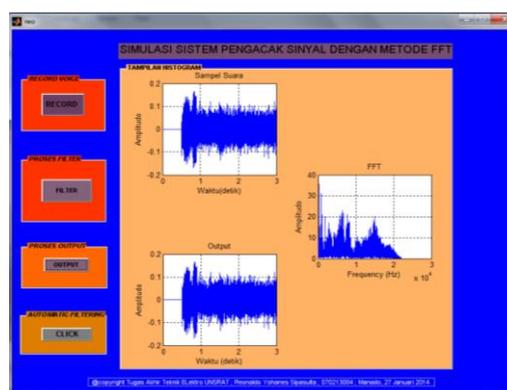
Gambar 16. Pengujian Sistem Pengacakan Sinyal 5



Gambar 14. Pengujian Sistem Pengacakan Sinyal 3



Gambar 17. Pengujian Sistem Pengacakan Sinyal 6

Gambar 18. Pengujian Sinyal *Input* dengan *noise* tempat ramaiGambar 21. Pengujian *Input* dengan *noise* hujanGambar 19. Pengujian Sinyal *Input* dengan *noise* tempat ramaiGambar 22. Pengujian *Input* dengan *noise* hujanGambar 20. Pengujian Sinyal *Input* dengan *noise* tempat ramaiGambar 23. Pengujian *Input* dengan *noise* hujan

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan dalam perancangan sistem pengendalian peralatan elektronik yang dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal terkait dengan pelaksanaan dan hasil penelitian, yaitu: Berdasarkan pengujian yang dilakukan maka diperoleh bahwa sinyal suara yang dideteksi oleh sistem pengacakan sinyal ini bisa berubah-ubah tergantung jenis suara dan faktor keadaan baik di dalam maupun di luar ruangan.

Untuk pendeteksian sinyal suara tanpa *noise* (gangguan) akan memperoleh hasil yang maksimal pada malam hari.

Untuk pengujian dengan beberapa variasi input antara suara laki-laki dan perempuan diperoleh perbedaan amplitudo dari sinyal suara tersebut dalam penyebutan 3 kata yang sama. Perbedaan amplitudo yang diperoleh sekitar 20 – 25x.

Dalam pengujian dengan beberapa variasi input diperoleh juga kesamaan antara karakteristik sinyal dari suara laki-laki dan perempuan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa semua suara manusia memiliki karakteristik yang hampir sama.

Berdasarkan pengujian, sistem pengacakan sinyal ini dapat mendeteksi semua jenis suara manusia yang berada dalam jangkauan *microphone internal pada PC*.

Berdasarkan pengujian dengan menambahkan *noise* pada sinyal input diperoleh bahwa sinyal *noise* yang ikut terdeteksi bersama sinyal input tetap dapat dipisahkan dengan sinyal informasi yang asli.

Berdasarkan pengujian, metode FFT (*Fast Fourier Transform*) dapat digunakan untuk memfilter sinyal input dengan baik sehingga mempermudah penulis untuk bisa mengamati karakteristik sinyal yang sesungguhnya.

### B. Saran

Saran untuk penelitian ini adalah Simulasi sistem pengacakan sinyal ini cukup sederhana dan dibuat untuk mendeteksi sinyal suara. Akan tetapi karena masih ada kekurangan dari perancangan program dalam simulasi sistem ini, maka diharapkan adanya pengembangan yang lebih baik. Kiranya ada penelitian yang berkelanjutan untuk merancang sebuah program yang juga bisa mendeteksi dan mengacak sinyal *handphone* (telepon genggam), sehingga bisa digunakan dalam perancangan alat pengacak sinyal. Sebaiknya karya tulis ini bisa digunakan sebagai bahan pembelajaran untuk studi pengacakan sinyal yang lebih kompleks dengan menggunakan metode-metode yang lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] EEPIS – IT, "*Praktikum Pengolahan Sinyal Digital*", Teknik Elektro dan Informatika, Bandung, 2012.
- [2] G. A. Away, *The Shortcut of MATLAB Programming*, Informatika, Bandung, 2010.
- [3] M. J. Roberts, "*Signals and Systems Analysis Using Transform Methods and MATLAB*", Department of Electrical and Computer Engineering University of Tennessee, New York, Americas, 2012.
- [4] N. H. Pratiwi, "Simulasi Sistem Pengacakan Sinyal Suara Secara Real Time Berbasis Fast Fourier
- [5] Sri Waluyanti, dkk, "*Teknik Audio-Video*", Teknik Elektro, Bandung, 2010.