

LAPORAN KERJA PRAKTIK
APLIKASI *NOISE REDUCTION* UNTUK PERBAIKAN KUALITAS
SUARA PADA DATA *AUDIO* DENGAN ALGORITMA *SPECTRAL*
SUBSTRACTION
DI PT. LEN INDUSTRI (PERSERO)
Periode 23 Mei – 1 Juni , 2016



Oleh :

Muhammad Fikri Faisal

(NIM : 1101130105)

Dosen Pembimbing Akademik

Linda Melyani, S.T., M.T.

(NIP : 10790599 – 1)

PRODI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS TELKOM

2016

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTIK
APLIKASI *NOISE REDUCTION* UNTUK PERBAIKAN KUALITAS SUARA
PADA DATA *AUDIO* DENGAN ALGORITMA *SPECTRAL SUBTRACTION*
DI PT. LEN INDUSTRI (PERSERO)
Periode 23 Mei – 1 Juni , 2016

Oleh :
Muhammad Fikri Faisal
(NIM : 1101130105)

Mengetahui,

Pembimbing Akademik

Pembimbing Lapangan

(Linda Melyani, S.T., M.T)
NIP. 10790599 – 1

(Riyanto, S.Si, M.Si)
NIP. 1203740

ABSTRAK

Gangguan yang diakibatkan oleh *noise* dapat merusak bahkan merubah sinyal informasi. *noise* dapat merubah bentuk gelombang asli. Sehingga penerima tidak dapat membedakan sinyal informasi sebenarnya dari gelombang sinus tersebut. *Noise* juga dapat merusak bentuk sinyal asli, menambah atau mengurangi amplitudo, mempercepat atau memperlambat waktu, dan bentuk perubahan lainnya. Secara umum terdapat dua jenis sumber *noise*. Yang pertama *external noise* (derau yang berasal dari luar perangkat) dan *internal noise* (derau yang timbul dari perangkat). *White noise* (derau putih) merupakan suatu *noise* dengan kerapatan spektral daya yang merata pada seluruh komponen frekuensinya. Pada percobaan ini digunakan berbagai jenis *noise* yang memiliki sifat dan karakteristik yang beragam. *Noise reduction* dengan menggunakan metode *spectral subtraction technique* berguna untuk perbaikan kualitas suara dengan cara mengurangi *noise* yang dapat merusak sinyal informasi. Parameter SNR dan THD+N digunakan untuk melihat perbedaan kualitas sinyal sebelum dan setelah direduksi. Pengerjaan tugas ini menggunakan GUI yang terdapat pada aplikasi MATLAB R2009a dan juga aplikasi SpectraPLUS – SC.

Kata kunci : *Noise Reduction, MATLAB, SpectraPLUS-SC, Spectral Substraction Technique*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrabil'alamin, puji serta syukur marilah kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa. Dengan rahmat serta karunia Nya, laporan Kerja Praktik S1 Teknik Telekomunikasi, Telkom University telah selesai disusun.

Laporan ini diperuntukan untuk memenuhi salah satu tugas kerja praktik yaitu menunjukkan proses dan hasil selama kerja praktik di PT. Len Industri (Persero). Laporan sederhana ini diharapkan dapat memberi manfaat untuk pribadi maupun pembaca lainnya. Penulis sangat menyadari masih banyaknya kekurangan dalam penulisan laporan ini sehingga kritik dan saran sangat diperlukan untuk membantu proses perbaikan bagi mahasiswa yang akan kerja praktik di kemudian hari.

Hormat saya,

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SINGKATAN	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	9
1.1 Latar Belakang	9
1.2 Lingkup Penugasan	9
1.3 Target Pemecahan Masalah.....	10
1.4 Pemecahan Masalah	10
1.5 Batasan Masalah.....	11
1.6 Tujuan Penelitian.....	11
1.7 Hipotesis Penelitian.....	11
1.8 Ringkasan Sistematika Laporan	11
BAB 2 PROFIL PERUSAHAAN KP	13
2.1 Profil Perusahaan.....	13
2.2 Struktur Organisasi dan Human Capital.....	15
2.3 Lokasi Unit Pelaksanaan Kerja	15
BAB 3 KEGIATAN KP DAN PEMBAHASAN KRITIS	17
3.1 Gambaran Umum	17
3.2 Dasar Teori	17
3.2.1 Sinyal Suara.....	17
3.2.2 <i>Noise</i>	18
3.2.2.1 <i>Pink Noise</i>	19
3.2.2.2 <i>White Noise</i>	19
3.2.2.3 <i>Blue Noise</i>	20
3.2.2.4 <i>Violet Noise</i>	20

3.2.2.5 <i>Brown Noise</i>	21
3.2.3 <i>Spectral Substraction</i>	21
3.2.4 Matlab.....	22
3.2.5 SpectraPLUS	23
3.2.6 SNR (<i>Signal to Noise Ratio</i>)	23
3.2.7 THD+N (<i>Total Harmonic Distortion + Noise</i>).....	23
3.3 Implementasi Sistem	23
3.3.1 Pemodelan Sistem	24
3.3.2 <i>Input Sinyal Suara</i>	24
3.3.3 <i>Input Noise</i>	24
3.3.4 Penjumlahan Sinyal dengan <i>Noise</i>	24
3.3.5 Proses Reduksi	25
3.4 Hasil dan Pembahasan.....	25
3.4.1 GUI (<i>Graphic User Interface</i>).....	25
3.4.2 Hasil SNR dan THD+N.....	27
3.5 Analisis Kerja.....	28
3.5.1 Pelajaran Berharga	28
3.5.2 Analisis Pemecahan Masalah	28
3.5.3 Perbandingan Teori dengan Implementasi.....	30
3.5.4 Pengalaman Selama KP	30
BAB 4 KESIMPULAN DAN SARAN	31
4.1 Kesimpulan.....	31
4.2 Saran.....	31
DAFTAR REFERENSI.....	32
LAMPIRAN - LAMPIRAN	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Organisasi PT Len Industri.....	15
Gambar 2. 2 Peta lokasi KP.....	16
Gambar 2. 3 Gedung lokasi KP.....	16
Gambar 3. 1 Representasi Sinyal Suara dalam Domain Waktu dan Frekuensi.....	18
Gambar 3. 2 Sinyal Sinusoidal setelah Terkena <i>Noise</i>	19
Gambar 3. 3 Spektrum Daya <i>Pink Noise</i>	19
Gambar 3. 4 Spektrum Daya <i>White Noise</i>	20
Gambar 3. 5 Spektrum Daya <i>Blue Noise</i>	20
Gambar 3. 6 Spektrum Daya <i>Violet Noise</i>	21
Gambar 3. 7 Spektrum Daya <i>Brown Noise</i>	21
Gambar 3. 8 Blok <i>Spectral Subtraction</i>	22
Gambar 3. 9 Diagram Blok Sistem Utama.....	24
Gambar 3. 10 Gambar Tampilan Program.....	25
Gambar 3. 11 Tampilan <i>software SpectraPLUS-SC</i>	27

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Nilai SNR Sinyal Suara Terhadap <i>Noise</i>	27
Tabel 3. 2 Nilai THD+N Sinyal Suara Terhadap <i>Noise</i>	28

DAFTAR SINGKATAN

SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i>
THD+N	<i>Total Harmonic Distortion + Noise</i>
dB	<i>Decibel</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meluasnya era globalisasi yang terjadi, menimbulkan pengaruh positif dan negatif untuk negeri ini. Hampir semua bidang terkena dampak dari era globalisasi. Mulai dari bidang pendidikan, pariwisata, pekerjaan, budaya, sampai dengan kebijakan pemerintah pun nampaknya terkena dampak dari adanya globalisasi. Salah satu kebijakan pemerintah yang mungkin membuat sebagian kalangan merasa tertekan yaitu membuka pasar bebas untuk tenaga kerja diseluruh dunia untuk dapat bekerja di Indonesia. Akibatnya persaingan dalam mencari lapangan pekerjaan semakin sulit. Tidak hanya warga pribumi yang akan menjadi saingan dalam mencari pekerjaan, namun warga negara asing pun akan meramaikan persaingan dalam mendapatkan pekerjaan di Indonesia.

Maka dari itu pihak kampus yaitu Universitas Telkom melaksanakan program KP (kerja praktik) yang bertujuan untuk mengenalkan dunia pekerjaan kepada mahasiswa. Dengan diselenggarakannya kerja praktik mahasiswa menjadi lebih siap dan lebih dulu mengetahui bagaimana dalam menyikapi dunia kerja nantinya. Manfaat mengikuti proses kerja praktik dapat menumbuhkan pengalaman baru dan mengasah softskill yang akan sangat berguna untuk di dunia kerja yang sesungguhnya kelak.

PT Len Industri (Persero) menjadi tempat yang sangat ideal untuk melangsungkan kegiatan kerja praktik. Perkembangan perusahaan ini sangat pesat dari tahun – ketahun. Kontribusi perusahaan terhadap negara pun cukup banyak, melihat dari banyaknya produk – produk yang merambah hampir ke seluruh mancanegara. Contoh produk dari perusahaan yang banyak digunakan yaitu pembangkit listrik tenaga surya, persinyalan kereta api, dan peralatan di bidang pertahanan negara. Maka dari itu tempat kerja praktik yang dipilih kali ini yaitu PT Len Industri (Persero).

1.2 Lingkup Penugasan

Kerja praktik yang dilakukan di PT Len Industri (Persero) dimulai sejak tanggal 23 Mei 2016 dan berakhir pada 1 Juli 2016. Jam kerja yang berlaku di perusahaan yaitu mulai dari pukul 07.30 – 16.30 untuk bulan di luar bulan Ramadhan dan pukul 07.30 – 16.00 untuk di bulan Ramadhan. Selama masa kerja praktik ditempatkan di bagian Pusat Pengembangan

Teknologi dan Inovasi (PUSTEKIN). Tugas yang diberikan oleh pembimbing lapangan yaitu mempelajari tentang *Noise Reduction* menggunakan beberapa metode dengan menggunakan aplikasi Matlab R2009a.

1.3 Target Pemecahan Masalah

Berdasarkan kegiatan dan penugasan yang diberikan oleh pembimbing lapangan, maka target yang diharapkan dalam menyelesaikan tugas yaitu :

1. Mengetahui apa itu *Noise Reduction*.
2. Dapat mengoperasikan Matlab secara sederhana sesuai dengan kebutuhan program.
3. Mengetahui metode/ teknik untuk mengurangi *noise* dalam *voice*. *Voice* dan *noise* disini menggunakan file (.wav) yang sudah di rekam sebelumnya.
4. Mengetahui jenis – jenis *noise* yang sering terjadi pada sistem komunikasi.
5. Dapat membedakan kualitas suara yang baik setelah melakukan proses *Noise Reduction* dengan parameter *SNR*.

1.4 Pemecahan Masalah

Berdasarkan target pemecahan masalah maka yang harus dilakukan dalam pengerjaan tugas ini yaitu :

1. Mencari tau pengertian dari *Noise Reduction*
Pada tahap ini dilakukan identifikasi dari permasalahan yang ada menggunakan studi literatur. Literatur yang diambil berasal dari hasil penelitian-penelitian terbaru baik *paper journal* atau *paper conference* internasional serta *textbook* yang berkaitan dengan tema penelitian.
2. Menginstalasi aplikasi Matlab R2009a
Pada tahap ini membutuhkan aplikasi untuk mensimulasikan proses *noise reduction* yaitu Matlab R2009a.
3. Mencari tahu jenis *noise* yang sering terjadi
Pada tahap ini dilakukan identifikasi dari permasalahan yang ada menggunakan studi literatur. Literatur yang diambil berasal dari hasil penelitian-penelitian terbaru baik *paper journal* atau *paper conference* internasional serta *textbook* yang berkaitan dengan tema penelitian.

4. Menyediakan *file noise* dan *voice* dalam format (.wav)
Pada tahap ini *file noise* dan *voice* yang digunakan dalam format (.wav). menggunakan perekam suara pada *handphone* untuk mendapatkan *file* yang dibutuhkan.
5. Menggunakan metode *spectral subtraction* untuk mengurangi *noise*
Pada tahap ini melakukan pengujian bagaimana proses kerja dari metode *spectral subtraction*. Selanjutnya melakukan analisis berdasarkan grafik sinyal terhadap waktu dan *SNR* yang didapatkan sebelum dan setelah proses pengurangan *noise*.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Dalam tugas ini tidak menjelaskan proses *coding*.
2. Baik *file noise* ataupun *voice* sudah ditentukan.
3. Besar dimensi file suara dan *noise* telah sama.

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas ini adalah membuktikan bahwa metode *spectral subtraction* dapat digunakan untuk proses pengurangan *noise* pada file (.wav) yang berisi penjumlahan *voice* dengan.

1.7 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah, maka metode *spectral subtraction* dapat mengurangi *noise* dengan baik. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan besar *SNR* yang didapatkan dan dilihat dari perbedaan grafik sinyal terhadap waktu sebelum dan setelah dilakukan proses reduksi *noise*.

1.8 Ringkasan Sistematika Laporan

Ringkasan sistematika laporan penelitian ini akan membahas mengenai hal berikut :

1. BAB I Pendahuluan

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang penugasan KP yang mencerminkan tentang alasan mengapa mahasiswa memilih KP di Instansi tersebut. Lingkup penugasan KP yang mendeskripsikan tentang lingkup waktu, tempat pelaksanaan KP. Target pemecahan masalah KP yang mencerminkan target-target pencapaian yang diharapkan terjadi dalam menyelesaikan penugasan KP. Metode pelaksanaan tugas/pemecahan masalah, yang mendiskripsikan tentang cara-cara atau metoda yang digunakan pada waktu

kerja di lokasi dan cara penulisan laporan. Rencana dan penjadwalan kerja, berisikan jadwal langkah-langkah yang ditempuh dalam menyelesaikan penugasan pekerjaan. Ringkasan sistematika laporan, terdiri dari uraian singkat setiap bab yang dilaporkan.

2. BAB II Profil Institusi KP

Bab ini berisi tentang profil Perusahaan/Instansi, Struktur Organisasi, dan lokasi/unit pelaksanaan kerja. Profil Instansi/Perusahaan berisi gambaran singkat mengenai profil instansi tempat praktikan melakukan KP. Struktur Organisasi, menggambarkan hirarki manajerial beserta aliran kerja di Instansi/Perusahaan. Lokasi/unit pelaksanaan kerja, mendeskripsikan alokasi penempatan penugasan praktikan melakukan KP. Lokasi/unit pelaksanaan kerja, mendeskripsikan alokasi penempatan penugasan praktikan melakukan KP.

3. BAB III Kegiatan KP dan Pembahasan Kritis

Deskripsi keterlibatan mahasiswa tentang apa saja yang dikerjakan, kapan, berapa lama, dengan siapa, hasilnya apa, foto, gambar, bahan pendukung tentang KP yang dikerjakan. Dalam hal ini dapat dikaitkan dengan teori/konsep/metoda/teknik/prosedur, didukung oleh data dan catatan-catatan di logbook. Analisis kritis tentang pelajaran berharga yang dapat diambil selama KP, analisis terhadap pemecahan masalah yang diusulkan, perbandingan antara teori yang diperoleh dan implementasinya, dan pengalaman-pengalaman baik/buruk yang dialami.

4. BAB IV 4 Simpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang simpulan kegiatan KP yang bersifat komprehensif, menyeluruh, jelas, ringkas, dan padat; dan juga tentang saran-saran yaitu, saran untuk instansi/perusahaan atau pun proyek/kegiatan dari hasil KP dan saran tentang perbaikan substansi untuk memperkaya ilmu pengetahuan, khususnya ilmu-ilmu yang berkaitan dengan prodi-prodi di Fakultas Teknik Elektro.

BAB 2

PROFIL PERUSAHAAN KP

2.1 Profil Perusahaan

Didirikan sejak tahun 1965, LEN (Lembaga Elektronika Nasional) kemudian bertransformasi menjadi sebuah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) pada tahun 1991. Sejak saat itu, Len bukan lagi merupakan kepanjangan dari Lembaga Elektronika Nasional (LEN), tetapi telah menjadi sebuah entitas bisnis profesional dengan nama PT Len Industri. Saat ini Len berada di bawah koordinasi Kementerian Negara BUMN dengan kepemilikan saham 100% oleh Pemerintah Republik Indonesia. Selama ini, Len telah mengembangkan bisnis dan produk-produk dalam bidang elektronika untuk industri dan prasarana, serta telah menunjukkan pengalaman dalam bidang :

1. Broadcasting, selama lebih dari 30 tahun, dengan ratusan Pemancar TV dan Radio yang telah terpasang di berbagai wilayah di Indonesia.
2. Jaringan infrastruktur telekomunikasi yang telah terentang baik di kota besar maupun daerah terpencil.
3. Elektronika untuk pertahanan, baik darat, laut, maupun udara.
4. Sistem Persinyalan Kereta Api di berbagai jalur kereta api di Pulau Jawa dan Sumatera.
5. Sistem Elektronika Daya untuk kereta api listrik.
6. Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang telah terpasang diberbagai pelosok Indonesia.

PT Len Industri mempunyai visi dan misi sebagai berikut :

Visi : Menjadi perusahaan elektronika kelas dunia

Misi : Meningkatkan kesejahteraan *stakeholder* melalui inovasi produk elektronika industri dan prasarana

Teknologi yang dikembangkan Len mempunyai peran strategis dalam :

1. Meningkatkan kesejahteraan masyarakat, melalui produk-produk energi terbarukan.
2. Turut serta menjaga kedaulatan negara, dengan produk-produk pertahanan, transportasi dan ICT (*Information & Communication Technology*).

3. *Manufacturing*, sebagai teknologi pendukung kedua peran di atas.

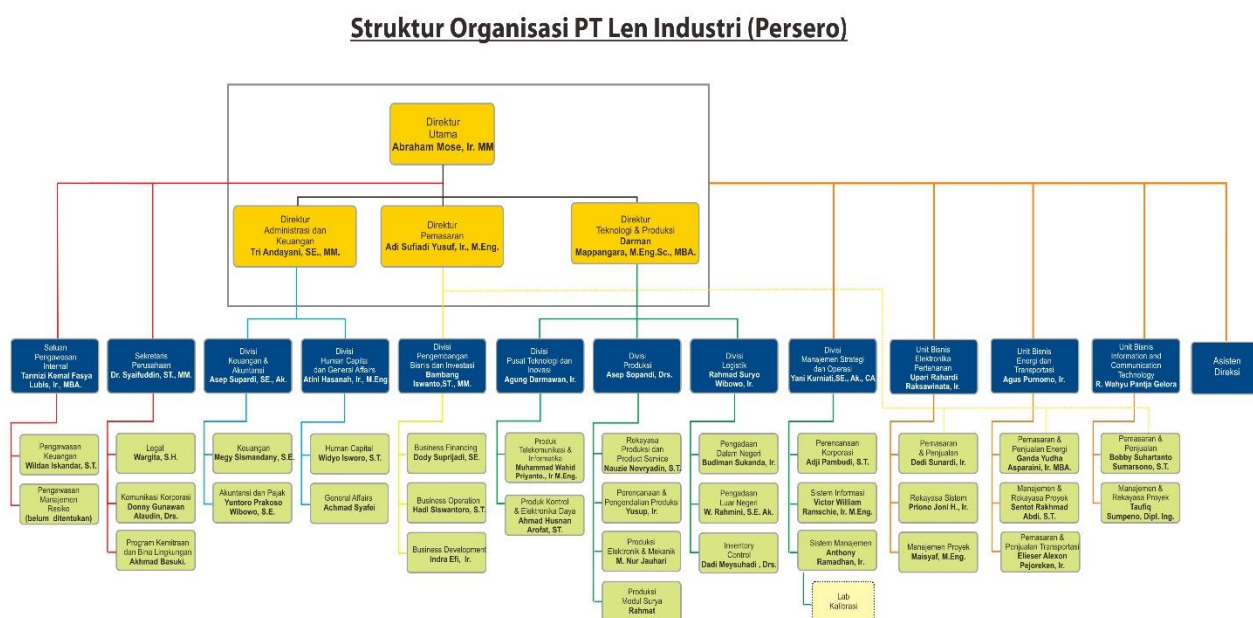
Semua usaha tersebut pada akhirnya bermuara pada target Len untuk mengembangkan kemandirian teknologi yang berdaya saing. Dalam Perubahan Anggaran Dasar Perusahaan Pasal 3 disebutkan bahwa maksud dan tujuan perusahaan adalah:

“Turut melaksanakan dan menunjang kebijakan dan program Pemerintah di bidang Ekonomi dan Pembangunan Nasional pada umumnya dan khususnya dalam bidang Industri Elektronika dan Prasarana, yang mencakup bidang-bidang Broadcasting, Multimedia, Teknologi Informasi, Elektronika Daya, Elektronika Energi, Jaringan Telekomunikasi, Sistem Pengendalian dan Pengaturan, Navigasi, Persinyalan Kereta Api, Elektronika Kelautan (Maritim), Elektronika Penerbangan (Avionics), Elektronika Pertahanan baik perangkat lunak maupun perangkat kerasnya, selanjutnya disebut Elektronika Industri dan Prasarana serta rekayasa di bidang keteknikan lainnya serta optimalisasi aset-aset Perseroan, dengan menerapkan prinsip-prinsip Perseroan Terbatas”.

RKAP 2015 merupakan milestone dalam pencapaian sasaran perusahaan jangka panjang. Dalam RJP Len tahun 2014-2019, sasaran jangka panjang perusahaan tahun 2019 adalah *”Menjadi perusahaan berstandar Global yang mampu mencapai lonjakan pertumbuhan kinerja yang signifikan, didukung oleh struktur modal yang kuat melalui inovasi, reposisi dan transformasi bisnis EPC dan Investasi”.*

2.2 Struktur Organisasi dan *Human Capital*

Struktur Organisasi PT Len Industri (Persero) Per Februari 2015.



Gambar 2. 1 Struktur Organisasi PT Len Industri

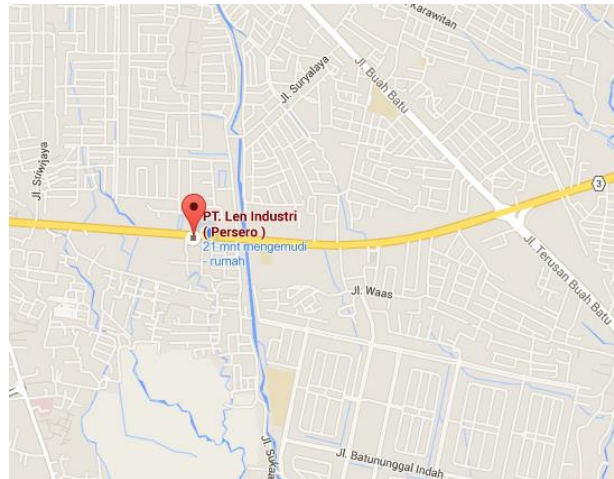
Sumber Daya Manusia merupakan aset utama bagi Len. Sebagai *priority asset*, sumber daya manusia Len dipersiapkan untuk mampu memberikan nilai tambah bagi perusahaan. Len senantiasa memperlakukan karyawannya sebagai aset yang paling berharga secara adil, dan menghargai setiap kontribusi yang diberikan baik secara individu maupun kelompok serta mendorong pemberdayaan dan pengembangan profesionalisme guna tercapainya kinerja terbaik.

Sebagai perusahaan yang terus tumbuh, secara natural kebutuhan Len terhadap *human resources* juga berlanjut dan meningkat. Pada tahun 2013, pegawai Len berjumlah 525 orang. Meningkat sebesar 8% dibanding tahun 2012 sebanyak 484 orang.

2.3 Lokasi Unit Pelaksanaan Kerja

Cukup banyak mahasiswa yang melaksanakan KP di PT Len, baik dari perguruan tinggi Telkom ataupun perguruan tinggi lainnya. Para siswa sekolah menengah kejuruan pun melaksanakan KP di PT Len. Dengan banyaknya jumlah peserta magang, pihak Diklat dari perusahaan membuat kebijakan untuk menyebarluaskan peserta KP ke beberapa bagian

atau divisi kerja yang berada di perusahaan. PT Len memiliki divisi kerja yang didukung oleh beberapa anak perusahaan yang lokasinya masih berada di lingkungan kerja PT Len. Selama periode kerja praktik, ditempatkan pada divisi PUSTEKIN. Divisi ini merupakan unit pengembangan teknologi di bidang telekomunikasi dan elektronika.



Gambar 2. 2 Peta lokasi KP

sumber : [https://www.google.co.id/maps/place/PT.+Len+Industri+\(+Persero+\)](https://www.google.co.id/maps/place/PT.+Len+Industri+(+Persero+))



Gambar 2. 3 Gedung lokasi KP

BAB 3

KEGIATAN KP DAN PEMBAHASAN KRITIS

3.1 Gambaran Umum

Penugasan yang diberikan oleh pembimbing lapangan termasuk ke dalam proses pengolahan sinyal yaitu reduksi *noise*. Dalam proses pengerjaannya membutuhkan aplikasi yang dapat digunakan untuk mengolah sinyal. Disini aplikasi yang digunakan yaitu Matlab R2009a dan SpectraPLUS – SC . Dengan menggunakan aplikasi ini tugas yang diberikan dapat terselaikan.

Reduksi *noise* adalah proses pengurangan *noise* yang terdapat pada sinyal informasi. Hal ini sangat diperlukan dikarenakan *noise* akan mempengaruhi sinyal aslinya ketika sampai di penerima dan meminimalisir kerusakan informasi yang akan diterima oleh *receiver*. Sinyal yang akan direduksi yaitu sinyal suara yang telah dijumlahkan dengan beberapa jenis *noise* yang pada umumnya terjadi dalam sitem komunikasi.

Untuk mengerjakan tugas ini selain membutuhkan aplikasi pengolahan sinyal, juga membutuhkan laptop/ PC dengan spesifikasi yang cukup memadai. Pada pengerjaan tugas ini menggunakan laptop dengan spesifikasi:

- Prosesor : Intel(R) Core(TM) i5-3317U CPU @1.70GHz (4 CPUs), ~1.7GHz.
- Memory : 4 GB RAM.
- OS : Windows 10 Home 64-bit (10.0, Build 10586).

Semakin tinggi spesifikasi laptop yang digunakan semakin cepat proses *running* program dan akan memudahkan proses pengerjaan.

3.2 Dasar Teori

Berikut teori yang menunjang pembuatan laporan yaitu diantaranya :

3.2.1 Sinyal Suara

Sinyal didefinisikan sebagai sebuah kuantitas fisik yang membawa pesan atau informasi [2]. Sedangkan, sura merupakan bunyi yang dapat didengar oleh manusia yang memiliki frekuensi 20 – 20000 Hz. Sinyal suara dapat direpresentasikan dalam domain waktun ataupun frekuensi. Dalam domain frekuensi sinyal suara terdiri dari satu atau lebih sinyal sinusoidal dengan frekuensi dan intensitas yang berbeda Gambar 3.1 merupakan

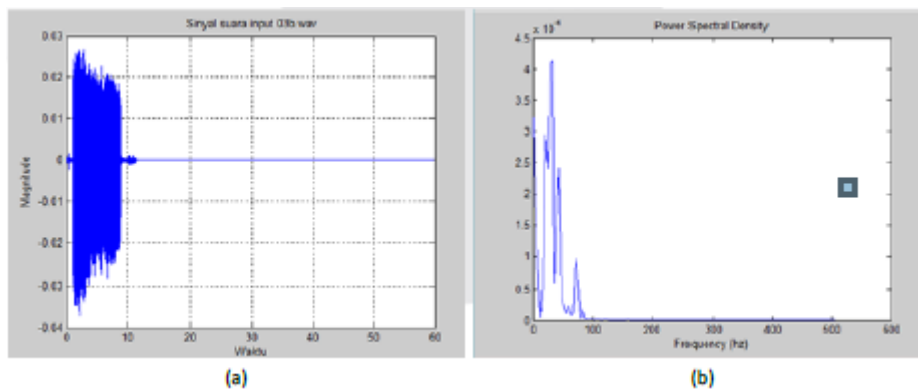
gambar representasikan sinyal suara dalam domain waktu dan frekuensi. Dalam domain frekuensi, sinyal suara menggambarkan intensitas dari komponen penyusunnya. Untuk mengubah sinyal suara dalam domain waktu ke dalam domain frekuensi dilakukan dengan transformasi *fourier*. Transformasi *fourier* bertujuan untuk mengubah domain waktu suatu sinyal ke dalam domain frekuensi. Dimana persamaan *Courier* tertulis pada persamaan 1.

$$X(F) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t). e^{-2j\pi ft} dt \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$e^{-2j\pi ft} = \cos(2\pi ft) - j \sin(2\pi ft) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Sedangkan untuk mengubah sinyal dari domain frekuensi ke dalam domain waktu dapat dilakukan dengan *inverse fourier transform* (IFT). Persamaan IFT itu sendiri adalah:

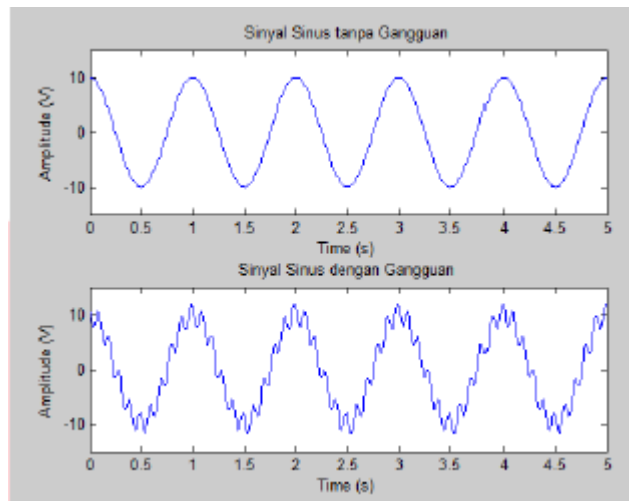
$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(F). e^{-2j\pi ftd}F \quad \dots\dots\dots (3)$$



Gambar 3. 1 Representasi Sinyal Suara dalam Domain Waktu dan Frekuensi

3.2.2 Noise

Gangguan yang diakibatkan oleh *noise* dapat merusak bahkan merubah sinyal informasi. Pada Gambar 3. 2 merupakan gambar sinyal sinus (atas) dan sinyal sinus dengan gangguan (bawah). Terlihat *noise* dapat merubah bentuk gelombang asli. Sehingga penerima tidak dapat membedakan sinyal informasi sebenarnya dari gelombang sinus tersebut. *Noise* juga dapat merusak bentuk sinyal asli, menambah atau mengurangi amplitudo, mempercepat atau memperlambat waktu, dan bentuk perubahan lainnya.

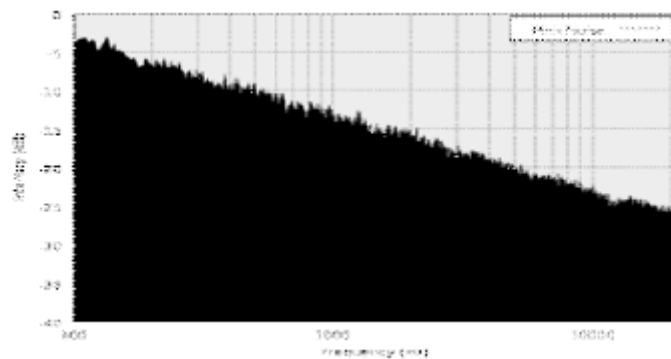


Gambar 3. 2 Sinyal Sinusoidal setelah Terkena Noise

Secara umum terdapat dua jenis sumber *noise*. Yang pertama *external noise* (derau yang berasal dari luar perangkat) dan *internal noise* (derau yang timbul dari perangkat). Pada pengerjaan tugas ini *noise* yang dipakai dibatasi hanya pada *white noise*, *pink noise*, *brown noise*, *blue noise*, *violet noise* yang merupakan bentuk *noise* yang paling banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari [3].

3.2.2.1 Pink Noise

Pink noise adalah *noise* yang intensitas (dB) jika dibandingkan dengan *white noise*, *pink noise* akan turun tiga dB per oktaf (kepadatan sebanding dengan $1/f$). Sehingga *pink noise* sering disebut $1/f$ *noise*. Spektrum *pink noise* dapat dilihat pada Gambar 3.3, dimana semakin tinggi frekuensi maka nilai intensitas (dB) semakin turun. Namun jika menggunakan telinga manusia, maka setiap oktaf mengandung jumlah energi yang sama [5].

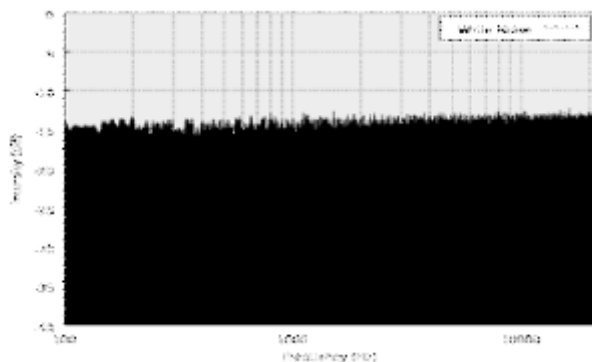


Gambar 3. 3 Spektrum Daya *Pink Noise*

3.2.2.2 White Noise

White noise adalah jenis gangguan acak yang statis. Gangguan ini disebut *white noise* karena terdiri dari spektrum penuh frekuensi gelombang, yang dapat dianalogikan

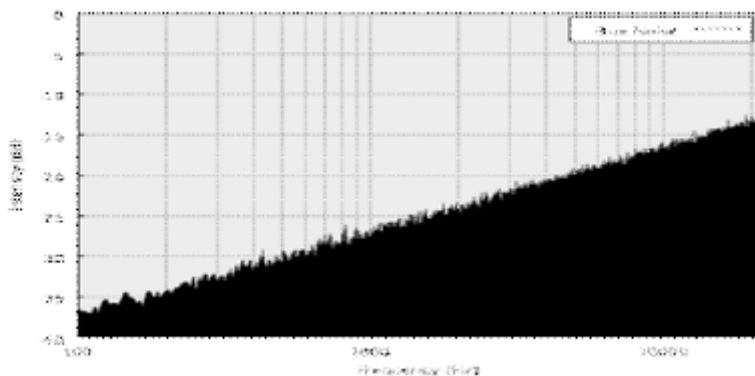
dengan cahaya putih dimana warna putih adalah kombinasi penuh dari spektrum warna yang terlihat [4]. Sebuah sinyal dianggap sebagai *white noise* jika memiliki spektrum datar pada pita frekuensi seperti yang terlihat pada Gambar 3.3 , bahwa pita spektrum frekuensi datar, yang artinya nilai intensitas (dB) pada setiap frekuensi relatif konstan.



Gambar 3. 4 Spektrum Daya *White Noise*

3.2.2.3 *Blue Noise*

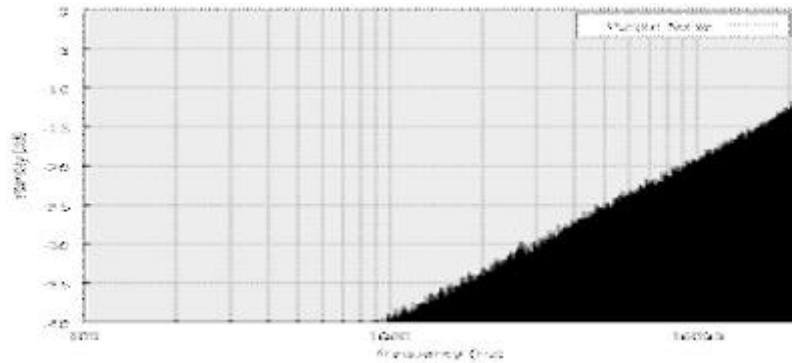
Blue noise merupakan kebalikan dari *pink noise*. Kerapatan daya *blue noise* meningkat 3dB per oktaf dengan meningkatnya frekuensi, artinya kerapatan sebanding dengan f [8]. Spektrum *blue noise* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Spektrum Daya *Blue Noise*

3.2.2.4 *Violet Noise*

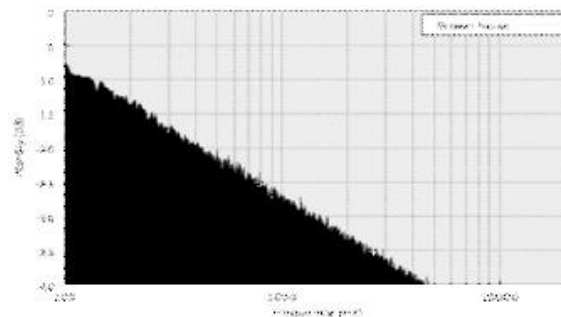
Violet noise adalah *noise* yang kerapatan dayanya meningkat 6 dB per oktaf seiring dengan frekuensi yang lebih tinggi, atau dengan kata lain kepadatan berbanding dengan f^2 . Didapatkan dari diferensial *white noise* [8]. Spektrum dapat dilihat pada Gambar 3.6 .



Gambar 3. 6 Spektrum Daya *Violet Noise*

3.2.2.5 *Brown Noise*

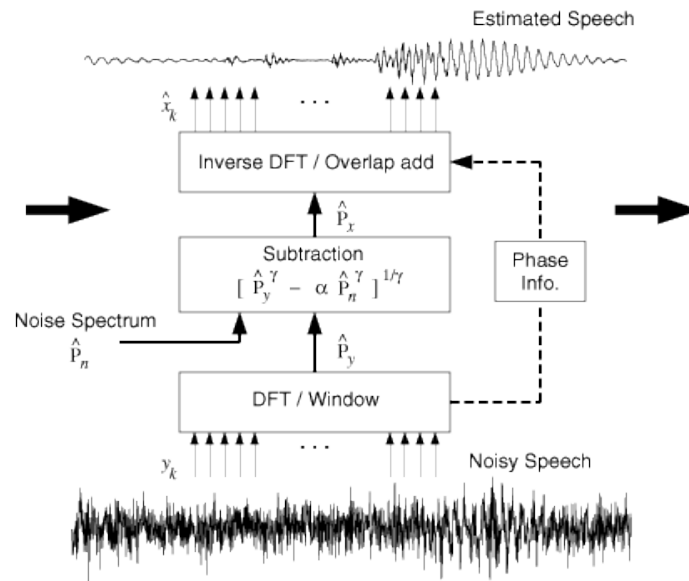
Noise yang dihasilkan memiliki kerapatan spektral yang berbeda, saat daya (P) spektrum (f) berbanding lurus dengan $1/f$ beta untuk $\beta \geq 0$. Ketika $\beta=0$ ($1/f^0$) *noise* tersebut disebut *white noise*, jika $\beta=2$ ($1/f^2$), maka *noise* tersebut disebut sebagai *brown noise* [6]. Nama *brown* diberikan bukan karena *spectrum* daya yang menunjukkan bahwa berwarna coklat (*brown*), melainkan karena korupsi gerak *brown*, yang ditemukan Robert Brown pada tahun 1828 pada partikel air. Juga dikenal sebagai *random walk* atau *drunkard's walk* [7].



Gambar 3. 7 Spektrum Daya *Brown Noise*

3.2.3 *Spectral Substraction*

Spectral Substraction merupakan salah satu metode penghilangan *noise* yang sering digunakan karena metodenya yang relatif lebih sederhana dan proses implementasi yang mudah.



Gambar 3. 8 Blok *Spectral Subtraction*

Gambar di atas menjelaskan proses yang terjadi dalam metode *Spectral Subtraction*. Seperti dapat dilihat dari gambar di atas, *short-term power spectrum* dari sinyal musik yang bercampur dengan *noise* (\hat{P}_y) dihitung untuk kemudian dikurangi dengan estimasi dari *short-term noise spectrum* (\hat{P}_n) untuk menghasilkan estimasi *spectrum* dari sinyal musik asli yang bersih dari *noise* (\hat{P}_x). Secara persamaan dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$\hat{P}_x = [\hat{P}_y^\gamma - \alpha \hat{P}_n^\gamma]^{1/\gamma} \dots\dots\dots (4)$$

Di mana faktor skala merupakan skala α untuk menentukan *emphasis* dan *deemphasis* dari estimasi *noise* sedangkan γ memungkinkan adanya variasi, termasuk *power subtraction* ($\gamma = 1$), dan *magnitude subtraction* ($\gamma = 0.5$). Hasil estimasi dari sinyal suara asli (\hat{P}_x) kemudian digabungkan dengan fasa dari sinyal musik yang bercampur dengan *noise* untuk menghasilkan perkiraan dari hasil *Fourier Transform* dari χ . Langkah akhir yang dilakukan adalah proses penerapan *inverse Fourier Transform* untuk menghasilkan *waveform* sinyal suara asli dalam domain waktu.

3.2.4 Matlab

Merupakan sebuah interactive program yang dipakai untuk *numerical computation* dan data *visualization*. Terdapat banyak *tool* yang tersedia di dalamnya yang membantu dan memudahkan *engineer* dalam mendesain, memperhitungkan, serta menganalisis suatu

penelitian. Dalam laporan ini Matlab digunakan sebagai media untuk melakukan proses penjumlahan sinyal suara dengan *noise* dan melakukan proses reduksi *noise*.

3.2.5 SpectraPLUS

Merupakan sebuah program yang digunakan untuk menganalisis suatu sinyal. Terdapat banyak *tool* yang tersedia di dalamnya yang membantu memudahkan untuk mencari parameter sinyal yang diinginkan. Dalam laporan ini program digunakan untuk mencari seberapa nilai SNR dan THD+N dari suatu sinyal suara yang telah ditentukan.

3.2.6 SNR (Signal to Noise Ratio)

SNR merupakan perbandingan dua sinyal yang mana dibandingkan selisih perbedaan yang terbentuk antara kedua sinyal tersebut dibanding dengan sinyal aslinya. SNR merupakan perbandingan daya rata-rata sinyal dengan daya *noise*. Semakin tinggi nilai SNR (dalam dB) maka semakin baik kualitas suatu sinyal suara. Dengan begitu pada pengerjaan tugas kali ini dapat mengetahui perbedaan kualitas suara berdasarkan nilai SNR yang didapatkan.

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \dots\dots\dots (5)$$

3.2.7 THD+N (Total Harmonic Distortion + Noise)

Total Harmonic Distortion (THD) merupakan nilai prosentase antara total komponen harmonisa dengan komponen fundamentalnya. Semakin besar prosentase THD ini menyebabkan semakin besarnya risiko kerusakan peralatan akibat harmonisa yang terjadi pada arus maupun tegangan. THD+N (Total Harmonic Distortion + *Noise*) itu sendiri sama dengan pengertian THD namun komponen harmonisanya yang telah dijumlahkan dengan *noise*.

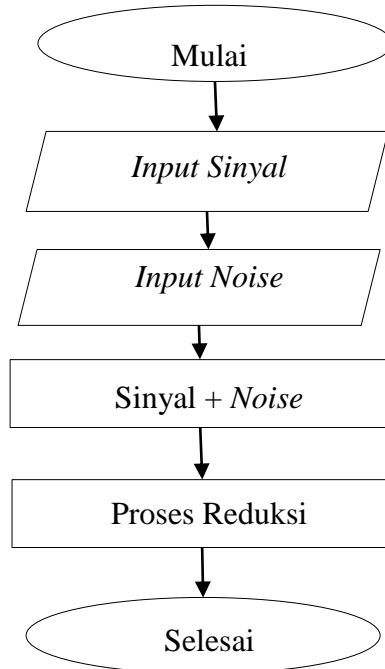
$$THD+N = \frac{\sum_{n=2}^{\infty} \text{harmonics} + \text{noise}}{\text{fundamental}} \dots\dots\dots (6)$$

3.3 Implementasi Sistem

Dalam implementasi sistem reduksi *noise* dibutuhkan dua input berupa sinyal suara dan *noise*. Kedua sinyal tersebut dijumlahkan dalam *value* yang telah disamakan. Hasil penjumlahan tersebut kemudian mengalami perbaikan dengan metode *spectral subtraction*.

3.3.1 Pemodelan Sistem

Berikut ini diagram blok sistem yang digunakan untuk reduksi *noise* sinyal suara :



Gambar 3. 9 Diagram Blok Sistem Utama

3.3.2 Input Sinyal Suara

Pada blok ini terjadi proses membuka dan membaca *file* suara dengan format *.wav*. Setelah *file* suara diinput akan dilakukan plot sinyal *input* dalam domain waktu pada *axes* yang telah disediakan. Selanjutnya sinyal dalam domain waktu tersebut disimpan dalam variabel untuk digunakan ke blok sinyal + *noise*.

3.3.3 Input Noise

Pada blok ini terjadi proses membuka dan membaca *file noise* dengan format *.wav*. Setelah *file noise* diinput akan dilakukan plot *noise* dalam domain waktu pada *axes* yang telah disediakan. Selanjutnya *noise* dalam domain waktu tersebut disimpan dalam variabel untuk digunakan di blok sinyal + *noise*.

3.3.4 Penjumlahan Sinyal dengan Noise

Blok selanjutnya merupakan tempat terjadinya proses penjumlahan antara sinyal suara dengan *noise*. Sebelum penjumlahan dilakukan, *value* kedua sinyal disamakan terlebih dahulu agar proses penjumlahan dapat dilakukan. Selanjutnya hasil penjumlahan di plot

dalam domain waktu pada *axes* yang telah disediakan. Kemudian hasil dalam domain waktu tersebut disimpan dalam variabel untuk proses selanjutnya yaitu proses reduksi.

3.3.5 Proses Reduksi

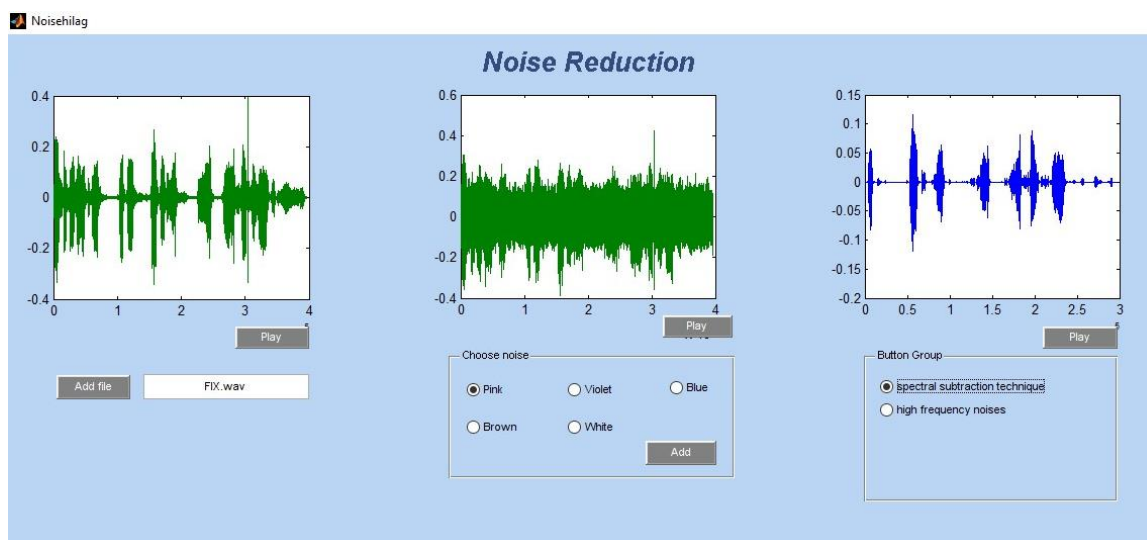
Pada blok ini merupakan proses terjadinya reduksi dengan metode *spectral subtraction*. Sinyal yang diolah pada tahap ini adalah sinyal hasil dari penjumlahan sinyal suara dengan *noise* pada blok sebelumnya. Hasil yang di dapat kemudian akan di plot pada *axes* yang telah disediakan.

3.4 Hasil dan Pembahasan

Kerja praktik selama periode 23 Mei – 1 Juli 2016 menghasilkan program sederhana yang dibangun pada aplikasi Matlab R2009a berupa GUI (*Graphic User Interface*) untuk proses reduksi *noise* pada sinyal suara yang sudah tercampur dengan *noise*. Indikator sinyal berhasil di reduksi yaitu dengan melihat nilai SNR dan THD+N sebelum dan sesudah proses reduksi *noise*. Apabila ada perubahan pada nilai tersebut sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan, maka sinyal berhasil di reduksi dengan baik.

3.4.1 GUI (*Graphic User Interface*)

Dalam tugas akhir ini, penulis menggunakan *GUIDE* (*Graphical User Interface Design*) yang merupakan program built-in dari MATLAB untuk mempermudah merancang tampilan GUI.



Gambar 3. 10 Gambar Tampilan Program

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa program ini terdiri dari beberapa panel dan tombol dengan memiliki fungsi masing-masing, antara lain :

- Tombol *Add file*

Tombol ini berfungsi untuk mencari *file* dalam laptop yang kemudian akan di proses oleh Matlab agar dapat di plot pada *axes1* yang berada pada kiri gambar diatas. *File* yang digunakan berekstensi (.wav) .

- Tombol *Play*

Ketiga tombol *Play* yang terdapat pada gambar diatas berfungsi untuk menjalankan *file* (.wav) yang telah dibaca dan diproses pada program, keluarannya berupa suara. Tombol *play* pertama (kiri) berfungsi untuk menjalankan *file* yang telah di proses pada tombol *Add file*. Tombol *play* kedua (tengah) berfungsi untuk menjalankan *file* hasil dari penjumlahan sinyal suara dengan *noise* yang telah dipilih.

Tombol *play* ketiga (kanan) berfungsi untuk menjalankan *file* suara yang telah melalui proses reduksi.

- Panel *Choose noise*

Panel ini berfungsi untuk menentukan jenis *noise* yang akan digunakan untuk kemudian dijumlahkan dengan *file* suara yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya. Jenis *noise* yang tersedia telah berisikan *file noise* yang berekstensi (.wav).

- Tombol *Add*

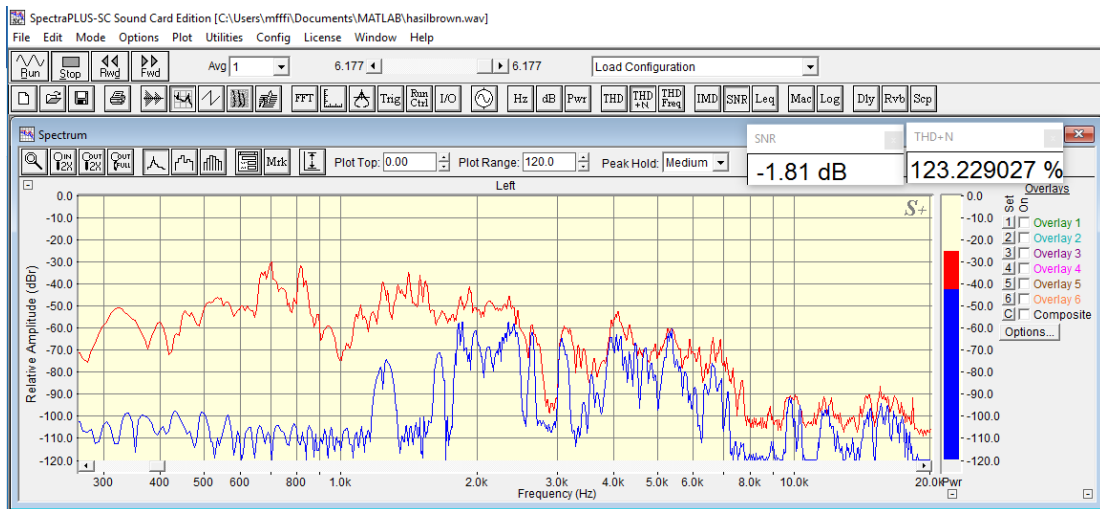
Tombol add yang terdapat pada panel *choose noise* berfungsi untuk menjalankan perintah penjumlahan sinyal suara dengan *noise* yang telah dipilih. Lalu setelah proses penjumlahan berhasil dilakukan selanjutnya sinyal hasil penjumlahan akan di plot pada *axes2* yang berada di tengah pada gambar diatas.

- Panel *Choose metode*

Panel ini berfungsi untuk menentukan metode apa yang akan digunakan untuk proses reduksi *noise*. Namun pada laporan ini yang dibahas hanya metode *spectral subtraction*. setelah metode dipilih selanjutnya hasil dari reduksi *noise* akan di plot pada *axes3* yang berada pada gambar diatas.

3.4.2 Hasil SNR dan THD+N

GUI diuji dengan *file* suara yang telah ditentukan yang berekstensi (.wav). *File* suara didapatkan dari melakukan *recording*. Proses pencampuran *noise* dilakukan berulang dengan jenis *noise* yang berbeda – beda menggunakan Matlab. Sedangkan untuk mencari hasil SNR dan THD+N digunakan *software* SpectraPLUS-SC yang mempunyai fungsi untuk menganalisa data - data yang dimiliki pada *file* suara.



Gambar 3. 11 Tampilan *software* SpectraPLUS-SC

Hasil dari percobaan ditunjukkan pada tabel 3.1 untuk nilai SNR dan pada tabel 3.2 untuk nilai THD+N.

Tabel 3. 1 Nilai SNR Sinyal Suara Terhadap *Noise*

NO	Jenis <i>Noise</i>	SNR (dB) sinyal tanpa <i>noise</i>	SNR (dB) sinyal bernoise	SNR (dB) setelah perbaikan
1	pink	5,9	-4,66	17,98
2	white	5,9	-5,59	16,68
3	blue	5,9	-7,21	17,28
4	violet	5,9	-7,01	17,45
5	brown	5,9	-3,81	-1,81

Tabel 3. 2 Nilai THD+N Sinyal Suara Terhadap *Noise*

NO	Jenis <i>Noise</i>	THD+N (%) sinyal tanpa <i>noise</i>	THD+N (%) sinyal bernoise	THD+N (%) setelah perbaikan
1	pink	50,72	171,09	12,62
2	white	50,72	190,23	14,65
3	blue	50,72	229,46	13,68
4	violet	50,72	224,25	13,41
5	brown	50,72	155,13	123,22

3.5 Analisis Kerja

Setelah melalui semua proses kerja praktik selama periode yang telah ditentukan banyak yang telah didapatkan. Selain hasil dari penugasan, banyak hal yang didapatkan dari kerja praktik salah satunya yaitu pengalaman bekerja yang akan berguna di kemudian hari.

3.5.1 Pelajaran Berharga

Banyak pelajaran berharga yang didapatkan dari kegiatan KP di PT. Len Industri (Persero). Berikut adalah pelajaran berharga yang didapatkan :

- Melalui pengerjaan tugas, banyak menambah wawasan
- Pentingnya berkomunikasi dengan orang di lingkungan kerja
- Terlatih untuk menyusun laporan secara sistematis
- Mendapatkan gambaran singkat tentang pemrosesan sinyal suara
- Mengetahui cara untuk mereduksi sinyal dengan metode *spectral subtraction*
- Menyadari bahwa tidak mudah untuk bekerja setiap hari mulai pagi hingga sore
- Dapat menggunakan waktu dengan lebih bijaksana
- Menyadari bahwa *skill* sangat dibutuhkan di dunia kerja
- Menambah *softskill* yang akan berguna dikemudian hari
- Menambah teman
- Mengetahui kebiasaan / aturan yang ada di kantor khususnya di PT. Len Industri

3.5.2 Analisis Pemecahan Masalah

Berdasarkan hasil dari SNR dan THD+N yang ditunjukkan pada tabel 3.1 dan 3.1 dapat membuktikan bahwa proses reduksi sinyal telah berhasil dilakukan. Indikasi berhasilnya proses reduksi yaitu adanya perubahan nilai SNR dan THD+N menjadi lebih baik.

Nilai SNR dikatakan menjadi lebih baik yaitu dengan adanya perubahan nilai SNR (dB) pada sinyal *bernoise* dengan sinyal hasil perbaikan. Semakin besar nilai SNR (dB) maka semakin baik pula kualitas sinyal suaranya. Perhitungan SNR pada sinyal tanpa *noise* diperlukan untuk membuktikan bahwa ketika sinyal suara telah *bernoise* akan mengurangi nilai SNR nya. Hal tersebut terjadi karena ketika sinyal suara yang telah *bernoise* akan mengalami penurunan kualitas suara. *Noise* juga dapat merusak bentuk sinyal asli, menambah atau mengurangi amplitudo, mempercepat atau memperlambat waktu, dan bentuk perubahan lainnya. Perubahan karakteristik sinyal asli ini yang kemudian mempengaruhi berubahnya nilai SNR. Pada tabel 3.1 menyatakan bahwa *blue noise* yang sangat menurunkan nilai SNR pada sinyal asli. Nilai SNR pada sinyal asli yaitu 5,9 dB, setelah dicampur dengan *blue noise* nilai SNR nya turun menjadi -7,21 dB, namun setelah mengalami perbaikan, nilai SNR menjadi bertambah bahkan melebihi nilai sinyal tanpa *noise* dengan nilai SNR 17,28 dB.

Perubahan nilai THD+N yang signifikan pun dialami oleh sinyal suara yang telah dicampur dengan *blue noise*. Semakin kecil nilai THD+N pada suatu sinyal suara maka semakin baik kualitasnya. Nilai THD+N sinyal suara tanpa *noise* yaitu 50,72%. Ketika sinyal suara telah *bernoise blue* nilai THD+N nya berubah menjadi 229,46% , nilai tersebut lebih besar dari nilai THD+N sinyal yang bercampur dengan jenis *noise* lainnya. Hal itu menunjukkan bahwa *blue noise* sangat mempengaruhi penurunan kualitas sinyal suara dibandingkan dengan jenis *noise* lainnya.

Terdapat kenjanggalan dalam uji coba aplikasi ini saat sinyal suara dengan *noise* tipe *brown* diperbaiki. Hasil dari percobaan perbaikan sinyal suara dengan *brown noise* tidak seperti hasil suara dengan *noise* yang lain, bahkan nilai THD+N menjadi tidak akurat. Meskipun menunjukkan adanya perbaikan pada sinyal sebelum dan setelah di reduksi, namun nilai SNR dan THD+N sinyal setelah mengalami perbaikan jauh lebih buruk dari nilai SNR dan THD+N sinyal aslinya. Hal tersebut dikarenakan oleh karakteristik *brown noise* yang berbeda dengan jenis *noise* lainnya. Ketidak-akuratan ini disebabkan oleh karakteristik dari *brown noise* yang merupakan *random walk noise*, atau juga disebut *drunkard walk noise*, sehingga membuat sinyal yang mengalami gangguan ini menjadi susah untuk dikenali.

3.5.3 Perbandingan Teori dengan Implementasi

Berdasarkan teori yang dicantumkan pada laporan ini dan implementasinya menunjukkan adanya keterkaitan antara teori dengan praktik. Benar menurut teori bahwa gangguan yang diakibatkan oleh *noise* dapat merusak bentuk sinyal asli, menambah atau mengurangi amplitudo, mempercepat atau memperlambat waktu, dan bentuk perubahan pada sinyal informasi. Sehingga penerima tidak dapat membedakan sinyal informasi sebenarnya dari sinyal asli yang dikirimkan oleh *transmitter*.

Hal tersebut dapat dibuktikan dengan tabel 3.1 dan tabel 3.1. Secara singkat tabel diatas menunjukkan adanya perubahan kualitas sinyal asli setelah bercampur dengan *noise*. Perubahan kualitas dapat dilihat dari perbandingan nilai SNR dan THD+N sinya asli dengan sinyal yang telah bercampur dengan *noise*.

3.5.4 Pengalaman Selama KP

Banyak pengalaman yang didapat selama KP di PT Len Industri. Umumnya pengalaman yang didapat telah disampaikan pada tulisan sebelumnya mengenai pelajaran berharga yang didapat selama KP. Namun pengalaman yang paling berkesan yang didapat selama KP yaitu mendapatkan tugas yang bahkan sama sekali tidak disukai dan dikuasai.

Pada proposal permohonan KP yang diberikan ke perusahaan sudah tertera bahwa perminatan yang diminati yaitu di bidang transmisi dan jaringan. Ternyata setelah hari pertama KP tiba, penugasan yang diberikan benar benar diluar ekspektasi karena tugas yang diberikan mengenai sinyal. Namun melihat kondisi seperti itu tidak mengurangi semangat untuk menjalani KP dan mengerjakan tugas yang diberikan. Dengan keadaan demikian justru menimbulkan semangat yang lebih untuk mengerjakan tugas dan melakukan hal diluar zona nyaman. Pada akhirnya alhamdulillah tugas dapat terselesaikan.

BAB 4

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

- Algoritma *spectral subtraction* dapat mereduksi *noise* dengan baik dilihat dari hasil perubahan nilai SNR dan THD+N sinyal sebelum dan sesudah di reduksi.
- *Brown noise* memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis *noise* lainnya. Dikarenakan karakteristik dari *brown noise* yang merupakan *random walk noise*, atau juga disebut *drunkard walk noise*, sehingga membuat sinyal yang mengalami gangguan ini menjadi susah untuk dikenali.
- Hasil reduksi sinyal bernoise tipe *brown* dengan menggunakan algoritma *spectral subtraction* mengalami hasil yang tidak memuaskan. Nilai SNR yang didapat dari hasil perbaikan semakin menurun dibandingkan dengan nilai SNR sinyal aslinya begitu pula dengan nilai THD+N nya. Hal tersebut terjadi dikarenakan karakteristik *brown noise* itu sendiri.
- Pembuktian hasil perbaikan dapat menggunakan cara yang lain, yaitu dengan membandingkan *waveform* dan mendengarkan *file* hasil setiap kali dilakukan perbaikan pada suara. Pengujian tersebut mengandalkan indera pendengaran untuk meneliti hasil dari reduksi yang sudah dilakukan.

4.2 Saran

- Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam proses reduksi *noise* sebaiknya memadukan dengan algoritma lain untuk pengenalan *noise* sehingga pengenalan *noise* dapat dilakukan secara langsung
- Gunakan pembuktian perbaikan kualitas sinyal suara dengan membandingkan *waveform* dan mendengarkan *file* hasil setiap kali dilakukan perbaikan pada suara. Pengujian tersebut mengandalkan indera pendengaran untuk meneliti hasil dari reduksi yang sudah dilakukan.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Imam Abdul Mahmudi, Suwandi, Hertiana Bethaningtyas. 2015. APLIKASI REDUKSI *NOISE* DALAM PERBAIKAN KUALITAS SUARA UNTUK DETEKSI GANGGUAN PITA SUARA PADA JARINGAN NIRKABEL MENGGUNAKAN ALGORITMA FASTICA. Bandung : Telkom University.
- [2] (Gunawan, D., 2012. Pengolahan Sinyal Digital dengan Pemrograman MATLAB. Pertama penyunt. Yogyakarta: Graha Ilmu.)
- [3] Kosko, Bart. 2008. What is *Noise*? <http://www.isepp.org>. Diakses tanggal 9 Desember 2010.
- [4] Kurtus, Ron. 2006. *Waveform noise*. http://www.school-forchampions.com/science/waves_noise.htm. (diakses tanggal 3 Januari 2011).
- [5] Andyanto, Dhanis. Understanding Pink *Noise*. <http://www.helium.com/items/1213816-pink-noise-flicker-noise-or-1f-noise?page-1>. Diakses tanggal 3 Januari 2011.
- [6] Bourke, Paul. 1998. Generating *Noise* With Different Power Spectral Laws. <http://paulbourke.net/fractals/noise/>. Diakses tanggal 3 Januari 2011.
- [7] McClintock, Peter V. E. 1999. Random Fluctuations: Unsolved Problems of *Noise*. <http://www.nature.com/nature/journal/v401/n6748/full/401023a0.html>. Diakses tanggal 20 Desember 2010.
- [8] Nachbaur, Fred. 2002. Audio System Test Files. <http://www.dogstar.dantimax.dk/testwavs/>. Diakses tanggal 12 Desember 2010.

LAMPIRAN – LAMPIRAN

- I. Copy Surat Lamaran ke PT. LEN Industri
- II. Copy balasan Surat Lamaran dari PT. LEN Industri
- III. Lembar Penilaian Pembimbing Lapangan dari PT. LEN Industri
- IV. Lembar Berita Acara Presentasi dan Penilaian Pembimbing Akademik
- V. *Logbook*