

KEMUNGKINAN IDENTIFIKASI USIA MESIN BUS MELALUI KARAKTER SUARA MESIN

SKRIPSI

Untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh :

Panji Hidayatullah

11 524 031

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2018

LEMBAR PENGESAHAN

**KEMUNGKINAN IDENTIFIKASI USIA MESIN BUS MELALUI KARAKTER
SUARA MESIN**

**TUGAS AKHIR
ISLAM**
Diajukan sebagai Salah Satu syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Disusun Oleh:

**Panji Hidayatullah
11 524 031**

الجامعة الإسلامية
Yogyakarta, 30 Juli 2018

Menyetujui,

Pembimbing

Dr. Eng. Hendra Setiawan, ST., MT.
025200526

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

KEMUNGKINAN IDENTIFIKASI USIA MESIN BUS MELALUI KARAKTER SUARA MESIN

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Panji Hidayatullah

11 524 031

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 23 Juli 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : **Dr.Eng. Hendra Setiawan, ST, MT,**

Anggota Penguji 1: **Yusuf Aziz Amrulloh, ST, M.Eng, Ph.D,**

Anggota Penguji 2: **Alvin Sahroni, ST, M.Eng, Ph.D,**

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 23 Juli 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Eng Hendra Setiawan, S.T, M.T.

025200526

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 30 Juli 2018



Ranji Hidayatullah

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, rasa syukur tiada terkira kehadiran Allah SWT atas karunia dan nikmat yang telah diberikan sehingga Tugas Akhir dengan judul “kemungkinan identifikasi usia mesin bus melalui karakter suara ” ini selesai dengan baik dan lancar. Tidak lupa shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW, yang menjadi uswatun khasanah bagi umatnya.

Melalui Tugas Akhir ini penulis berharap semoga karya ini bisa memberikan manfaat bagi seluruh pembaca. Banyak kesan suka dan duka yang mengiringi dalam proses Tugas Akhir ini. Alhamdulillah semuanya dapat penulis lewati dengan usaha, doa dan ikhtiar.

Rasa terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Atas dukungan, bimbingan, kerjasama, fasilitas, dan serta dorongan saya ucapkan rasa terima kasih ini kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T, M.T selaku Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing, mendampingi, serta bersabar selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Sisdarmanto Adinandra, S.T, M.Sc, Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro, terimakasih atas bimbingan selama kuliah di Jurusan Teknik Elektro.
5. Mbak Puji yang selalu membantu memberi arahan administrasi di kampus.
6. Teman-teman Elektro secara keseluruhan dan teman-teman Elektro 2011 lainnya yang telah memberikan dukungan dan semangat.

7. Ibu dan ayah tercinta, adik – adik saya, Khairunnisa, Danda Zikril Hidayat, Dandi Zikril Hidayat dan juga sosok wanita hebat Yana Mutiara Pertiwi yang tak henti-hentinya selalu memberikan doa, cinta dan segala dukungan.
8. Saudara – saudaraku di Warning yang selalu memberikan supportnya.
9. Saudara – saudaraku di Nusantaride yang terus memberi motivasinya.
10. Dan banyak pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan, yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, masih banyak kekurangan - kekurangan karena keterbatasan ilmu yang dimiliki. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun dan solutif demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga apa yang telah didapat dari Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi para pembaca dan penggunanya. Amin...

Yogyakarta, 30 Juli 2018

Penulis

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Arti Lambang

f : Frekuensi (Hz)

f_0 : Frekuensi Dasar (Hz)

$f_{1,2,3}$: Frekuensi Penyusun (Hz)

dB : Desibel

Arti Istilah

Noise : sinyal-sinyal yang tidak diinginkan.

Tempramen : sistem tuning yang mengacu pada sub divisi oktav.

Arti Singkatan

FFT : Fast Fourier Transform

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada korelasi antara suara dan jarak tempuh terhadap beberapa variabel karakter suara mesin bis. Penelitian ini dilakukan terhadap 10 unit bis dengan kapasitas mesin 8.000 hingga 12.000 cc. Jenis mesin dari obyek yang diamati berjenis mesin belakang yaitu HINO RK8, MERCY 1521 intercoller dan mesin berjenis mesin depan yaitu MB OF 8000 yang diperoleh digarasi PO DAMRI Surakarta. Perekaman mulai dilakukan 10 menit setelah mesin dinyalakan dari posisi mesin mati dalam keadaan pintu mesin terbuka dengan jarak satu meter. Dalam perhitungan korelasi, digunakan 2 jenis korelasi, yaitu korelasi koefisien dan cross correlation. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh bahwa frekuensi fundamental pada korelasi koefisien berkorelasi dengan jarak tempuh dengan nilai 0.47. Sedangkan pada cross correlation variabel usia berkorelasi dengan frekuensi penyusun dengan nilai 3.94.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Metodologi Penelitian.....	2
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	5
2.2.1 Mesin bis.....	5
2.2.2 Pengolahan isyarat digital	6
2.2.3 Arti dan persamaan korelasi	7
BAB 3 METODOLOGI	10
3.1 Alur penelitian	10
3.2 Pengambilan Sampel.....	10
3.3 Pemilahan Data	10
3.4 Analisis di kawasan frekuensi.....	10
3.5 Pembuatan <i>Database</i>	10

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
4.1 Hasil Pengambilan Sampel	14
4.2 Hasil Pemilahan Data.....	10
4.3 Hasil Analisis Dikawasan Frekuensi	10
4.4 <i>Database</i>	10
4.5 Pembahasan	10
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	21
5.1 Kesimpulan	21
5.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 gambar mesin MB OH1521 <i>intercoller</i>	5
Gambar 3.1 diagram alur penelitian.....	10
Gambar 3.2 gambar bagan analisis dikawasan frekuensi.....	12
Gambar 4.1 contoh hasil rekaman suara dalam kawasan waktu	15
Gambar 4.2 contoh rekaman yang tidak dipakai.....	15
Gambar 4.3 (a) dan (b) frekuensi dengan dan tanpa <i>normalize amplitude</i>	16
Gambar 4.4 Frekuensi dengan <i>thershold</i> -50dB.....	17

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 data keseluruhan saat penelitian	17
Tabel 4.2 perbandingan antara frekuensi fundamental dan frekuensi penyusun Hasil perhitungan koefisien korelasi.	20
Tabel 4.3 Hasil perhitungan <i>cross correlations</i>	20

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Permasalahan yang selama ini kerap ditemui dalam dunia transportasi darat, terutama bis yang mana menjadi salah satu objek penelitian dalam pengerjaan tugas akhir ini. Permasalahan yang kerap timbul adalah bisingnya suara mesin pada bis tersebut, yang mana waktu servis mempengaruhi kinerja mesin tersebut, kapan waktu perawatan dan dampak yang timbul ketika sebelum perawatan dan sesudah perawatan.

Seperti dikutip dari portal berita resmi milik Kementerian Perhubungan [1], bahwa Pada 2 Februari 2012 lalu, kecelakaan bus juga terjadi di Sumedang. PO Maju Jaya bertabrakan dengan mobil Colt Diesel bernomor polisi E 8705 YA sebelum masuk ke jurang di Dusun Cilangkap, Desa Sukajadi, Kecamatan Wado, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, yang mengakibatkan 12 orang tewas dan 18 luka-luka. Ini merupakan kejadian kecelakaan lalu lintas terburuk yang terjadi di Kabupaten Sumedang. Dijelaskan oleh Suroyo, selaku regulator, direktorat yang dipimpinnya telah melakukan pembinaan maupun pengawasan dan kontrol terhadap manajemen dan pengusaha angkutan bus. Pada proses pembinaan diserahkan kepada operator regulator kementerian perhubungan darat. Oleh karena itu, mereka seharusnya memiliki kesadaran untuk mengikuti aturan terkait kelayakan kendaraan yang ditetapkan pemerintah. Kasus diatas sangat pentingnya sebuah pengecekan dalam kondisi mesin unit bis yang akan diajalankan. Pada penelitian ini, dilakukan terhadap jajaran PO. Damri [2] yang memiliki kurang lebih 400 armada bis secara nasional, dengan tingkat kecelakaan dapat ditekan menjadi 0,56 % pertahunnya. Ini berkat ketelitian tim mekanik dalam melakukan perawatan terhadap unit bis yang dimiliki. Maka dari itu, penelitian sangat penting rasanya untuk bersama mengetahui jenis jenis mesin bis. Karena salah satu hal agar dapat mengetahui tingkat kebisingan sebuah mesin bis, salah satu caranya adalah melakukan observasi langsung menggunakan alat pendukung. Karena selain itu dapat mengedukasi masyarakat akan pentingnya mengetahui tingkat kebisingan sebuah mesin. Serta pihak garasi bis diberi masukan oleh regulator perhubungan darat agar dapat meningkatkan kualitas perbaikan dibengkel tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah seberapa besar korelasi variabel dalam spektrum suara mesin dengan usia dan jarak tempuh kendaraan bis.

1.3. Batasan Masalah

Dengan adanya rumusan masalah yang harus diselesaikan pada penelitian ini, maka harus dibatasi pada hal – hal berikut :

1. Keterbatasan unit bis.

Pada penelitian ini, pemilihan unit sangat terbatas karena unit tidak ada digarasi yang digunakan untuk keperluan wisata dan angkutan umum masal.

2. Variabel jenis merek bis.

Karena merek bis digarasi sangat terbatas, maka dilakukan pengambilan rekamana suara dengan menyesuaikan merek bis yang ada.

3. Menggunakan jumlah silinder mesin antara 8.000 – 12.000 cc.

Jumlah silinder mesin yang terbatas, maka dilakukan perekaman pada jumlah silinder 8.000 – 12.000 cc.

4. Sampel dari 10 unit bus berbeda.

Jumlah sampel yang ditentukan karena jumlah unit yang terbatas.

5. Informasi mesin.

Informasi mesin yang diambil hanya pada kilometer terakhir pada unit bis.

6. Batasan jumlah frekuensi penyusun hanya menggunakan 8 frekuensi penyusun.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai korelasi antar variabel pada spektrum suara mesin dengan usia dan jarak tempuh kendaraan bis.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah memberi edukasi dan membuka wawasan mahasiswa tentang teknik pengolahan suara terutama berkaitan dengan karakter suara mesin bis.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Studi lapangan

Pemetaan ini dilakukan dengan turun langsung ke garasi.

2. Analisa data

Proses analisa data dilakukan dengan bantuan program matlab.

3. Melakukan pengujian dan pengambilan data dari perangkat keras (*Hardware*), serta melakukan analisis dari hasil yang diperoleh.

1.7 Sistematika Penulisan

Secara garis besar laporan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu awal, isi, dan akhir. Berikut adalah sistematika skripsi:

1. Bagian awal terdiri dari halaman judul, halaman pengesahan, halaman motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, dan daftar lampiran.
2. Bagian isi terdiri dari lima bab, yaitu:
 - BAB 1: pendahuluan, dalam hal ini dilakukan penulisan uraian tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, manfaat, dan sistematika.
 - BAB 2: tinjauan pustaka, yaitu bab yang menguraikan tentang kajian pustaka, baik dari buku ilmiah maupun sumber lainnya.
 - BAB 3: metodologi penelitian, yaitu bab yang menguraikan tentang objek penelitian, metode pengumpulan data, dan metode analisis data.
 - BAB 4: hasil penelitian dan pembahasan, yaitu bab yang menguraikan tentang hasil penelitian dan pembahasan dari data yang diperoleh.
 - BAB 5: kesimpulan dan saran, yaitu bab yang berisi tentang kesimpulan dan hasil penelitian.
3. Bagian akhir, terdiri dari daftar pustaka dan lampiran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Pada penelitian [3] yang disampaikan oleh *R. J. Alfredson dan P. O. A. L. Davies*, dalam penelitiannya tentang getaran dan suara, pada realitanya telah banyak digunakan untuk sistem peredaman yang ditimbulkan oleh suara mesin / knalpot dalam sistem pembakaran. Sistem peredaman suara sendiri telah berevolusi untuk mengurangi suara yang ditimbulkan oleh suara mesin / knalpot. Kinerja yang diraih oleh peredam sendiri seringkali lebih rendah dari yang diharapkan. Hal ini telah secara luas dikaitkan dengan gelombang amplitude yang terbatas sehingga sedikit menyulitkan proses peredaman kebisingan yang ditimbulkan. Selanjutnya dilakukan pemecahan menggunakan matlab pada contoh suara mesin yang diambil, agar dapat mengetahui frekuensi tertinggi. Dengan pemilahan frekuensi tertinggi itulah, maka dibuatlah alat peredam yang berevolusi sebagai pengurang kebisingan yang ditimbulkan oleh mesin / knalpot.

Lalu pada penelitian [4] yang dilakukan *Wu, Huadong, Mel Siegel, and Pradeep Khosla*, mesin akan banyak menimbulkan kebisingan – kebisingan yang membentuk pola. Pola kebisingan itu sendiri akan membentuk karakter dan mengidentifikasi pada kelasnya. Pada pola tersebut dapat mengklasifikasikan beberapa karakter dan beberapa jenisnya. Kebisingan kendaraan adalah semacam sinyal stokastik. Sinyal stokastik didefinisikan sebagai sinyal stasioner. Untuk mengetahui mesin kendaraan yang bergerak sebagai sinyal stasioner dengan baik, maka mesin harus menyala. Dari penelitian tersebut dihasilkan alat sebagai pengukur dan identifikasi karakter sinyal stokastik.

Dan pada penelitian [5] oleh *Stanković, Ljubiša, and Johann F. Böhme*, sinyal suara yang terbawa dengan struktur dan tekanan digunakan untuk efisiensi pembakaran dalam kontrol mesin. Kontrol ini meningkatkan efisiensi, mengurangi polusi, kebisingan dan melindungi terhadap ketukan. Ketukan ini adalah pembakaran abnormal yang menyebabkan kenaikan suhu dan ketukan yang cepat. Pendeteksiannya merupakan masalah yang penting karena seringkali terjadi ketukan dapat menyebabkan hancurnya mesin dengan mudah, dengan mudah juga menurunkan performa pada titik yang sesuai didalam silinder. Namun sensor tekanan ini tidak cukup kuat, dikarenakan batas usia dan pemakaian yang sering. Pada penelitian ini dihasilkan sebuah alat sebagai pengontrol efisiensi, tingkat kebisingan serta pengurang polusi.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Mesin bis

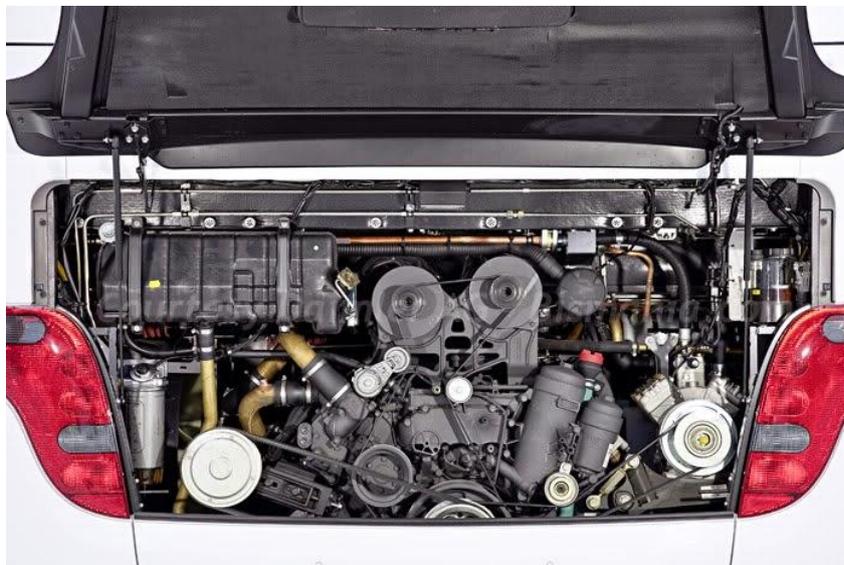
Mesin bis adalah salah satu faktor yang mempengaruhi bis yang mulanya diam dan dapat bergerak. Semakin beragamnya mesin bis yang ada saat ini, semakin banyak pula pilihan mana yang baik digunakan atau tidak. Mulai dari pabrikan dari eropa hingga asia, semua ada di Indonesia.

Sebagai contoh mesin bis yang banyak ada dan digunakan di Indonesia misalnya hino RN 245, RK8, RM380, RG, AG. mercy dengan 1521 *intercoller*, MB OH 1526, MB OH 1626, MB OH 1836, MB OH 2456R, MB OH O500R, MB OH O500RF, MB OF8000. Scania dengan K310, K310Ib, K410, K410iB dan beberapa dari ISUZU semisal NQR serta isuzu, golden dragon, volvo dan dongfeng.

Mesin – mesin bis yang digunakan di Indonesia kebanyakan sudah mengantongi sertifikat mulai dari EURO2 hingga EURO4 sebagai patokan emisi yang baik yang dikeluarkan oleh mesin bis tersebut. Sehingga unit – unit ini dapat beroperasi dengan baik.

Pada bagian mesin bis, diambil contoh unit mercy 1521 *intercoller*, bagian terpenting sebagai penggerak terletak pada gear box model MB GO 190 dengan 6 percepatan manual dengan sitem pergeseran manual. Memanfaatkan daya maksimal 2000 rpm dan dapat menghasilkan torsi sebesar 1600 Nm pada 1100 rpm. Mesin berjenis ini dapat melaju maksimal pada 140 km/jam.

Pada mesin bis yang dijadikan objek perekaman bertipe *diesel commonrail*. Memiliki cara kerja yang sangat sederhana. Dengan *injector* yang memasok solar langsung kedalam mesin, dengan menggunakan wadah atau rel yang sama seperti pompa *injector*.



Gambar 2.1 Gambar mesin MB OH1521 *intercoller*

Gambar 2.1 adalah contoh mesin bis bertipe mercy MB OH 1521 *intercoller* [6]. Sebagai sistem pergerakan pada unit bus menggunakan teknologi *intercoller*. *Intercoller* pada mesin diesel adalah sebuah alat pendingin udara yang berguna untuk mendinginkan udara yang berasal dari perangkat turbo di dalam mesin mobil tersebut. Udara yang disuplai turbo ke mesin merupakan udara yang berasal dari gas buang dan memiliki suhu yang sangat panas. Selain itu ada fitur penting yang terdapat pada mesin bus, yaitu sistem pendingin. Sistem pendingin pada mesin memiliki alur – alur yang berada pada bagian – bagian mesin yang menimbulkan panas akibat ledakan gesekan dan pembakaran dari benda – benda yang bergerak untuk menjaga temperatur kerja yang diinginkan.

Pada saat putaran mesin dinaikan dan kondisi mesin dalam keadaan normal, ECM (*engine control modul*) menerima informasi dari *crankshaft position sensor* dan *charge temperature sensor*. Sensor – sensor tersebut mengirimkan informasi berupa sinyal listrik.

2.2.2 Pengolahan isyarat digital

Menurut [7], R. L. ; D. M. Allen, *Fast Fourier Transform* adalah algoritma yang digunakan untuk mengerjakan perhitungan *Fourier* yang rumit. *Transformasi Linear*, terutama *Fourier* dan *Laplace*, digunakan untuk menyelesaikan persoalan dalam *system linear*. Walaupun jarang digunakan dalam perhitungan *Transformasi Linear*, *Fourier* banyak dipakai dalam aplikasi-aplikasi dan terbukti memiliki hasil yang baik dan akurat.

Fast Fourier Transform biasanya digunakan dalam menyelesaikan permasalahan *wave-form optical, electrical* ataupun *acoustical* dan spektrum yang ditampilkan dapat digambarkan sebagai sesuatu yang dapat digambarkan dan dapat diukur. *Fast Fourier Transform* tidak harus berupa rumus matematika yang selalu menghitung. Tetapi dapat juga pengertian terhadap arti dari fungsi-fungsi kearah mana suatu fungsi tersebut berkelanjutan.

Fast Fourier Transform (FFT) [8] merupakan salah satu metode untuk mengubah suatu sinyal dari kawasan waktu ke kawasan frekuensi. FFT dikembangkan oleh Cooley dan Turkey pada tahun 1965 untuk menekan jumlah komputasi yang diperlukan pada proses transformasi *Fourie*. Persamaan FFT dapat dilihat pada persamaan 2.1 berikut:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{kN} \quad (2.1)$$

Dimana:

$X(k)$ = sinyal di kawasan frekuensi.

$x(n)$ = sinyal di kawasan waktu.

N = jumlah titik pada proses FFT.

W_N^{kN} adalah *twiddle factor* yang bernilai $e^{-j2\pi mk}$.

k adalah indeks yang bernilai 0, 1, 2, ... N-1

Setiap suara mempunyai komponen frekuensi fundamental dan frekuensi harmonik. Nilai frekuensi harmonik selalu mempunyai amplitudo yang lebih kecil dari frekuensi fundamentalnya, namun memiliki frekuensi yang lebih besar. Hasil FFT pada dasarnya dapat memperlihatkan semua komponen frekuensi yang terkandung pada suatu sinyal. Namun pengukuran komponen harmonik di kawasan frekuensi akan terganggu oleh kehadiran komponen frekuensi lainnya yang dikenal dengan istilah *sidelobes* karena proses windowing pada FFT tersebut. Algoritma *Pitch-synchronous* merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, namun diperlukan informasi nilai periode yang akurat [9].

2.2.3 Arti dan persamaan korelasi

a. Arti korelasi

Korelasi [10] merupakan salah satu teknik analisis dalam statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel yang bersifat kuantitatif. Hubungan dua variabel tersebut dapat terjadi karena adanya hubungan sebab akibat. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan pada satu variabel akan diikuti perubahan pada variabel yang lain secara teratur dengan arah yang sama (korelasi positif) atau berlawanan (korelasi negative).

Kedua variabel yang dibandingkan satu sama lain dalam korelasi dapat dibedakan menjadi variabel independen dan variabel dependen. Sesuai dengan namanya, variabel independen adalah variabel yang perubahannya cenderung di luar kendali manusia. Sementara itu variabel dependen adalah variabel yang dapat berubah sebagai akibat dari perubahan variabel independen. Hubungan ini dapat dicontohkan dengan ilustrasi pertumbuhan tanaman dengan variabel sinar matahari dan tinggi tanaman. Sinar matahari merupakan variabel independen karena intensitas cahaya yang dihasilkan oleh matahari tidak dapat diatur oleh manusia. Sedangkan tinggi tanaman merupakan variabel dependen karena perubahan tinggi tanaman dipengaruhi langsung oleh intensitas cahaya matahari sebagai variabel independen.

Korelasi sebagai sebuah analisis memiliki berbagai jenis menurut tingkatannya. Beberapa tingkatan korelasi yang telah dikenal salah satunya korelasi parsial. Berikut ini adalah penjelasan dari korelasi parsial dan bagaimana cara menghitung hubungan pada korelasi tersebut.

b. Korelasi Parsial

Korelasi parsial adalah suatu metode pengukuran keeratan hubungan (korelasi) antara variabel bebas dan variabel tak bebas dengan mengontrol salah satu variabel bebas untuk melihat korelasi natural antara variabel yang tidak terkontrol. Analisis korelasi parsial (*partial correlation*) melibatkan dua variabel. Satu buah variabel yang dianggap berpengaruh akan dikendalikan atau dibuat tetap (sebagai variabel kontrol).

Sebagai contoh misalnya kita akan meneliti hubungan variabel X_2 dan variabel bebas Y , dengan X_1 dikontrol (korelasi parsial). Disini variabel yang dikontrol (X_1) dikeluarkan atau dibuat konstan. Sehingga $X_2' = X_2 - (b_2X_1 + a_2)$ dan $Y' = Y - (b_1X_1 + a_1)$, tetapi nilai a dan b didapatkan dengan menggunakan regresi linear. Setelah hasilnya diperoleh, kemudian dicari regresi X_2' dengan Y' dimana : $Y' = b_3X_2' + a_3$. Korelasi yang didapatkan dan sejalan dengan model-model di atas dinamakan korelasi parsial X_2 dan Y sedangkan X_1 dibuat konstan.

Nilai korelasi berkisar antara 1 sampai -1, nilai semakin mendekati 1 atau -1 berarti hubungan antara dua variabel semakin kuat. Sebaliknya, jika nilai mendekati 0 berarti hubungan antara dua variabel semakin lemah. Nilai positif menunjukkan hubungan searah (X naik, maka Y naik) sementara nilai negatif menunjukkan hubungan terbalik (X naik, maka Y turun).

Data yang digunakan dalam korelasi parsial biasanya memiliki skala interval atau rasio. Berikut adalah pedoman untuk memberikan interpretasi serta analisis bagi koefisien korelasi:

0,00 - 0,199 = sangat rendah

0,20 - 0,3999 = rendah

0,40 - 0,5999 = sedang

0,60 - 0,799 = kuat

0,80 - 1,000 = sangat kuat

c. Persamaan korelasi

Persamaan korelasi bukan merupakan hal yang asing lagi. Jenis pengujian ini merupakan pengujian yang paling sering dipakai, khususnya dalam kegiatan-kegiatan penelitian. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel tertentu dalam suatu pengujian, misalnya dalam suatu kegiatan pengamatan yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hubungan yang terjadi antara pengaruh kedua variabel.

Analisis korelasi merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui keeratan hubungan antara dua variabel atau lebih tanpa memperhatikan ada tidaknya hubungan diantara variabel-variabel yang dianalisis. Setelah data-data kuantitatif diperoleh, maka nilai korelasi pun siap untuk dicari. Pencarian nilai korelasi tidak sulit, sebab untuk dapat mengetahui nilai korelasi

yang terjadi antara dua variabel yang diamati, dapat digunakan metode analisis korelasi Pearson. Metode analisis korelasi Pearson merupakan metode pengujian yang umumnya dipakai untuk melakukan analisis korelasi yang bersifat parametrik, yaitu analisis yang dilakukan terhadap suatu variabel pengukuran yang menyajikan data-data yang bersifat kuantitatif.

d. Korelasi koefisien

Rumus perhitungan korelasi koefisien menggunakan nilai rata – rata, simpangan baku dan jumlah pasangan data. Koefisien korelasi dilambangkan dengan huruf rho kecil (r). Untuk mencari nilai korelasi koefisien dapat menggunakan Persamaan 2.2

$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum(X)^2 - (\sum X)^2)(n\sum(Y)^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (2.2)$$

Dimana:

n : jumlah titik pasangan (X,Y)

X : nilai variabel 1

Y : nilai variabel 2

e. Cross korelasi

Secara matematis, cross korelasi dapat digunakan untuk menyatakan kemiripan dua pola. Untuk mencari nilai cross korelasi dapat menggunakan Persamaan 2.3

$$C_{xy}(t) = x(t) * y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)y(t + \tau)d\tau \quad (2.3)$$

Dimana:

C : *cross correlation*

x(t) : panjang x

x(y) : panjang y

τ : indeks

BAB 3

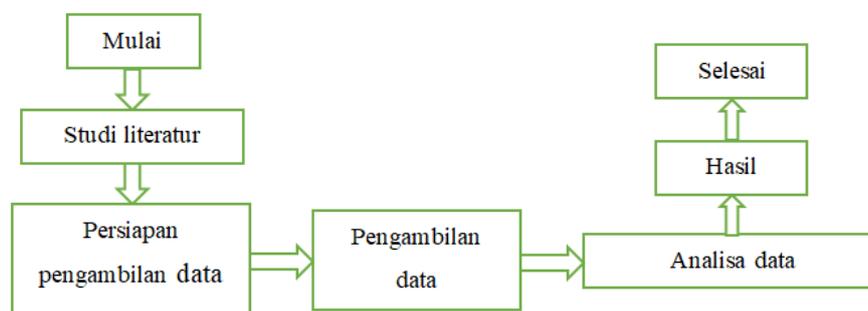
METODOLOGI

3.1 Alur penelitian

Dari referensi yang telah dibaca, berikut ini adalah ulasan dari berbagai penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain yang dapat dijadikan sebagai pendekatan untuk membantu memecahkan masalah pada penelitian yang dilakukan. Pada Penelitian ini bahwa data spektrum suara yang masih dalam domain waktu. Agar dapat dibaca kedalam bentuk frekuensi maka harus ditransformasikan menggunakan metode FFT (*Fast Fourier Transform*). Tetapi sebelumnya, data tersebut diabsolutkan dahulu agar nantinya tidak data yang bernilai negatif. Selanjutnya dilakukan pembesaran pada *MATLAB* agar dapat mengetahui dengan jelas frekuensi yang paling tinggi atau yang biasa disebut frekuensi dominan

Pada gambar 3.1, awal proses penelitian, dilakukan pemetaan survey lokasi pengambilan data. Pada pengambilan data ini, mengambil beberapa contoh mesin bis. Mulai dari pemilihan unit, pemilihan tipe mesin bis, hingga pengecekan unit yang meliputi kelayakan jalan atau tidak.

Proses perijinan yang dilakukan penulis di garasi PO. DAMRI Surakarta berjalan sangat lancar dan mendapat dukungan penuh dari semua pihak didalam tubuh PO. DAMRI Surakarta. Sehingga proses pengambilan data dapat berjalan dengan lancar. Secara keseluruhan alur ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.1 diagram alur penelitian

3.2 Pengambilan sampel

Untuk pengambilan sampel ini, dilakukan pengambilan rekaman pada bulan januari hingga bulan maret tahun 2018 di garasi PO DAMRI Surakarta. Pengambilan data dilakukan dengan merekam suara pada mesin berjenis HINO RK8 dan MERCY MB OH 1521 *intercoller*, serta beberapa unit dengan jenis ISUZU NQR. Dengan mengambil 10 sampel, didapatkan hasil frekuensi penyusun yang berbeda – beda.

Pengambilan sampel ini dilakukan dalam beberapa tahapan dengan memperhatikan beberapa aspek yang ada pada mesin bis. Mulai dari pengecekan mesin bis hingga proses perekaman. Disiapkan alat pendukung pengambilan data berupa alat perekam, alat tulis, *handsfree*, telepon genggam, dan bagan data untuk mencatat hasil rekaman pada suara mesin bis.

Pada pengambilan sampel rekaman ini dilakukan pada mesin bis bagian belakang dan depan. Yang mana pada masing – masing mesin diambil sampel dikeseluruhan bagian. dengan jarak perekaman sejauh 1 meter dan dalam waktu antara 10 detik hingga 20 detik. Perekaman ini dilakukan dalam keadaan mesin menyala. Perekaman dilakukan setelah mesin menyala selama 10 menit hingga 15 menit. Hal ini dilakukan agar perekaman mendapatkan hasil suara yang konstan tanpa adanya torsi tambahan.

3.3 Pemilahan data

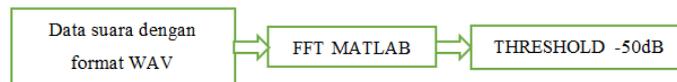
Pada saat pengelompokan data hal yang dilakukan pertama kali adalah pemetaan terhadap unit bis yang akan dilakukan perekaman. Dengan melihat kondisi mesin unit bis layak atau tidak untuk dilakukan perekaman. Serta melihat keadaan sekitar dengan tingkat kebisingannya. Karena faktor inilah yang menentukan valid tidaknya data yang diperoleh setelah melakukan perekaman pada mesin bis tersebut. Data yang valid dari perekaman adalah hasil rekaman yang masuk dalam alat perekam adalah hanya suara mesin bis tanpa ada suara lain yang mengganggu proses perekaman. Data yang tidak valid adalah data yang pada hasil perekaman terganggu oleh suara – suara lain yang ada pada sekitar unit bis. Seperti mesin lain yang menyala atau suara – suara lainnya. Pemilihan data yang pada sumber yang sama dilakukan beberapa kali. Karena gangguan dari suara – suara sekitar maka dilakukan pemilihan data yang tidak terkontaminasi oleh suara – suara disekitar unit bis yang dilakukan proses perekaman. Proses perekaman sendiri memakan waktu yang cukup lama, ini terkait ketersediaan unit bus yang ada digarasi. Karena proses perekaman yang dilakukan membutuhkan unit yang benar – benar layak jalan, dan disebabkan banyaknya armada dalam perbaikan, maka membutuhkan waktu yang cukup lama. Pada pemilihan data ini, dibuat tabel yang berisikan spesifikasi mesin, tipe mesin, isi silinder mesin, jumlah silinder, dan kilometer pada bis tersebut. Dalam pengelompokan data ini, penulis juga memetakan besaran suara bis yang timbul serta memindahlan kedalam tabel yang telah dibuat.

3.4 Analisis di kawasan frekuensi

Analisis di kawasan frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform*. Pengaplikasian *Fourier Transform* menjadi sebuah instrumen untuk analisis di kawasan

frekuensi dapat diwujudkan menjadi spektrum. Untuk perancangan spektrum, dapat menggunakan algoritma FFT (*Fast Fourier Transform*). Penggunaannya dapat beroperasi secara paralel dengan lebih cepat, jadi untuk kebutuhan algoritma FFT yang membutuhkan hasil dari analisis frekuensi yang cukup detail maka komputasinya juga semakin kompleks.

Pada analisis sistem frekuensi ini, didapati berbagai hasil setelah melakukan proses perekaman. Dari 10 sampel yang diambil, masing – masing mesin bis menghasilkan frekuensi penyusun yang berbeda – beda. Mulai dari 3 frekuensi penyusun hingga 8 frekuensi penyusun. Dari analisis yang dilakukan, frekuensi penyusun dipengaruhi oleh jauhnya jarak yang telah ditempuh oleh bis tersebut dikarenakan getaran pada mesin bis membentuk sinyal yang telah dikonversi pada MATLAB. Spektrum frekuensi sendiri adalah susunan pita frekuensi yang mempunyai frekuensi lebih kecil dari 3000 GHz sebagai satuan getaran gelombang elektromagnetik yang merambat dan terdapat dalam ruang, udara, dan antariksa. Dijelaskan seperti gambar 3.2



Gambar 3.2 gambar bagan analisis dikawasan frekuensi

3.5 Pembuatan *database*

Dari sekumpulan data yang sudah disusun sedemikian rupa dengan ketentuan atau aturan tertentu yang saling berelasi sehingga memudahkan dalam mengelolanya juga memudahkan memperoleh informasi. Konsep dasar dari basis data adalah kumpulan dari catatan-catatan, atau potongan dari pengetahuan. Sebuah basis data memiliki penjelasan terstruktur dari jenis fakta yang tersimpan di dalamnya: penjelasan ini disebut skema. Skema menggambarkan objek yang diwakili suatu basis data, dan hubungan di antara objek tersebut. Ada banyak cara untuk mengorganisasi skema, atau memodelkan struktur basis data: ini dikenal sebagai model basis data atau model data.

Pembuatan *database* dilandasi oleh hasil dari penelitian berupa perekaman pada mesin bis. Lalu pemetaan terhadap jumlah frekuensi dan frekuensi penyusunnya. Dari *database* yang dihasilkan dapat memetakan hasil-hasil lainnya.

Unit bis yang dijadikan objek perekaman rata-rata berusia dibawah 10 tahun, antara 2 hingga 9 tahun. Tentu usia disini sangat mempengaruhi performa bis dalam berakselerasi. Pemilihan ini dilakukan atas dasar kelayakan jalan serta kilometer yang telah ditempuh tidak terlalu jauh.

Setelah proses perekaman dilakukan dan setelah data hasil dimasukkan kedalam matlab, maka terlihatlah frekuensi penyusun. Dalam hasil ini didapati dari beberapa sampel antara 3 hingga 8 frekuensi penyusun.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

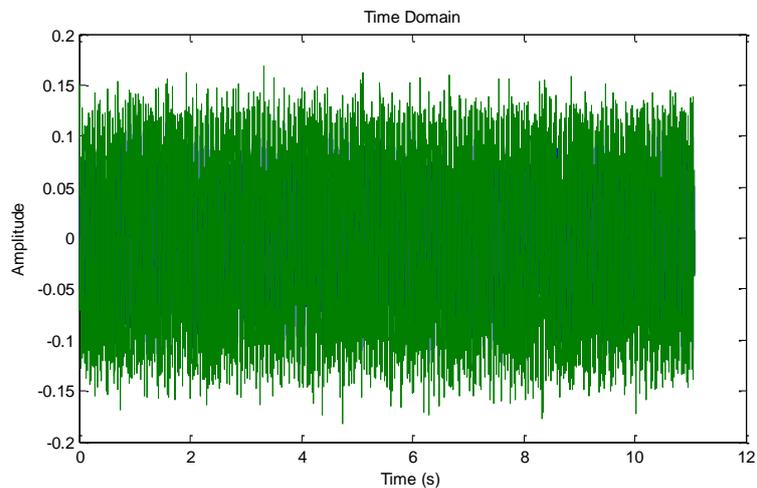
4.1 Hasil Pengambilan Sampel

Hasil pengambilan sampel pada mesin bis di PO DAMRI, Surakarta, pada bulan Januari hingga Maret tahun 2018 yang lalu, didapati beberapa objek mesin. Mulai dari Hino, Mercy, dan Suzuki. Dengan mengambil sampel sebanyak 10 unit bis, maka dilakukan langkah –langkah pengambilan data, mulai dari perekaman suara pada mesin bis hingga proses pencatatan pada tabel. Hasil rekaman suara yang ditimbulkan pada mesin pada alat perekam, nantinya akan menampilkan hasil berapa desibel suara yang dihasilkan oleh mesin bis tersebut. Suara yang dikeluarkan oleh mesin tersebut yang nantinya akan menjadi objek penelitian, apakah ada korelasi kemungkinan usia melalui karakter pada mesin bis tersebut.

Hal – hal yang ditimbulkan dari suara rekaman, akan menjadi patokan apakah suara mesin bis tersebut memiliki korelasi dengan usia dan kilometer yang sudah ditempuh. Karena salah satu hal terpenting lainnya harus ada data tentang usia dan kilometer terakhir pada unit bis tersebut. Dalam langkah penyusunan data rekaman suara mesin bis, usia dan kilometer sangat berpengaruh. Dengan menggunakan metode *cross correlation* dan korelasi koefisien, hal – hal yang berkaitan dengan korelasi akan dapat diketahui.

Dari beberapa perekaman yang dilakukan, tidak semua mendapatkan hasil rekaman seperti yang diinginkan. Beberapa hasil rekaman ada yang terdapat noise hingga suara yang ditimbulkan mesin sangatlah tidak beraturan. Hasil rekaman yang ditimbulkan oleh mesin memiliki karakter yang berbeda, mulai dari suara mesin yang datar hingga suara mesin yang tidak beraturan. Hasil rekaman suara yang ditimbulkan akan terlihat datar atau tidak beraturan setelah diproses menggunakan matlab. Hasil pemrosesan matlab inilah dapat diketahui berapa nilai besaran suara mesin bis tersebut.

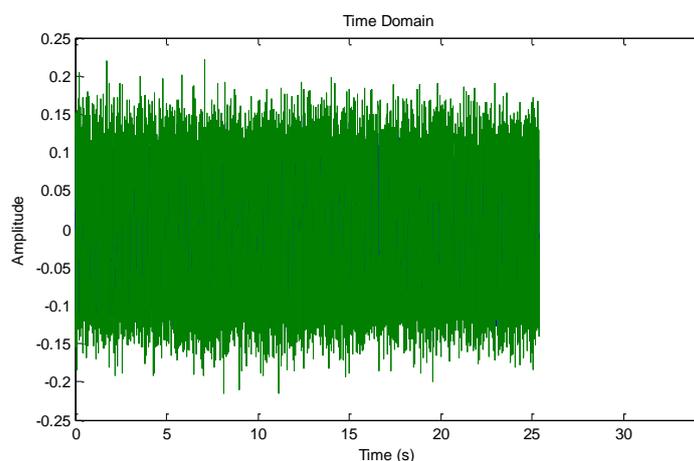
Dengan ditunjukkannya nilai yang keluar, pemrosesan matlab akan dapat dilakukan dengan melihat berapa nilai *time domain*, *normalize amplitude*, frekuensi domain, *threshold*, dan desibel domain yang muncul. Dari hasil ini akan diketahui berapa jumlah frekuensi penyusun yang ada pada rekaman dari masing – masing mesin bis tersebut, seperti pada Gambar 4.1 berikut



Gambar 4.1 contoh hasil rekaman suara dalam kawasan waktu

4.2 Hasil Pemilahan Data

Pemilahan data yang telah dilakukan, terdapat beberapa hasil olah data yang tidak terpakai. Data yang tidak terpakai ini adalah hasil dari perekaman yang tidak maksimal. Perekaman yang tidak maksimal ini disebabkan oleh proses perekaman yang terlalu lama, melebihi waktu yang sudah ditentukan, yaitu 20 detik. Pemilahan data pada proses ini dilakukan untuk mengambil data – data valid untuk mengetahui apakah usia dan jarak tempuh berkorelasi dengan karakter suara mesin bis. Pada gambar 4.2 ini adalah contoh gambar data yang tidak terpakai, karena jarak pengambilan rekaman suara pada mesin terlalu jauh, yaitu lebih dari 1 meter.

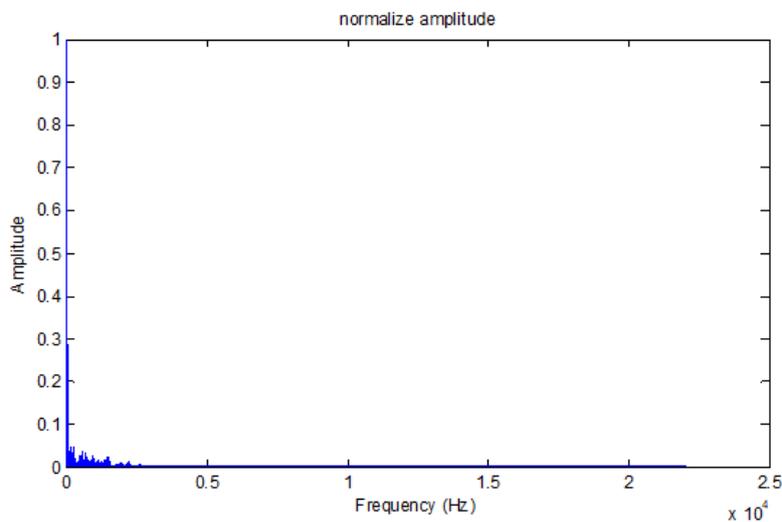


Gambar 4.2 contoh rekaman yang tidak dipakai

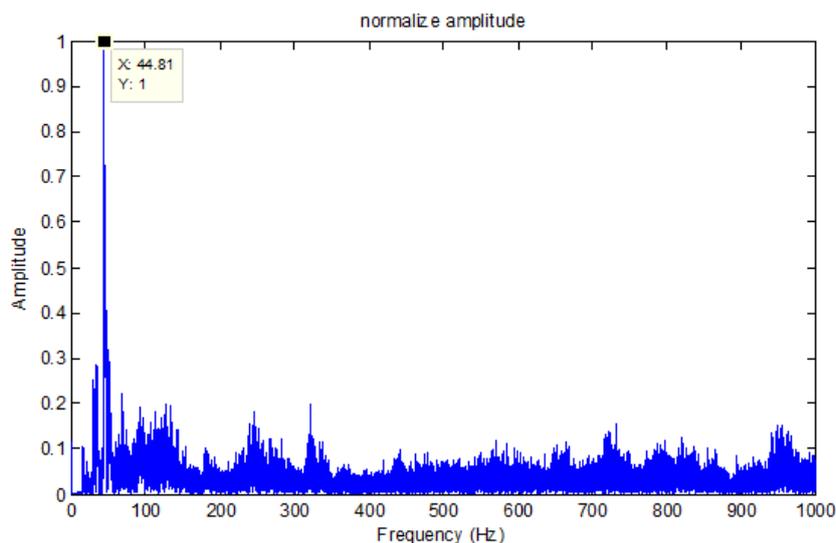
4.3 Hasil Analisis Dikawasan Frekuensi

Diambil contoh suara salah satu hasil rekaman suara bis pada domain waktu yang ditransformasikan kedalam domain frekuensi. Gambar tersebut memberikan informasi bahwa

frekuensi dominan pada sampel suara mesin bis. Frekuensi tersebut didapatkan dengan cara melihat data yang memiliki amplitude paling tinggi. Pada gambar 4.3 terlihat frekuensi yang memiliki amplitude paling tinggi. Untuk mempermudah melihat tinggi rendahnya amplitude, maka dilakukan normalisasi amplitude yang nantinya frekuensi yang memiliki amplitude tertinggi akan bernilai 1 dan dari data tersebut dapat memudahkan untuk mengetahui frekuensi dominannya. Berikut adalah gambar hasil Frekuensi Tanpa *Normalize amplitude* dan Frekuensi Dengan *Normalize amplitude*.



(a) Frekuensi tanpa *normalize amplitude*

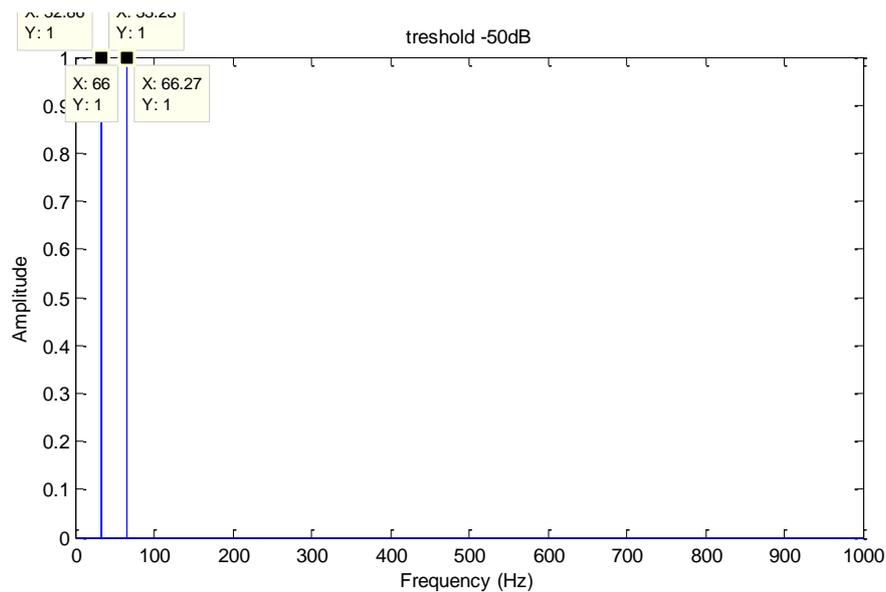


(b) Frekuensi dengan *normalize amplitude*

Gambar 4.3 (a) dan (b) merupakan frekuensi tanpa dan dengan *normalize amplitude*

Pada masing – masing mesin bis tidak hanya memiliki frekuensi dominannya saja, tetapi juga memiliki frekuensi penyusun yang besarnya berbeda – beda. Gambar 4.4 di bawah ini menampilkan data suara rekaman mesin bis berada dalam domain desible. Untuk mengetahui berapa saja besarnya frekuensi penyusun, maka dilakukan penetapan *threshold* pada masing –

masing bilah yaitu sebesar -50db . Setelah dilakukan pembatasan pada -50db , maka frekuensi yang akan muncul yaitu frekuensi yang lolos dari *threshold* tersebut.



Gambar 4.4 Frekuensi dengan *threshold* -50dB

Tujuan dari *threshold* tersebut adalah untuk membatasi frekuensi yang akan diloloskan agar semua frekuensi yang diloloskan memiliki standar. Dari gambar diatas, frekuensi yang diloloskan yaitu dari 0 hingga -50 dB . Di bawah batas tersebut maka frekuensi yang masuk tidak dapat terdeteksi.

4.4 Database

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh data pada tabel 4.1 yang menunjukkan frekuensi penyusun, amplitude yang dihasilkan, hingga *normalizenya*. Dengan memperhatikan jenis mesin, tipe mesin, kilometer terakhir pada bis dan usia, maka didapatkan data sebagai berikut,

Tabel 4.1 data keseluruhan saat penelitian

data 1	frek penyusun	f(hz)	amp(dB)	<i>normalize</i>	jenis mesin	tipe mesin	KM terakhir	usia bis
suara rekaman 0025	f0	26,73	0	1	MERCY	OF8000	351.555	8 tahun
	f1	30,85	-38,510986	0,01187				
	f2	106,8	-20,869908	0,09047				
data 2	frek penyusun	f(hz)	amp(dB)	<i>normalize</i>	jenis mesin	tipe mesin	KM terakhir	usia bis
suara rekaman 0024	f0	24,15	0	1	ISUZU	NQR	33.441	2 tahun
	f1	12,08	-14,736751	0,1833				
	f2	30,13	-14,521464	0,1879				
	f3	36,17	-13,580466	0,2094				
	f4	48,25	-12,750351	0,2304				

data 3	frek penyusun	f(hz)	amp(dB)	normalize	jenis mesin	tipe mesin	KM terakhir	usia bis
suara rekaman 0023	f0	33,04	0	1	HINO	R260	47.533	3 tahun
	f1	66,09	-10,839336	0,2871				
	f2	16,52	-27,568166	0,04184				
	f3	49,57	-27,260218	0,04335				
	f4	165,1	-26,176601	0,04911				
	f5	242,1	-26,220931	0,04886				
data 4	frek penyusun	f(hz)	amp(dB)	normalize	jenis mesin	tipe mesin	KM terakhir	usia bis
suara rekaman 0028	f0	31,57	0	1	HINO	R260	70.216	3 tahun
	f1	31,35	-3,7017364	0,653				
	f2	31,84	-7,6076999	0,4165				
	f3	31,08	-0,6481045	0,9281				
	f4	30,9	-3,4875835	0,6693				
	f5	30,58	-3,959585	0,6339				
data 5	frek penyusun	f(hz)	amp(dB)	normalize	jenis mesin	tipe mesin	KM terakhir	usia bis
suara rekaman 0029	f0	42,17	0	1	MERCY	1521 intercoller	350.665	9 tahun
	f1	28,1	-11,427587	0,2683				
	f2	84,37	-11,267207	0,2733				
	f3	48,26	-12,864191	0,2274				
	f4	126,4	-15,174052	0,1743				
data 6	frek penyusun	f(hz)	amp(dB)	normalize	jenis mesin	tipe mesin	KM terakhir	usia bis
suara rekaman 0033	f0	34,34	0	1	HINO	R260	52.288	3 tahun
	f1	68,75	-9,797146	0,3237				
	f2	68,62	-10,368281	0,3031				
	f3	68,55	-11,525255	0,2653				
	f4	68,45	-12,95249	0,2251				
data 7	frek penyusun	f(hz)	amp(dB)	normalize	jenis mesin	tipe mesin	KM terakhir	usia bis
suara rekaman 0026	f0	42,42	0	1	MERCY	1521 intercoller	378.889	9 tahun
	f1	197,9	-4,4080702	0,602				
	f2	127,2	-6,2619146	0,4863				
	f3	84,84	-9,8780208	0,3207				
	f4	28,27	-10,498204	0,2986				
data 8	frek penyusun	f(hz)	amp(dB)	normalize	jenis mesin	tipe mesin	KM terakhir	usia bis
suara rekaman 0032	f0	169,5	0	1	MERCY	OF8000	401.555	7 tahun
	f1	26,71	-1,5226905	0,8392				
	f2	30,83	-3,8614845	0,6411				
	f3	154	-8,7803589	0,3639				
	f4	80,12	-11,302238	0,2722				
data 9	frek penyusun	f(hz)	amp(dB)	normalize	jenis mesin	tipe mesin	KM terakhir	usia bis
suara rekaman 0037	f0	38,75	0	1	HINO	R260	59.557	3 tahun
	f1	38,9	-1,7491823	0,8176				
	f2	38,63	-1,407535	0,8504				
	f3	38,55	-0,949963	0,8964				
	f4	38,48	-1,7779136	0,8149				

	f5	37,97	-3,1515599	0,6957				
data 10	frek penyusun	f(hz)	amp(dB)	normalize	jenis mesin	tipe mesin	KM terakhir	usia bis
Suara rekaman 0038	f0	44,81	0	1	MERCY	1521 intercoller	350.225	7 tahun
	f1	45,71	-2,7478327	0,7288				
	f2	45,38	-2,9528403	0,7118				
	f3	45,31	-2,9785039	0,7097				
	f4	45,24	-2,8076284	0,7238				
	f5	45,13	-1,8292274	0,8101				
	f6	44,99	-1,5871	0,833				
	f7	44,88	-2,1247648	0,783				

4.5 Pembahasan

Pada tahapan terakhir untuk mengetahui hubungan korelasi antar variabel, digunakan metode korelasi koefisien dan *cross correlation*. Pada metode *cross correlation* ini menggunakan keseluruhan data yang dihimpun dari mulai proses perekaman hingga penghitungan menggunakan matlab dan penghitungan manual. Berbagai unsur mulai dari frekuensi penyusun, jumlah frekuensi penyusun, normalisasi frekuensi penyusun, usia, normalisasi usia, kilometer dan juga normalisasi kilometer. Dari penghitungan akhir akan didapatkan nilai yang dapat menjadi patokan apakah berkorelasi atau tidak ada korelasi sama sekali. Untuk tahap awal penghitungan menggunakan metode *cross correlation* ini penulis menghitung nilai dari frekuensi penyusun dan normalis nya serta kilometer dan normalis nya. Dilangkah ini penulis mencari nilai tertinggi dari setiap nilai frekuensi penyusun. Hasil normalisasi diambil dari pembagian nilai tertinggi yang tampil disetiap nilai – nilai yang muncul, baik pada frekuensi penyusun, kilometer, serta normalisasinya.

Dari data ini kita mendapat nilai tertinggi yang diambil dari masing – masing data frekuensi penyusun, yaitu (242 Hz). Begitupun pada kilometer, dicari nilai tertinggi sebagai pembagi nilai kilometer yang lain untuk mendapatkan hasil pada normalisasi kilometer yang mana nilai nya sama (1).

Tahap kedua dari metode *cross correlation*, disini memasukan data dari jumlah frekuensi penyusun, usia, normalisasi frekuensi penyusun, normalisasi usia dan nilai *cross correlation*. Tahapanya sama dengan yang pertama, mencari nilai tertinggi dari setiap kumpulan data, karena jumlah frekuensi juga mempengaruhi adanya nilai yang memiliki korelasi atau tidak.

Hasil dari normalisasi usia dan normalisasi frekuensi penyusun diambil dari masing – masing nilai dibagi dengan nilai tertinggi pada bagian jumlah frekuensi penyusun dan bagian dari usia. Dari nilai tertinggi inilah didapatkan nilai dari *cross correlation* yang didapat dari rata – rata jumlah *cross correlation* dari normalisasi jumlah frekuensi penyusun kilometer dan usia.

Pada tabel 4.2 dan 4.3 dapat diketahui adanya korelasi antara usia dan kilometer berdasarkan metode *cross correlation* dan korelasi koefisien.

Tabel 4.2 perbandingan antara frekuensi fundamental dan frekuensi penyusun

Hasil perhitungan koefisien korelasi.

Variabel 1	Variabel 2	Koefisien korelasi
Frekuensi fundamental	Jarak tempuh	0,474454179
Frekuensi fundamental	Usia	0,277439904
Frekuensi penyusun	Jarak tempuh	-0,165454433
Frekuensi penyusun	Usia	-0,23537648

Kesimpulan dari hasil perhitungan koefisien korelasi adalah frekuensi fundamental berkorelasi dengan jarak tempuh, dengan nilai korelasi sebesar 0,47. Jarak tempuh berkorelasi tetapi lemah dibandingkan dengan usia pada frekuensi fundamental dan jarak dan usia pada frekuensi penyusun yang korelasinya lemah.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan *cross correlation*.

Variabel 1	Variabel 2	<i>Cross correlation</i>
Frekuensi fundamental	Jarak tempuh	1,949830764
Frekuensi fundamental	Usia	1,925086857
Frekuensi penyusun	Jarak tempuh	3,42558647
Frekuensi penyusun	Usia	3,944444444

Kesimpulan dari hasil perhitungan *cross correlation* adalah frekuensi penyusun berkorelasi dengan usia, dengan nilai korelasi sebesar 3,94.

Analisis pada perhitungan korelasi koefisien dan *cross correlation* adalah hubungan koefisien pada frekuensi fundamental lebih berkorelasi pada jarak tempuh dengan nilai korelasi 0,47, tetapi nilai korelasinya sedang. Sedangkan yang lain nilai korelasinya lemah. Pada frekuensi penyusun *cross correlation*, usia menunjukkan nilai korelasi sebesar 3,94, yang artinya usia memiliki korelasi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Penelitian tentang identifikasi karakteristik frekuensi mesin bis, dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan korelasi koefisien, nilai korelasi paling besar diperoleh antara variabel frekuensi fundamental dengan variabel jarak tempuh, yaitu dengan besar korelasi 0,474454179.
2. Dengan perhitungan *cross correlation*, nilai korelasi paling besar diperoleh antara variabel frekuensi penyusun dengan variabel usia, yaitu dengan besar korelasi 3,944444444.
3. Pada perhitungan korelasi koefisien frekuensi fundamental berkorelasi dengan jarak tempuh, sedangkan pada perhitungan *cross correlation* frekuensi penyusun berkorelasi dengan usia.

5.2 Saran

Dari hasil kesimpulan diatas terdapat beberapa saran yang dibuat oleh penulis untuk melanjutkan dan memperbaiki kekurangan yang ada pada skripsi ini yaitu :

1. Perlunya menambah jumlah sampel unit mesin bis agar data yang diperoleh memiliki karakter frekuensi yang lebih spesifik.
2. Untuk pendekatan karakteristik yang lebih detail, perlu ditambahkan variabel waktu perawatan unit mesin bis dan bahan untuk membuat mesin bis tersebut.
3. Untuk pengembangan metode penelitian, mungkin dapat juga menggunakan metode yang lain, tidak hanya menggunakan FFT saja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Keterkaitan Jumlah dan Penyebab Kecelakaan pada Kendaraan Bis, Ditjen Perhubungan Darat, Kementerian Perhubungan, dephub.go
- [2] Panduan Perhubungan PO. DAMRI, Surakarta, 2011
- [3] Alfredson, R. J., and P. O. A. L. Davies. "The radiation of sound from an engine exhaust." *Journal of Sound and Vibration* 13.4 (1970): 389-408
- [4] Wu, Huadong, Mel Siegel, and Pradeep Khosla. "Vehicle sound signature recognition by frequency vector principal component analysis." *Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1998. IMTC/98. Conference Proceedings. IEEE*. Vol. 1. IEEE, 1998.
- [5] Stanković, Ljubiša, and Johann F. Böhme. "Time–frequency analysis of multiple resonances in combustion engine signals." *Signal Processing* 79.1 (1999): 15-28
- [6] M. Yusuf & Edi Rustanto, *Engine Control Module in Bus Mercedes-Benz OH 1521*, 2016
- [7] R. L. ; D. M. Allen, *Signal Analysis Time, Frequency, Scale, and Structure*, EBook : Do. New York, NY John Wiley & Sons 2004, 2004
- [8] J. W. Cooley, P. A. W. Lewis, and P. D. Welch, "The Fast Fourier Transform and its Applications," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 12, no. 1, pp. 27–34, 1969.
- [9] Cox, Neil B., Mabo R. Ito, and Murray D. Morrison. "Technical considerations in computation of spectral harmonics-to-noise ratios for sustained vowels." *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 32.1 (1989): 203-218.
- [10] Abdurahman. Imam, *Pengertian Korelasi dan Macam – macam Korelasi*, Universitas Ciputra, Surabaya, 2016.

LAMPIRAN

Korelasi antara jumlah frekuensi penyusun dengan kilometer dan usia :

jumlah data			kilometer		
	x	x kuadrat	y	y kuadrat	XY
1	3	9	351555	1.23591E+11	1054665
2	5	25	33441	1118300481	167205
3	6	36	47533	2259386089	285198
4	6	36	70216	4930286656	421296
5	5	25	350665	1.22966E+11	1753325
6	5	25	52288	2734034944	261440
7	5	25	378889	1.43557E+11	1894445
8	5	25	401555	1.61246E+11	2007775
9	6	36	59557	3547036249	357342
10	8	64	350225	1.22658E+11	2801800
rata rata	5.4	30.6	209592.4	68860674764	1100449.1
rata rata kuadrat	29.16		4.3929E+10		
standar deviasi kuadrat	1.44		2.4932E+10		
standar deviasi	1.2		157897.754		
pengkalian X dan Y	-31349.9				
korelasi koefisien	-0.16545				

jumlah data			usia		
	x	x kuadrat	y	y kuadrat	XY
1	3	9	8	64	24
2	5	25	2	4	10
3	6	36	3	9	18
4	6	36	3	9	18
5	5	25	9	81	45
6	5	25	3	9	15
7	5	25	9	81	45
8	5	25	7	49	35
9	6	36	3	9	18
10	8	64	7	49	56
rata rata	5.4	30.6	5.4	36.4	28.4
rata rata kuadrat	29.16		29.16		
standar deviasi kuadrat	1.44		7.24		
standar deviasi	1.2		2.69072481		
pengkalian X dan Y	-0.76				
korelasi koefisien	-0.23538				

f0	kilometer	normalisasi f0	normalisasi kilometer	<i>cross correlation</i>
26.73	351555	0.157699115	0.875484056	0.138063061
24.15	33441	0.142477876	0.083278754	0.01186538
33.04	47533	0.194926254	0.118372328	0.023073874
31.57	70216	0.186253687	0.174860231	0.032568363
42.17	350665	0.24879056	0.873267672	0.217260754
34.34	52288	0.20259587	0.130213794	0.026380777
42.42	378889	0.250265487	0.943554432	0.236139109
169.5	401555	1	1	1
38.75	59557	0.228613569	0.148315922	0.033907032
44.81	350225	0.264365782	0.872171932	0.230572414
				1.949830764

f0	usia	normalisasi f0	normalisasi usia	<i>cross correlation</i>
26.73	8	0.157699115	0.888888889	0.140176991
24.15	2	0.142477876	0.222222222	0.03166175
33.04	3	0.194926254	0.333333333	0.064975418
31.57	3	0.186253687	0.333333333	0.062084562
42.17	9	0.24879056	1	0.24879056
34.34	3	0.20259587	0.333333333	0.067531957
42.42	9	0.250265487	1	0.250265487
169.5	7	1	0.777777778	0.777777778
38.75	3	0.228613569	0.333333333	0.076204523
44.81	7	0.264365782	0.777777778	0.20561783
				1.925086857

juml. Frek. Penyusun	kilometer	normalisasi frek	normalisasi kilometer	<i>cross correlation</i>
3	351555	0.375	0.875484056	0.328306521
5	33441	0.625	0.083278754	0.052049221
6	47533	0.75	0.118372328	0.088779246
6	70216	0.75	0.174860231	0.131145173
5	350665	0.625	0.873267672	0.545792295
5	52288	0.625	0.130213794	0.081383621
5	378889	0.625	0.943554432	0.58972152
5	401555	0.625	1	0.625
6	59557	0.75	0.148315922	0.111236941
8	350225	1	0.872171932	0.872171932
				3.42558647

juml. Frek. Penyusun	usia	normalisasi frek	normalisasi usia	<i>cross correlation</i>
3	8	0.375	0.88888889	0.33333333
5	2	0.625	0.22222222	0.13888889
6	3	0.75	0.33333333	0.25
6	3	0.75	0.33333333	0.25
5	9	0.625	1	0.625
5	3	0.625	0.33333333	0.20833333
5	9	0.625	1	0.625
5	7	0.625	0.77777778	0.48611111
6	3	0.75	0.33333333	0.25
8	7	1	0.77777778	0.77777778
				3.94444444