

# KARAKTERISASI BUNYI DARI SUATU JENIS MIKROFON PADA SUATU SUMBER BUNYI DENGAN METODE FFT UNTUK APLIKASI PENDETEKSI KEGAGALAN SISTEM PERMESINAN

I Made Widana<sup>1\*\*\*\*\*</sup>, James Julian Siregar<sup>2</sup>, I Gede Eka Lesmana<sup>3</sup>, dan Nely Toding Bunga<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Jakarta

<sup>3</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>4</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

**ABSTRAK.** Bunyi yang dihasilkan dari suatu sumber bunyi memiliki jenis gelombang yang sangat unik dan berbeda-beda. Secara umum, semakin besar frekuensi dari suatu gelombang bunyi, maka semakin besar *magnitude* yang ada. Pada penelitian ini digunakan mikrofon pada sistem proses pengenalan bunyi yang berfungsi untuk merekam bunyi dan laptop serta *software* Matlab untuk proses pengolahannya. Metode yang digunakan adalah *Fast Fourier Transform* (FFT). Metode ini dapat menunjukkan karakteristik yang dimiliki oleh suatu jenis mikrofon. Hasil karakterisasi tersebut dapat digunakan untuk menjustifikasi kelayakan suatu mikrofon yang akan dijadikan alat perekam bunyi untuk aplikasi pendeteksi kegagalan sistem permesinan.

**Kata kunci**— Mikrofon ; Bunyi ; *Fast Fourier Transform* (FFT)

## PENDAHULUAN

Kemajuan dalam hal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) semakin pesat. Beberapa pekerjaan di kehidupan manusia sudah semakin mudah untuk dilakukan. Mulai dari pekerjaan sederhana hingga pekerjaan yang rumit sudah dibantu dengan alat-alat serta perlengkapan-perengkapan canggih. Alat-alat serta perlengkapan-perengkapan tersebut meliputi perlengkapan sederhana hingga mesin besar dan rumit seperti yang ada di industri modern.

Kerusakan ataupun galat dapat terjadi pada alat-alat dan perlengkapan-perengkapan tersebut. Kerusakan atau galat semakin mudah terjadi apabila operator alat atau perlengkapan tersebut belum dapat mengoperasikannya dengan baik dan benar. Permasalahan yang timbul semakin bertambah apabila kita tidak dapat menemukan alat lain untuk mencari kerusakan atau galat yang terjadi dan untuk memperbaiki kesalahan atau galat tersebut.

Kerusakan atau galat ini bisa ditemukan dengan bermacam-macam cara, salah satu caranya yaitu melalui media bunyi yang dihasilkan dari peralatan atau perlengkapan yang sedang rusak atau galat tersebut. Bunyi yang dikeluarkan oleh peralatan atau perlengkapan akan masuk ke dalam klasifikasi sinyal yang akan diidentifikasi. Metode yang dapat digunakan adalah metode *Fast Fourier Transform* (FFT) melalui *software Matlab*.

Pada domain waktu, proses analisis suatu bunyi belum dapat dilakukan. Analisis dapat dilakukan apabila sinyal sudah berbentuk spektrum, sehingga diperlukan transformasi atau pengubahan sunyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Fungsi yang digunakan untuk dapat melihat spektrum getaran dari sinyal domain waktu adalah *Fast Fourier Transform* (FFT). FFT mampu menunjukkan kandungan frekuensi yang ada di dalam sinyal dan menunjukkan seberapa banyak komponen frekuensi di dalam sinyal.[1]

Data bunyi yang telah disimpan biasanya dapat diubah ke dalam berbagai format audio seperti *mp3*, *waf*, *real audio*, *midi*, dan lain sebagainya. Format penyimpanan bunyi yang dipakai dalam penelitian ini yaitu format *wav*, karena *software* aplikasi *matlab* hanya bisa menyimpan format bunti dalam bentuk *waf*. [2]

Pada banyak penelitian yang telah dilakukan, belum ditemukan penelitian yang menganalisis ataupun mendeteksi kegagalan/kerusakan suatu system permesinan dari media bunyi dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT).[3] Akan tetapi, perlu dilakukan proses karakterisasi bunyi dari mikrofon yang akan digunakan untuk mengambil data bunyi. Pada saat proses karakterisasi tersebut juga menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Proses karakterisasi ini akan menunjukkan karakter yang dimiliki oleh mikrofon yang akan digunakan untuk pengambilan data bunyi. Hal ini sangat menarik dan cukup penting untuk

\*\*\*\*\* Corresponding author: halomdwidana@gmail.com

dipelajari, khususnya bagi mahasiswa teknik mesin. Oleh karena itu, topik yang akan menjadi pembahasan dari penelitian ini adalah mengenai karakterisasi bunyi dari suatu jenis mikrofon pada suatu sumber bunyi dengan metode FFT untuk aplikasi pendeteksi kegagalan suatu sistem permesinan.

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengkarakterisasi suatu jenis mikrofon dengan menggunakan metode FFT
2. Untuk menjustifikasi suatu jenis mikrofon untuk aplikasi pendeteksi kegagalan suatu sistem permesinan

Berikut adalah batasan masalah pada penelitian ini:

1. Pengambilan data menggunakan 1 jenis mikrofon sebagai alat untuk mengambil data bunyi
2. Menggunakan *speaker* sebagai sumber bunyi
3. Menggunakan sinyal dengan frekuensi 100 Hz, 1000 Hz, 5000 Hz, dan 10000 Hz
4. Menggunakan metode pengambilan data bunyi dengan cara menggerakkan mikrofon berputar sejauh 180°
5. Menggunakan besar nilai galat (*error*) dari data sebesar 5% dan nilai tingkat kepercayaan (*confidence level*) sebesar 95%

## METODE

### *Waktu dan Tempat Penelitian*

Penelitian ini dilakukan sejak bulan September 2018 hingga bulan Juli 2019 di Laboratorium Mesin Universitas Pancasila dan Studio Musik Sepuluh Cinere.

### *Alat-Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian*

1. Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Spesisikasi Laptop Yang Digunakan

No	Nama Hardware	Detail
1	Laptop	ASUS X550IU
2	Processor	7 <sup>th</sup> Gen AMD APU FX-9830P
3	Graphics	AMD Radeon RX 460

2. Mikrofon merek *Boya* tipe *BY-WMI* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Transducer : Electret Condenser  
 Polar Pattern : Omni-directional  
 Rentang Frekuensi : 65 Hz – 18 kHz  
 Signal/noise ratio : 74 dB SPL  
 Sensitivitas : -30 dB ± 3 dB / 0 dB = 1 V/Pa, 1 kHz

3. *Speaker Bluetooth* merek *Simbadda* tipe *CST560N*
4. *Servo motor* ukuran kecil
5. *Software Audacity* sebagai *software* aplikasi perekam bunyi
6. *Software Matlab* untuk memproses data bunyi
7. *Software* aplikasi *Frequency Generator*

### *Bahan yang Digunakan dalam Penelitian*

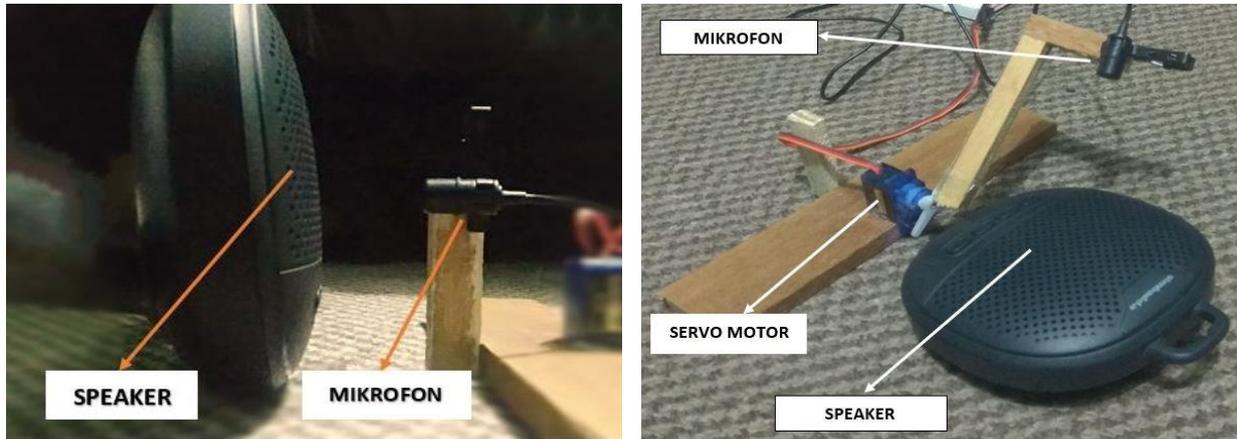
Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah bunyi yang dihasilkan oleh aplikasi *Frequency Generator* dengan frekuensi sebagai berikut;

1. 100 Hz
2. 1000 Hz
3. 5000 Hz
4. 10000 Hz

### Langkah Kerja

1. Melakukan Pengaturan Alat-Alat

Posisi yang ditentukan pada langkah ini yaitu: mikrofon diletakkan tegak lurus dengan *speaker* dengan variasi jarak 3 cm, 5 cm, dan 10 cm dan posisi mikrofon yang bergerak berputar setengah lingkaran ( $180^\circ$ ) di atas *speaker*. Selain itu, variasi juga diberikan pada bukaan *volume* bunyi dari *speaker* yang diatur melalui ponsel *Android*, variasi-variasinya antara lain: bukaan 100% (penuh), bukaan 75% ( $3/4$ ), bukaan 50% ( $1/2$ ), dan bukaan 25% ( $1/4$ ). Berikut adalah gambar pengaturan alat yang dilakukan di dalam penelitian ini:



Gambar 1. Posisi Pengaturan Alat-Alat: (a) Posisi Mikrofon Tegak Lurus Terhadap *Speaker*; (b) Posisi Mikrofon Yang Digerakkan Di Atas *Speaker*

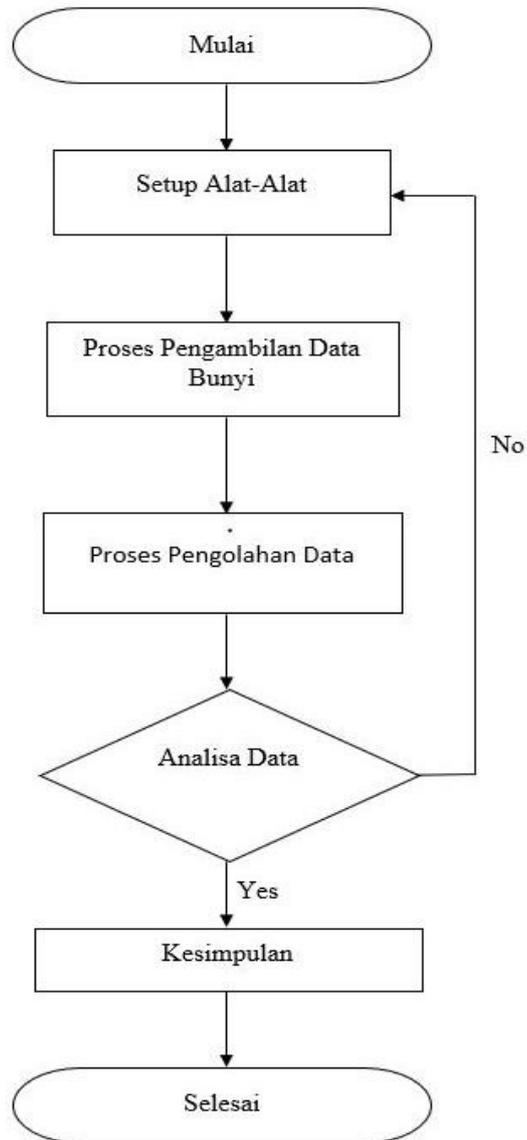
130) Proses Pengambilan Data Bunyi

Proses ini adalah proses pengambilan data bunyi yang menghasilkan *file* rekaman bunyi dan disimpan dengan ekstensi “.wav” menggunakan *software recording* (perekam bunyi) yang bernama *Audacity*. Proses perekaman frekuensi bunyi ini dilakukan dengan memakai seluruh variasi yang telah ditentukan. Setiap variasi dilakukan perekaman sebanyak 5 kali agar dapat mengetahui besar *error* di setiap data.

131) Proses Pengolahan Data

Sesudah semua data rekaman bunyi terkumpul dengan *format wav*, selanjutnya dilakukan proses pengolahan data. Pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan *software Matlab R2015a*. Di dalam *software Matlab R2015a* ini dilakukan proses *coding* untuk memproses *file-file* bunyi yang ada agar dapat menampilkan grafik FFT (*Fast Fourier Transform*). Di dalam *script coding* pada *software Matlab* ini juga dilakukan proses penyimpanan data ke dalam bentuk “.txt”. Hal ini dilakukan agar data-data numerik yang ada dari hasil *coding* FFT di *software Matlab* terhadap setiap data rekaman bunyi bisa di-*export* ke *Microsoft Excel* dan *OriginPro 8* untuk dilanjutkan proses pengolahan data berikutnya. Pengolahan data berikutnya yaitu analisa data. Di dalam Analisa data terdapat perhitungan *error* dari setiap data yang ada yang telah di-*input* ke dalam *software Matlab* menggunakan *software Excel* dan *OriginPro8*.

### Diagram Alir Penelitian



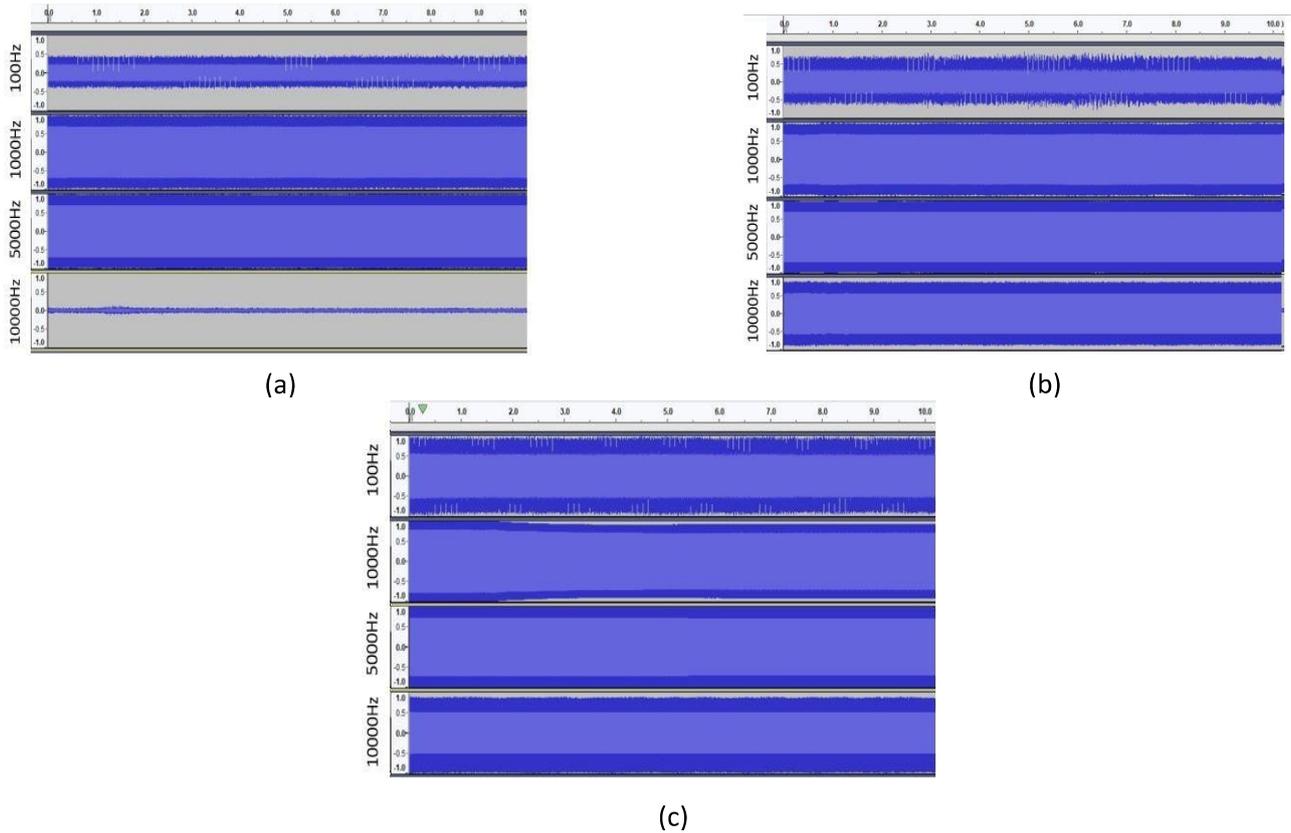
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN ANALISA DATA

### *Hasil Proses Pengambilan Data Bunyi*

Proses pengambilan data bunyi dilakukan dengan menggunakan *software* aplikasi perekam bunyi yang bernama *Audacity*. Hasil dari proses pengambilan data bunyi ini yaitu berupa suatu grafik *waveform* yang menunjukkan *Amplitude Magnitude* (Besarnya Amplitudo) terhadap satuan waktu dari setiap hasil rekaman bunyi yang telah dilakukan. Waktu yang digunakan untuk melakukan perekaman setiap data adalah selama 10 detik.

Pada proses ini ditampilkan grafik *Amplitude Magnitude* dari mikrofon yang digunakan. Berikut adalah grafik *waveform* yang dihasilkan setelah melakukan proses pengambilan data bunyi dari frekuensi 100 Hz, 1000 Hz, 5000Hz, dan 10000 Hz yang diambil dengan posisi tegak lurus :



Gambar 3. *Waveform* Dari Pengambilan Data Bunyi Dengan: (a) Jarak 3 cm; (b) Jarak 5 cm; (c) Jarak 10 cm

Dari Gambar 3 ditunjukkan bahwa dengan menggunakan semua jenis variasi yang ada, dapat dijustifikasi bahwa mikrofon yang digunakan di dalam penelitian ini memiliki sifat yang cukup sensitif. Hal ini dibuktikan dari grafik *waveform software* perekam bunyi *Audacity*. Ketika menggunakan variasi jarak terdekat (3 cm), jarak menengah (5 cm), dan jarak terjauh (10 cm) antara mikrofon dan *speaker*, mikrofon yang digunakan tetap memiliki *peak* (puncak) *amplitude magnitude* yang cukup tinggi dan terlihat penuh pada *peak*-nya.

### ***Perhitungan Galat Dari Hasil Pengambilan Data Bunyi***

Perhitungan galat atau dalam Bahasa Inggris disebut dengan *error* digunakan sebagai suatu parameter untuk membatasi kualitas suatu data. Galat memiliki hubungan dengan tingkat kepercayaan atau dalam Bahasa Inggris disebut *confidence level*. Ketika besar nilai persentase galat semakin besar, maka semakin kecil besar nilai persentase tingkat kepercayaannya. Secara umum, hasil data pengujian dan/atau pengukuran yang baik adalah data yang memiliki nilai persentase galat kecil dan nilai persentase tingkat kepercayaan yang besar. Di dalam penelitian ini digunakan besar tingkat kepercayaan 95% dan besar nilai galat sebesar 5%.

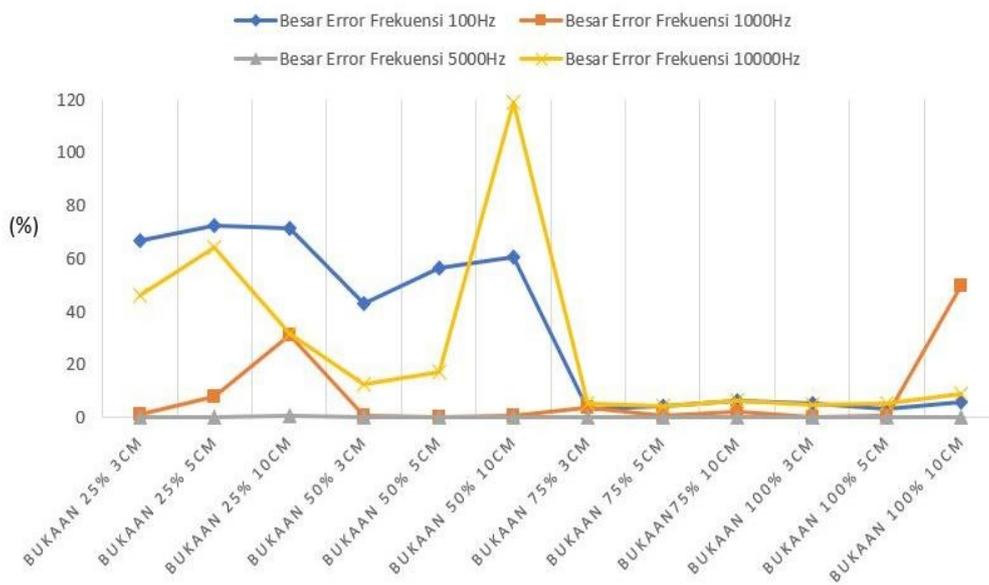
Pada penelitian ini dilakukan perhitungan rata-rata dan standard deviasi dari data terlebih dahulu sebelum memperoleh nilai persentase galat. Perhitungan keseluruhan dari rata-rata dan standard deviasi serta nilai galat yang dimiliki oleh masing-masing data dilakukan dengan menggunakan *formula* pada *software Microsoft Excel 2016*. *Formula-formula* tersebut telah tersedia di dalam *software Microsoft Excel 2016*. Berikut adalah tabel dari hasil perhitungan galat dari pengambilan data bunyi dari mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini :

(b)

Tabel 2. Hasil Perhitungan Galat

No.	Variasi	Besar Error Frekuensi 100Hz	Besar Error Frekuensi 1000Hz	Besar Error Frekuensi 5000Hz	Besar Error Frekuensi 10000Hz
1	Bukaan 25% 3cm	66.7434	0.99834	0.35746	46.41668
2	Bukaan 25% 5cm	72.45375	8.04559	0.08712	64.32785
3	Bukaan 25% 10cm	71.32435	31.38483	0.9628	31.4785
4	Bukaan 50% 3cm	43.29552	0.935	0.17531	12.67582
5	Bukaan 50% 5cm	56.546	0.11565	0.2634	17.46409
6	Bukaan 50% 10cm	60.65821	0.71036	0.06406	119.1828
7	Bukaan 75% 3cm	3.43616	3.89103	0.09807	5.56852
8	Bukaan 75% 5cm	4.49363	0.51077	0.0548	4.49363
9	Bukaan 75% 10cm	6.45762	2.08215	0.06573	6.45762
10	Bukaan 100% 3cm	5.14045	0.15094	0.05141	4.6337
11	Bukaan 100% 5cm	3.45093	0.67807	0.06744	5.22951
12	Bukaan 100% 10cm	6.04966	49.88408	0.07534	8.81704

Setelah di peroleh data dari Tabel 2, dapat ditampilkan grafik dari hasil perhitungan galat dari data pengambilan data bunyi yang telah dilakukan. Berikut adalah grafik dari hasil perhitungan galat pengambilan data bunyi oleh mikrofon yang digunakan di dalam penelitian ini:

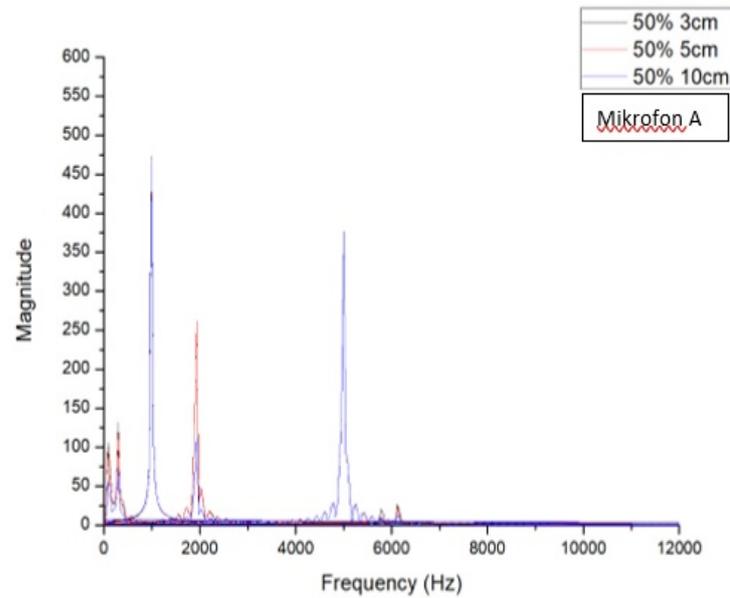


Gambar 4. Grafik Besar Galat (*Error*) Pada Mikrofon Yang Digunakan Di Dalam Penelitian

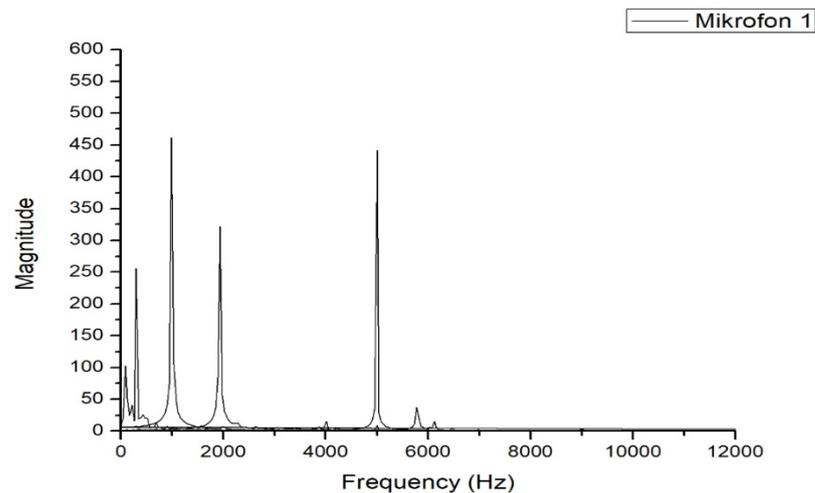
Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa besar persentase galat (*error*) dari hasil pengambilan data bunyi melalui mikrofon yang digunakan memiliki nilai yang cukup besar, yaitu hingga lebih dari 100%. Nilai ini sangat jauh dari batas yang digunakan (5% nilai galat). Namun, pada bunyi dengan frekuensi 5000 Hz masih memiliki nilai galat yang rendah, dan pada bunyi frekuensi 100 Hz dan 10000 Hz memiliki besar persentase galat yang sangat buruk.

### Perbandingan Rentang Respon Frekuensi Mikrofon

Setiap jenis dan merek mikrofon memiliki spesifikasi yang berbeda-beda. Salah satu hal yang berbeda pada setiap jenis mikrofon yaitu pada rentang respon frekuensi yang mampu diserap oleh mikrofon. Pada bagian ini dilakukan analisis grafik rentang respon frekuensi dari mikrofon yang digunakan. Grafik tersebut diperoleh dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) yang diproses oleh *software matlab*. Berikut adalah grafik rentang frekuensi respon dari mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini :



Gambar 5. Grafik Frekuensi Respon Dengan Posisi Tegak Lurus Antara Mikrofon dan *Speaker*



Gambar 6. Grafik Frekuensi Respon Dengan Posisi Mikrofon Yang Digerakan Berputar Di Atas *Speaker*

Dari Gambar 5 dan 6 dapat dilihat bahwa mikrofon yang digunakan hanya dapat menyerap bunyi secara tepat pada bunyi dengan frekuensi 1000 Hz dan 5000 Hz. Sementara itu, untuk bunyi dengan frekuensi 100 Hz dan 10000 Hz tidak ditampilkan secara tepat *peak*-nya di sumbu x pada grafik frekuensi respon.

## KESIMPULAN

1. Mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini memiliki sensitivitas yang tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh grafik *waveform* yang memiliki titik puncak (*peak*) tinggi pada aplikasi perekam bunyi *Audacity*.
2. Mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai persentase galat yang sangat besar yaitu > 100% pada bunyi dengan frekuensi terendah (100 Hz) dan bunyi frekuensi tertinggi (10000 Hz).
3. Mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini hanya dapat menyerap bunyi dengan frekuensi 1000 Hz dan 5000 Hz, sementara frekuensi 100 Hz dan 10000 Hz tidak diterima secara tepat pada grafik frekuensi respon.
4. Mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini tidak ideal untuk melakukan proses pendeteksian sistem permesinan karena besarnya nilai nilai galat (> 100%) dan tidak semua jenis frekuensi dapat diserap secara tepat.

## SARAN

Sebaiknya penelitian ini dapat menggunakan jenis mikrofon yang memiliki spesifikasi lebih baik lagi agar layak untuk melakukan proses deteksi kegagalan pada suatu sistem permesinan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Farokhzad, "Vibration Based Fault Detection of Centrifugal Pump by Fast Fourier Transform and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System," *J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 1, 2013.
- [2] D. Gunawan and F. Hilman, *Pengolahan Sinyal Digital Dengan Pemrograman Matlab*, Ke-1. Jogjakarta: Graha Ilmu, 2012.
- [3] T. Harčarik, J. Bocko, and K. Masláková, "Frequency analysis of acoustic signal using the Fast Fourier Transformation in MATLAB," *Procedia Eng.*, vol. 48, pp. 199–204, 2012.