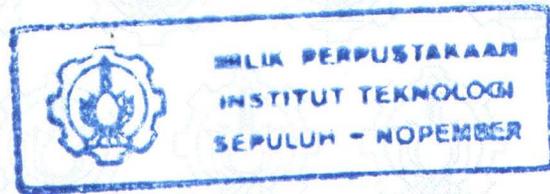
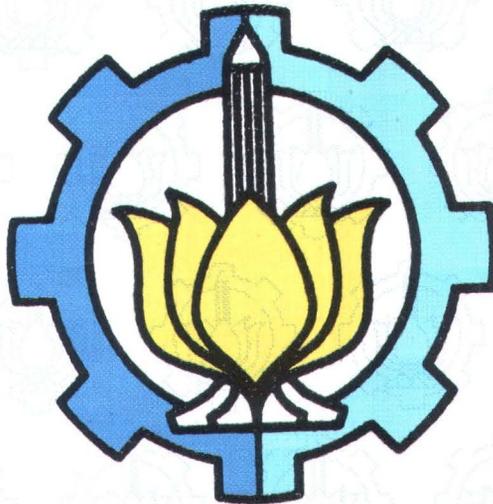


22394/H/06



**TUGAS AKHIR**  
**LS 1336**

**STUDI EKSPERIMEN PEREDAMAN KEBISINGAN  
GAS BUANG MOTOR DIESEL DENGAN METODE  
PEREDAMAN BASAH**



RSSP  
623.872.36  
Tri  
5-1  
2005

Oleh :

**NONO TRIYANTO**  
**NRP. 4298 100 027**

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	31-8-2005
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	223943

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2005**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI EKSPERIMEN PEREDAMAN KEBISINGAN  
GAS BUANG MOTOR DIESEL DENGAN METODE  
PEREDAMAN BASAH**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

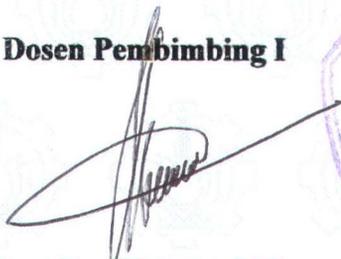
**Pada**

**Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

**Surabaya, Agustus 2005**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I**



**Ir. Alim Widodo, MSc**  
**NIP. 131 474 402**



**Dosen Pembimbing II**



**Taufik Fajar Nugroho, ST, MSc**  
**NIP. 132 262 157**



## **KATA PENGANTAR**

## KATA PENGANTAR

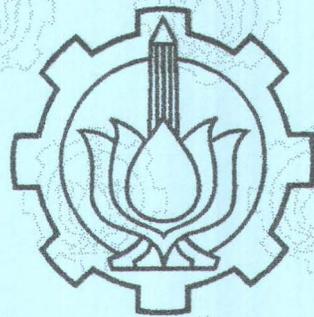
Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Eksperimen Peredaman Kebisingan Gas Buang Motor Diesel Dengan Metode Peredaman Basah”.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan kelulusan program Sarjana (S-1) pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dengan kerendahan hati, penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moral dan material serta dukungan do'a.
2. Bapak Ir. Alim Widodo, MSc, atas kesediaannya untuk membimbing serta memberi dukungan, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Taufik Fajar Nugroho, ST, MSc, atas kesediaannya untuk membimbing serta memberi dukungan, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Semin ST, MSc, Karyawan dan rekan-rekan anggota laboratorium Mesin Fluida yang juga mendukung penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir..
5. Mr. H. Nakamori, selaku penghubung pada perusahaan Yanmar Jepang yang telah memberikan data-data tentang motor diesel Yanmar.
6. Teman-teman angkatan 98 yang telah memberikan dukungan bagi penulis sehingga pengerjaan Tugas Akhir ini dapat terlaksana.
7. Rekan-rekan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan yang juga mendukung penulis.

Akhirnya penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu



**DAFTAR ISI**

# DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1-1
1.2 Permasalahan .....	1-3
1.3 Tujuan .....	1-3
1.4 Manfaat .....	1-3
1.5 Metode .....	1-4
BAB II TINJAUAN TEORI	
2.1 Kebisingan	
2.1.1 Definisi Kebisingan .....	2-1
2.1.2 Skala Desibel .....	2-1
2.1.3 Kecepatan Bunyi .....	2-2
2.1.4 Tingkat Kebisingan Ekuivalen .....	2-3
2.1.5 Tingkat Bising Yang Diperbolehkan .....	2-3
2.1.6 Pengaruh Kebisingan Terhadap Manusia .....	2-5
2.1.7 Pengendalian Kebisingan .....	2-6
2.2 Siklus Kerja Motor Diesel 4 Langkah	
2.2.1 Pendahuluan .....	2-7
2.2.2 Langkah Pengisian .....	2-7
2.2.3 Langkah Kompresi .....	2-8
2.2.4 Langkah Kerja .....	2-8
2.2.5 Langkah Buang .....	2-8
2.3 Muffler	
2.3.1 Kegunaan Muffler .....	2-11
2.3.2 Tipe-tipe Muffler .....	2-11

2.3.3 Gelombang Tekanan Gas Buang .....	2-13
2.3.4 Tekanan Balik Pada Saluran Gas Buang .....	2-14
2.3.5 Kriteria Muffler .....	2-14
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Metode Pengukuran Kebisingan .....	3-1
3.1.1 Pendahuluan .....	3-1
3.1.2 Beberapa Metode Pengukuran .....	3-1
3.1.3 Pengambilan Data Kebisingan .....	3-5
3.2 Metode Pengujian Kinerja Motor Diesel .....	3-5
BAB IV PERENCANAAN SISTEM PEREDAM KEBISINGAN	
BAB V ANALISA HASIL PENGUJIAN	
5.1 Unjuk Kerja Motor Diesel .....	5-1
5.2 Tingkat Tekanan Bunyi .....	5-4
5.3 Kenaikan Pembebanan Pada Putaran Tetap .....	5-23
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan .....	6-1
6.2 Saran .....	6-1
LAMPIRAN	
DAFTAR PUSTAKA	





**DAFTAR TABEL**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat kebisingan yang diperbolehkan (OSHA 1981) .....	2-4
Tabel 2.1 Tingkat kebisingan yang diperbolehkan (OSHA 1984) .....	2-4
Tabel 5.1 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 1 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-5
Tabel 5.2 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 2 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-5
Tabel 5.3 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 3 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-5
Tabel 5.4 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 1 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-6
Tabel 5.5 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 2 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-6
Tabel 5.5 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 3 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-6
Tabel 5.6 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 1 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-7
Tabel 5.7 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 2 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-7
Tabel 5.8 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 3 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-7
Tabel 5.9 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 1 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-8
Tabel 5.10 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 2 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-8
Tabel 5.10 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 3 kg, peredam bunyi jenis kering .....	5-8
Tabel 5.11 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 1 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-9
Tabel 5.12 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 2 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-9

Tabel 5.13 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 3 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-9
Tabel 5.14 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 1 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-10
Tabel 5.15 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 2 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-10
Tabel 5.16 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 3 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-10
Tabel 5.17 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 1 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-11
Tabel 5.18 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 2 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-11
Tabel 5.19 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 3 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-11
Tabel 5.20 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 1 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-12
Tabel 5.21 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 2 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-12
Tabel 5.22 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 3 kg, peredam bunyi jenis basah .....	5-12
Tabel 5.23 Nilai kebisingan latar belakang .....	5-15
Tabel 5.24 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 1 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-17
Tabel 5.25 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 2 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-17
Tabel 5.26 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 3 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-18
Tabel 5.27 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 1 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-18
Tabel 5.28 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 2 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-19
Tabel 5.29 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 3 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-19

Tabel 5.30 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 1 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-20
Tabel 5.31 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 2 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-20
Tabel 5.32 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 3 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-21
Tabel 5.33 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 1 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-21
Tabel 5.34 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 2 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-22
Tabel 5.35 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 3 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah .....	5-22



**DAFTAR GAMBAR**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tampilan program PULSE Labshop .....	3-6
Gambar 3.2 Pengujian motor diesel .....	3-9
Gambar 4.1. Contoh model water lock muffler .....	4-1
Gambar 5.1 Perbandingan nilai SFOC pada 800 Rpm .....	5-1
Gambar 5.2 Perbandingan nilai SFOC pada 1200 Rpm .....	5-2
Gambar 5.3 Perbandingan nilai SFOC pada 1600 Rpm .....	5-2
Gambar 5.4 Perbandingan nilai SFOC pada 2000 Rpm .....	5-3
Gambar 5.5 Grafik kebisingan peredam jenis kering pada putaran 800 rpm beban 1 kg .....	5-4
Gambar 5.6 Nilai perbandingan SPL untuk kedua jenis peredam pada 800 Rpm ...	5-23
Gambar 5.7 Nilai perbandingan SPL untuk kedua jenis peredam pada 1200 Rpm..	5-24
Gambar 5.8 Nilai perbandingan SPL untuk kedua jenis peredam pada 1600 Rpm..	5-24
Gambar 5.9 Nilai perbandingan SPL untuk kedua jenis peredam pada 2000 Rpm..	5-25



**ABSTRAK**

## ABSTRAK

*Peredam bunyi gas buang jenis basah diuji karena mampu menurunkan kebisingan motor diesel sampai tingkat yang rendah. Pada Tugas Akhir ini dilakukan perancangan dan pengujian terhadap peredam bunyi jenis basah pada motor diesel Yanmar tipe YSM 8 untuk mengetahui kinerjanya dibandingkan peredam bunyi jenis kering. Analisa dilakukan terhadap tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh kedua jenis peredam bunyi serta pengaruh pemakaian jenis peredam yang berbeda terhadap kinerja motor diesel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan peredam bunyi jenis basah mampu menurunkan tingkat kebisingan sampai 7,5 dB dibandingkan peredam bunyi jenis kering. Pada putaran motor diesel di atas 1600 Rpm, tingkat kebisingan yang dihasilkan motor dengan peredam jenis basah masih di bawah 85 dB.*





**BAB I**

**PENDAHULUAN**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Telinga manusia dapat menerima kebisingan sampai tingkat tertentu saja. Kebisingan yang terjadi terus menerus selama beberapa jam dapat mengganggu fungsi pendengaran manusia walaupun levelnya masih diijinkan. Untuk mencegah terganggunya pendengaran dapat diatasi dengan mencegah kebisingan dari sumbernya atau dicegah pada obyek penerimanya yaitu manusia.

Kapal-kapal nelayan pada umumnya menggunakan motor diesel karena banyak dijual dan harga bahan bakarnya lebih murah dibandingkan bahan bakar bensin. Tetapi motor diesel memiliki tingkat kebisingan yang lebih tinggi dibandingkan motor bensin karena bekerja dengan metode penyalaan kompresi sehingga dibutuhkan perbandingan kompresi yang lebih tinggi. Hasil dari proses pembakaran adalah kerja yang berguna memutar poros propeler dan kerugian panas yang harus dibuang. Selain itu proses pembakaran juga menghasilkan gas buang yang harus dikeluarkan dari silinder motor dengan tekanan dan kecepatan yang masih cukup tinggi. Perubahan tekanan dan kecepatan gas buang yang mendadak antara ruang silinder dengan udara luar dapat menimbulkan kebisingan pada saluran gas buangnya. Oleh karenanya perlu dilakukan usaha-usaha untuk menurunkan tingkat kebisingan gas buang. Untuk itu biasanya dipasang peredam suara gas buang atau knalpot.

Berdasarkan kondisi diatas perlu dianalisa lebih lanjut tingkat kebisingan yang ditimbulkan pada motor diesel yang bertujuan untuk mencegah dampak yang merugikan pada pendengaran manusia

Bising didefinisikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan atau bunyi yang mengganggu. Toleransi terhadap bising sangat tergantung pada persepsi seseorang. Bagaimanapun juga tetap ada batas-batas yang ditetapkan berdasarkan hasil penelitian berhubungan dengan kualitas bunyi tersebut. Batas-batas kualitas ini disesuaikan dengan waktu, tempat dan

kondisi bunyi yang ada. Sebagai contoh, telah ditetapkan tingkat kebisingan yang boleh diterima oleh seseorang dalam selang waktu tertentu, yaitu seseorang boleh berada dalam lingkungan yang bertingkat kebisingan 85 dB selama 8 jam untuk bunyi yang kontinyu (bukan bunyi kejut).

Kebisingan yang tinggi dalam waktu yang lama dapat membahayakan fungsi pendengaran dan menurunkan tingkat kejelasan pembicaraan di sekitar sumber bising tersebut. Pemakaian motor diesel yang bising pada kapal nelayan yang terbatas luasnya tentunya akan mengganggu nelayan itu sendiri karena dia tidak dapat menjauh dari sumber bising selama bekerja di tengah laut.

Cara mengatasi keadaan bising dapat dilakukan melalui tiga cara yaitu meredam kebisingan pada sumbernya, meredam melalui jalannya suara dan meredam bising pada penerima. Cara yang kedua dapat dilakukan dengan menempatkan benda sumber bising di sebuah ruang khusus sehingga transmisi suara akan terhambat. Kebisingan yang dikeluarkan oleh suara gas buang tidak dapat diatasi dengan cara yang kedua karena gas tersebut harus dibuang ke udara bebas. Sedangkan cara terakhir dapat dilakukan menggunakan *earmuff*. Tentunya cara ini juga akan membatasi tingkat kejelasan pembicaraan. Cara yang cukup efektif adalah dengan melakukan perencanaan ulang terhadap benda sumber bising. Perencanaan ulang yang dimungkinkan pada motor diesel adalah pada komponen peredam suara gas buang karena bagian ini mudah dibongkar pasang dan merupakan salah satu sumber kebisingan pada motor diesel

### **1.2 Permasalahan**

Dalam penelitian tugas akhir ini, permasalahan yang hendak dipecahkan adalah :

1. Bagaimana menentukan bentuk dan ukuran peredam gas buang jenis basah sehingga dapat mengurangi kebisingan sampai tingkat yang minimal.
2. Berapa nilai peredaman kebisingan yang dihasilkan peredam jenis basah dibandingkan peredam jenis kering.
3. Bagaimana pengaruh perubahan kecepatan dan beban terhadap nilai kebisingan motor diesel yang diuji.

### **1.3 Tujuan**

Penelitian dan penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

- Merancang dan membuat suatu prototipe peredam suara gas buang dengan menggunakan metode peredaman basah.
- Menerapkan peredaman suara metode basah pada motor diesel satu silinder dengan daya keluaran 7 HP.
- Mendapatkan nilai peredaman suara motor diesel yang diuji.

### **1.4 Manfaat**

Gas buang yang dikeluarkan oleh motor bakar merupakan sumber utama kebisingan pada motor tersebut. Dengan mengadakan pengujian motor diesel diharapkan dapat diketahui tingkat kebisingan yang dapat mempengaruhi fungsi pendengaran dan kejelasan pembicaraan. Hasil penelitian dapat memberikan kontribusi tentang kegunaan sistem peredam suara gas buang jenis peredam basah. Selain itu, hasil data yang diperoleh dari pengujian ini dapat digunakan sebagai pembandingan terhadap hasil pengujian pada motor diesel yang lain.

### 1.5 METODE

Metode yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Metode Penelitian

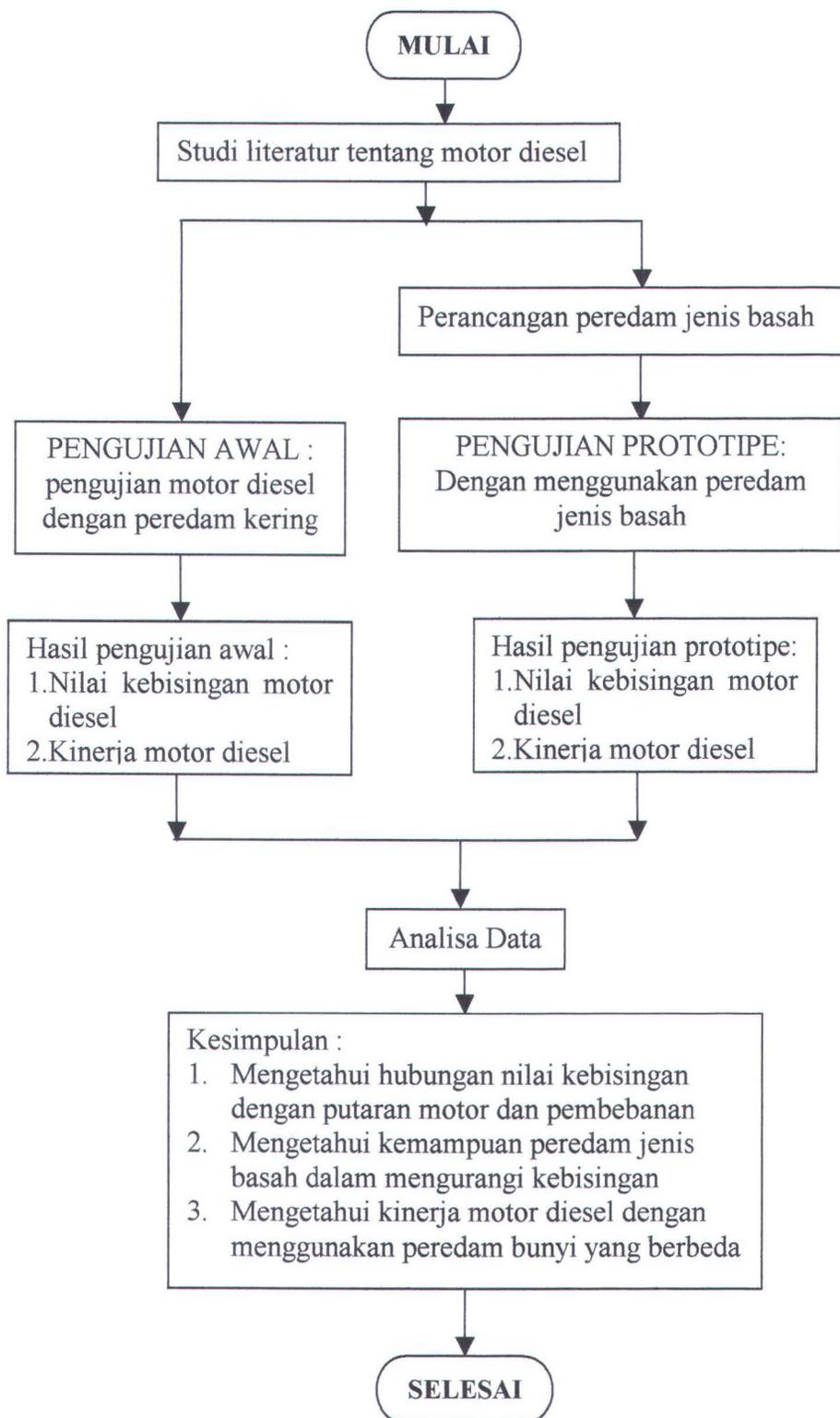
Mempelajari spesifikasi motor diesel yang akan dilakukan pengujian berupa bentuk dan ukuran knalpot standarnya serta melakukan pengujian kebisingan motor diesel dengan menggunakan knalpot standar tersebut. Kegiatan ini disebut pengujian awal yang hasilnya digunakan sebagai pembandingan terhadap hasil pengujian prototipe peredam bunyi jenis basah. Rancangan peredam bunyi jenis basah akan dibuat berdasarkan teori peredaman suara motor bakar. Hasilnya berupa prototipe yang kemudian diuji kemampuannya dalam meredam kebisingan gas buang dari motor.

#### 2. Metode Pengujian

Pengujian dilaksanakan di laboratorium Getaran dan Kebisingan Kapal Teknik Sistem Perkapalan ITS, dengan menggunakan motor diesel :

Merek : YANMAR  
Model : YSM8  
Silinder : 1  
BHP : 7 HP (kontinyu)  
          : 8 HP (maksimum)  
Kecepatan : 3200 Rpm pada poros engkol  
          1639 Rpm pada poros propeler

Untuk memberikan pembebanan digunakan rem prony yang dapat diatur tingkat pengeremannya untuk memberikan tingkat pembebanan yang berlainan. Tingkat beban pengereman dapat diketahui melalui pembacaan skala yang terlihat pada neraca pegas. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan putaran dan pembebanan. Data-data yang diambil adalah nilai putaran motor, torsi pembebanan, level kebisingan. Putaran motor diesel diukur dengan tachometer, torsi pembebanan diukur dengan neraca pegas sedangkan tingkat kebisingan diukur menggunakan Multi-analyzer System tipe 3560 merek **Bruel & Kjaer**



*Flowchart metodologi pengerjaan tugas akhir*



**BAB II**  
**TINJAUAN TEORI**



## BAB II

### TINJAUAN TEORI

#### 2.1 Kebisingan

##### 2.1.1 Definisi kebisingan

Bunyi bising dapat diartikan sebagai bunyi apapun yang tidak diinginkan dan dirasakan mengganggu oleh si pendengar (Dhanardono, 1990). Dengan demikian, bunyi bising dari suatu sumber bunyi bersifat sangat subyektif tergantung pada tanggapan si penerima. Oleh karena itu untuk dapat menyatakan nilai tanggapan yang sama dari suatu kebisingan diperlukan alat yang memiliki karakteristik tanggapan bunyi yang sama dengan telinga manusia yaitu 'Sound Level Meter'.

##### 2.1.2 Skala Desibel

Skala yang dipakai untuk menyatakan intensitas bunyi atau tekanan bunyi adalah skala logaritmis, dimana satuannya adalah desibel (dB). Skala desibel diturunkan dari sensasi pendengaran manusia yang mampu menerima jangkauan intensitas bunyi yang sangat lebar, dengan perbandingan energi maksimum ke minimum lebih dari  $10^{13} : 1$ . Skala pengukuran bunyi pada awalnya dibuat dengan menyatakan perbandingan logaritmis dari dua daya yaitu  $W_1$  dan  $W_0$  yang disebut 'Bell', yang kemudian diubah menjadi suatu unit satu per sepuluh darinya yang disebut desibel (Maekawa, 1994).

$$\text{Nilai desibel} = 10 \log_{10} \left( \frac{W_1}{W_0} \right) = 10 \log_{10}(n) \quad \text{dB} \quad (2-1)$$

Dengan suatu nilai standar  $W_0 = 10^{-12}$  (Watt), skala tersebut dapat digunakan tidak hanya untuk membuat perbandingan relatif tetapi juga untuk menyatakan nilai absolut

dengan referensi ke suatu nilai standar, daya bunyi  $W$  ( Watt ) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Level daya bunyi, } L_w = 10 \log_{10} \left( \frac{W}{10^{-12}} \right) \text{ dB} \quad (2-2)$$

Sedangkan level intensitas bunyi,  $I$  (  $W/m^2$  ) dapat dinyatakan dengan :

$$\text{Level intensitas bunyi} = 10_{10} \log \left( \frac{I}{I_0} \right) \text{ dB} \quad (2-3)$$

Dimana,  $I_0 = 10^{-12}$  (  $W/m^2$  )

Kemudian dari persamaan :  $I = p^2 / \rho c = \rho c v^2$  , Level tekanan bunyi  $L_p$  diperoleh sebagai berikut :

$$L_p = 10 \log_{10} \left( \frac{p^2}{p_0^2} \right) = 20 \log_{10} \left( \frac{p}{p_0} \right) \text{ dB} \quad (2-4)$$

Dimana,  $p_0 = 2 \times 10^{-5}$  (  $N/m^2$  ) = 20  $\mu$ Pa adalah nilai referensi untuk udara.

### 2.1.3 Kecepatan Bunyi

Maekawa, dalam buku *Environmental and Architectural Acoustic*, menyebutkan bahwa kecepatan bunyi  $c$  dalam fluida yang massa jenisnya  $\rho$  dan elastisitas volume  $k$  dapat dinyatakan dengan :

$$c = \sqrt{\frac{k}{\rho}} \text{ ( m / det )} \quad (2-5)$$

Untuk fluida gas atau udara, variasi tekanan bila dihubungkan dengan gelombang bunyi adalah adiabatik, sehingga perbandingan panas spesifik dibawah kondisi tekanan konstan dan volume konstan adalah  $\gamma$ . Elastisitas volume  $k$  dapat dinyatakan dengan :

$k = \gamma P_0$  dimana  $P_0$  adalah tekanan atmosfer

Pada suhu udara  $0^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm,  $\gamma = 1,41$  ;  $P = 101.300$  (  $N/m^2$  )

$$= 1.031 \text{ (bar, atau kPa)}, \rho = 1,29 \text{ ( kg/m}^3 \text{ ) dan } c = 331,5 \text{ (m/det)}$$

$\rho$  bervariasi terhadap suhu ketika tekanan atmosfer konstan, sehingga pada suhu udara  $t^\circ\text{C}$ , kecepatan bunyi menjadi :

$$c = 331,5 \left( 1 + \frac{t}{273} \right)^{\frac{1}{2}} = 331,5 + 0,61t \text{ ( m/det )} \quad (2-6)$$

Angka yang umumnya digunakan untuk pengukuran kebisingan adalah pada kecepatan bunyi 340 m/detik pada temperatur normal.

#### **2.1.4 Tingkat Kebisingan Ekuivalen**

Kebisingan yang dihasilkan oleh suatu sumber bunyi dapat terbentuk dari kebisingan tiap komponen sumber bunyi yang nilainya berbeda-beda pada masing-masing frekuensi. Untuk mendapatkan nilai kebisingan ekuivalen dari semua frekuensi untuk suatu sumber bunyi, dapat diketahui dengan persamaan seperti yang diberikan oleh Lynn L. Faulkner (1976) seperti berikut :

$$L_p = 10 \log_{10} \left[ \log_{10}^{-1} \left( \frac{L_{p_1}}{10} \right) + \log_{10}^{-1} \left( \frac{L_{p_2}}{10} \right) + \dots + \log_{10}^{-1} \left( \frac{L_{p_n}}{10} \right) \right] \text{ dB(A)} \quad (2-7)$$

#### **2.1.5 Tingkat Bising yang Diperbolehkan**

Kebisingan yang didengar terus-menerus dapat mempengaruhi kondisi kesehatan fisik dan mental manusia. Oleh karena itu beberapa lembaga mengeluarkan peraturan tentang besarnya tingkat bising yang boleh diterima manusia. Salah satu kebijakan yang diterapkan adalah melalui OSHA (Occupational Health and Safety Administration) tahun 1981 yang isinya antara lain berbunyi :

1. Para pekerja tidak diperbolehkan berada di tempat dengan tingkat kebisingan lebih 90 dB(A) selama 8 jam
2. Bunyi impulsif tidak boleh melebihi 140 dB
3. Para pekerja harus menggunakan pelindung telinga

4. Diperlukan pemeriksaan audiometrik untuk orang yang bekerja ditempat dengan kebisingan mencapai 85 dB(A) dalam 8 jam perhari

Batasan tingkat kebisingan yang diperbolehkan dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 2.1 Tingkat kebisingan yang diperbolehkan (OSHA 1981)

Duration per day (hours)	Sound Level dB(A)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
0,25	115

Peraturan ini diperbarui pada tahun 1984, seperti tabel di bawah :

Tabel 2.1 Tingkat kebisingan yang diperbolehkan (OSHA 1984)

Sound Level dB(A)	Time Permitted Hours-Minutes	Sound Level dB(A)	Time Permitted Hours-Minutes
85	16 - 0	101	1 - 44
86	13 - 56	102	1 - 31
87	12 - 8	103	1 - 19
88	10 - 34	104	1 - 9
89	9 - 11	105	1 - 0
90	8 - 0	106	0 - 52
91	6 - 58	107	0 - 46
92	6 - 4	108	0 - 40
93	5 - 17	109	0 - 34
94	4 - 36	110	0 - 30
95	4 - 0	111	0 - 26
96	3 - 29	112	0 - 23
97	3 - 2	113	0 - 20
98	2 - 50	114	0 - 17
99	2 - 15	115	0 - 15
100	2 - 0		

Nilai ambang batas kebisingan di tempat kerja yang diberlakukan di Indonesia saat ini adalah 85 dB.

### 2.1.6 Pengaruh Kebisingan Terhadap Manusia

Bunyi yang bising dapat mengganggu manusia disekitarnya. Pengaruh ini salah satunya berupa gangguan kenyamanan (Lea Prasetio, 1986). Gangguan yang lain akibat pengaruh kebisingan secara umum meliputi gangguan pada pendengaran, gangguan secara psikis dan juga gangguan secara fisiologis.

Indera pendengaran manusia secara langsung akan merasakan bunyi yang dirasakan mengganggu. Pengaruh dari bunyi bising adalah terjadinya perubahan pada ambang pendengaran. Tingkat bunyi yang tinggi yang didengar dalam waktu beberapa saat dapat mengakibatkan *temporary threshold shift*, yaitu pergeseran ambang pendengaran. Fungsi pendengaran akan kembali normal setelah ditunggu beberapa saat karena gejala ini bersifat sementara. Apabila bunyi bising ini dirasakan setiap hari dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan *temporary threshold shift* berubah menjadi *permanent threshold shift*. Gejala ini berarti ambang pendengaran telah bergeser secara tetap. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa bunyi bising yang diterima terus-menerus juga dapat menyebabkan gangguan pada pencernaan, menjadi mudah cemas, mempengaruhi emosi, cepat jenuh, mempengaruhi efisiensi kerja, menyebabkan orang sulit tidur dan sebagainya (Maekawa, 1994).

Selain pengaruh yang disebut di atas, adanya gangguan berupa bunyi bising juga dapat mempengaruhi daya tangkap atas kata-kata yang diucapkan yang disebut Inteligibilitas Pembicaraan (*Speech Inteligibility*). Karena komunikasi antar manusia selain dilakukan secara langsung juga sering dilakukan dengan bantuan alat komunikasi, maka bunyi bising ikut menurunkan daya tangkap kata-kata yang diucapkan.

### 2.1.7 Pengendalian Kebisingan

Terdapat tiga macam cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi bising yang dihasilkan oleh suatu sumber bunyi, yaitu :

- pengurangan bising pada sumber bunyi
- pengurangan bising pada jalan bunyi (transmisi bunyi)
- pengurangan bising pada penerima

#### 2.1.7.1 Sumber Bunyi

Pengurangan bising pada sumber bunyi berupa peralatan atau mesin dapat dilakukan dengan merancang kembali peralatan atau mesin tersebut. Dalam hal sumber bising berupa motor bakar, maka bunyi yang mengganggu bisa berasal dari proses pembakaran dalam silinder, proses pemasukan udara dan pengeluaran gas buang, bunyi tumbukan dan gesekan antar komponen mesin.

#### 2.1.7.2 Transmisi Bunyi

Bunyi yang menyebar dari suatu sumber merambat melalui udara sehingga perambatan bunyi tergantung pada keadaan atmosfer dan adanya obyek-obyek yang dapat menghalangi perambatannya. Oleh karena itu pengurangan intensitas bunyi yang mengganggu dapat dilakukan dengan membuat penghalang. Penghalang ini bisa berupa dinding yang menutup jalannya bunyi atau melindungi penerimanya dari bunyi yang mengganggu tersebut.

#### 2.1.7.3 Penerima

Manusia di sekitar sumber bunyi dapat menghindari bunyi bising dengan memakai alat pelindung pendengaran berupa *earmuff* atau *earplug*. Pemakaian peralatan pelindung ini pada sisi lain juga akan mengurangi inteligibilitas pembicaraan atau daya tangkap atas kata-kata yang diucapkan.

### **2.2 Siklus Kerja Motor Diesel 4 Langkah**

#### **2.2.1 Pendahuluan**

Motor diesel bekerja dengan urutan kejadian yang berulang secara teratur dan dalam urutan yang sama yang dinamakan daur atau siklus. Kejadian daur empat langkah. Berikut ini adalah siklus yang terjadi pada motor diesel :

1. Mengisi silinder dengan udara segar
2. Penekanan isi udara yang menaikkan tekanan dan suhu sehingga apabila bahan bakar diinjeksikan akan segera menyala dan terbakar secara efisien
3. Pembakaran bahan bakar dan pengembangan gas panas
4. Mengosongkan hasil pembakaran dari silinder

Setelah keempat langkah ini diselesaikan, maka siklus diulangi. Pada siklus empat langkah, masing-masing langkah memerlukan satu kali gerakan torak naik atau turun sehingga satu siklus dapat diselesaikan dalam dua kali putaran motor.

#### **2.2.2 Langkah Pengisian**

Selama kejadian pertama atau langkah pengisian, torak bergerak turun, ditarik oleh batang engkol, yang diujung bawahnya digerakkan oleh poros engkol. Torak yang bergerak menjauhi kepala silinder, menimbulkan keadaan vakum dalam silinder, dan udara luar dihisap ke dalam silinder melalui katup pemasukan yang terbuka di sekitar awal langkah hisap dan tetap terbuka sampai torak mencapai titik mati bawah. Pada motor 4 langkah, katup pemasukan mulai terbuka ketika katup buang masih terbuka (overlap katup). Hal ini yang menyebabkan pulsa buang negatif (pemantulan pulsa positif) mendorong lebih banyak udara segar melewati katup pemasukan dan menuju silinder.

### **2.2.3 Langkah Kompresi**

Setelah torak melewati titik mati bawah, maka kejadian kedua, atau langkah kompresi dimulai. Katup pemasukan ditutup dan torak yang didorong ke atas oleh engkol dan batang engkol, menekan udara dalam silinder dan menaikkan suhunya.

### **2.2.4 Langkah Kerja**

Sebelum torak mencapai titik mati atas, bahan bakar dalam bentuk semprotan kabut harus dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam udara panas dalam silinder. Bahan bakar menyala dan terbakar selama bagian pertama dari langkah kerja, sehingga menaikkan tekanan dalam silinder. Selama langkah kerja atau langkah daya, gas panas mengembang dan volume silinder yang membesar mendorong torak turun atau maju dan melalui batang engkol meneruskan energi yang diterima kepada poros engkol hingga berputar. Pada akhir dari langkah kerja, katup buang mulai terbuka sebelum mencapai titik mati bawah. Kemudian gas buang mulai keluar melalui pipa gas buang.

### **2.2.4 Langkah Buang**

Sebelum torak mencapai titik mati bawah., katup buang membuka dan hasil pembakaran yang panas dan masih bertekanan tinggi mulai keluar melalui lubang buang ke luar silinder. Selama langkah buang, torak bergerak ke atas, didorong oleh batang engkol, mengeluarkan gas hasil pembakaran yang tersisa.

Proses ini membentuk aliran gas panas dalam gerakan yang sangat cepat menjauhi silinder. Aliran gas panas ini memiliki inersia dan cenderung akan terus bergerak dalam arah yang sama keluar dari pipa gas buang setelah torak berhenti mendorongnya.

L.V.Armstrong (1959), memberikan persamaan untuk menghitung kecepatan gas buang yang keluar dari silinder, yaitu :

$$V_g = \frac{(2 \times S \times N)}{12} \times \left(\frac{D}{d}\right)^2 \quad (\text{ft/min}) \quad (2-8)$$

Dimana : S = panjang langkah (inch)

N = putaran motor (Rpm)

D = diameter silinder (inch)

d = diameter pipa gas buang (inch)

Kebisingan gas buang setelah melewati peredam bunyi dapat diperkirakan dengan menganggap bahwa gas buang keluar dalam bentuk aliran jet udara. Dalam aliran fluida yang termampatkan (compressible), terdapat besaran yang disebut Angka Mach, yang menyatakan perbandingan kecepatan fluida terhadap kecepatan bunyi.

$$M = \frac{V}{c} = \frac{\text{kecepatan fluida}}{\text{kecepatan bunyi}} \quad (2-9)$$

Daya mekanik dari aliran jet fluida dapat dihitung dengan persamaan :

$$W \text{ mekanik} = \frac{1}{2} \times m \times V^2 \quad (\text{watt}) \quad (2-10)$$

Dimana : W mekanik = daya mekanik dari jet udara (watt)

m = laju aliran massa jet fluida (kg/detik)

V = kecepatan keluar fluida (m/detik)

Tingkat daya bunyi total dari bising aliran jet udara dapat diperkirakan dengan persamaan : (L.L Faulkner, 1976)

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{\zeta W_{mek}}{10^{-12}} \quad (\text{dB}) \quad (2-11)$$

$$= 10 \log_{10} \frac{\zeta \frac{1}{2} m V^2}{10^{-12}} \quad (\text{dB}) \quad (2-12)$$

$$= 10 \log_{10} (5 m V^2 \zeta 10^{11}) \quad (\text{dB}) \quad (2-13)$$

dimana :  $L_w$  = tingkat daya bunyi (dB)

$m$  = laju aliran massa jet fluida (kg/detik)

$V$  = kecepatan keluar fluida (m/detik)

$\zeta$  = konstanta efisiensi radiasi yang tergantung pada angka Mach

Angka Mach	Konstanta efisiensi radiasi, $\zeta$
$M < 0,3$	$8 M^3 \times 10^{-5}$
$0,4 < M < 2$	$M^5 \times 10^{-4}$
$M > 2$	$2 \times 10^{-3}$

Laju aliran massa gas buang dapat diketahui dengan menggabungkan nilai laju aliran massa udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran dan laju aliran massa bahan bakar. Hal ini dinyatakan oleh S.K. Kulshrestha (1989), dengan persamaan sebagai berikut :

$$\dot{m}_g = \text{laju aliran massa udara} + \text{laju aliran massa bahan bakar} \quad (2-14)$$

Laju aliran massa udara untuk proses pembakaran,  $\dot{m}_a$  adalah :

$\dot{m}_a$  = massa jenis udara x volume silinder motor x jumlah langkah isap tiap jam

$$= \rho_a \times \text{vol. silinder} \times n \text{ langkah isap} \quad (2-15)$$

sedangkan laju aliran massa bahan bakar,  $\dot{m}_f$  dapat diketahui dengan :

$\dot{m}_f$  = laju aliran bahan bakar x massa jenis bahan bakar

$$= Q_f \times \rho_f \quad (2-16)$$

### 2.3 Muffler

Embleton, dalam buku *Noise and Vibration Control*, mendeskripsikan peredam buang atau muffler adalah bagian dari saluran atau pipa yang dibentuk dengan

maksud mengurangi transmisi bunyi, dan pada waktu yang sama melewati aliran bebas gas.

### **2.3.1 Kegunaan Muffler**

Muffler atau peredam suara gas buang berguna untuk menurunkan suara yang cukup keras pada saluran buang karena gas buang keluar dari silinder motor dengan kecepatan tinggi. Kecepatan yang tinggi tersebut disebabkan adanya perbedaan tekanan yang cukup besar antara tekanan dalam silinder akibat proses pembakaran dan tekanan atmosfer di luar silinder. Tekanan gas yang keluar dari silinder motor berfluktuasi naik dan turun akibat siklus motor bakar yang terdiri atas langkah pengisapan udara, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah buang. Setiap langkah kerja dan buang menyebabkan naiknya tekanan gas buang dari silinder sedangkan langkah isap dan kompresi menyebabkan turunnya tekanan gas buang. Aliran gas berupa pulsa-pulsa yang menyebabkan gelombang tekanan dan menyebar dengan kecepatan suara. Gelombang tekanan ini bervariasi tergantung kecepatan dan beban motor. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menurunkan suara bising gas buang seperti yang dikemukakan oleh V.L. Maleev (1954), yaitu :

- a. Dengan membiarkan gas mengembang didalam suatu ruangan
- b. Dengan mengubah arah alirannya
- c. Dengan mendinginkannya menggunakan injeksi air

### **2.3.2 Tipe-tipe Muffler**

Dari bermacam-macam peredam yang dipasang di kendaraan, terdapat dua kelompok peredam suara gas buang, yaitu peredam suara jenis kering dan peredam suara jenis basah.

Peredam suara jenis kering, dibuat dengan berlandaskan pada dua macam teori tentang suara gas buang. Teori yang pertama menyebutkan bahwa suara bising



tersebut diakibatkan oleh kecepatan gas buang yang cukup tinggi sewaktu keluar dari silinder, sedangkan teori yang lain menyebutkan bahwa suara bising tersebut diakibatkan oleh bunyi yang menyebabkan getaran pada frekuensi tinggi. Peredam suara jenis kering dapat dibedakan atas 2 tipe dasar, yaitu reaktif muffler (reflective) dan disipatif muffler (absorptif).

Reaktif muffler bekerja dengan merefleksikan gelombang bunyi melalui ruangan-ruangan peredam kembali menuju asalnya. Refleksi tersebut disebabkan oleh perbedaan luas area saluran gas yang menghasilkan ketidaksamaan impedansi gelombang bunyi. Peredam bunyi jenis reaktif lebih efektif untuk bunyi dengan frekuensi rendah.

Witanyo (1997), dalam laporan penelitiannya menyebutkan cara kerja disipatif muffler adalah dengan menyerap puncak-puncak gelombang tekanan secara mekanis. Bahan penyerap biasanya berupa glass wool atau steel wool dalam ruang peredam yang diberi pipa dengan lubang-lubang kecil. Gas buang pada saat bergelombang tekanan tinggi akan mengalir dari pipa menuju bahan penyerap dan pada saat gelombang tekanan rendah akan kembali masuk pipa. Proses ini dapat mengecilkan amplitudo gelombang dan kebisingannya. Disipatif muffler memiliki karakteristik pengurangan bising wideband pada frekuensi tengah tengah dan tinggi. Peredam ini juga dipakai pada bunyi bising dengan frekuensi tengah narrowband bervariasi pada kisaran yang lebar dengan kondisi operasi sumber bunyi yang berubah-ubah seperti disebutkan oleh T.F.W. Embleton dalam buku *Noise and Vibration Control*.

V.L. Maleev, dalam buku *Operasional dan Pemeliharaan Mesin Diesel*, menjelaskan bahwa peredam suara jenis basah bekerja dengan cara menguapkan air pendingin yang diinjeksikan ke saluran gas buang sehingga panas laten penguapan

akan mendinginkan gas, mengurangi volume dan tekanannya. Tekanan yang berkurang akan mengurangi energi kinetik dan kebisingannya.

### **2.3.3 Gelombang Tekanan Gas Buang**

Pada operasi motor diesel, katup buang sudah mulai dibuka pada akhir langkah ekspansi. Walaupun piston masih bergerak turun, gas hasil pembakaran yang tekanannya lebih tinggi daripada tekanan atmosfer sudah mulai mengalir keluar. Proses ini dilakukan dengan tujuan selain memanfaatkan tekanan hasil pembakaran untuk mengalirkan gas keluar silinder melawan kelembamannya juga meminimalkan energi yang diperlukan untuk menekan gas keluar silinder pada saat piston mulai bergerak ke atas. (Witanyo,1997).

Dalam proses kerja tersebut gas buang tiba-tiba dilepaskan ke dalam pipa yang bertekanan atmosfer sehingga menimbulkan kenaikan tekanan dalam pipa dan memberikan kecepatan kepada gas dalam pipa. Pada waktu gas mengalir keluar, aliran dan kelembamannya menghasilkan penurunan tekanan dalam silinder dan kenaikan tekanan dalam pipa buang. Kenaikan tekanan ini, karena kelembaman gas, diikuti dengan penurunan tekanan, kemudian kenaikan tekanan lain dan seterusnya. Aliran gas buang, akibat proses kerja yang berulang sewaktu keluar silinder, akan berupa pulsa atau denyut. Gelombang tekanan yang terbentuk berjalan melalui manifold dan pipa buang menuju peredam. Di dalam peredam bunyi, gelombang tekanan mendapat rintangan dan sebagian akan dipantulkan, dan pada waktu yang hampir bersamaan dikembalikan ke asalnya. Tekanan yang naik turun atau bergelombang tersebut tidak hanya terjadi dalam pipa buang tetapi juga dapat dikembalikan ke dalam silinder mesin.

### 2.3.4 Tekanan Balik Pada Saluran Gas Buang

V.L.Maleev, dalam buku *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*, menyebutkan bahwa suatu kenaikan tekanan balik sebesar 1 psi akan menurunkan tekanan efektif rata-rata sebesar 1% karena kerja ekstra yang harus dilakukan oleh torak selama langkah buang. Tambahan gas buang yang tertinggal dalam ruang kompresi akan menambah perlemahan sehingga menurunkan efisiensi pengisian sebesar 0,5% lagi. Jadi suatu kenaikan tekanan balik sebesar 1% akan menurunkan keluaran daya sebesar kira-kira 1,5%. Dapat dipahami dari kenyataan bahwa udara segar yang dihisap ke dalam silinder akan bercampur dengan gas buang yang tertinggal dari siklus sebelumnya dalam ruang kompresi antara bagian bawah kepala silinder dan bagian atas permukaan torak sewaktu berada di kedudukan titik mati atas. V.L.Maleev, dalam buku *Internal Combustion Engine*, menjelaskan efek dari kejadian ini yaitu :

1. Gas buang tersebut akan menurunkan jumlah udara pengisi dengan dua cara yaitu menurunkan efisiensi volumetrik pada langkah hisap dan menaikkan suhu udara pengisi.
2. Gas buang akan bercampur udara pengisi, menaikkan jumlah gas inert dan kemudian mempengaruhi penyalaan proses pembakaran

### 2.3.5 Kriteria Muffler

#### 2.3.5.1 Kriteria Kinerja Akustik

Kriteria kinerja akustik dapat ditunjukkan oleh berbagai besaran antara lain :

a). Insertion Loss (IL) atau kehilangan karena penyisipan, yaitu perbedaan antara dua tingkat tekanan bunyi (atau tingkat daya bunyi atau intensitas bunyi) yang diukur pada tempat yang sama sebelum dan sesudah peredam (muffler) disisipkan diantara titik pengukuran dan sumber bunyi.

b). Transmission Loss atau kehilangan transmisi, yaitu 10 kali logaritma perbandingan antara daya bunyi yang terjadi pada peredam dengan daya bunyi yang ditransmisikan oleh peredam bunyi (muffler).

c). Noise Reduction atau pengurangan kebisingan, yaitu perbedaan antara tingkat tekanan bunyi yang diukur pada input peredam bunyi dan pada output peredam bunyi.

### **2.3.5.2 Kriteria Kinerja Aerodinamik**

Kriteria kinerja aerodinamik menentukan penurunan tekanan maksimum yang diperbolehkan melalui peredam (tekanan balik peredam). Laju aliran gas buang dan temperatur dari produsen motor dibutuhkan untuk memperkirakan secara teliti tekanan balik dari suatu silinder dan sistem buang. Pemilihan suatu peredam buang yang didasarkan semata-mata pada diameter pipa penghubung seringkali dapat menghasilkan pemilihan produk yang tak tepat. Perhitungan kerugian aliran menggunakan koefisien untuk pengecilan dan pembesaran tiba-tiba suatu fluida dapat digunakan untuk memperkirakan penurunan tekanan melalui suatu peredam bunyi.

### **2.3.5.3 Kriteria Kinerja Mekanis**

Dalam kriteria kinerja mekanis harus ditetapkan bahwa bahan-bahan material sistem gas buang harus tahan lama dan membutuhkan sedikit perawatan ketika dalam pemakaian. Pemilihan material sangat penting khususnya ketika gas buang bertemperatur tinggi atau bersifat korosif. Gas buang yang membawa partikel padat dan menimbulkan timbunan partikel juga memerlukan pemilihan material yang tepat agar tidak mengurangi efektifitas peredam. Baja aluminium sedikit lebih tahan panas daripada baja karbon dan memberikan ketahanan korosi dan seringkali dipilih sebagai suatu alternatif ekonomis untuk sistem buang yang terbuat dari baja stainless.

### **2.3.5.4 Kriteria Kinerja Geometric.**

Kriteria kinerja struktur menentukan hambatan geometris dan atau kelonggaran volume maksimum atau berat peredam yang dapat mempengaruhi proses perancangan peredam. Pembebanan sekunder diluar berat peredam juga dapat mempengaruhi perancangan sistem buang.

### **2.3.5.5 Kriteria Ekonomis**

Suatu peredam yang dirancang harus diusahakan semurah mungkin baik dari segi harga instalasi maupun biaya operasi.



**BAB III**  
**METODE PENELITIAN**

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Metode Pengukuran Kebisingan**

##### **3.1.1. Pendahuluan**

Menurut Lea Prasetio (1982), dalam laporan penelitian tentang kebisingan diesel generator, disebutkan bahwa metode yang sesuai untuk mengukur kebisingan mesin-mesin yang menghasilkan kebisingan kontinyu seperti motor diesel, dan tidak dapat dipindahkan dari lokasi kerjanya ke ruang tes khusus adalah metode survey. Metode ini adalah metode yang cukup sederhana karena sesuai standar ISO nomor 3746 dijelaskan bahwa metode ini dapat memakai ruang tes dengan kondisi apa adanya, tanpa batasan ukuran volume sumber bunyi, karakteristiknya apa saja, dapat memperoleh PWL dengan pembobotan A (A weighted) dan dapat memperoleh informasi SPL sebagai fungsi waktu dan pembobotan yang lain.

##### **3.1.2. Beberapa metode pengukuran**

Beberapa metode dapat digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan sumber bunyi yang tidak bergerak. Cara yang sederhana diberikan dalam buku Noise Measurement dari Bruel & Kjaer. Pada metode ini letak titik pengukuran ditentukan oleh si pengukur, yaitu dengan memilih titik tertentu. Dalam metode ini ada beberapa ketentuan yang harus diperhatikan dalam melakukan pengukuran dan menetapkan letak titik-titik ukur. Ketentuan tersebut adalah :

1. Letak titik ukur tidak boleh berada dalam medan dekat

2. Jika terdapat obyek-obyek yang dapat memantulkan bunyi, maka koreksi perlu diberikan sebesar 2,5 dB
3. Pengukur tidak boleh berada pada jarak kurang dari 1 meter dari SLM (Sound Level Meter), agar tidak menjadi obyek pemantul
4. Apabila pengukuran dilakukan di luar ruangan, maka microphone perlu dilindungi dengan windscreen, yaitu jika kecepatan angin lebih besar dari 5 m/det.
5. Dalam setiap pengukuran selalu harus diukur ambient atau background level. Pengukuran yang baik diperoleh bila SPL pengukuran adalah 10 dB atau lebih di atas background level. Apabila perbedaan tersebut kurang dari 10 dB, maka hasil pengukuran perlu dikoreksi lebih dahulu.

Efek yang mengganggu pengukuran bunyi yaitu :

1. *Akibat dari pemantulan dan difraksi.* Untuk memperoleh hasil pengukuran yang tepat, letak pengukuran harus berada paling tidak 1 meter dari dinding, tanah dan obyek lainnya. Tidak boleh terdapat halangan yang terletak dekat sumber bunyi dan sound level meter karena bisa menghasilkan penyimpangan pada nilai yang terukur. Sebisa mungkin letak sound level meter harus jauh dari si pengukur.
2. *Akibat dari hembusan angin.* Hembusan angin yang mengganggu hasil pengukuran bisa terjadi jika lokasi pengujian berada di luar ruangan atau berdekatan dengan peralatan yang menghasilkan hembusan angin seperti fan dan blower. Untuk menghasilkan pengukuran yang tepat diperlukan pelindung angin (windscreen).

3. *Akibat dari getaran.* Apabila sumber bunyi yang diukur dapat menghasilkan getaran seperti motor kendaraan atau di atas kapal, maka sound level meter dianjurkan untuk dipegang di tangan atau memberi penyangga yang mampu meredam getaran berupa plastik foam untuk mengurangi getaran.
4. *Akibat medan elektromagnetik.* Sebisa mungkin pengukuran tidak dilakukan didekat motor listrik atau transformer. Hal ini untuk mencegah terjadinya induksi listrik pada kabel atau instrumen lain pada sound level meter.
5. *Akibat dari suhu dan kelembaban.* Kondisi standar untuk pengukuran adalah pada temperatur 20°C dan kelembaban relatif 65%.

Penggunaan metode pengujian tersebut tergantung pada si pengukur. Terdapat juga metode standar yang diberikan oleh organisasi ISO (International Organisation of Standarditation) untuk pengukuran power level dari sumber bunyi.

Metode standar yang dapat digunakan untuk pengukuran sumber bunyi yaitu :

1. Metode presisi (Precision Method)
2. Metode teknik (Engineering Method)
3. Metode lapangan (Survey Method)

Pengujian dengan metode survey dilakukan dengan melakukan pengukuran tingkat tekanan bunyi (SPL) pada titik tertentu dengan pembobotan A (dBA) kemudian dilakukan penghitungan tingkat daya bunyi (PWL).

Oleh organisasi ISO, metode-metode tersebut diperinci sebagai berikut :

No. standard	Klasifikasi	Ruang test	Volume sumber	Karakteristik	PWL yang diperoleh	Informasi yang diperoleh
3741	Precision	Ruang dengung	< 1 % dari volume ruang test	Steady; broadband	1/3 oktaf atau oktaf band	A weighted PWL
3742				Steady; diskrit narrowband		
3743				Steady; narrowband diskrit	A weighted	
3744	Engineering	Ruang terbuka atau ruang besar	Dimensi terbesar < 15 m	apa saja	A weighted 1/3 oktaf band	Directivity SPL sebagai fungsi waktu Weighting lain
3745	Precision	Ruang anechoic atau semi anechoic	< 0,5 % dari volume ruang test	apa saja		
3746	Survey	Apa adanya	Tidak ada batasan	apa saja	A weighted	SPL sebagai fungsi waktu Weighting lain

Untuk pengujian kebisingan yang dihasilkan dari knalpot (peredam bunyi), di Indonesia terdapat suatu standar yang telah ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI). Sesuai dengan aturan yang disyaratkan dalam Standar Nasional Indonesia nomor 0425 tahun 1989, untuk mengukur kemampuan peredaman sebuah knalpot (muffler), microphone sebagai sensor bunyi diletakkan pada jarak 50 cm dari lubang keluar knalpot (peredam bunyi).

Berdasarkan hal tersebut, pengujian yang dilakukan di laboratorium Getaran dan Kebisingan dengan sumber bunyi berupa motor diesel disesuaikan dengan aturan SNI.

### 3.1.3 Pengambilan data kebisingan

Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan dengan menggunakan Multi Analyzer System tipe 3560 merek Bruel&Kjaer. Alat ukur ini berupa modul yang terdiri atas : Microphone, Front-end dan Perangkat Komputer. Cara kerja alat ukur ini ialah :

1. Bunyi ditangkap oleh microphone
2. Sinyal bunyi analog diteruskan ke modul Front-end tipe 2825
3. Dari modul Front-end, sinyal bunyi diteruskan ke perangkat komputer untuk diubah menjadi sinyal digital sehingga data sinyal bunyi dapat ditampilkan dalam software PULSE Labshop.

Data tingkat kebisingan ditampilkan dalam program PULSE Labshop dalam bentuk grafik tingkat bunyi untuk setiap frekuensi dari 0 sampai 25000 Hz.

Tampilan program PULSE Labshop terdapat di bagian lampiran

### 3.2. Metode pengujian kinerja motor diesel

#### 3.2.1 Spesifikasi Motor Diesel

Merek	: Yanmar
Tipe	: Motor diesel 4 langkah horisontal
Jumlah Silinder	: 1
Daya output kontinyu	: 7 HP
Kecepatan	: 3200 rpm
Sistem pendingin	: pendinginan tekan dengan air laut
Perbandingan kompresi	: 23,1 : 1
Torsi maksimum	: 1,94 kg.m
Laju aliran air pendingin	: 500 liter per jam

Pengujian terhadap kinerja motor diesel dilakukan dengan menggunakan motor diesel Yanmar tipe YSM8 dengan menggunakan muffler tipe kering dan muffler tipe basah. Pengujian dilakukan di laboratorium Getaran dan Kebisingan jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS. Motor diesel yang diuji dengan pembebanan menggunakan rem proni. Dengan menggunakan metode kecepatan variabel, data-data yang diambil adalah putaran motor, torsi pada poros, konsumsi bahan bakar dan tingkat kebisingan.

V.L. Maleev (1954), memberikan persamaan yang dapat dipakai menghitung daya motor. Perkiraan daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{T \times n}{5252} \quad \text{HP}$$

dengan : T = torsi poros ( lb.ft )

n = putaran motor ( Rpm )

Daya yang diserap oleh rem proni dapat dihitung dengan persamaan sebagai

berikut :

$$P = \frac{2 \times \pi \times L \times F \times n}{23000} \quad \text{HP}$$

dengan :

L = panjang lengan rem dari titik pusatnya ( ft )

F = beban rem ( lb )

n = kecepatan motor ( Rpm )

Konsumsi bahan bakar spesifik dapat diketahui dengan persamaan :

$$SFC = \frac{3600 \times v \times \rho}{P \times t}$$

dengan : v = volume bahan bakar ( ml )

$\rho$  = berat jenis bahan bakar

P = daya motor ( HP)

t = waktu ( detik )

Pengujian dilakukan untuk tiap jenis muffler dan pengukuran dilakukan terhadap variabel-variabel kinerja motor.

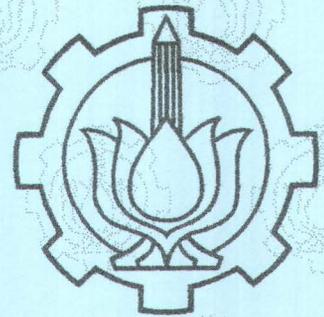
Tahapan pengujian kinerja motor diesel :

1. Putaran mesin ditetapkan pada putaran 800, 1200, 1600 dan 2000 Rpm
2. Pembebanan dengan pengereman dilakukan secara bertahap dari 1 kg, 2 kg sampai 3 kg
3. Pada masing-masing pembebanan dilakukan pengamatan data-data berupa nilai pengereman, konsumsi bahan bakar dan tingkat kebisingan
4. Setiap selesai pengamatan pada putaran tertentu, pembebanan dilepas dan kemudian putaran diubah serta pembebanan dilakukan lagi dari 1 sampai 3 kg.

Alat ukur yang digunakan dalam pengujian adalah :

1. Multi-analyzer System tipe 3560 merek Bruel & Kjaer untuk mengukur tingkat kebisingan
2. Tachometer untuk mengukur kecepatan motor diesel
3. Stopwatch untuk mengukur lama waktu pemakaian bahan bakar
4. Neraca pegas untuk mengukur beban pengereman

Layout pengujian motor diesel terdapat di bagian lampiran



## **BAB IV**

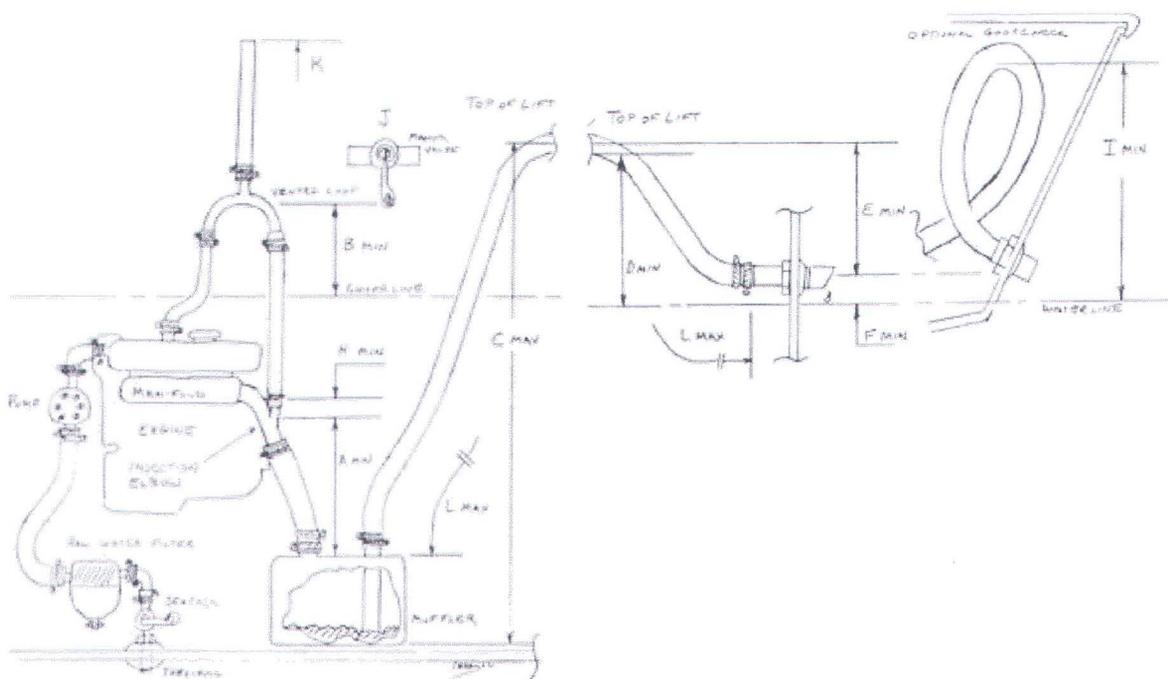
# **PERENCANAAN SISTEM PEREDAM KEBISINGAN**

## BAB IV

## PERENCANAAN SISTEM PEREDAM KEBISINGAN

Kebisingan yang dihasilkan oleh motor diesel dapat dikurangi. Salah satunya caranya dengan mengubah sistem peredam kebisingan gas buang atau yang biasa disebut knalpot (muffler). Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, peredam kebisingan yang dicoba dipakai adalah jenis basah (wet muffler) yang biasa dipakai di kapal.

Untuk merencanakan peredam jenis basah, acuan yang dipakai adalah panduan yang diberikan oleh Jerry Powlas dan Dave Gerr dalam artikel berjudul *Guidelines for Evaluating and Installing Wet Exhaust*. Dalam artikel ini peredam jenis basah yang dipakai adalah jenis penghalang menggunakan air (waterlock muffler). Model dari peredam jenis ini adalah seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.1. Contoh model water lock muffler (Jerry Powlas : Good Old Boat)

Dari gambar tersebut terdapat sejumlah dimensi yang harus diperhatikan dalam perencanaan *waterlock muffler*, yaitu :

Dimensi : A, minimal 12"

B, minimal 12"

C, maksimal 42"

D, minimal 12"-18"

E, minimal 12"

F, minimal 3"-6"

H, minimal 4"

I, minimal 16"

Penjelasan dari dimensi tersebut adalah sebagai berikut :

Dimensi A

Adalah jarak vertikal minimal dari titik pengisian air ke bagian atas peredam. Juga merupakan jarak total minimal dari titik pengisian air ke bagian atas peredam. Penetapan jarak minimal ini adalah agar pada waktu motor beroperasi, jarak total minimal akan memberikan waktu pada air pendingin untuk bercampur dengan gas buang dan mendinginkannya. Jarak minimal ini perlu untuk menjaga sistem peredam dari suhu yang berlebihan. Sewaktu motor tidak beroperasi, jarak minimal vertikal ini akan membantu mencegah air laut masuk ke dalam ruang silinder motor diesel.

Dimensi B

Adalah jarak vertikal minimal dari garis air terhadap bagian dasar dari selang air pendingin (*vented loop*). Jika titik pengisian air dalam sistem peredam terletak di atas garis air, maka *vented loop* tidak diperlukan.

### Dimensi C

Adalah jarak vertikal maksimal dari dasar peredam ke posisi tertinggi dari saluran buang. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari tekanan balik gas buang yang terlalu besar.

### Dimensi D

Adalah jarak vertikal minimal dari puncak saluran buang ke lubang terluar saluran gas buang. Jarak minimal ini juga dimaksudkan untuk mencegah air laut masuk kembali melalui sistem peredam gas buang.

### Dimensi F

Adalah jarak vertikal minimal dari lubang saluran gas buang terhadap garis air. Tujuan penentuan jarak minimal ini juga sama seperti dimensi D dan E.

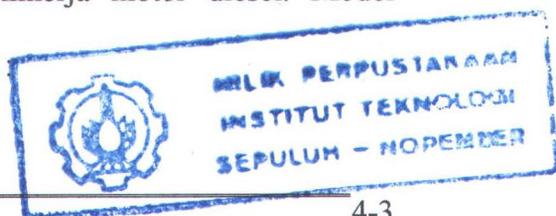
### Dimensi H

Adalah jarak minimal dari manifold gas buang terhadap titik pengisian air di saluran gas buang. Tujuannya adalah untuk menjaga agar uap air yang telah bercampur gas tidak mencapai katup buang dan dudukannya.

### Dimensi I

Adalah panjang maksimal dari peredam ke lubang terluar. Panjangnya adalah maksimal 30 kali diameter luar lubang saluran gas buang.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, bentuk peredam gas buang yang dirancang dan diuji coba memiliki bentuk dan ukuran dimensi yang mirip dengan model yang telah dijelaskan di atas. Terdapat sejumlah perbedaan yang dibuat terutama pada bagian peredam. Hal ini dimaksudkan untuk memperkecil hambatan aliran gas buang dan mengurangi tekanan balik yang terjadi. Tekanan balik yang terlalu tinggi akan mengurangi efisiensi volumetrik dan menurunkan kinerja motor diesel. Model peredam hasil rancangan adalah seperti gambar berikut





## **BAB V**

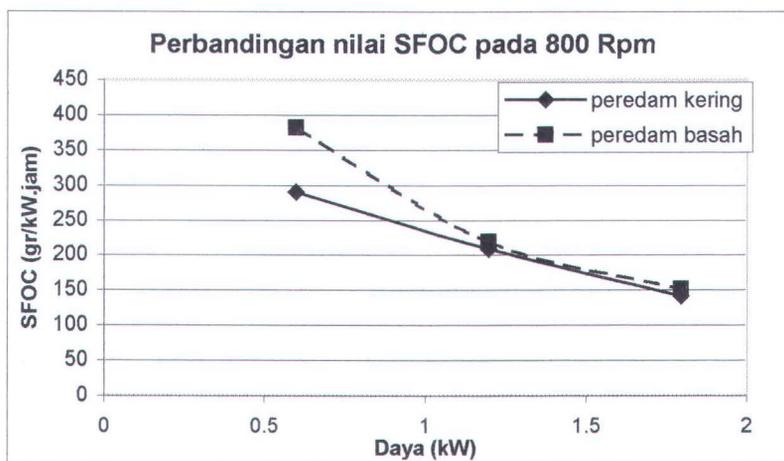
# **ANALISA HASIL PENGUJIAN**

## BAB V

## ANALISA HASIL PENGUJIAN

## 5.1 Unjuk Kerja Motor Diesel

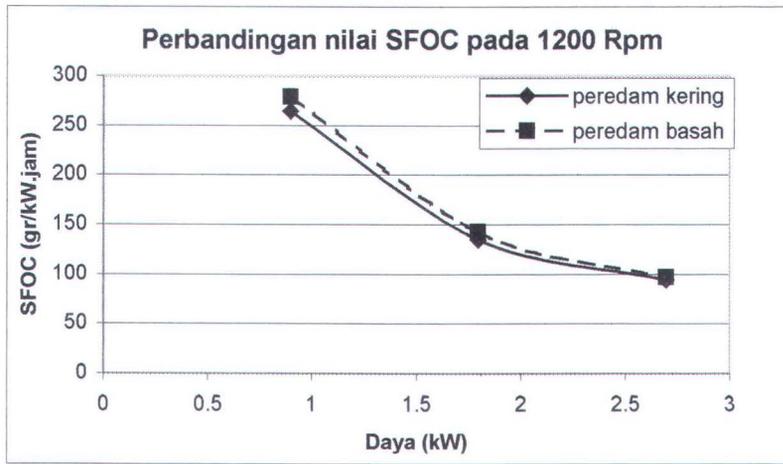
Unjuk kerja motor diesel yang diukur adalah nilai konsumsi bahan bakar spesifik (SFOC). Berikut ini adalah perbandingan nilai SFOC untuk motor diesel YSM 8 menggunakan peredam gas buang jenis kering dan jenis basah.



Gambar 5.1 Perbandingan nilai SFOC pada 800 Rpm

Dari gambar 5.1 terlihat bahwa untuk motor diesel dengan peredam bunyi jenis basah lebih tinggi nilai SFOC-nya dibandingkan dengan tingkat konsumsi bahan bakar untuk motor diesel yang menggunakan peredam bunyi gas buang jenis kering.

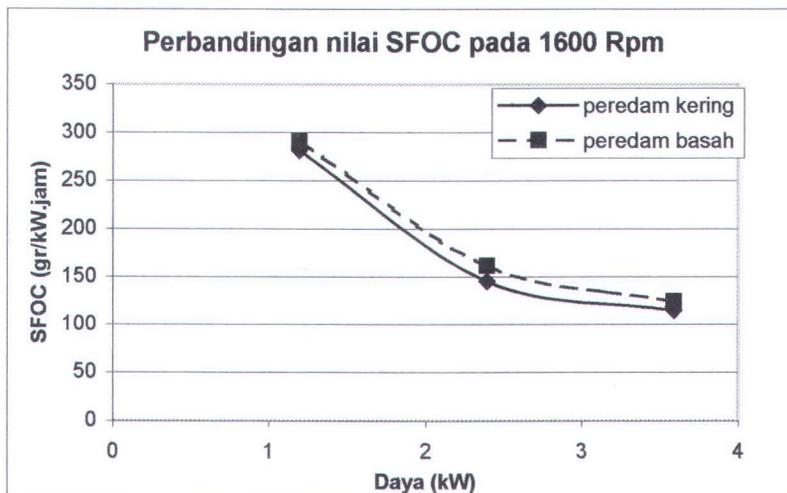
Pada putaran 1200 Rpm, perbandingan nilai konsumsi bahan bakar adalah seperti pada grafik berikut :



Gambar 5.2 Perbandingan nilai SFOC pada 1200 Rpm

Dari gambar 5.2 terlihat bahwa konsumsi bahan bakar spesifik untuk motor diesel dengan peredam gas buang jenis basah secara keseluruhan lebih tinggi dibandingkan dengan motor diesel dengan peredam jenis kering.

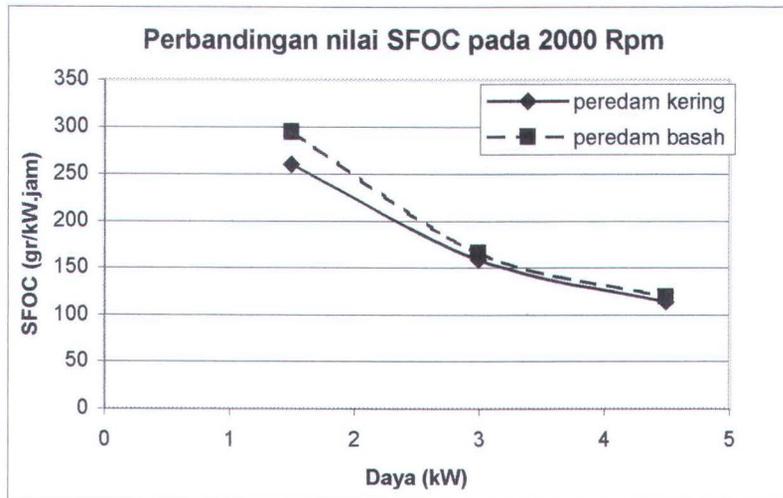
Untuk motor diesel dengan putaran 1600 Rpm, nilai konsumsi bahan bakar dapat dilihat dari grafik berikut ini :



Gambar 5.3 Perbandingan nilai SFOC pada 1600 Rpm

Dari gambar 5.3 terlihat bahwa nilai SFOC untuk motor diesel yang memakai peredam gas buang jenis basah pada setiap kenaikan daya secara keseluruhan lebih tinggi daripada SFOC untuk motor diesel dengan peredam jenis kering.

Pada putaran 2000 Rpm, nilai SFOC untuk motor diesel yang memakai peredam suara gas buang berbeda, dapat dilihat dari gambar berikut :



Gambar 5.4 Perbandingan nilai SFOC pada 2000 Rpm

Dari gambar 5.4, terlihat bahwa nilai SFOC pada setiap kenaikan daya untuk motor diesel dengan peredam jenis basah secara keseluruhan juga lebih tinggi dibandingkan apabila memakai peredam jenis kering.

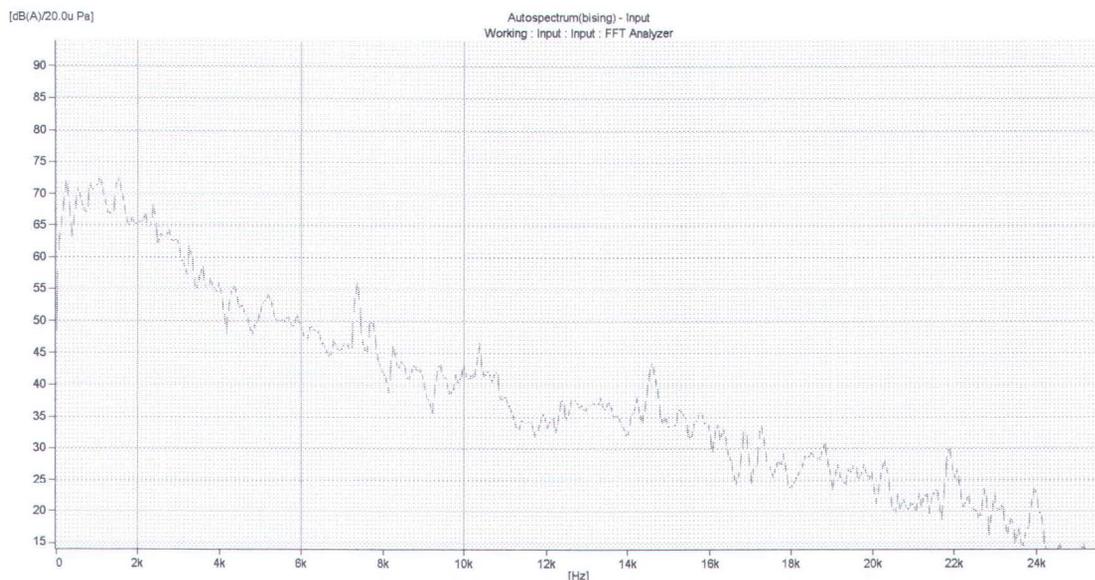
Grafik-grafik tersebut menunjukkan bahwa pemakaian motor diesel yang diuji, yaitu Yanmar tipe YSM 8, akan semakin ekonomis jika dioperasikan pada pembebanan tinggi.

Dari semua grafik di atas, terlihat bahwa pemakaian peredam gas buang jenis basah jenis *waterlock muffler* untuk motor diesel mengakibatkan kenaikan konsumsi bahan bakar spesifik (SFOC). Hal ini disebabkan karena pemakaian peredam bunyi gas buang jenis *waterlock muffler*, dimana prinsip kerjanya dengan menutup saluran gas menggunakan air, mengakibatkan kenaikan hambatan terhadap aliran gas yang akan keluar. Kenaikan hambatan pada suatu fluida akan meningkatkan tekanan fluida tersebut ke segala arah sepanjang saluran. Pada akhirnya, akumulasi gas buang yang terjadi akan memperlambat keluarnya gas-gas baru sisa proses pembakaran yang melalui manifold buang. Kemampuan motor bakar untuk mengisi ruang silinder dengan udara segar ikut berkurang karena efisiensi volumetriknya berkurang.

Efisiensi volumetrik merupakan perbandingan antara udara segar yang mampu dihisap ruang silinder dengan udara segar yang dibutuhkan untuk proses pembakaran sempurna. Jika efisiensi ini turun, maka dibutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan daya yang sama.

### 5.2 Tingkat Tekanan Bunyi

Dari pengujian telah diperoleh data-data tingkat kebisingan berupa data tingkat tekanan bunyi (SPL). Data-data ini berupa grafik tingkat kebisingan untuk berbagai tingkat putaran dan beban pengereman untuk motor diesel yang menggunakan peredam bunyi gas buang jenis kering maupun jenis basah. Contoh hasil pengukuran adalah sebagai berikut :



Gambar 5.5 grafik kebisingan peredam jenis kering pada putaran 800 rpm beban 1 kg

Gambar selengkapnya dapat dilihat pada bagian lampiran gambar. Dari grafik-grafik tersebut dibuat dalam bentuk tabel yang menyatakan nilai kebisingan pada frekuensi tengah 1 oktaf untuk tiap jenis peredam bunyi pada tiap tingkat putaran dan tingkat pembebanan. Hasilnya dapat dilihat pada tabel-tabel berikut :

Tabel 5.1 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 1 kg, peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	62
125	66.1
250	71.9
500	70.7
1000	71.3
2000	65.3
4000	54.5
8000	41.8
16000	32.6

Tabel 5.2 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 2 kg, peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	59
125	64
250	69.3
500	64.1
1000	70.8
2000	61.6
4000	52.3
8000	40.7
16000	29.9

Tabel 5.3 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 3 kg, peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	66.1
125	70.5
250	66
500	63.7
1000	67.9
2000	58.5
4000	54.3
8000	45.1
16000	31.9

Tabel 5.4 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 1 kg,  
peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	61.5
125	67.6
250	73.4
500	71.6
1000	73.2
2000	67.8
4000	57.8
8000	53.2
16000	36.4

Tabel 5.5 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 2 kg,  
peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	64.5
125	71.8
250	75
500	70.2
1000	73
2000	71.7
4000	60.5
8000	52.7
16000	36

Tabel 5.5 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 3 kg,  
peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	63.4
125	68.4
250	70.7
500	70.2
1000	71.3
2000	66.7
4000	59.6
8000	50.9
16000	42.4

Tabel 5.6 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 1 kg,  
peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	66.4
125	73.2
250	82.1
500	72.2
1000	77.2
2000	75.3
4000	63.1
8000	60.8
16000	41.8

Tabel 5.7 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 2 kg,  
peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	68
125	75.7
250	85.5
500	72.5
1000	73.6
2000	72
4000	60.5
8000	58.2
16000	48.8

Tabel 5.8 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 3 kg,  
peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	67.3
125	75.2
250	87
500	70.5
1000	76.8
2000	70.5
4000	63.6
8000	56
16000	44

Tabel 5.9 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 1 kg,  
peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	66.9
125	75.5
250	87.6
500	73.9
1000	74.7
2000	73.6
4000	65.9
8000	61.1
16000	40.6

Tabel 5.10 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 2 kg,  
peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	69.9
125	78.8
250	86.2
500	76.8
1000	75.7
2000	73.2
4000	71.4
8000	53.5
16000	43.7

Tabel 5.10 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 3 kg,  
peredam bunyi jenis kering

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	69.4
125	77.9
250	85.6
500	75.6
1000	76.4
2000	67.3
4000	64.3
8000	62.2
16000	43.6

Tabel 5.11 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 1 kg,  
peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	53
125	56.8
250	60.4
500	66.8
1000	67.9
2000	62.6
4000	52.8
8000	37.2
16000	25.7

Tabel 5.12 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 2 kg,  
peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	56
125	58.8
250	67.4
500	62.5
1000	70.6
2000	66
4000	55.5
8000	43.8
16000	35.1

Tabel 5.13 Nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 3 kg,  
peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	59.6
125	60.3
250	64.9
500	69.3
1000	73.1
2000	63.9
4000	55.3
8000	45.2
16000	30.5

Tabel 5.14 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 1 kg,  
peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	62
125	63.8
250	71
500	71.3
1000	73.7
2000	73.2
4000	58.1
8000	47.2
16000	31.2

Tabel 5.15 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 2 kg,  
peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	55.4
125	60.2
250	71.9
500	68.8
1000	69.1
2000	66.4
4000	52.3
8000	44.4
16000	34.4

Tabel 5.16 Nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 3 kg,  
peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	66.9
125	67.4
250	74.1
500	71.6
1000	72
2000	68.2
4000	55.9
8000	47.1
16000	33.7

Tabel 5.17 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 1 kg,  
peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	62.8
125	66.3
250	75.6
500	69.5
1000	76.1
2000	70.2
4000	58.4
8000	51.1
16000	35.6

Tabel 5.18 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 2 kg,  
peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	61.9
125	66.3
250	79.6
500	69.3
1000	70.7
2000	73.5
4000	58.6
8000	50.9
16000	39.8

Tabel 5.19 Nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 3 kg,  
peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	66.4
125	69.9
250	76.1
500	69.8
1000	71
2000	74.6
4000	65
8000	49.8
16000	36.2

Tabel 5.20 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 1 kg,

peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	66.7
125	68.3
250	78.2
500	73.3
1000	76.6
2000	74.4
4000	62.7
8000	57.4
16000	35.5

Tabel 5.21 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 2 kg,

peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	62.7
125	66.1
250	81.7
500	71
1000	74.8
2000	71.8
4000	62.7
8000	52.2
16000	39

Tabel 5.22 Nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 3 kg,

peredam bunyi jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	65.1
125	69.6
250	78.4
500	71.8
1000	76
2000	74.4
4000	61.3
8000	52.9
16000	35.9

Melalui tabel di atas, bisa diketahui bahwa kebisingan terbesar motor diesel yang diuji yaitu Yanmar tipe YSM dominan terjadi pada frekuensi rendah baik menggunakan peredam bunyi jenis kering maupun peredam bunyi jenis basah.

Dari tabel-tabel hasil pengujian tersebut, nilai kebisingan ekivalen untuk setiap variasi putaran dan tingkat pembebanan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2-7), yang hasilnya adalah sebagai berikut :

### **Untuk peredam suara gas buang jenis kering**

1. putaran 800 rpm, beban pengereman 1 kg = 76,99 dB(A)
2. putaran 800 rpm, beban pengereman 2 kg = 74,47 dB(A)
3. putaran 800 rpm, beban pengereman 3 kg = 74,59 dB(A)
4. putaran 1200 rpm, beban pengereman 1 kg = 78,53 dB(A)
5. putaran 1200 rpm, beban pengereman 2 kg = 79,83 dB(A)
6. putaran 1200 rpm, beban pengereman 3 kg = 77,04 dB(A)
7. putaran 1600 rpm, beban pengereman 1 kg = 84,68 dB(A)
8. putaran 1600 rpm, beban pengereman 2 kg = 86,59 dB(A)
9. putaran 1600 rpm, beban pengereman 3 kg = 87,87 dB(A)
10. putaran 2000 rpm, beban pengereman 1 kg = 88,44 dB(A)
11. putaran 2000 rpm, beban pengereman 2 kg = 87,94 dB(A)
12. putaran 2000 rpm, beban pengereman 3 kg = 87,19 dB(A)

### **Untuk peredam suara gas buang jenis basah**

1. putaran 800 rpm, beban pengereman 1 kg = 71,68 dB(A)
2. putaran 800 rpm, beban pengereman 2 kg = 73,85 dB(A)
3. putaran 800 rpm, beban pengereman 3 kg = 75,66 dB(A)
4. putaran 1200 rpm, beban pengereman 1 kg = 78,76 dB(A)
5. putaran 1200 rpm, beban pengereman 2 kg = 75,7 dB(A)

6. putaran 1200 rpm, beban pengereman 3 kg = 78,66 dB(A)
7. putaran 1600 rpm, beban pengereman 1 kg = 80,15 dB(A)
8. putaran 1600 rpm, beban pengereman 2 kg = 81,48 dB(A)
9. putaran 1600 rpm, beban pengereman 3 kg = 80,38 dB(A)
10. putaran 2000 rpm, beban pengereman 1 kg = 82,42 dB(A)
11. putaran 2000 rpm, beban pengereman 2 kg = 83,3 dB(A)
12. putaran 2000 rpm, beban pengereman 3 kg = 82,19 dB(A)

Hasil perhitungan nilai kebisingan ekivalen di atas, menunjukkan perbedaan nilai kebisingan antara peredam bunyi gas buang jenis kering dengan peredam jenis basah. Untuk motor diesel yang menggunakan peredam bunyi gas buang jenis kering dari putaran motor 800 rpm sampai 2000 rpm menunjukkan nilai kebisingan tertinggi sebesar 88,44 dB(A) pada putaran 2000 rpm dengan beban pengereman 1 kg, sedangkan saat menggunakan peredam bunyi gas buang jenis basah, dari putaran 800 rpm sampai 2000 rpm menghasilkan kebisingan tertinggi sebesar 83,3 dB(A) pada putaran 2000 rpm dengan beban pengereman 2 kg. Peredam bunyi jenis basah mampu menurunkan kebisingan motor diesel sampai 7,5 dB(A) apabila dibandingkan peredam jenis kering, yang sama-sama beroperasi pada putaran 1600 rpm dengan beban pengereman 3 kg. Sedangkan pada putaran 1200 rpm dan beban pengereman 3 kg, peredam bunyi gas buang jenis basah menghasilkan kebisingan lebih tinggi 1,6 dB(A) apabila dibandingkan penggunaan peredam jenis kering.

**Nilai ekivalen tingkat kebisingan latar belakang**

Dari grafik kebisingan latar belakang dapat diperoleh nilai kebisingan untuk tiap frekuensi 1 oktaf, sebagai berikut :

Tabel 5.23 Nilai kebisingan latar belakang

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)
63	35.9
125	39.4
250	41.5
500	46.1
1000	44.6
2000	37.9
4000	33.6
8000	29.8
16000	25.6

Nilai ekivalen kebisingan dari tabel di atas, dihitung menggunakan persamaan (2-7) menghasilkan 50,26 dB(A). Kebisingan latar belakang pada tempat pengujian, didominasi oleh penyalaan dua buah kipas angin pada kecepatan penuh yang bertujuan untuk mempercepat pengeluaran asap gas buang dari ruang laboratorium.

**Selisih nilai kebisingan menggunakan peredam bunyi jenis kering terhadap bunyi latar belakang**

1. putaran 800 rpm, beban pengereman 1 kg = 26,74 dB(A)
2. putaran 800 rpm, beban pengereman 2 kg = 24,22 dB(A)
3. putaran 800 rpm, beban pengereman 3 kg = 24,34 dB(A)
4. putaran 1200 rpm, beban pengereman 1 kg = 28,27 dB(A)
5. putaran 1200 rpm, beban pengereman 2 kg = 29,57 dB(A)
6. putaran 1200 rpm, beban pengereman 3 kg = 26,78 dB(A)
7. putaran 1600 rpm, beban pengereman 1 kg = 34,42 dB(A)
8. putaran 1600 rpm, beban pengereman 2 kg = 36,34 dB(A)
9. putaran 1600 rpm, beban pengereman 3 kg = 37,62 dB(A)

10. putaran 2000 rpm, beban pengereman 1 kg = 38,18 dB(A)

11. putaran 2000 rpm, beban pengereman 2 kg = 37,68 dB(A)

12. putaran 2000 rpm, beban pengereman 3 kg = 36,93 dB(A)

**Selisih nilai kebisingan menggunakan peredam bunyi jenis basah terhadap bunyi latar belakang**

1. putaran 800 rpm, beban pengereman 1 kg = 21,43 dB(A)

2. putaran 800 rpm, beban pengereman 2 kg = 23,59 dB(A)

3. putaran 800 rpm, beban pengereman 3 kg = 25,40 dB(A)

4. putaran 1200 rpm, beban pengereman 1 kg = 28,49 dB(A)

5. putaran 1200 rpm, beban pengereman 2 kg = 25,44 dB(A)

6. putaran 1200 rpm, beban pengereman 3 kg = 28,40 dB(A)

7. putaran 1600 rpm, beban pengereman 1 kg = 29,89 dB(A)

8. putaran 1600 rpm, beban pengereman 2 kg = 31,22 dB(A)

9. putaran 1600 rpm, beban pengereman 3 kg = 30,12 dB(A)

10. putaran 2000 rpm, beban pengereman 1 kg = 32,16 dB(A)

11. putaran 2000 rpm, beban pengereman 2 kg = 33,04 dB(A)

12. putaran 2000 rpm, beban pengereman 3 kg = 31,93 dB(A)

Dari nilai-nilai di atas, terlihat bahwa tingkat selisih antara tingkat tekanan bunyi motor diesel dengan tingkat tekanan bunyi latar belakang pada berbagai tingkat putaran dan beban rata-rata lebih dari 20 dB sehingga berdasarkan grafik tidak perlu dilakukan koreksi karena menurut Faulkner (1976), nilai koreksinya kurang dari 0,1 dB(A).

**Selisih nilai kebisingan antara peredam bunyi jenis kering terhadap peredam bunyi jenis basah pada tiap frekuensi**

Selisih kebisingan melalui tabel-tabel di bawah ini diperoleh melalui pengurangan antara nilai kebisingan motor diesel dengan peredam bunyi jenis kering terhadap peredam bunyi jenis basah.

Tabel 5.24 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 1 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	62	53	9
125	66.1	56.8	9.3
250	71.9	60.4	11.5
500	70.7	66.8	3.9
1000	71.3	67.9	3.4
2000	65.3	62.6	2.7
4000	54.5	52.8	1.7
8000	41.8	37.2	4.6
16000	32.6	25.7	6.9

Tabel 5.25 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 2 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	59	56	3
125	64	58.8	5.2
250	69.3	67.4	1.9
500	64.1	62.5	1.6
1000	70.8	70.6	0.2
2000	61.6	66	-4.4
4000	52.3	55.5	-3.2
8000	40.7	43.8	-3.1
16000	29.9	35.1	-5.2

Melalui tabel 5.24 diketahui bahwa motor diesel pada kecepatan putar 800 rpm dan beban 1 kg mengalami penurunan kebisingan paling tinggi pada frekuensi 250 Hz

sebesar 11,5 dB dan untuk frekuensi 125 Hz penurunan kebisingan sebesar 9,3 dB, sedangkan pada tabel 5.25 terlihat untuk kecepatan 800 rpm dan beban 2 kg peredaman paling tinggi terjadi pada 125 Hz yaitu sebesar 5,2 dB. Selisih yang negatif menunjukkan bahwa pada frekuensi tersebut nilai kebisingan peredam bunyi jenis basah lebih tinggi daripada peredam bunyi jenis kering.

Tabel 5.26 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 800 Rpm dengan beban 3 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	66.1	59.6	6.5
125	70.5	60.3	10.2
250	66	64.9	1.1
500	63.7	69.3	-5.6
1000	67.9	73.1	-5.2
2000	58.5	63.9	-5.4
4000	54.3	55.3	-1
8000	45.1	45.2	-0.1
16000	31.9	30.5	1.4

Tabel 5.27 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 1 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	61.5	62	-0.5
125	67.6	63.8	3.8
250	73.4	71	2.4
500	71.6	71.3	0.3
1000	73.2	73.7	-0.5
2000	67.8	73.2	-5.4
4000	57.8	58.1	-0.3
8000	53.2	47.2	6
16000	36.4	31.2	5.2

Pada tabel 5.26 diketahui bahwa nilai peredaman paling besar untuk putaran 800 rpm dengan beban 3 kg terjadi pada frekuensi 125 Hz yaitu sebesar 10,2 dB. Pada

tabel 5.27, peredaman bunyi untuk kecepatan putar 1200 rpm dan beban 1 kg, nilai peredaman sebesar 3,8 dB tercapai pada frekuensi 8000 Hz.

Tabel 5.28 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 2 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	64.5	55.4	9.1
125	71.8	60.2	11.6
250	75	71.9	3.1
500	70.2	68.8	1.4
1000	73	69.1	3.9
2000	71.7	66.4	5.3
4000	60.5	52.3	8.2
8000	52.7	44.4	8.3
16000	36	34.4	1.6

Tabel 5.29 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1200 Rpm dengan beban 3 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	63.4	66.9	-3.5
125	68.4	67.4	1
250	70.7	74.1	-3.4
500	70.2	71.6	-1.4
1000	71.3	72	-0.7
2000	66.7	68.2	-1.5
4000	59.6	55.9	3.7
8000	50.9	47.1	3.8
16000	42.4	33.7	8.7

Pada kecepatan 1200 rpm dan beban 2 kg, nilai peredaman tertinggi sebesar 11,6 dB terjadi pada frekuensi 125 Hz. Untuk putaran 1200 rpm dengan beban pengereman 3 kg nilai peredaman bunyi yang terbesar adalah 8,7 dB pada frekuensi 16000 Hz.

Tabel 5.30 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 1 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	66.4	62.8	3.6
125	73.2	66.3	6.9
250	82.1	75.6	6.5
500	72.2	69.5	2.7
1000	77.2	76.1	1.1
2000	75.3	70.2	5.1
4000	63.1	58.4	4.7
8000	60.8	51.1	9.7
16000	41.8	35.6	6.2

Tabel 5.31 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 2 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	68	61.9	6.1
125	75.7	66.3	9.4
250	85.5	79.6	5.9
500	72.5	69.3	3.2
1000	73.6	70.7	2.9
2000	72	73.5	-1.5
4000	60.5	58.6	1.9
8000	58.2	50.9	7.3
16000	48.8	39.8	9

Pada tabel 5.30, kecepatan motor 1600 rpm dengan beban 1 kg mempunyai peredaman bunyi terbesar pada frekuensi 8000 Hz sebesar 9,7 dB dan pada frekuensi 125 Hz peredaman bunyi bising sebesar 6,9 dB. Untuk beban 2 kg dan kecepatan 1600 rpm, nilai peredaman yang tinggi terjadi pada frekuensi 125 Hz sebesar 9,4 dB.

Tabel 5.32 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 1600 Rpm dengan beban 3 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	67.3	66.4	0.9
125	75.2	69.9	5.3
250	87	76.1	10.9
500	70.5	69.8	0.7
1000	76.8	71	5.8
2000	70.5	74.6	-4.1
4000	63.6	65	-1.4
8000	56	49.8	6.2
16000	44	36.2	7.8

Tabel 5.33 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 1 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	66.9	66.7	0.2
125	75.5	68.3	7.2
250	87.6	78.2	9.4
500	73.9	73.3	0.6
1000	74.7	76.6	-1.9
2000	73.6	74.4	-0.8
4000	65.9	62.7	3.2
8000	61.1	57.4	3.7
16000	40.6	35.5	5.1



Kecepatan 1600 rpm dengan beban pengereman 3 kg mempunyai peredaman kebisingan tertinggi sebesar 10,9 dB pada frekuensi 250 Hz seperti terlihat pada tabel 5.32. Untuk kecepatan motor 2000 rpm, beban 1 kg, nilai peredaman bunyi bising terbesar pada frekuensi 250 Hz sebesar 9,4 dB dan pada frekuensi 125 Hz sebesar 7,2 dB.

Tabel 5.34 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 2 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	69.9	62.7	7.2
125	78.8	66.1	12.7
250	86.2	81.7	4.5
500	76.8	71	5.8
1000	75.7	74.8	0.9
2000	73.2	71.8	1.4
4000	71.4	62.7	8.7
8000	53.5	52.2	1.3
16000	43.7	39	4.7

Tabel 5.35 Selisih nilai kebisingan pada putaran motor 2000 Rpm dengan beban 3 kg, antara peredam bunyi jenis kering dengan peredam jenis basah

frekuensi Hz	tingkat kebisingan dB(A)		
	peredam kering	peredam basah	selisih
63	69.4	65.1	4.3
125	77.9	69.6	8.3
250	85.6	78.4	7.2
500	75.6	71.8	3.8
1000	76.4	76	0.4
2000	67.3	74.4	-7.1
4000	64.3	61.3	3
8000	62.2	52.9	9.3
16000	43.6	35.9	7.7

Kecepatan motor diesel pada putaran 2000 rpm dan beban pengereman 2 kg memiliki tingkat peredaman bising terbesar pada frekuensi 125 Hz dengan pengurangan bunyi 12,7 dB seperti tampak pada tabel 5.34. Untuk beban 3 kg dan kecepatan 2000 rpm, nilai pengurangan kebisingan tertinggi terjadi pada frekuensi 8000 Hz sebesar 9,3 dB kemudian pada frekuensi 125 Hz sebesar 8,3 dB.

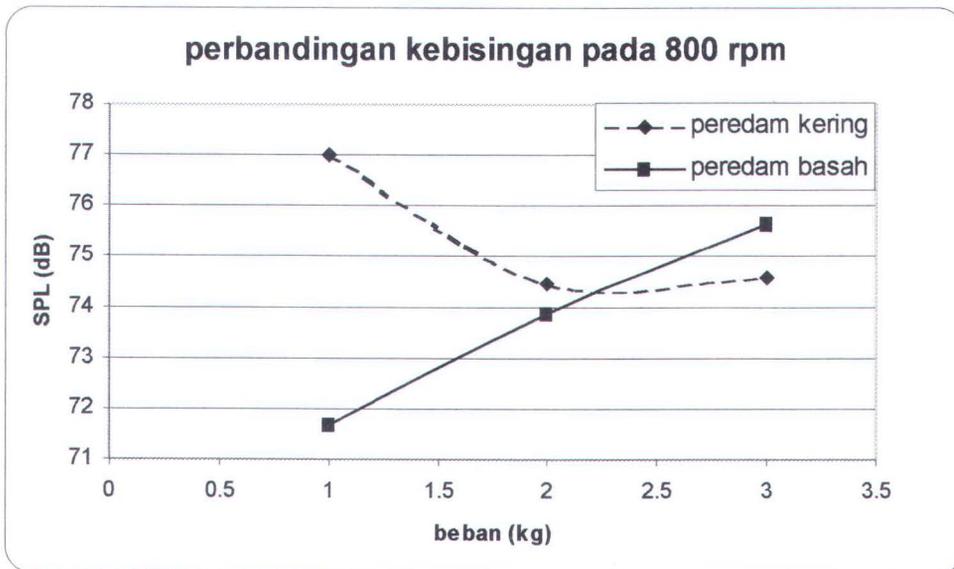
Dari hasil perhitungan selisih kebisingan untuk tiap-tiap frekuensi seperti tampak pada tabel diatas terlihat bahwa rata-rata peredaman yang terbesar terjadi pada

frekuensi rendah antara 125 Hz sampai 250 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa peredam bunyi gas buang jenis basah yang diuji memiliki keefektifan peredaman yang cukup baik pada frekuensi rendah.

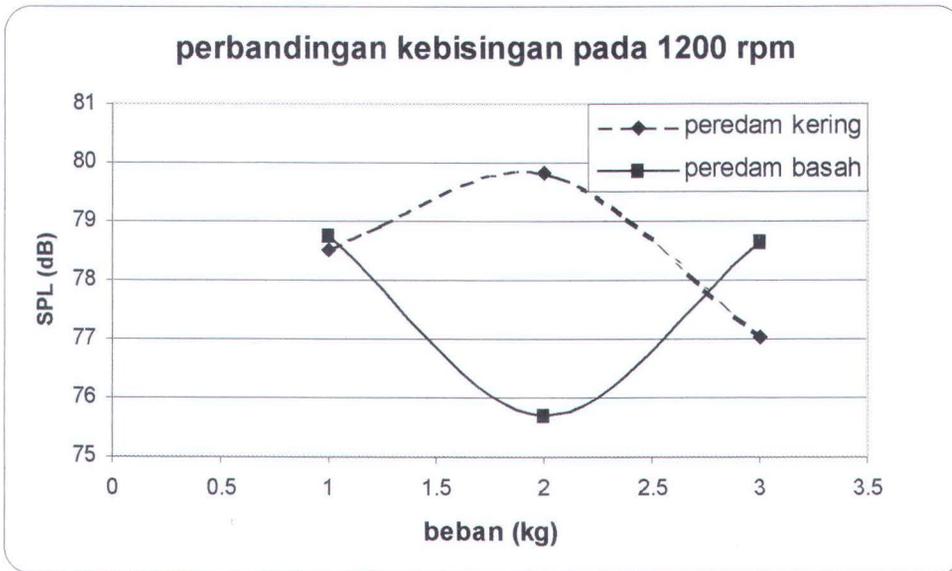
Tingkat kebisingan yang dihasilkan pada pengoperasian peredam bunyi gas buang jenis basah rata-rata berada dibawah 85 dB. Nilai tertinggi yang dihasilkan pada pengoperasian sampai putaran 2000 Rpm adalah 83,3 dB. Nilai ini masih memenuhi persyaratan OSHA maupun persyaratan di Indonesia. Sedangkan peredam bunyi gas buang jenis kering menghasilkan nilai kebisingan sampai 88,44 dB pada putaran motor 2000 Rpm. Nilai ini sudah melampaui persyaratan kebisingan yang ditetapkan dan dapat mempengaruhi kesehatan organ pendengaran.

### 5.3 Kenaikan pembebanan pada putaran tetap

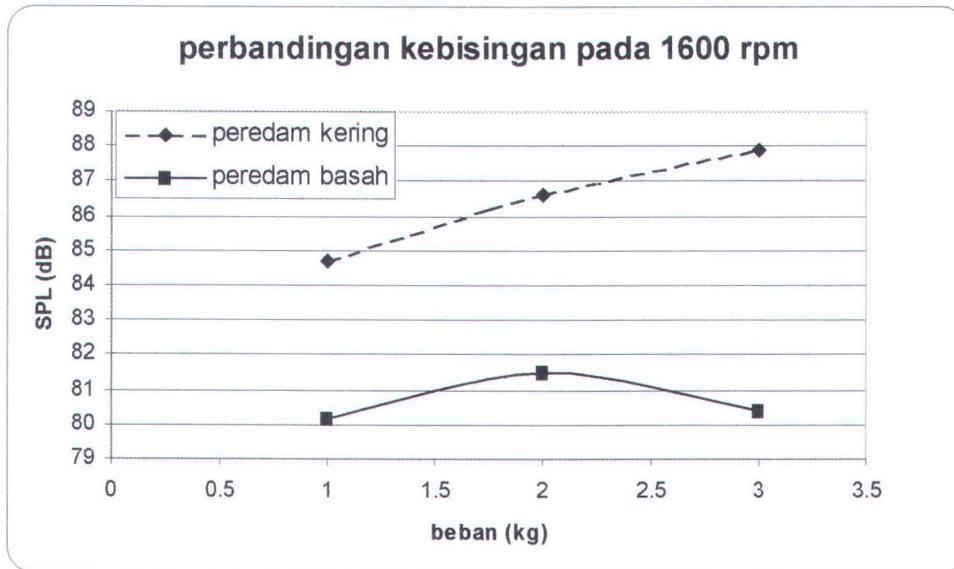
Perubahan tingkat tekanan bunyi (SPL) akibat penambahan beban pengereman pada motor diesel Yanmar YSM 8 dapat dilihat pada grafik berikut :



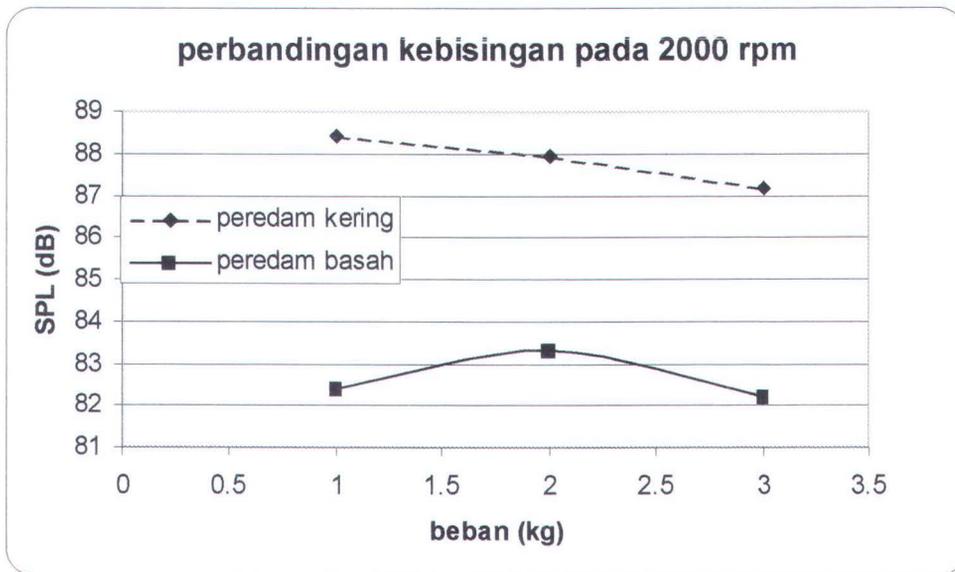
Gambar 5.6. Nilai perbandingan SPL untuk kedua jenis peredam pada 800 Rpm



Gambar 5.7. Nilai perbandingan SPL untuk kedua jenis peredam pada 1200 Rpm



Gambar 5.8. Nilai perbandingan SPL untuk kedua jenis peredam pada 1600 Rpm



Gambar 5.9. Nilai perbandingan SPL untuk kedua jenis peredam pada 2000 Rpm

Dari grafik-grafik di atas, terlihat perbedaan nilai kebisingan berupa tingkat tekanan bunyi pada pemakaian antara peredam bunyi jenis basah dan jenis kering. Pada putaran 800 Rpm dan 1200 Rpm, peredam bunyi gas buang jenis basah mampu mengurangi tingkat kebisingan lebih baik dibandingkan peredam bunyi jenis kering terutama pada beban pengereman kurang dari 2 kg. Tingkat peredaman sebesar 5,3 dB bisa diperoleh untuk pengoperasian motor diesel pada putaran 800 Rpm dengan beban 1 kg, sedangkan peredaman sebesar 4,1 dB bisa diperoleh untuk pengoperasian motor pada putaran 1200 Rpm dengan beban 2 kg.

Pada putaran motor 1600 Rpm, peredam bunyi gas buang jenis basah mampu mengurangi tingkat kebisingan antara 4,5 dB sampai 7,5 dB. Sedangkan pada putaran 2000 Rpm mampu mengurangi tingkat kebisingan antara 4,6 dB sampai 6 dB.

Tingkat kebisingan semakin tinggi seiring dengan penambahan beban pengereman pada putaran yang tetap. Hal ini disebabkan oleh penambahan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan dalam ruang silinder motor diesel untuk menghasilkan putaran yang sama pada penambahan pembebanan. Kenaikan jumlah bahan bakar akan meningkatkan tekanan udara setelah terjadi proses pembakaran yang

menghasilkan kenaikan tekanan gas buang. Perbedaan tekanan yang cukup besar antara tekanan gas di dalam silinder dengan tekanan udara atmosfer, menyebabkan kenaikan kecepatan gas yang keluar dari ruang bakar motor diesel. Kecepatan fluida sebanding dengan energi mekanik yang dimilikinya. Semakin tinggi kecepatan fluida, akan semakin tinggi energi mekaniknya. Kenaikan energi mekanik fluida dapat meningkatkan tingkat tekanan bunyi fluida tersebut karena energi mekanik fluida sebanding dengan tingkat tekanan bunyinya sesuai dengan persamaan (2-12). (Faulkner,1976)

Pada semua tingkat putaran yang diuji, peredam bunyi gas buang jenis basah mampu memberikan tingkat peredaman bunyi yang lebih baik dibandingkan peredam bunyi gas buang jenis kering. Hal ini disebabkan oleh adanya hambatan air dalam saluran peredam yang menghalangi dan memperlambat aliran gas buang sehingga menurunkan kecepatan gas dan tingkat kebisingannya. Selain efek air yang menghambat jalannya fluida gas, pengaruh dari pencampuran gas buang yang panas dengan air pendingin dari motor diesel mampu memberikan efek pendinginan terhadap gas yang keluar. Pengaruh pendinginan akan mengurangi volume dan tekanannya, menurunkan kecepatan aliran gas, sehingga energi mekanik yang dimiliki gas buang juga mengecil serta menurunkan tingkat kebisingannya.



**BAB VI**

**PENUTUP**

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1 Penutup**

Dengan menganalisa data yang diperoleh dari percobaan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Peredam bunyi gas buang jenis basah mampu menurunkan tingkat kebisingan motor diesel lebih baik daripada peredam bunyi gas buang jenis kering. Pada putaran tinggi, di atas 1600 Rpm, tingkat kebisingan yang dihasilkan peredam jenis basah masih di bawah 85 dB.
2. Dari hasil pengujian, pemakaian peredam bunyi gas buang jenis basah sesuai untuk pengoperasian motor diesel pada putaran tinggi karena mampu menurunkan tingkat kebisingan sampai 7,5 dB.
3. Pemakaian peredam bunyi gas buang jenis basah mempengaruhi pemakaian bahan bakar yaitu menambah konsumsi bahan bakar spesifik. Hal ini disebabkan adanya pengurangan efisiensi volumetrik silinder.

#### **6.2 Saran**

Salah satu aspek yang perlu diperhatikan oleh operator motor diesel adalah pengaruh kebisingan motor tersebut terhadap sisi kesehatan. Untuk menghindari dampak buruk akibat paparan kebisingan yang terus menerus, perlu diusahakan adanya perlakuan tertentu terhadap sumber bising agar nilai kebisingannya masih memenuhi syarat yang ditetapkan dalam peraturan. Untuk menindaklanjuti hasil penelitian ini, perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang macam-macam penggunaan peredam bunyi gas buang (knalpot) baik jenis kering maupun jenis

basah yang kemampuannya dalam menurunkan tingkat kebisingan tetap memenuhi persyaratan kesehatan tetapi tidak mengurangi kinerja motor diesel yang diuji.



**DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

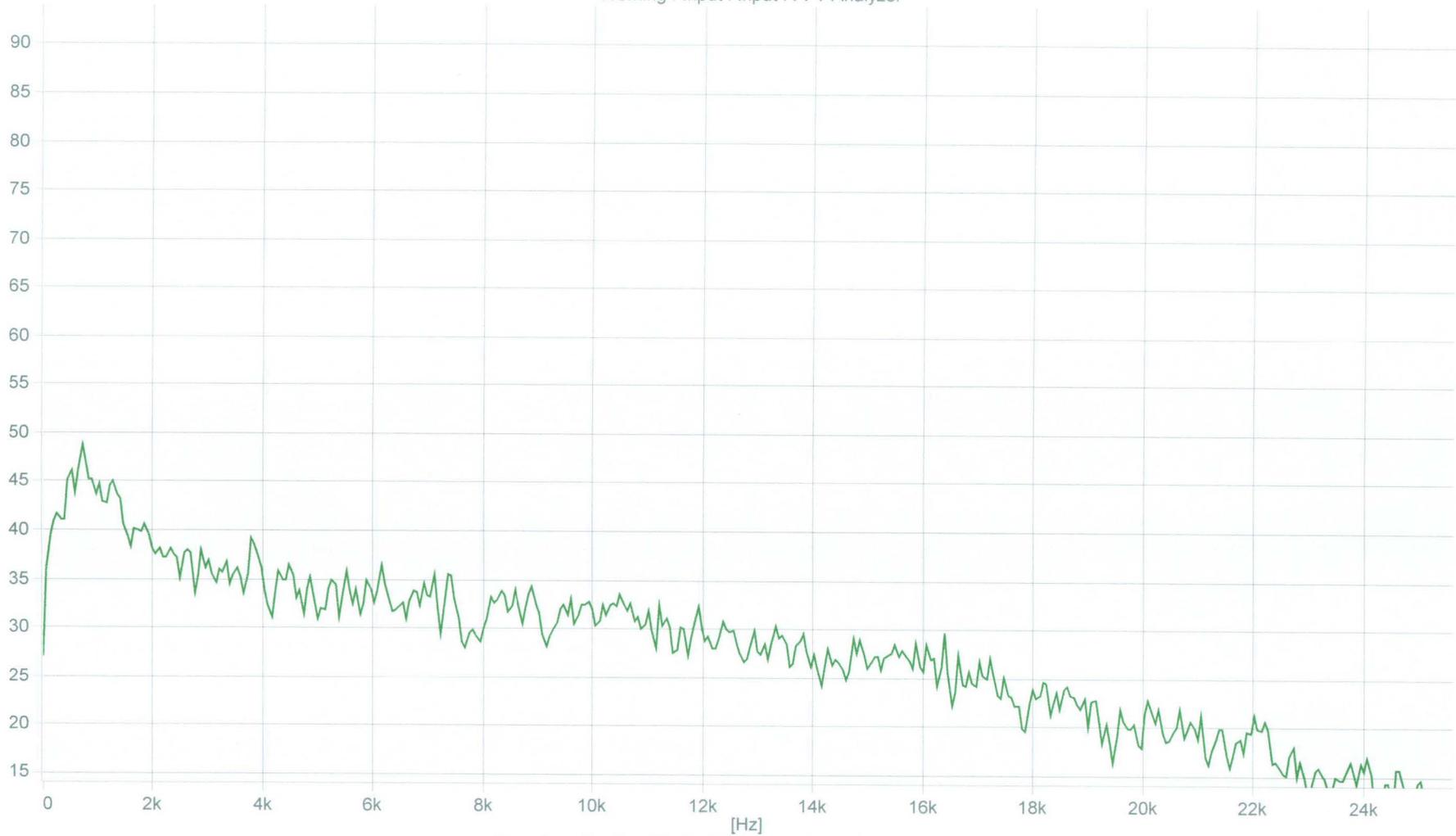
- Embleton, T.F.W. "Muffler", di dalam Leo L. Beranek (Ed.), *Noise and Vibration Control*. New York : Mc.Graw Hill Book Co., 1971.
- Kulshrestha, S.K. *Termodinamika Terpakai, Teknik Uap dan Panas*, diterjemahkan oleh Budiardjo, Budiarmo dan I Made Kartika. Jakarta : UI-Press, 1989.
- Armstrong, L.V. *Diesel Engine*. New York : The Macmillan, 1959.
- Faulkner, L.L (Ed). *Handbook of Industrial Noise Control*. New York : Industrial Press Inc, 1976.
- Maleev, V.L. *Operasi dan Pemeliharaan Motor Diesel*, diterjemahkan oleh Bambang Priambodo. Jakarta : Erlangga, 1995.
- Maleev, V.L. *Internal Combustion Engine : Theory and Design*. Tokyo : Mc.Graw-Hill, 1945.
- Prasetio, Lea. *Tingkat Kebisingan Diesel Genset*. Laporan Penelitian. ITS, 1982.
- Witantyo. *Optimasi Rancangan Exhaust Muffler Sepeda Motor Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin*. Laporan Penelitian. ITS, 1997.
- Dhanardono, Tutug. *Perancangan Peredam Kebisingan Pompa Sentrifugal DAB*. Laporan Penelitian Jurusan Teknik Fisika. ITS, 1990.
- Maekawa. *Environmental and Architectural Acoustic*. 1994



**LAMPIRAN**

[dB(A)/20.0u Pa]

Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 1. Grafik kebisingan latar belakang

[dB(A)/20.0u Pa]

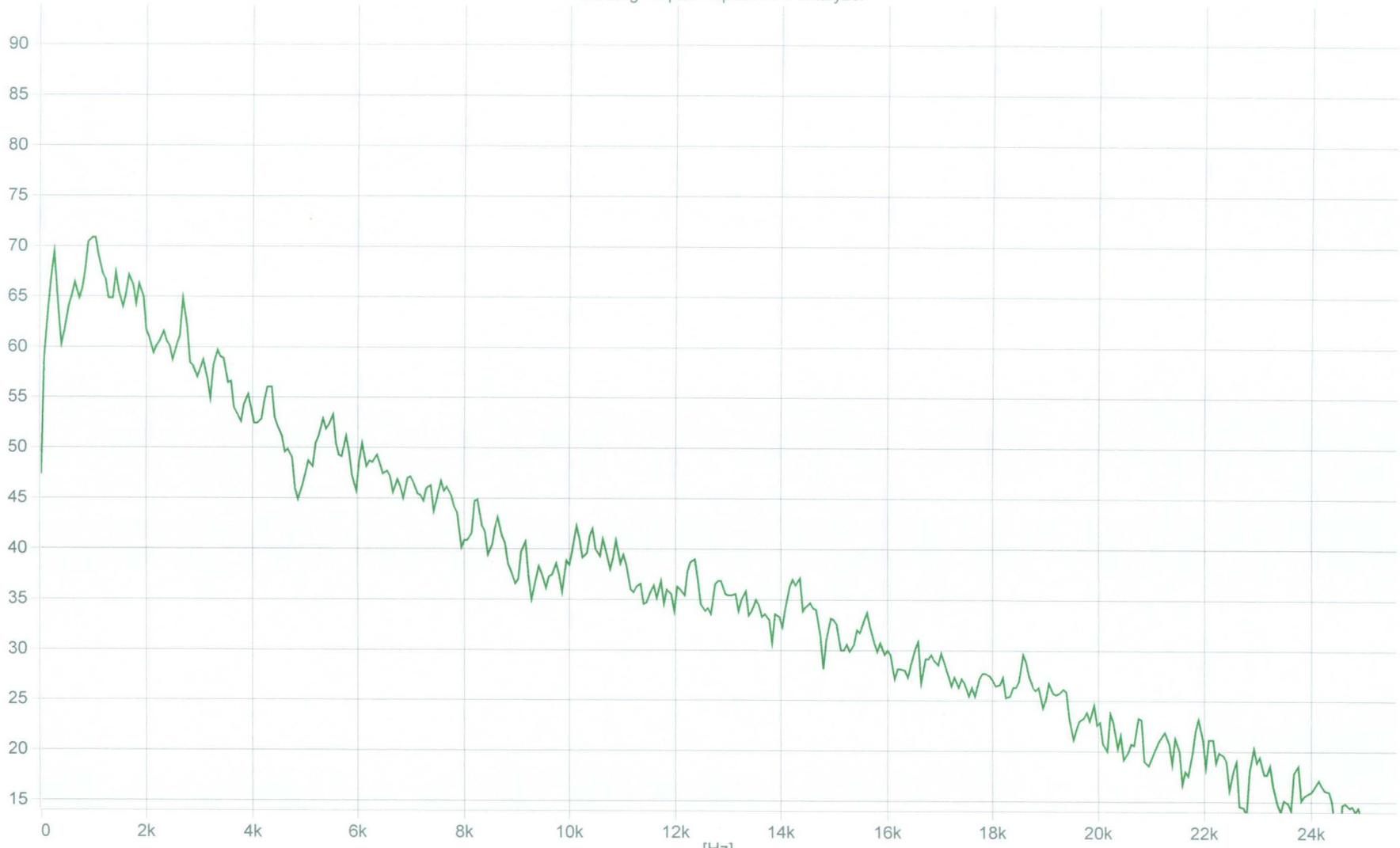
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 2. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 800 rpm dengan beban 1 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

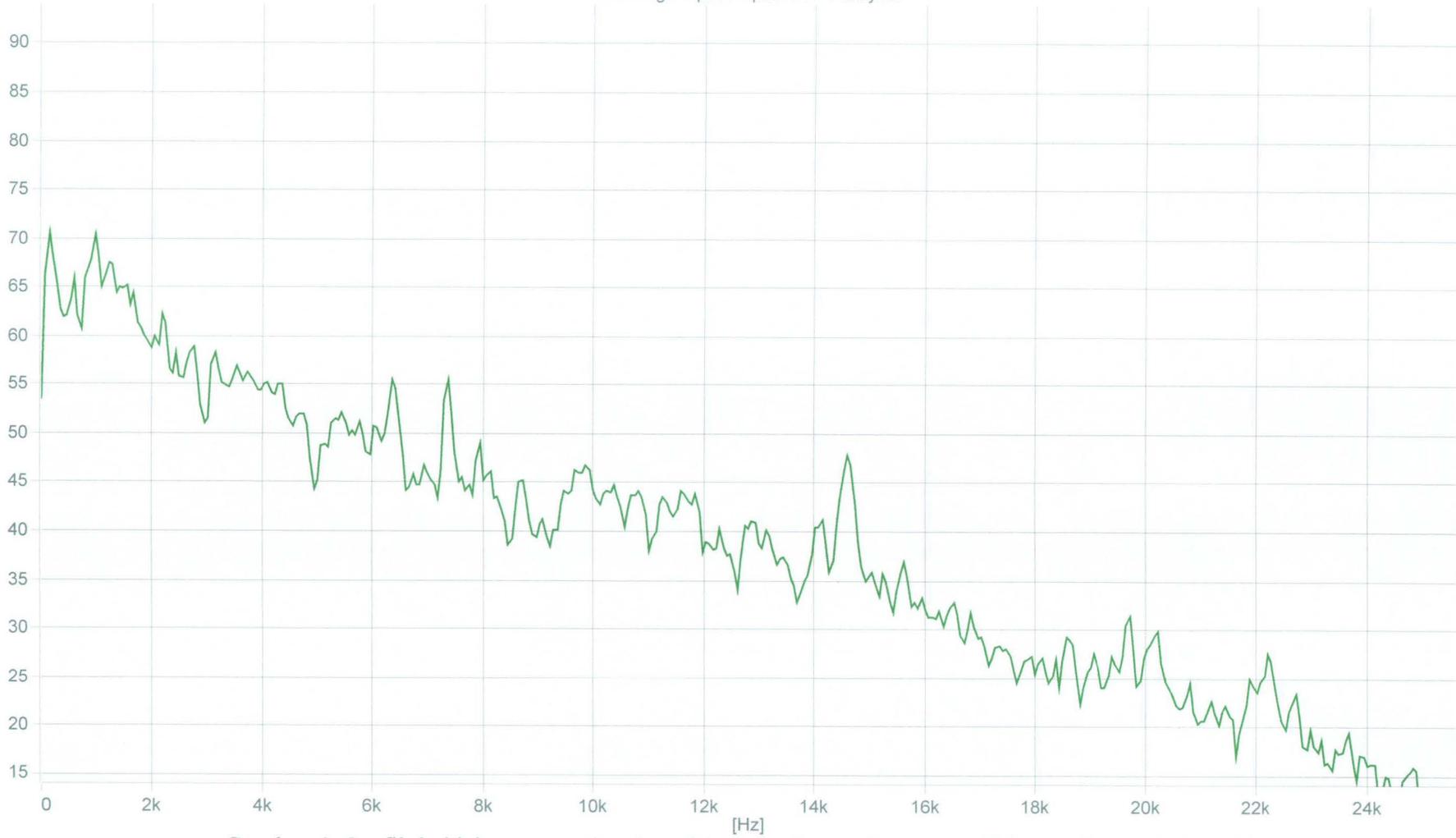
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 3. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 800 rpm dengan beban 2 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

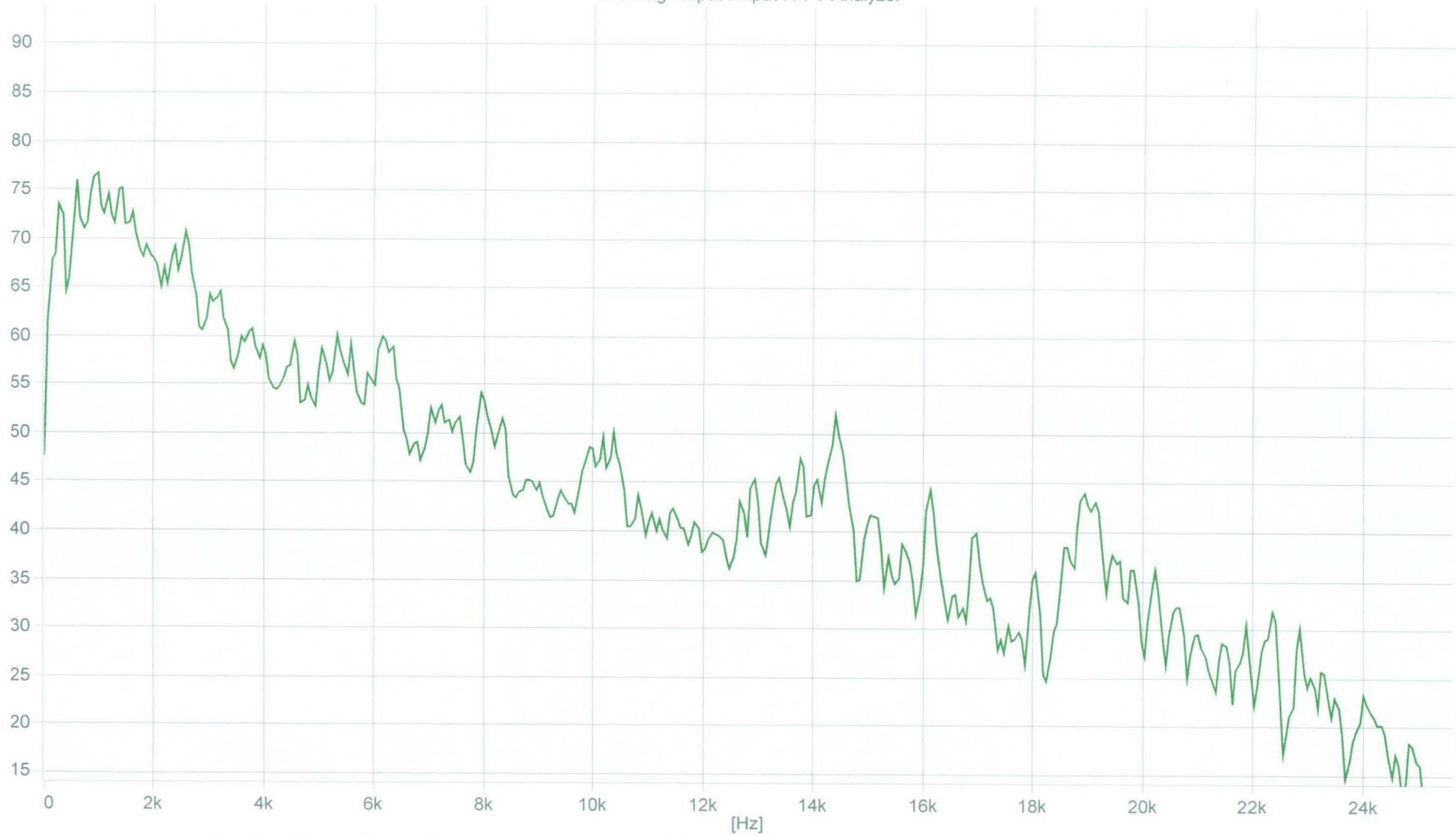
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 4. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 800 rpm dengan beban 3 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

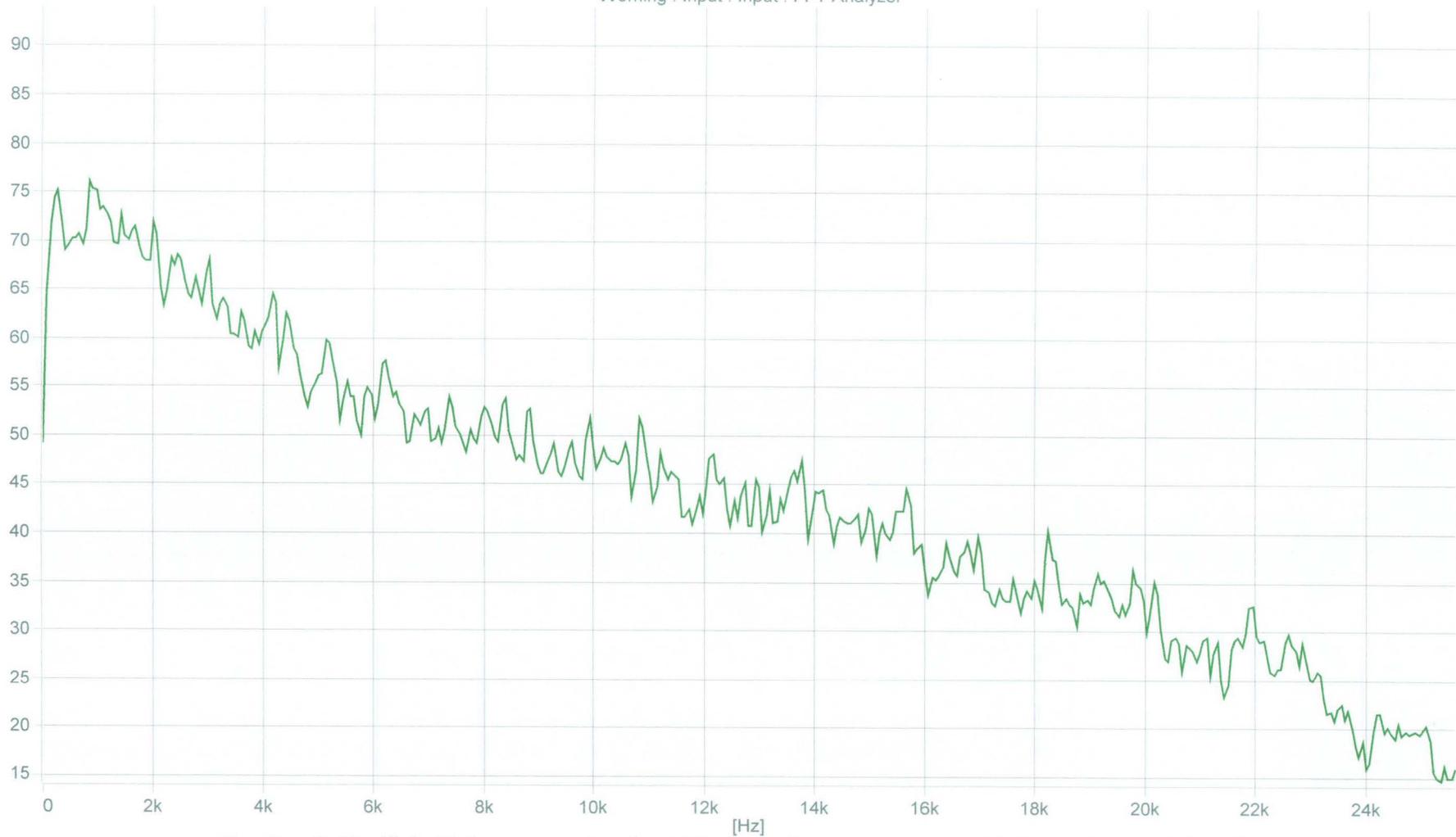
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 5. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 1200 rpm dengan beban 1 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

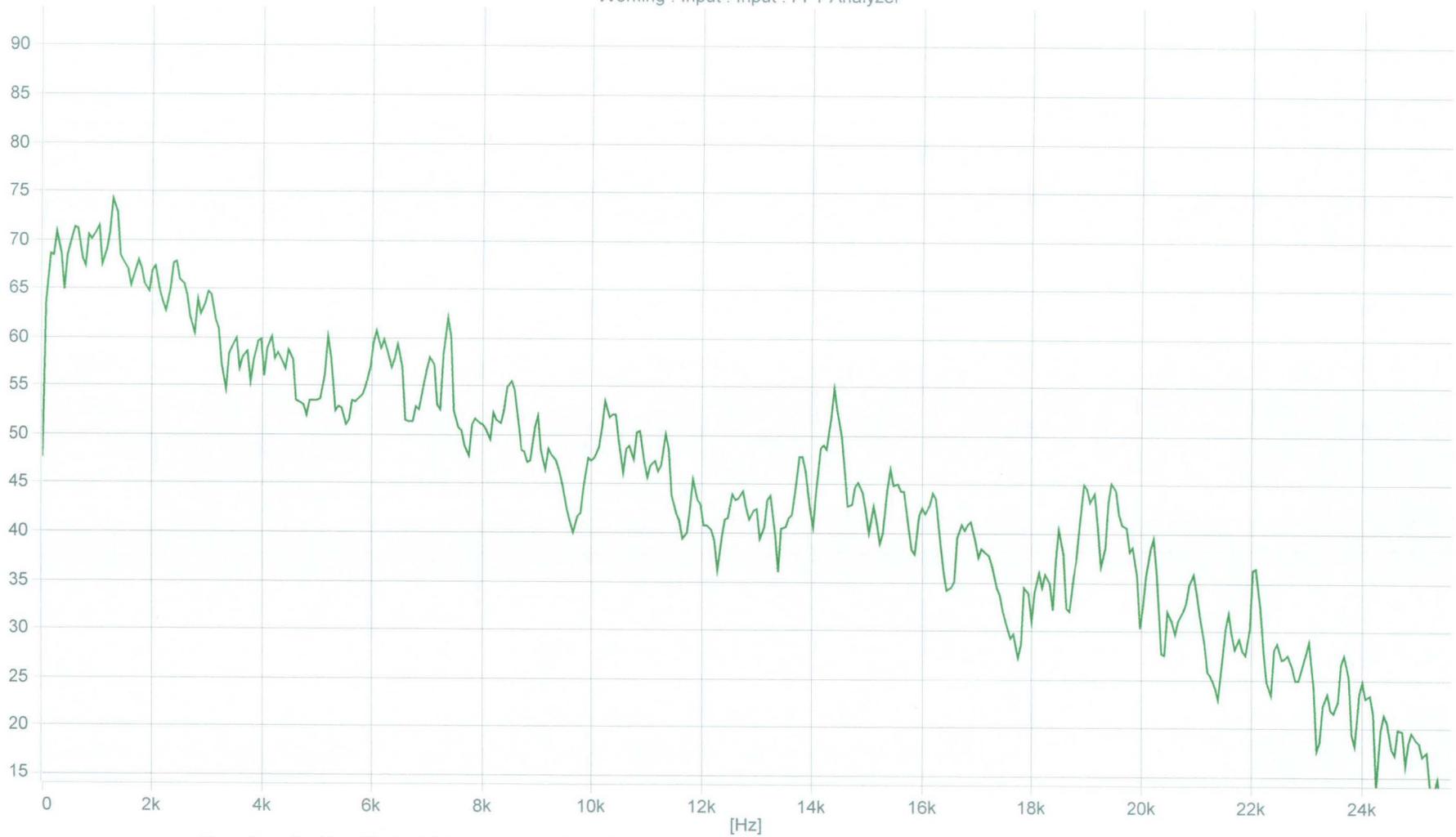
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 6. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 1200 rpm dengan beban 2 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

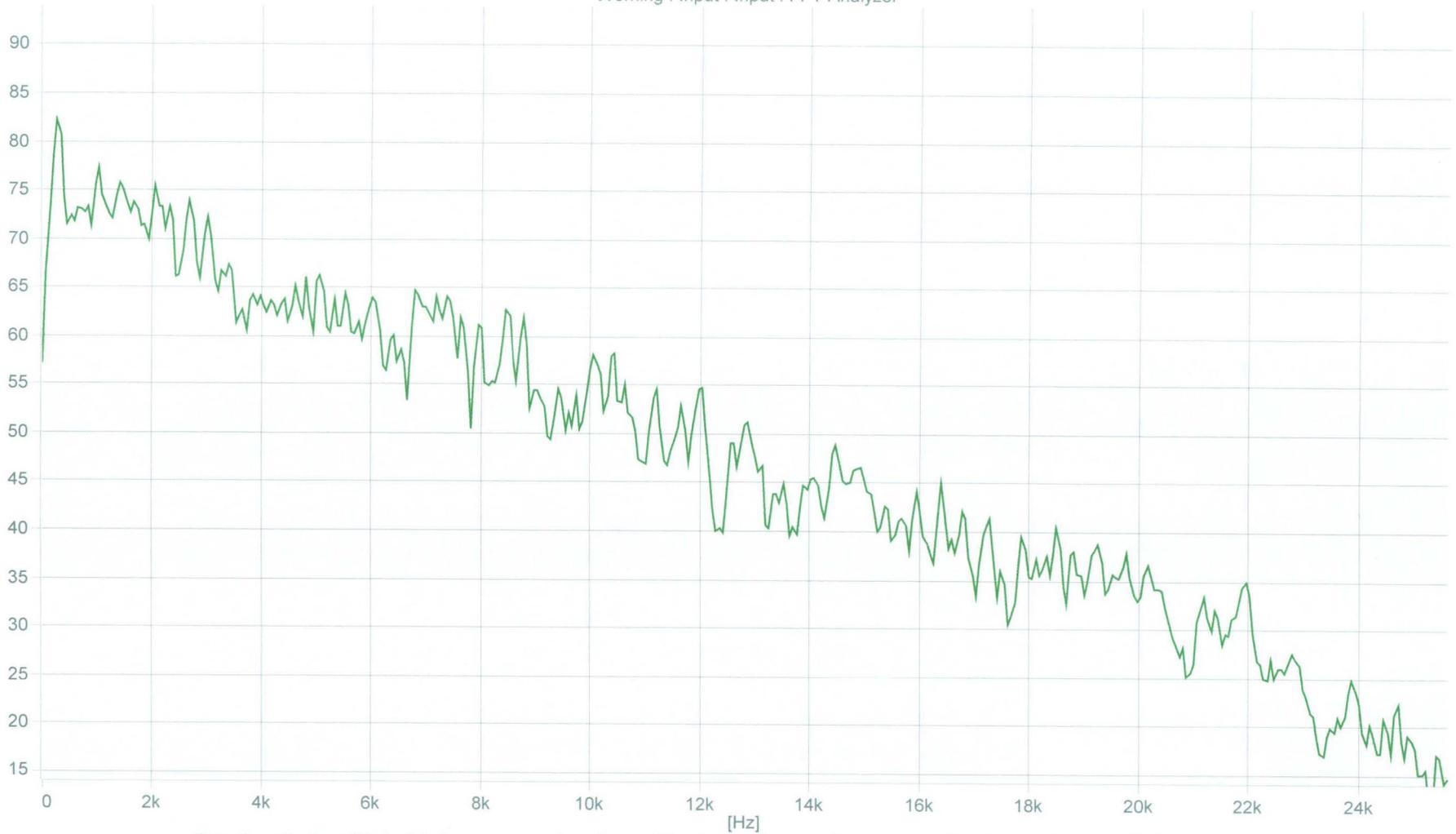
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 7. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 1200 rpm dengan beban 3 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

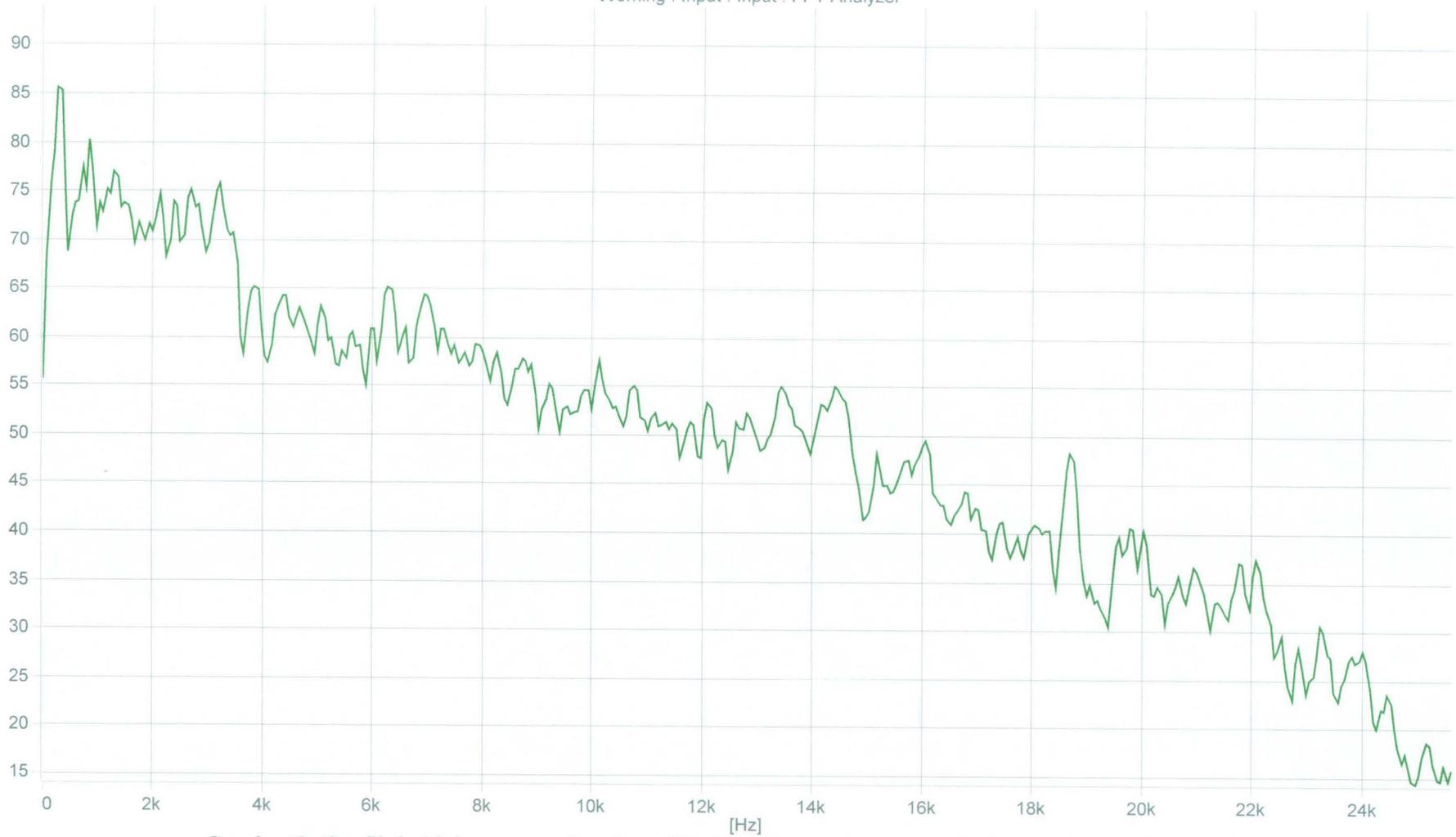
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 8. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 1600 rpm dengan beban 1 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

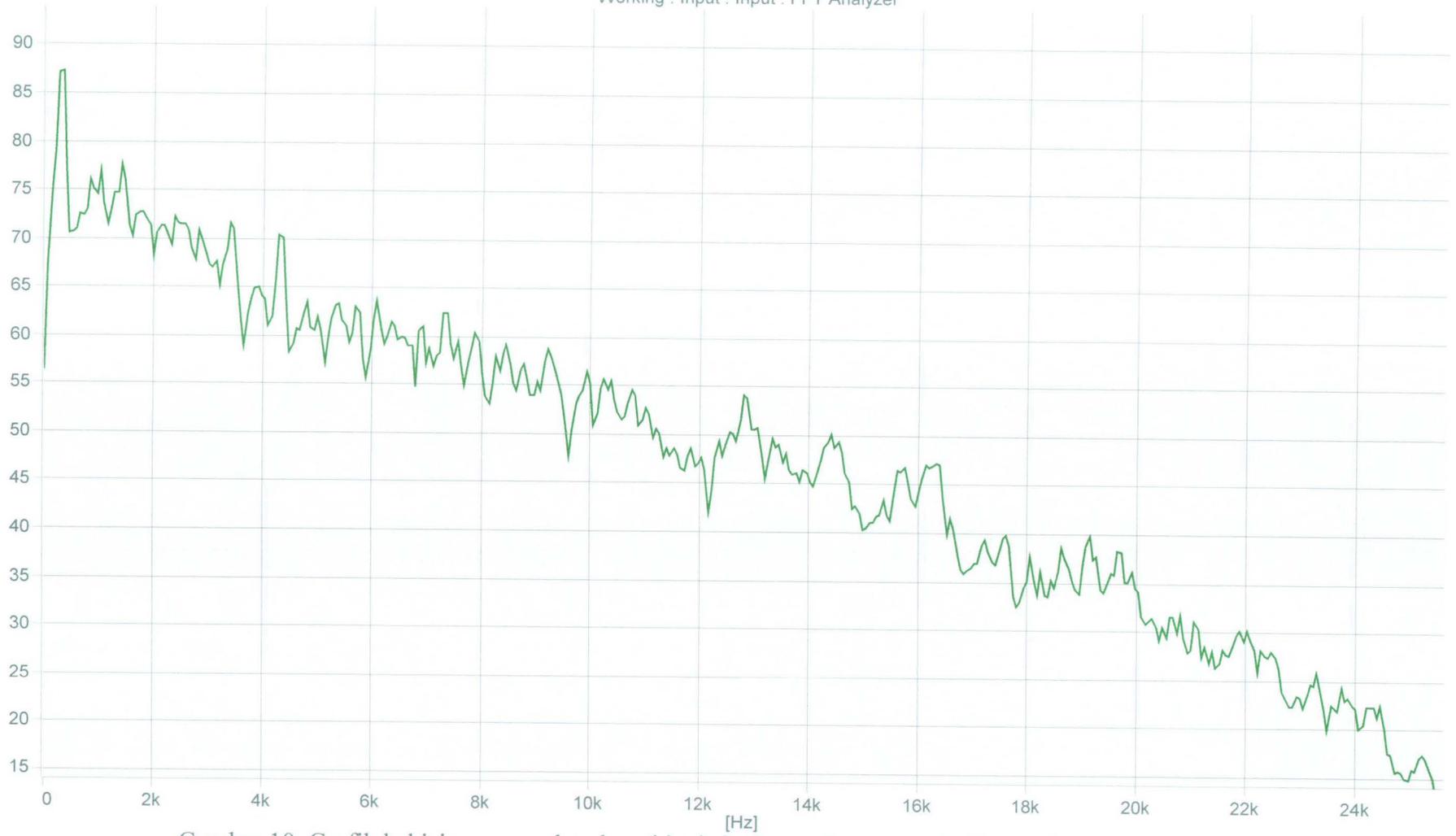
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 9. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 1600 rpm dengan beban 2 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

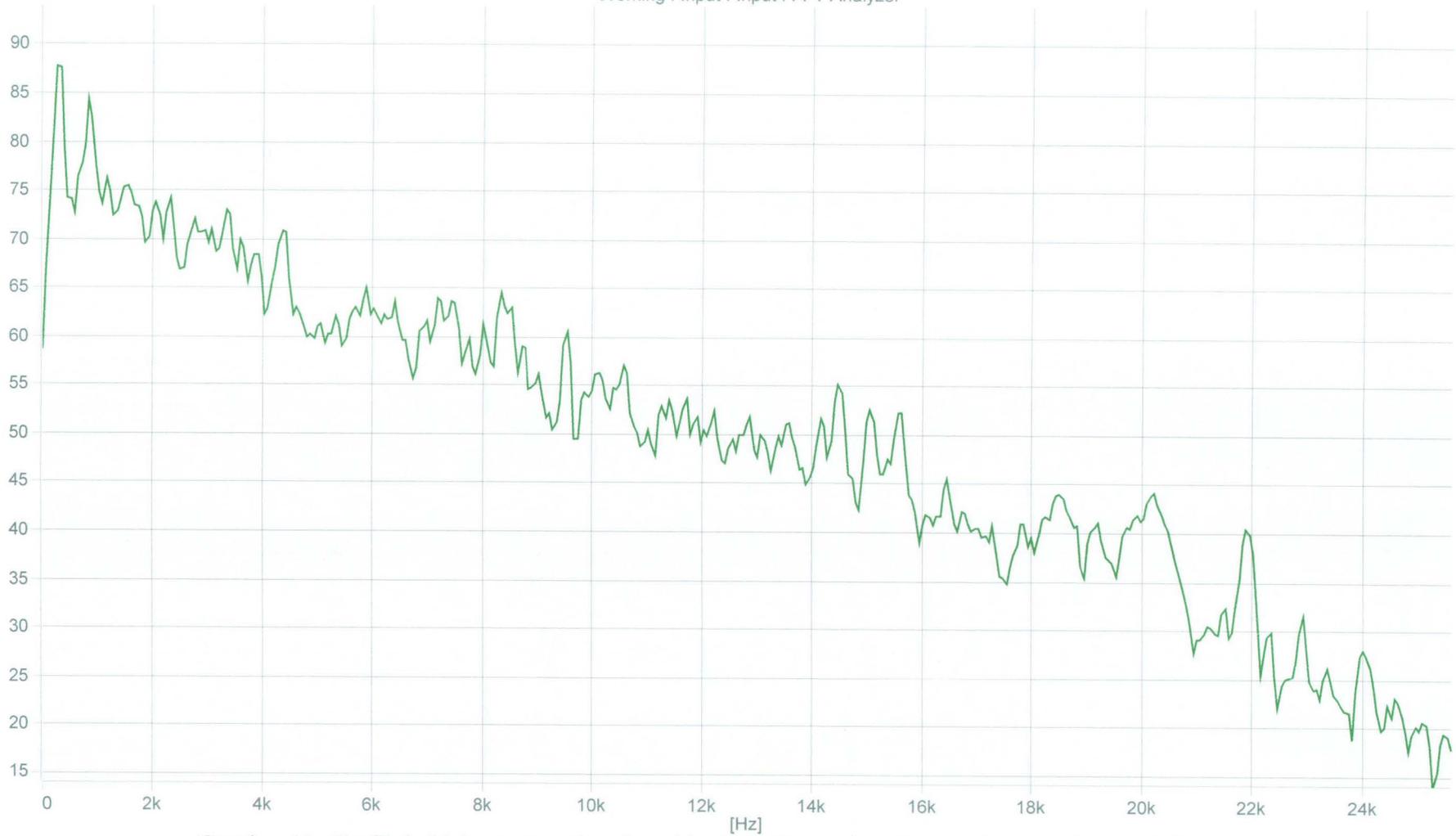
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 10. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 1600 rpm dengan beban 3 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

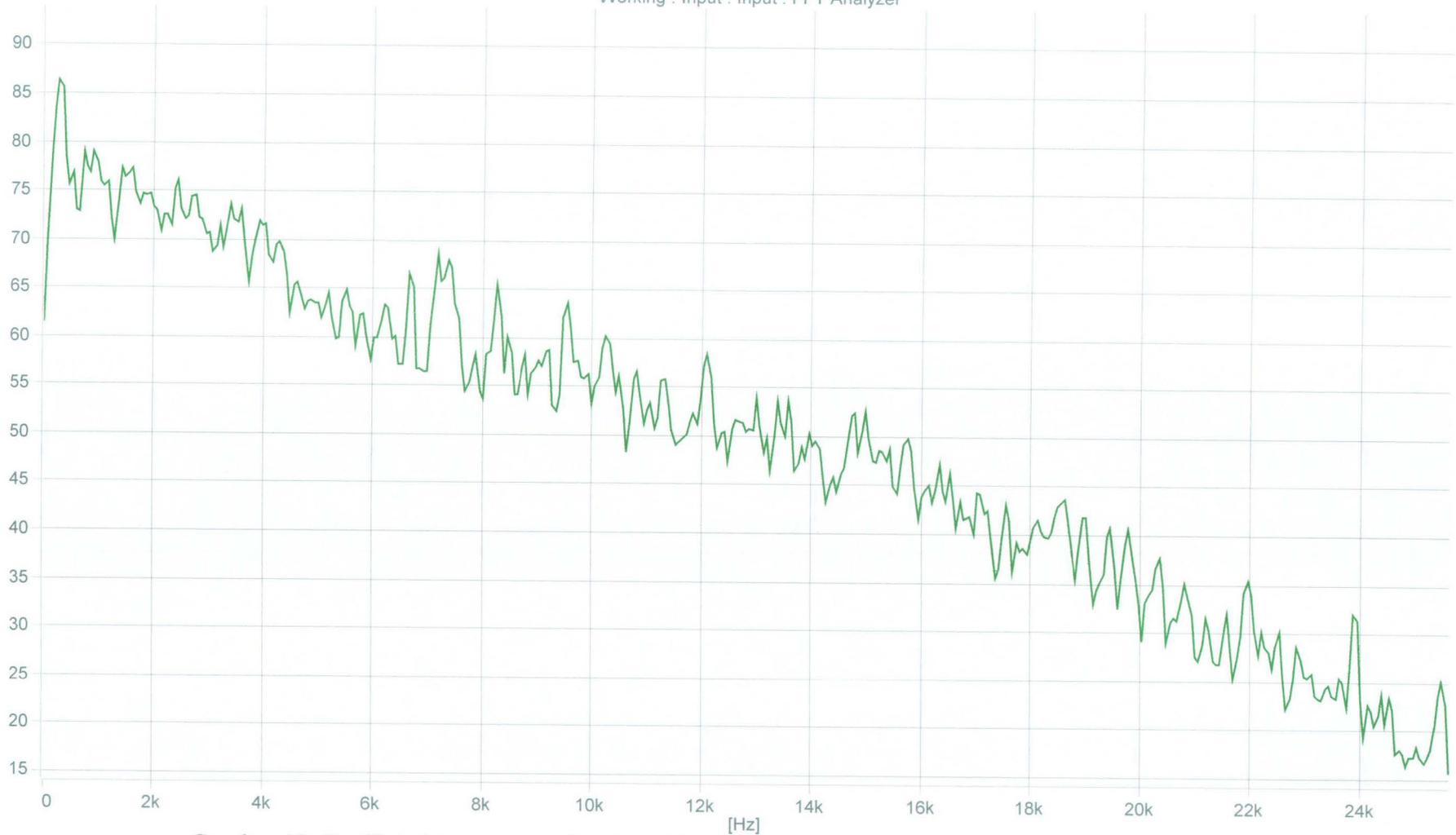
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 11. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 2000 rpm dengan beban 1 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

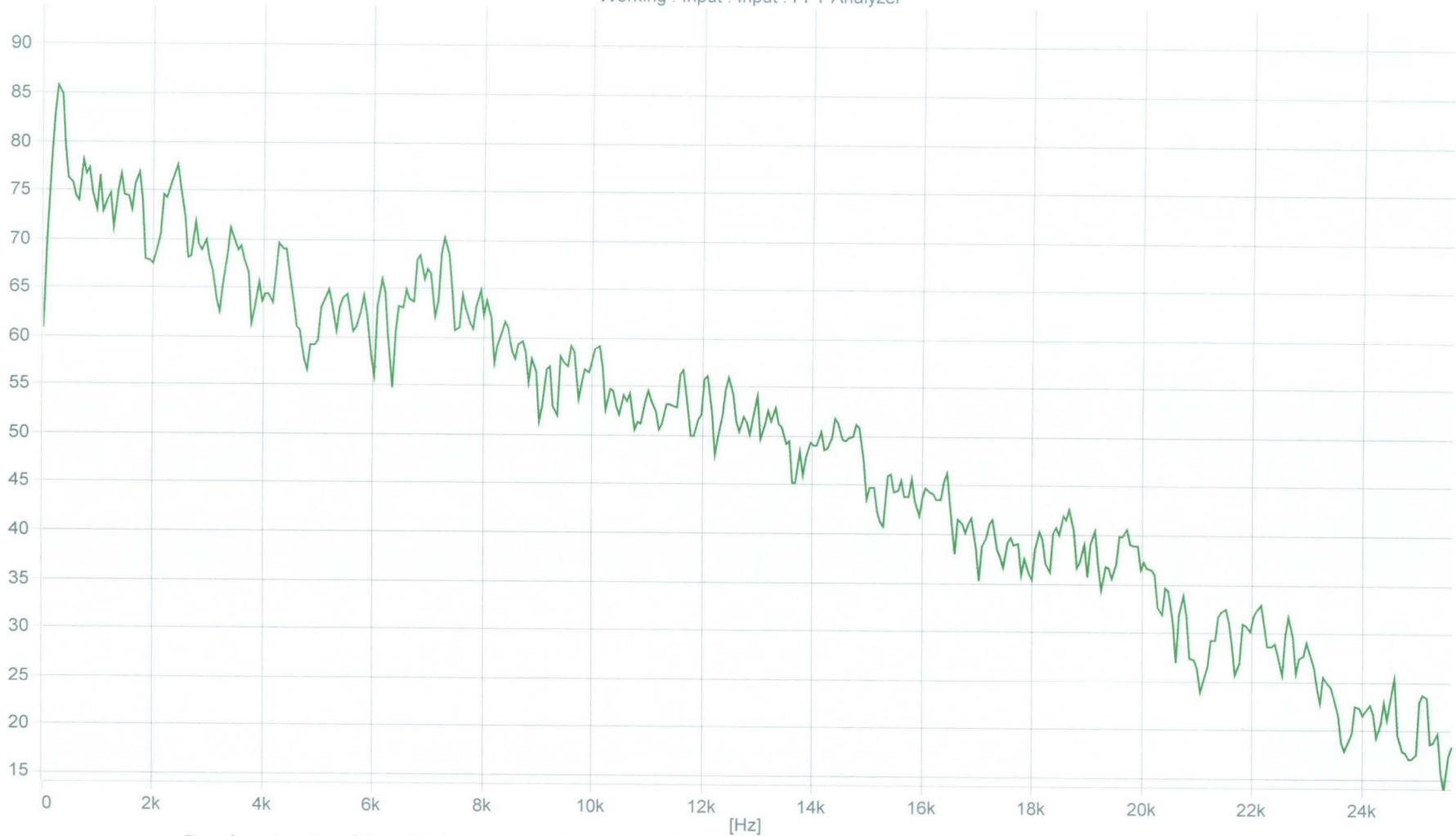
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 12. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 2000 rpm dengan beban 2 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer

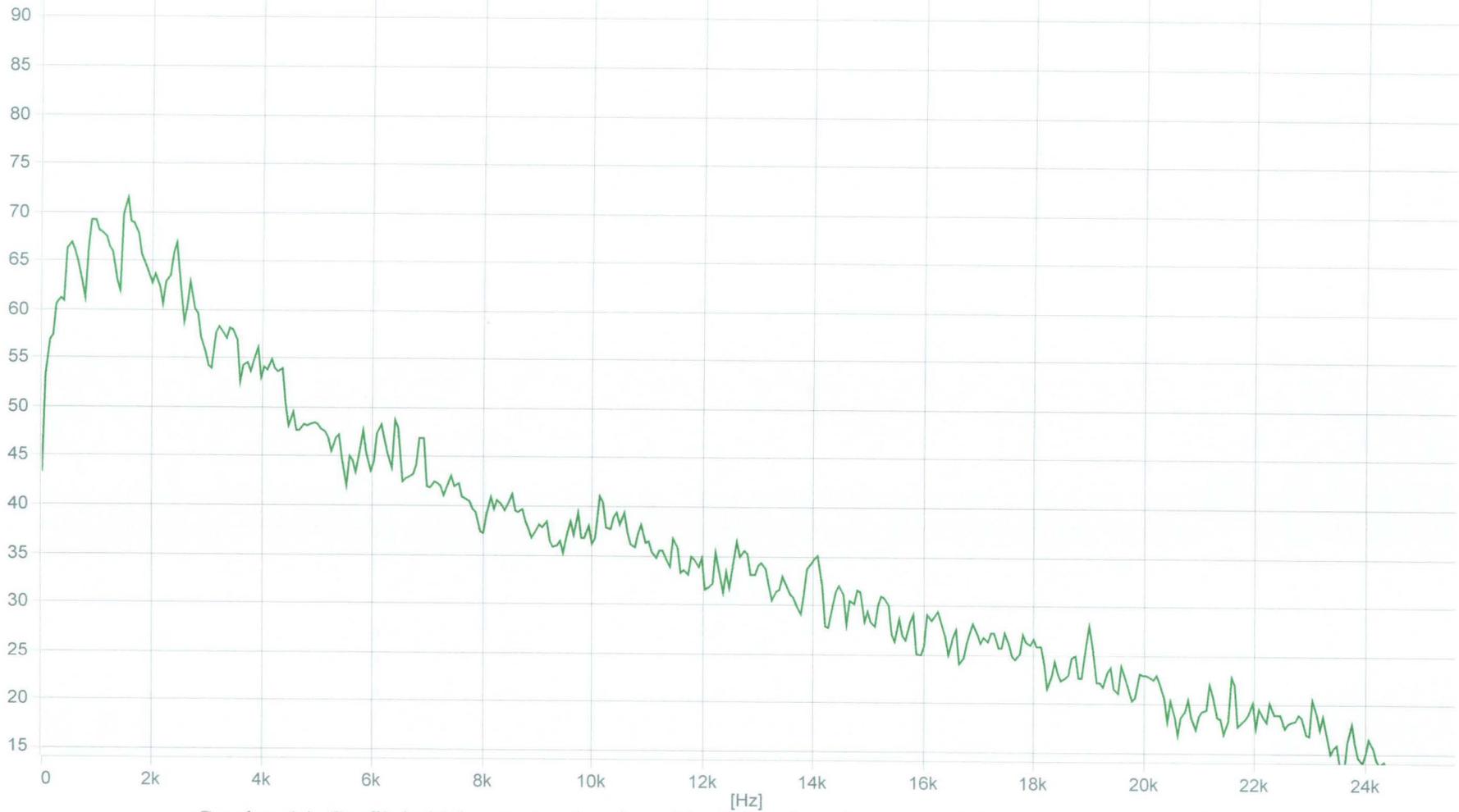


Gambar 13. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis kering pada putaran 2000 rpm dengan beban 3 kg



[dB(A)/20.0u Pa]

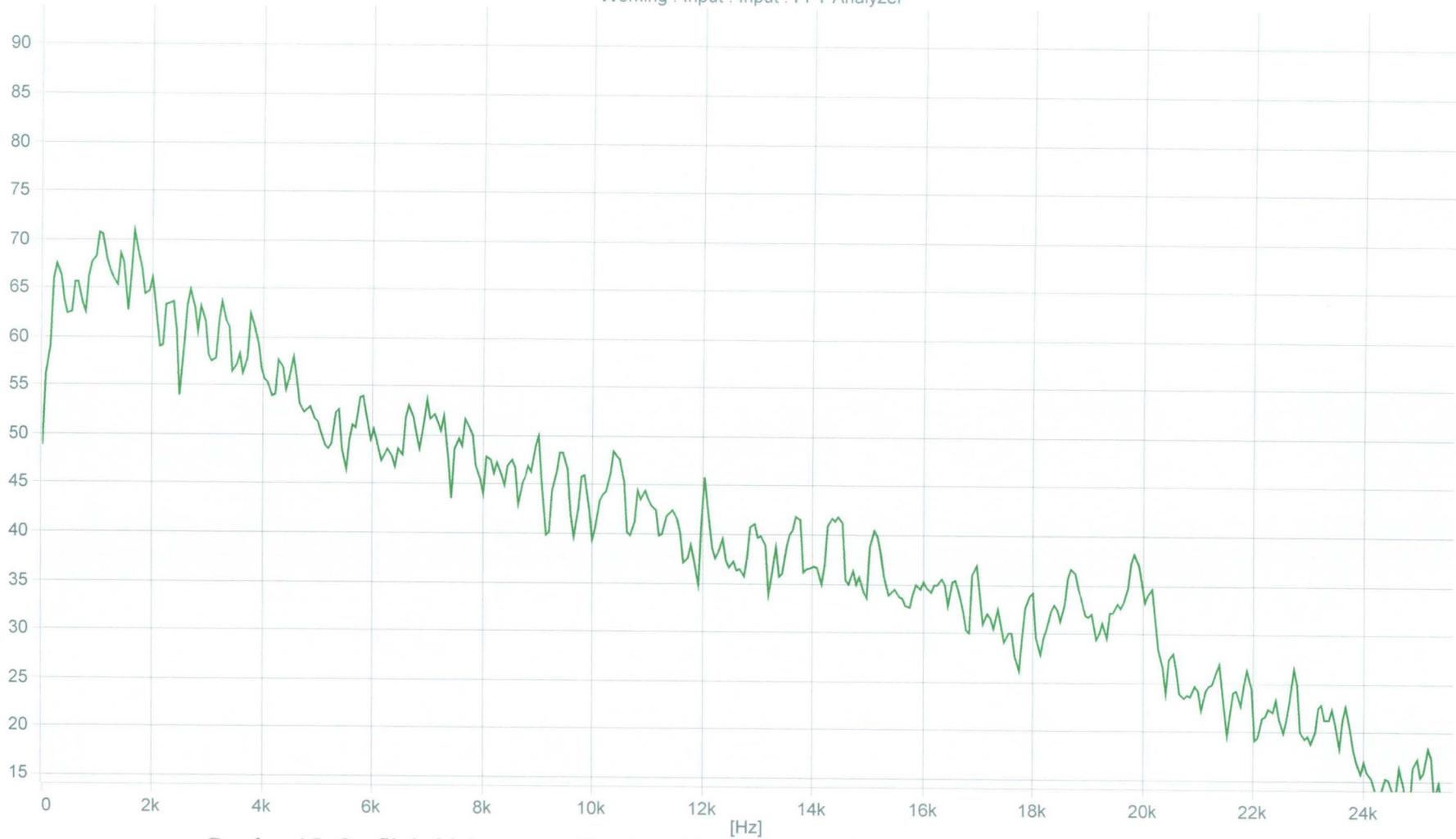
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 14. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 800 rpm dengan beban 1 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

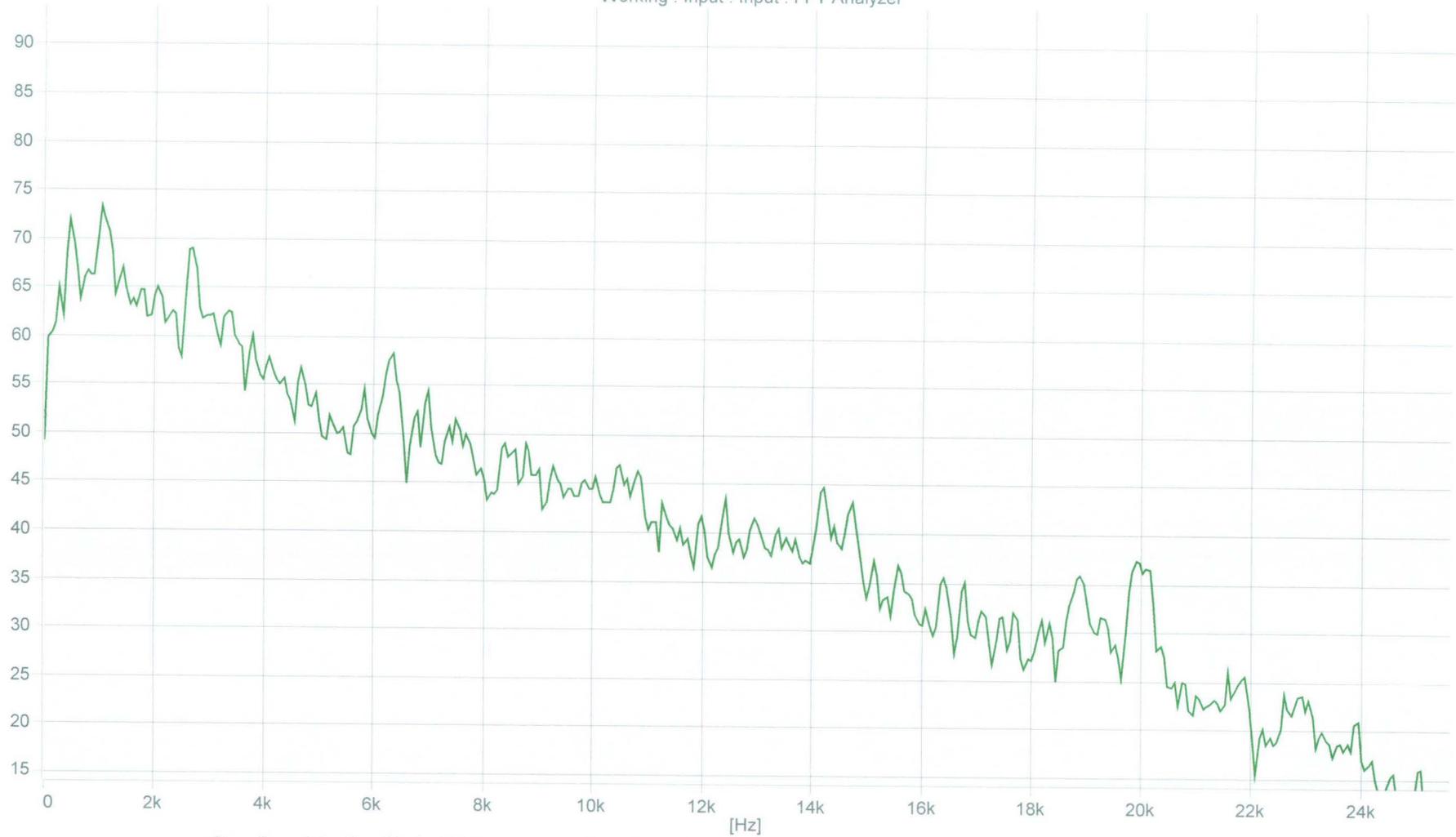
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 15. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 800 rpm dengan beban 2 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

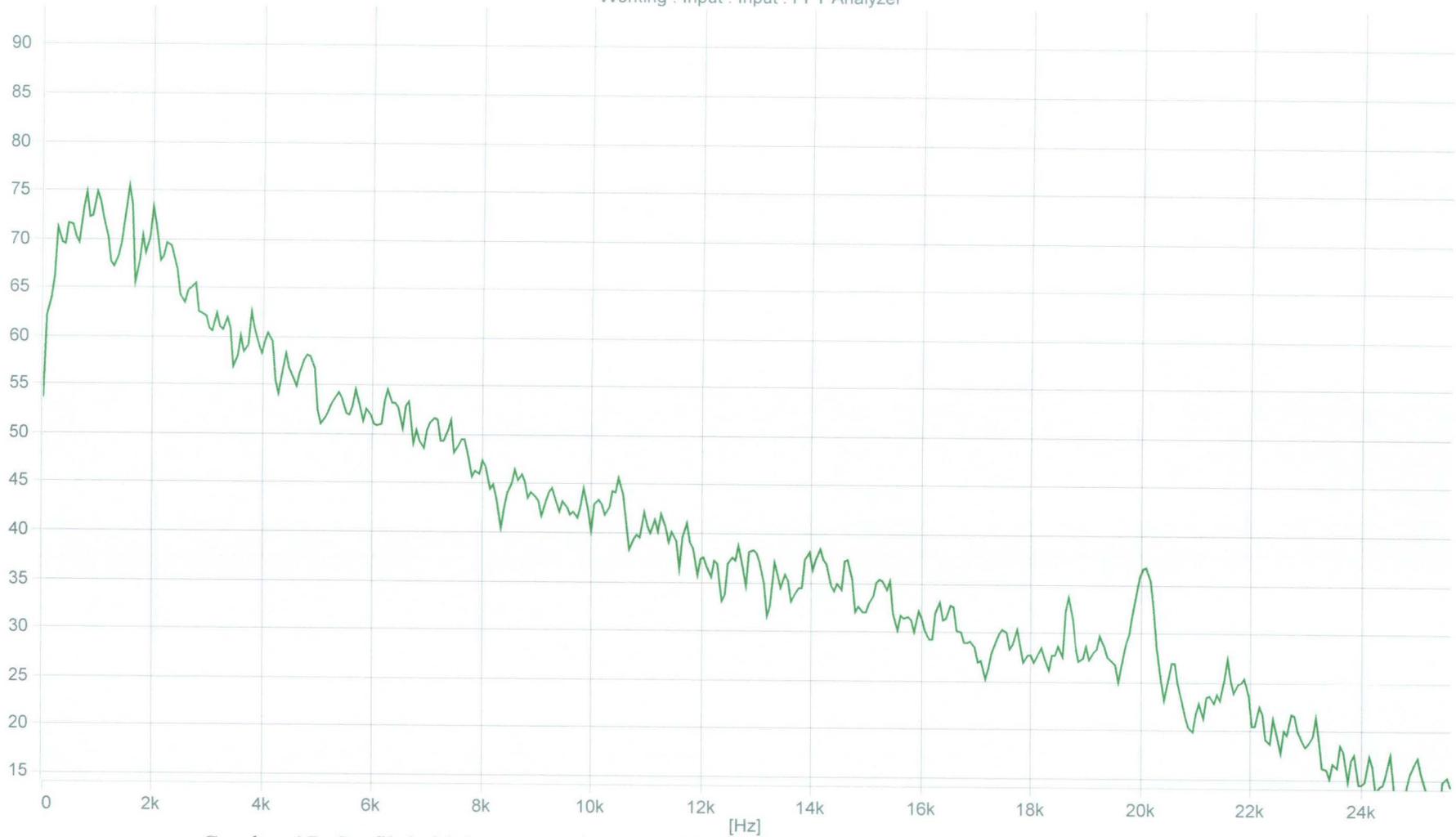
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 16. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 800 rpm dengan beban 3 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

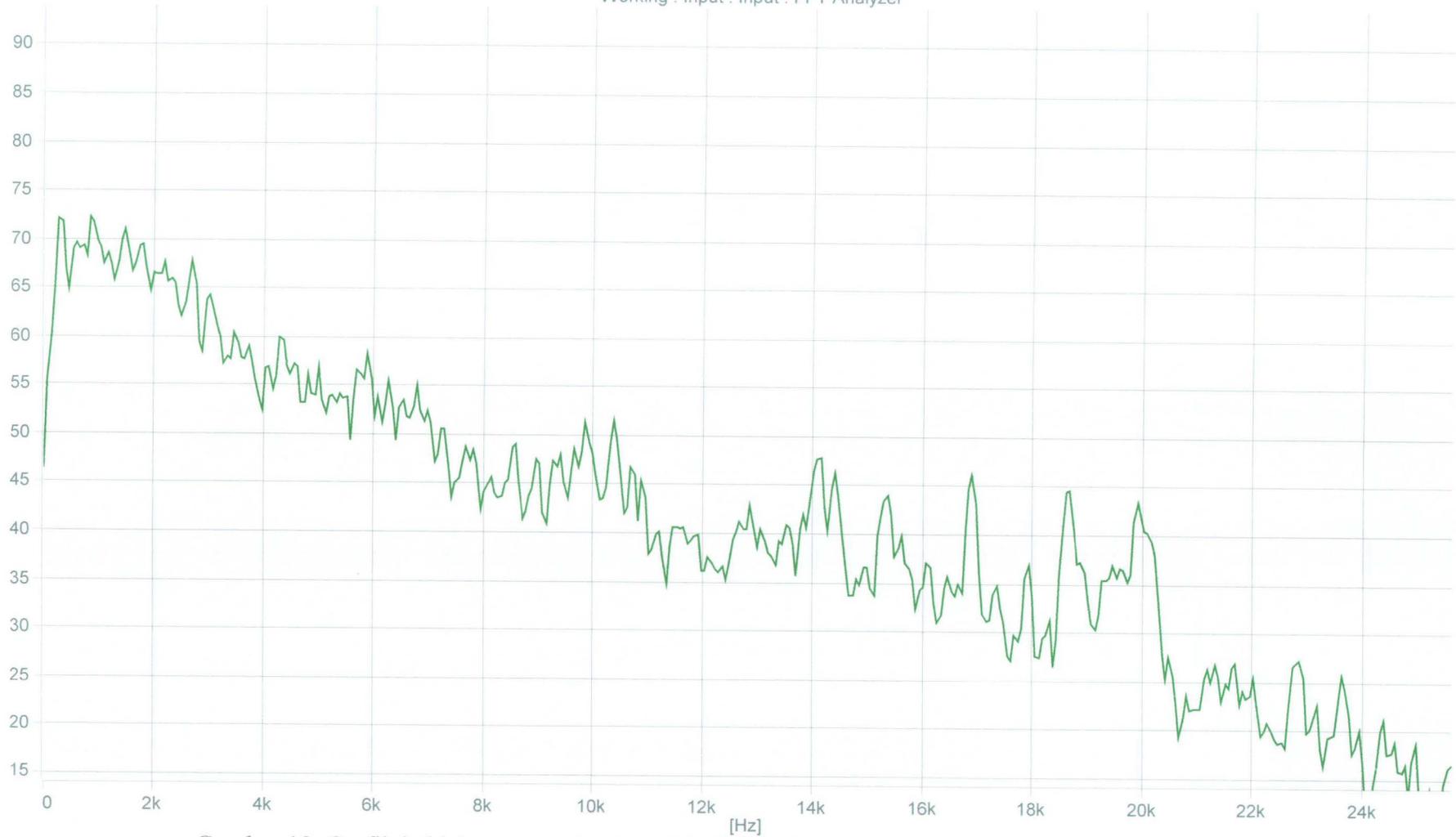
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 17. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah ada putaran 1200 rpm dengan beban 1 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

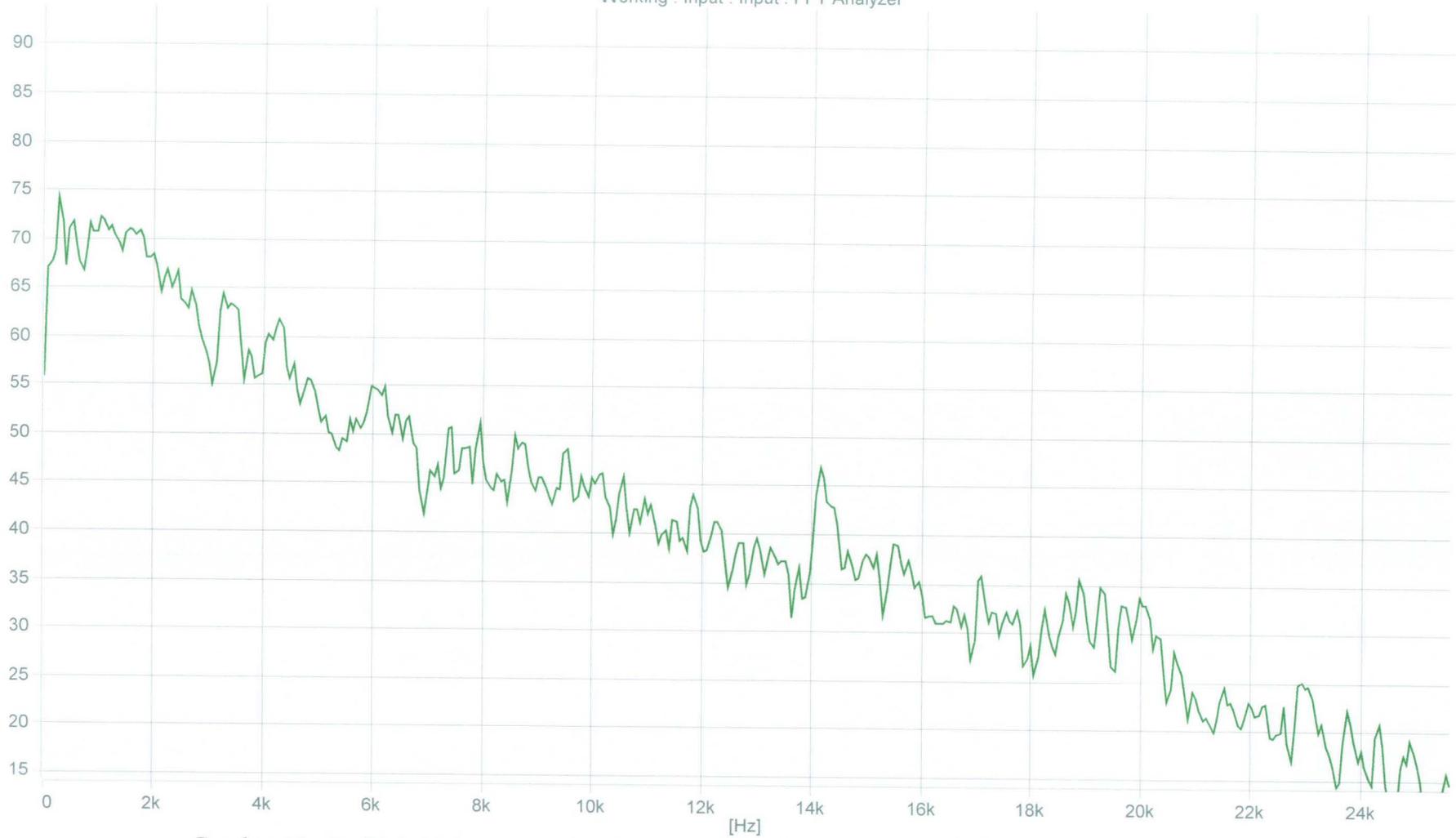
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 18. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 1200 rpm dengan beban 2 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

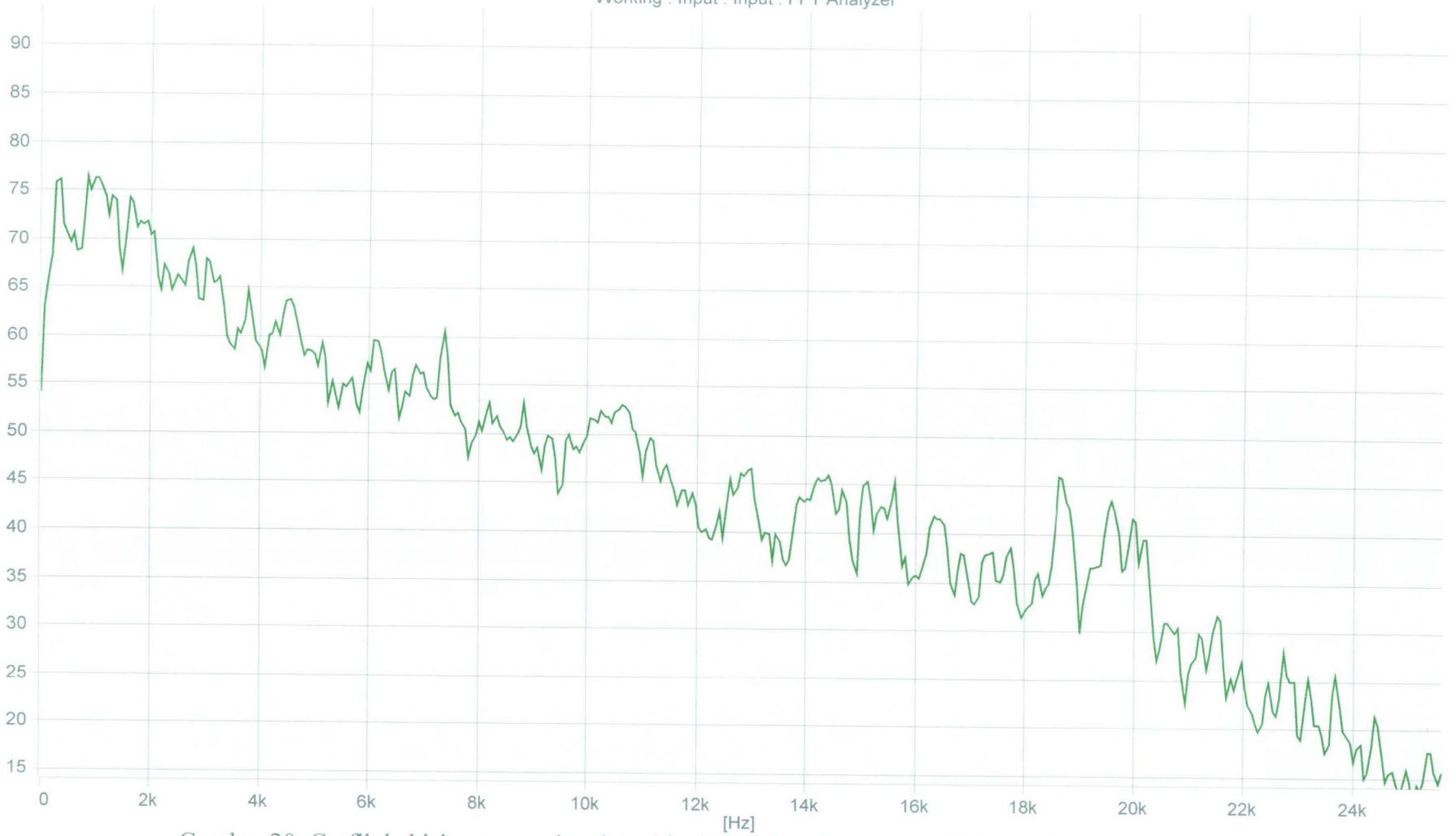
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 19. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 1200 rpm dengan beban 3 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

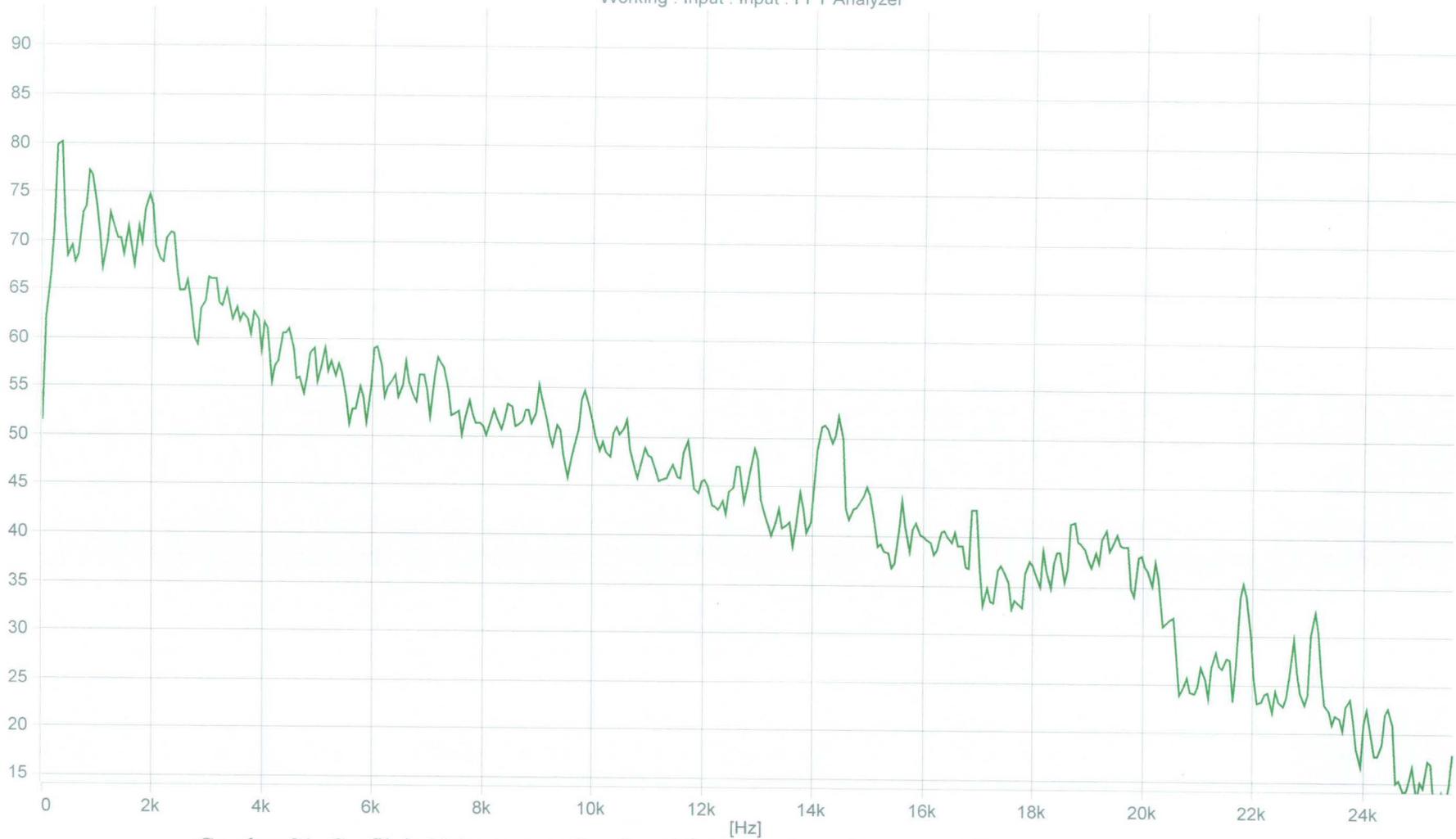
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 20. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 1600 rpm dengan beban 1 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

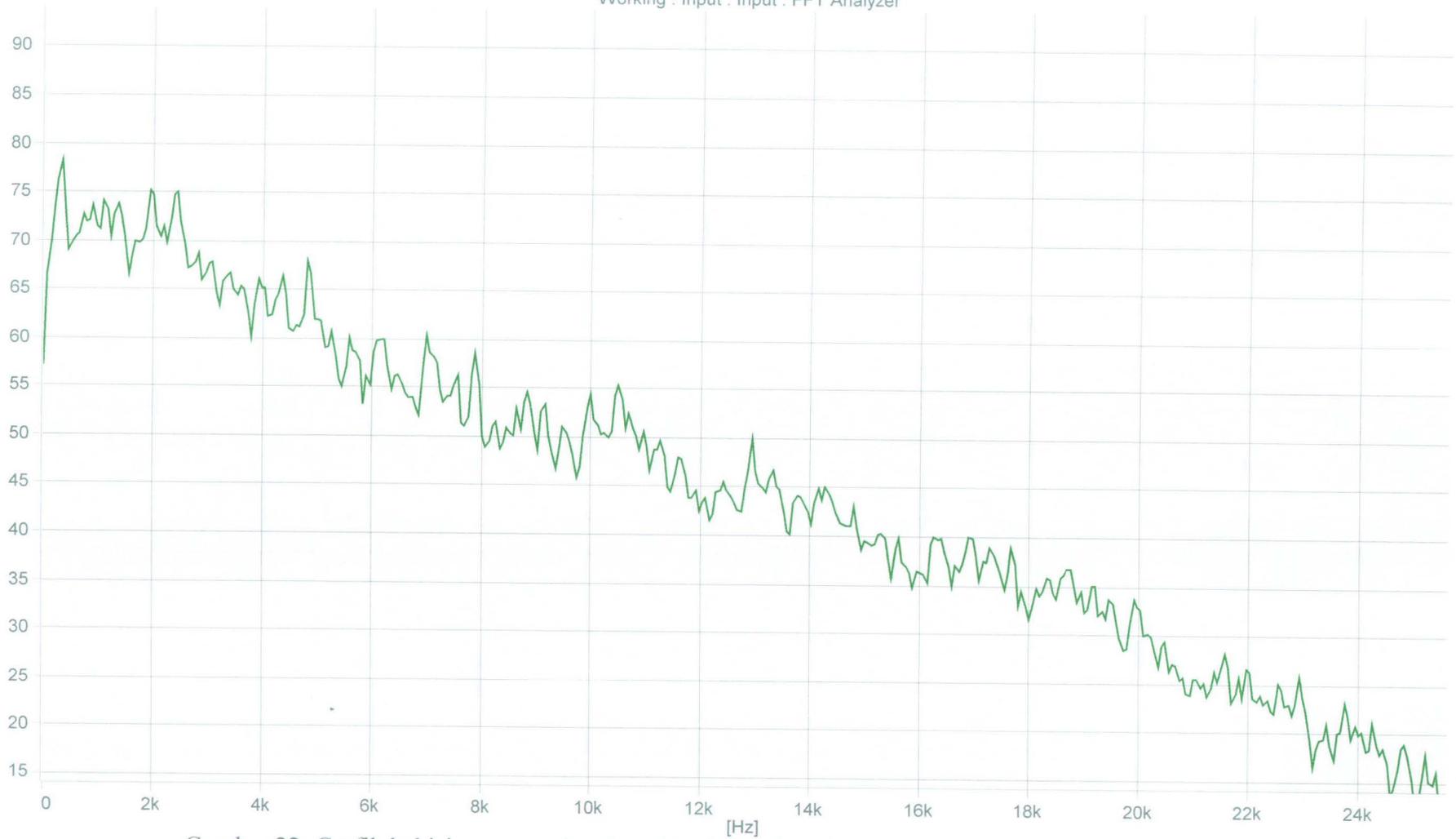
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 21. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 1600 rpm dengan beban 2 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

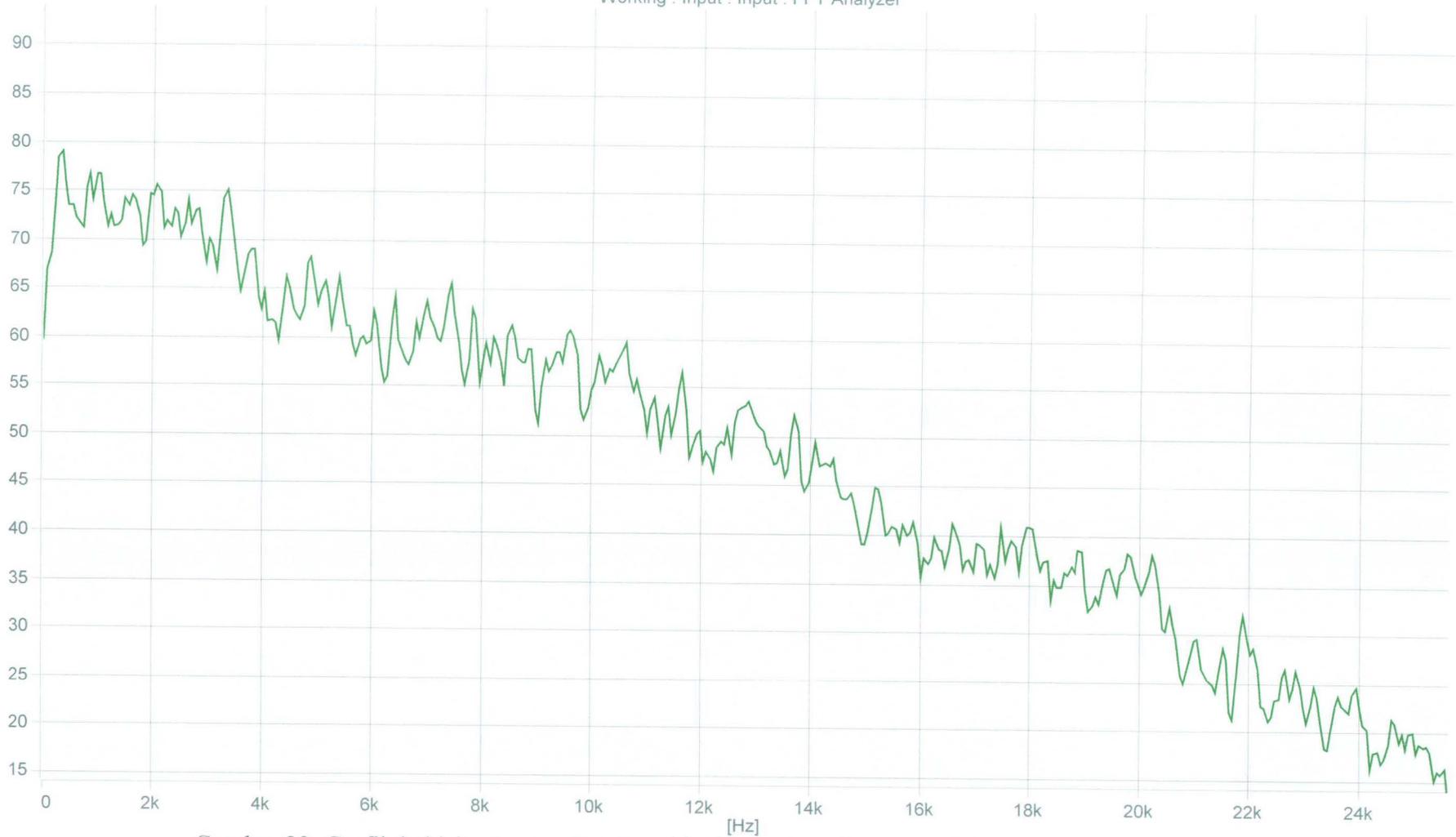
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 22. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 1600 rpm dengan beban 3 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

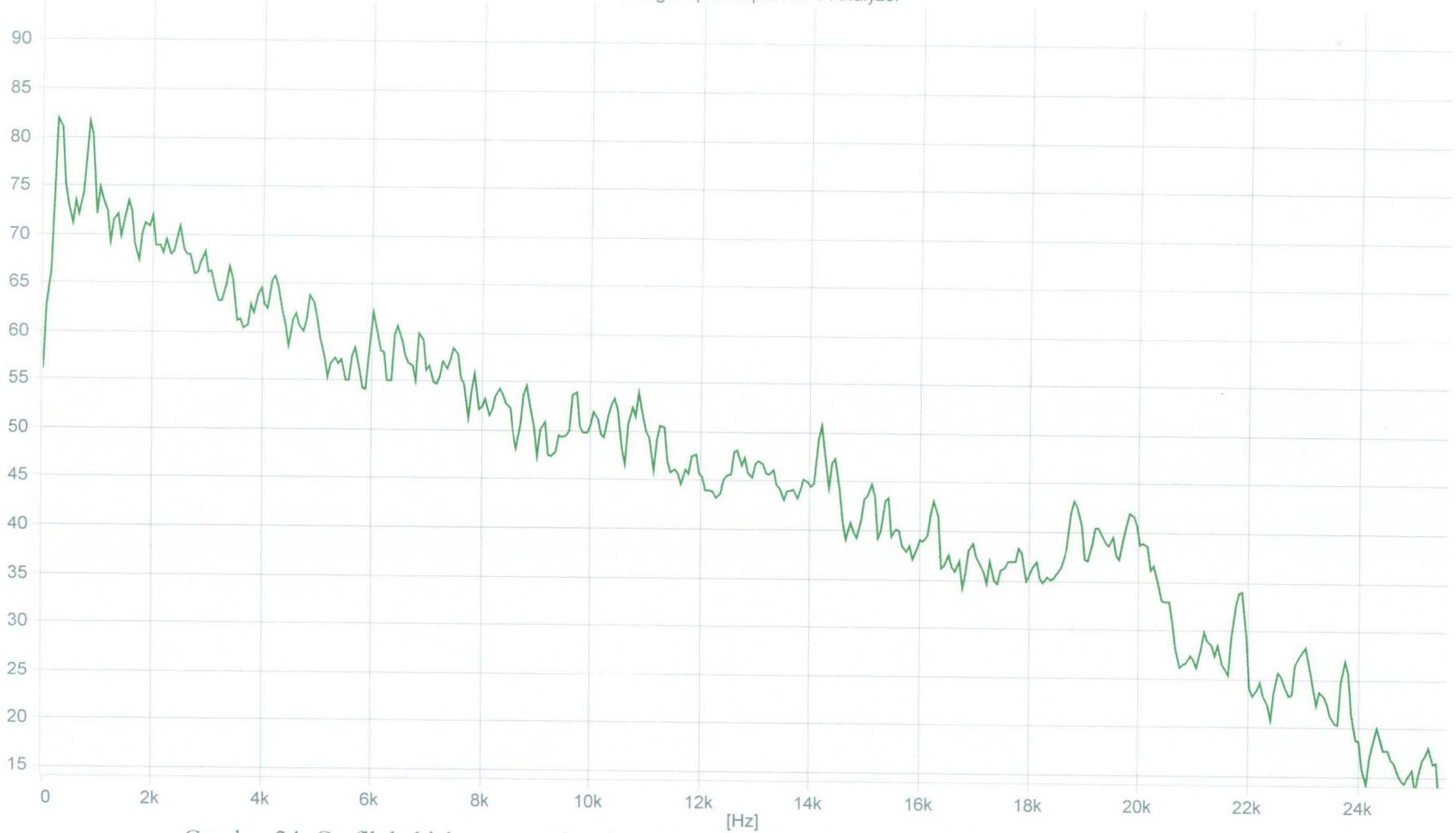
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 23. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 2000 rpm dengan beban 1 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

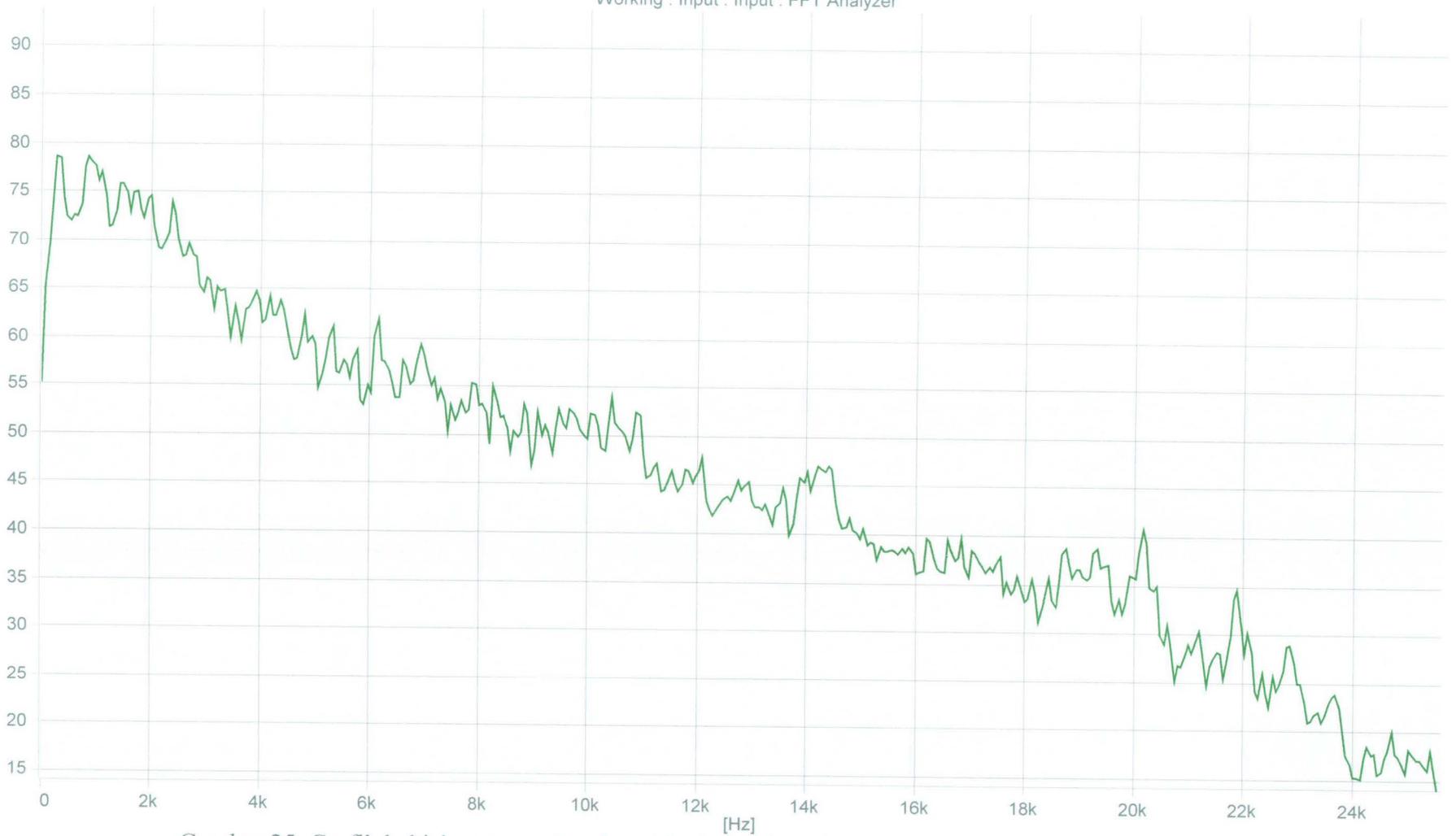
Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



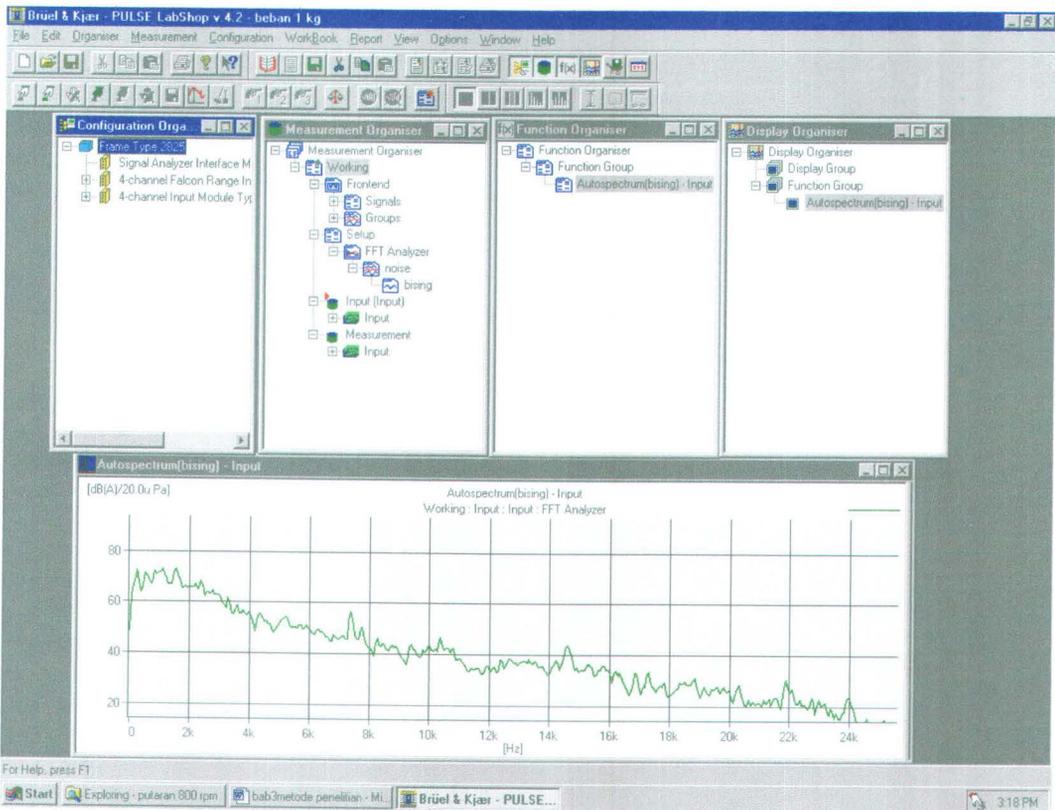
Gambar 24. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 2000 rpm dengan beban 2 kg

[dB(A)/20.0u Pa]

Autospectrum(bising) - Input  
Working : Input : Input : FFT Analyzer



Gambar 25. Grafik kebisingan peredam bunyi jenis basah pada putaran 2000 rpm dengan beban 3 kg





Tabel hasil uji peredam bunyi jenis kering

Hasil uji peredam jenis kering

putaran Rpm	beban rem kg	volume bb ml	volume bb m3	waktu min	waktu det	Daya HP	Daya kW	SFOC gr/kW.jam
800	1	10	0.00001	3.00	180	0.802	0.598292	290.828
	2	10	0.00001	2.09	129	1.604	1.196584	202.903
	3	10	0.00001	2.05	125	2.406	1.794876	139.597
1200	1	10	0.00001	2.20	140	1.203	0.897438	249.281
	2	10	0.00001	2.15	135	2.406	1.794876	129.257
	3	10	0.00001	2.05	125	3.609	2.692314	93.065
1600	1	10	0.00001	1.55	115	1.604	1.196584	227.604
	2	10	0.00001	1.50	110	3.207	2.392422	119.012
	3	10	0.00001	1.26	86	4.811	3.589006	101.473
2000	1	10	0.00001	1.34	94	2.005	1.49573	222.762
	2	10	0.00001	1.10	70	4.009	2.990714	149.606
	3	10	0.00001	1.02	62	6.014	4.486444	112.597

Tabel hasil uji peredam bunyi jenis basah

Unjuk kerja motor diesel dengan peredam bunyi gas jenis basah

Putaran rpm	Beban pengereman kg	volume bahan bakar ml	waktu detik	Daya HP	Daya kW	SFOC gr/kW.jam
800	1	10 ml	137	0.802	0.598292	382.110
	2	10 ml	119	1.604	1.196584	219.954
	3	10 ml	115	2.406	1.794876	151.736
1200	1	10 ml	125	1.203	0.897438	279.195
	2	10 ml	122	2.406	1.794876	143.030
	3	10 ml	120	3.609	2.692314	96.943
1600	1	10 ml	90	1.604	1.196584	290.828
	2	10 ml	81	3.207	2.392422	161.621
	3	10 ml	70	4.811	3.589006	124.666
2000	1	10 ml	71	2.005	1.49573	294.924
	2	10 ml	63	4.009	2.990714	166.229
	3	10 ml	58	6.014	4.486444	120.363

## 2. Engine specifications

Model		YSM8	YSM8G	YSM12	YSM12G	
Type		Horizontal 4-cycle water-cooled diesel engine				
Number of cylinders		1				
Continuous rating output	HP/rpm	7/3200		10/3000		
1-hr. rating output	HP/rpm	8/3200		12/3000		
Combustion method		Precombustion chamber type				
Fuel injection time		BTDC 25°				
Revolution speed (rpm in forward)	Crankshaft	3200		3000		
	Propeller shaft	1639	1093	1518	980	
Speed reduction and reversing gear	Type	Mechanical, spur gear, wet type, single disc				
	Reduction ratio	Forward	2:1	3:1	2:1	3:1
		Reverse	2:1	3:1	2:1	3:1
Direction of revolution	Crankshaft	Counter clockwise, viewed from the stern side				
	Propeller	Counter clockwise, viewed from the stern side				
Lubrication system	Engine	Forced lubrication by trochiod pump				
	Reduction reversing gear	Splash method				
Lube oil capacity	Crank case	1.9ℓ		3.0ℓ		
	Reduction reversing gear	0.7ℓ				
Cooling system		Forced cooling by rotary rubber impeller pump				
Starting system*		Combined electric and manual				
Electrical equipment	Starting motor	12V-1kw made by Hitachi				
	Alternator	12V-35A A.C. made by Hitachi				
Front P.T.O	Output HP/rpm	2/3200		3/3000		
	Acceleration ratio (at engine rpm)	1.00		1.174		

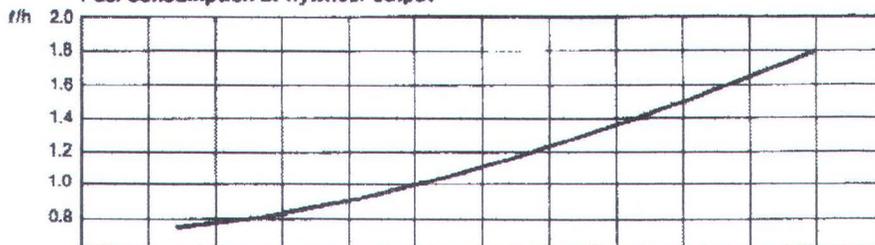
Front PTO is available for model YSM-Y type only.

\*YSM-Y type: Manual

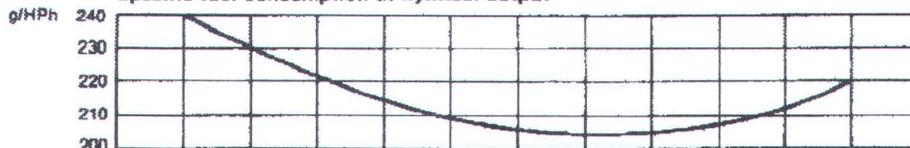
# 4. Performance Curves

## 1. YSM8-R, YSM8-Y

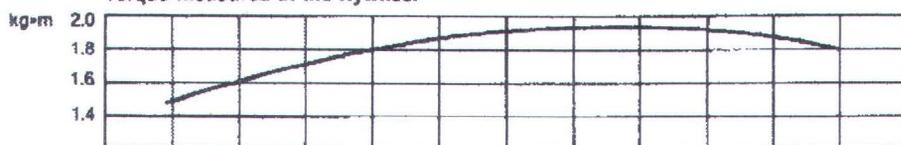
Fuel consumption at flywheel output



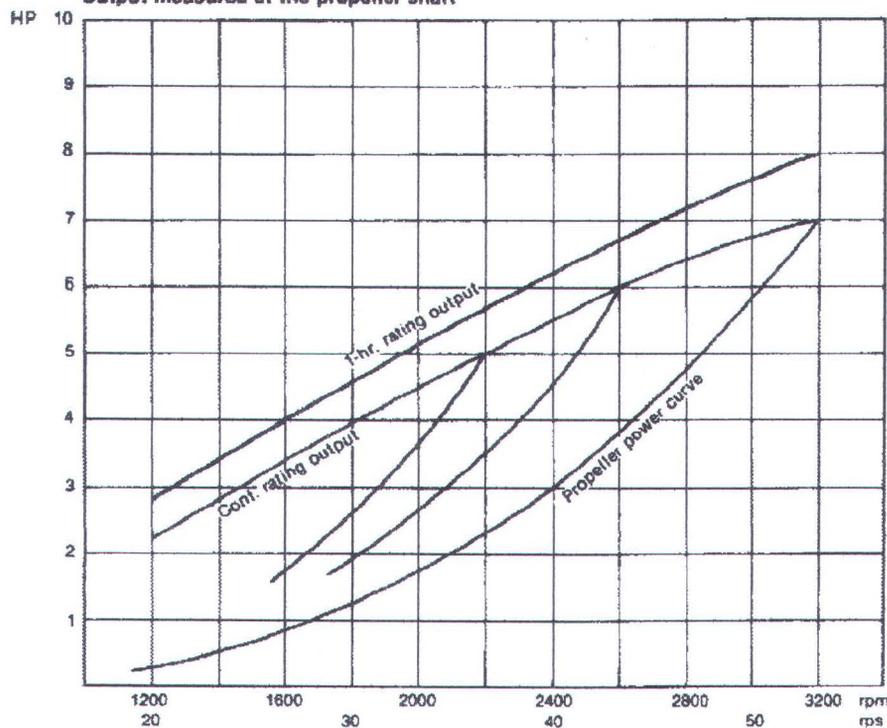
Specific fuel consumption at flywheel output



Torque measured at the flywheel



Output measured at the propeller shaft

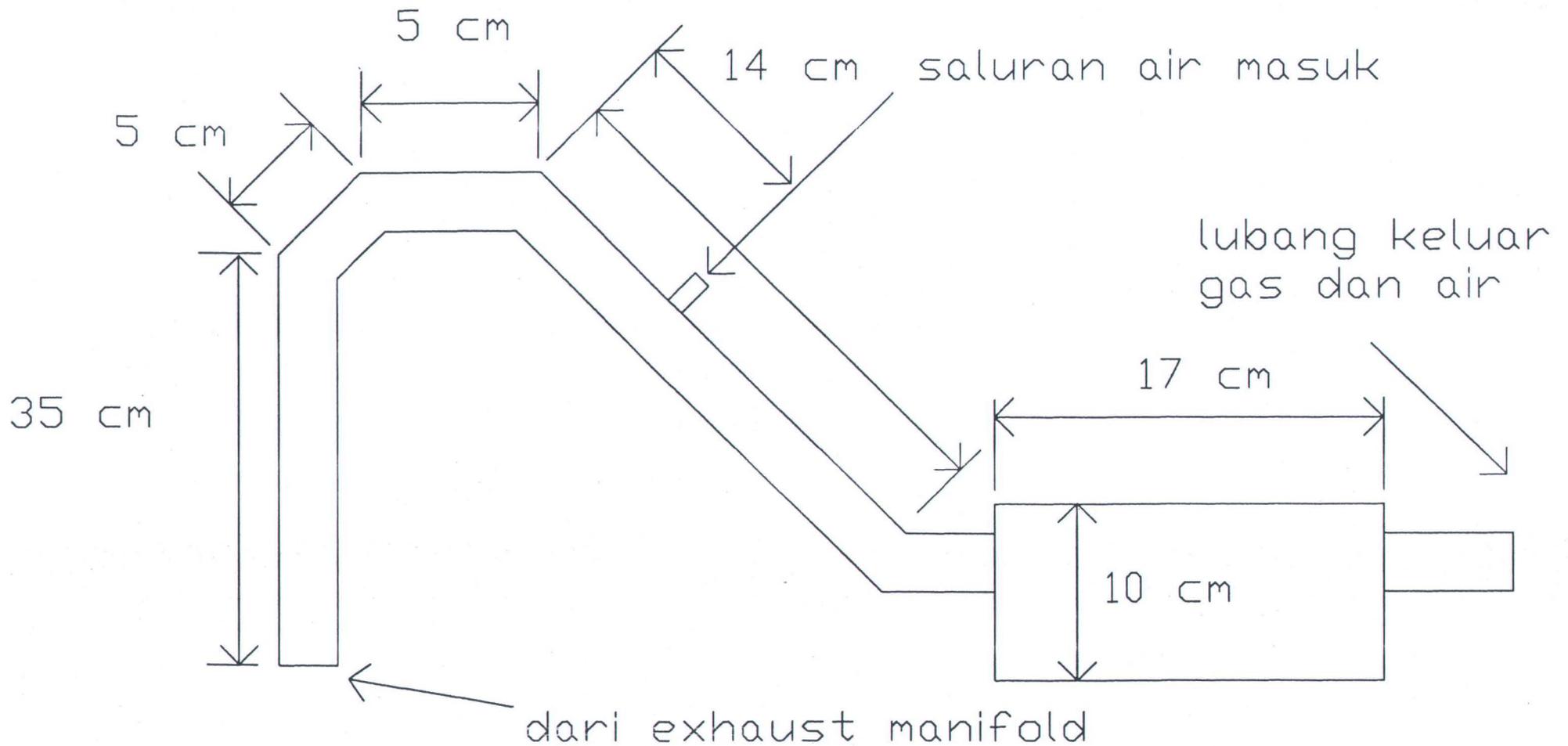


The Engine Flywheel Output is Approx. 5% Higher.

Note: These curves show the average performance of respective engines in test operation at our plant.

# GAMBAR RANCANGAN PEREDAM JENIS BASAH

Pandangan samping



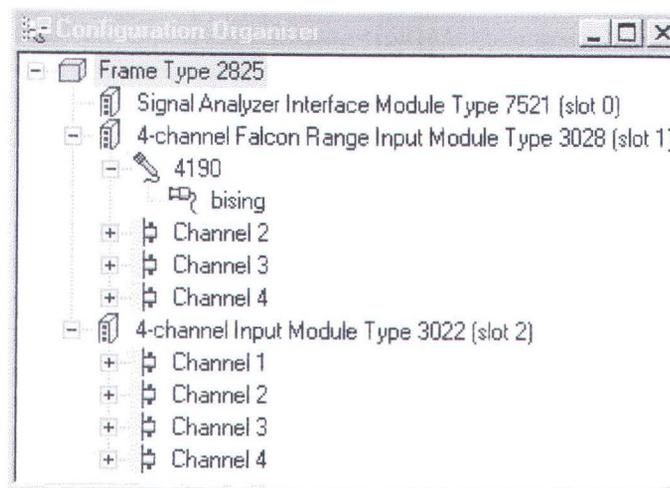
## DASAR PENGGUNAAN PROGRAM PULSE LabShop

Tahapan pembuatan sebuah proyek pengukuran menggunakan program PULSE LabShop adalah sebagai berikut :

### I. CONFIGURATION ORGANISER

Tujuan : Configuration Organiser adalah titik mulai ketika membuat sebuah proyek dengan program PULSE. Langkah ini digunakan untuk mengatur konfigurasi dasar front end. Program PULSE secara otomatis mendeteksi front end dan modul-modulnya dan memasukkan informasi ini ke dalam Configuration Organiser. Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah :

1. Menyalakan front end dan program PULSE. Sebuah proyek baru akan dibuat setiap kali program PULSE dibuka. Buka Configuration Organiser dengan menekan tombol Configuration Organiser pada toolbar Project. Kemudian buka semua cabang direktori pada Configuration Organiser.

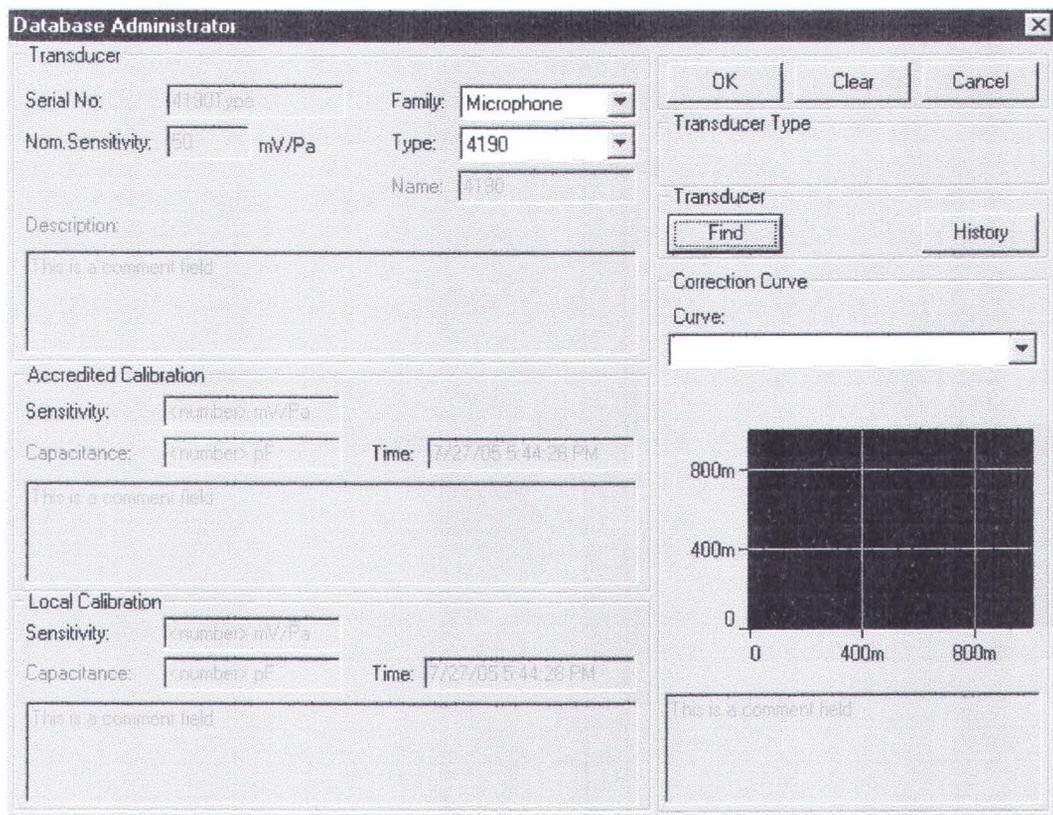


Gambar Configuration Organiser

### Memilih Tranduser

2. Menghubungkan mikrophone dengan channel 1 pada front end.

3. Pada Configuration Organiser, klik kanan pada Channel 1 dan pilih **Select Transducer** dari menu popup. Hal ini akan memunculkan **Database Administrator**. Klik tombol **Find**. Hal ini akan memunculkan kotak dialog Find Transducer dengan suatu daftar transducer dalam database, dinyatakan dengan nomor serial dan namanya. Gunakan kolom filter pada tab **Filter** untuk mempersempit pencarian dan memilih tipe microphone yang digunakan.
4. Setelah selesai memilih microphone, klik **OK** pada kotak dialog Find Transducer dan kemudian **OK** pada Database Administrator. Pada *Configuration Organiser* akan terlihat “Channel 1” telah berubah namanya menjadi nama microphone yang dipilih.



Gambar Database Administrator

### Memberi Nama Sinyal

5. Klik kanan pada Signal 1 dan pilih **Edit Label** dan diberi nama misalnya 'bising'.

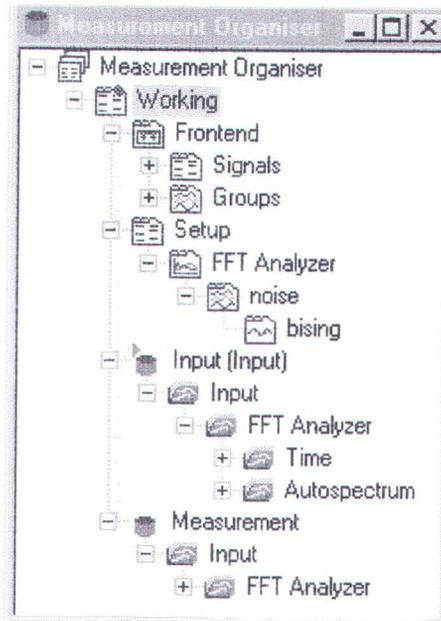
### Mendefinisikan Grup Sinyal

6. Klik kanan pada direktori *Configuration Organiser* dan pilih **Properties** dari menu popup. Hal ini akan memunculkan halaman Configuration Properties.
7. Pilih tab **Groups** dalam Configuration Properties dan klik **Edit**
8. Klik **New** dalam dialog Edit Signal Groups untuk membuat grup sinyal baru. Berikan nama untuk grup tersebut. Klik **OK** setelah selesai.
9. Pilih sinyal '**bising**'. Klik **Add** lalu **Done**.
10. Tutup Configuration Organiser.

## II. MEASUREMENT ORGANISER

Tujuan :

- memasukkan konfigurasi front end yang dibuat dalam Configuration Organiser ke dalam Measurement "Template"
  - mendefinisikan dan mengatur instrumen (analyzer) dan memutuskan sinyal grup yang mana harus dihubungkan dengan analyzer yang mana
  - mengatur parameter pre-processing untuk sinyal yang akan diukur
11. Konfigurasi yang dibuat dalam Configuration Organiser harus dimasukkan ke dalam Measurement Organiser Template. Hal ini dilakukan dengan klik kanan pada ikon **Working** dalam Measurement Organiser dan memilih **Get Configuration**. Perhatikan bahwa ikon baru muncul dalam Measurement Organiser di bawah Working dengan nama **Front-end**.



Gambar Measurement Organiser

### Memasukkan Analyzer dan Menghubungkan Grup Sinyal

12. Klik kanan pada ikon Setup dalam Measurement Organiser dan pilih **Insert**.

Suatu menu akan memunculkan semua analyzer dan komponen lain yang dapat dimasukkan ke dalam setup measurement template

13. Dalam latihan dapat dipilih FFT Analyzer

14. Untuk menghubungkan grup sinyal yang telah diatur dalam Configuration Organiser, klik kanan pada ikon **FFT Analyzer** dan pilih **Select Groups** dari menu popup

15. Kotak dialog **Select Signal Groups** dengan semua grup yang tersedia akan muncul. Jika hanya memiliki satu grup, klik **Add All** lalu **Done**

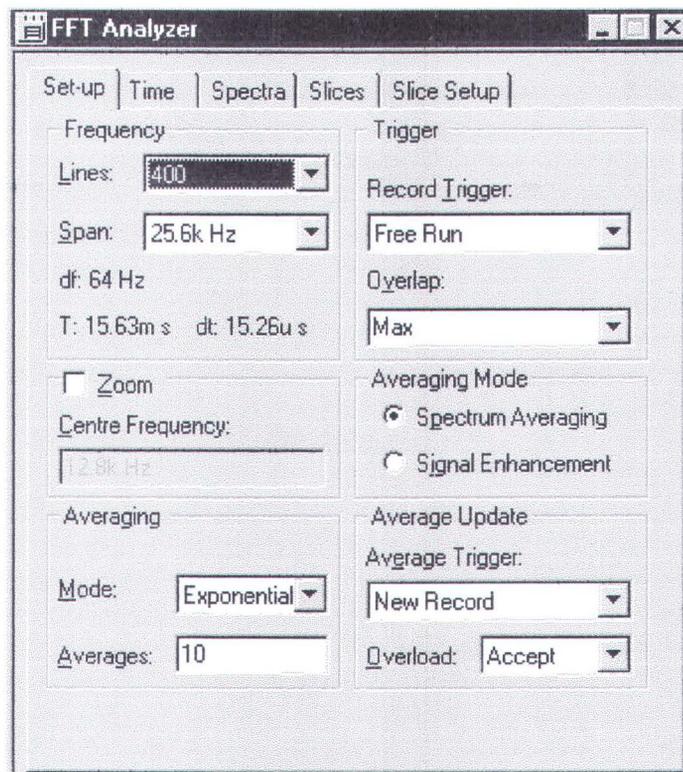
### Menge-set FFT Analyzer

16. Klik kanan pada ikon **FFT Analyzer** dan pilih **Properties** dari menu.

Halaman **FFT Analyzer** properties akan muncul.

17. Pilih tab **Setup**

18. Halaman **Setup** berisi parameter utama yang dapat diatur seperti pada gambar berikut ini :



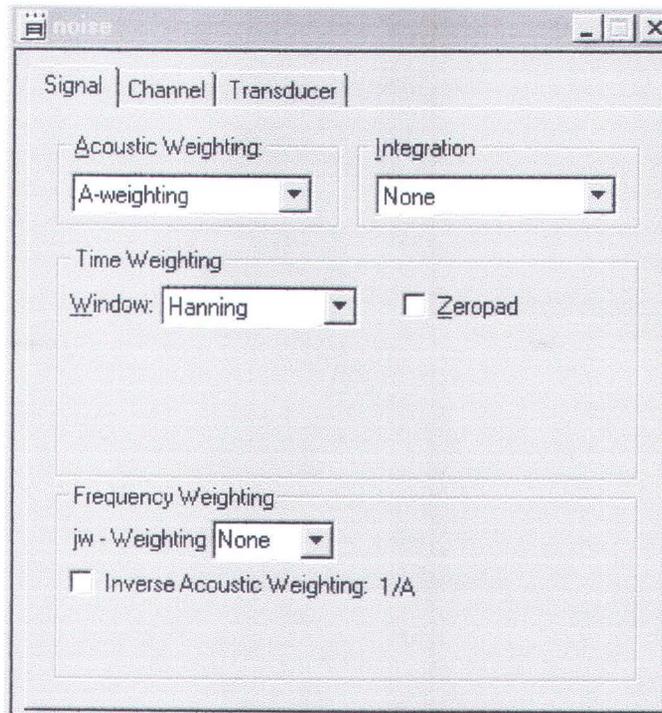
Gambar jendela properti FFT Analyzer

19. Tutup jendela FFT Analyzer. Hal ini akan menyimpan pengaturan tersebut

### Menge-set Sinyal FFT

Properti sinyal dapat diatur untuk setiap sinyal secara individu atau untuk suatu grup sinyal.

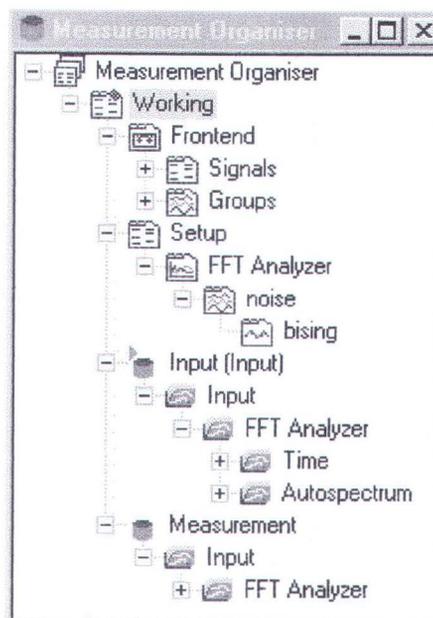
20. Untuk mengatur melalui suatu grup sinyal, klik kanan pada ikon grup sinyal di bawah ikon FFT Analyzer dan pilih **Properties** dari menu. Hal ini akan memunculkan halaman tab **Signal**. Melalui halaman ini dapat diatur sejumlah parameter seperti gambar berikut ini :



Gambar Pengaturan Sinyal

### Mengaktifkan Measurement Template

21. Untuk dapat melakukan pengaturan 'post-processing' dan menampilkan hasil pengukuran melalui Function dan Display Organisers, kita harus mengaktifkan template.



Gambar pengaktifan template pada Measurement Organiser

### III. FUNCTION DAN FUNCTION ORGANISER

Tujuan :

- membuat fungsi post-processing untuk sinyal yang diukur
- menggunakan function sebagai dasar untuk menampilkan data pengukuran

22. Tampilkan Function Organiser dengan menekan tombol **Function Organiser**.

Function Organiser tampil dengan dua ikon pada direktorinya yaitu **Function Organiser** dan **Function Group**.

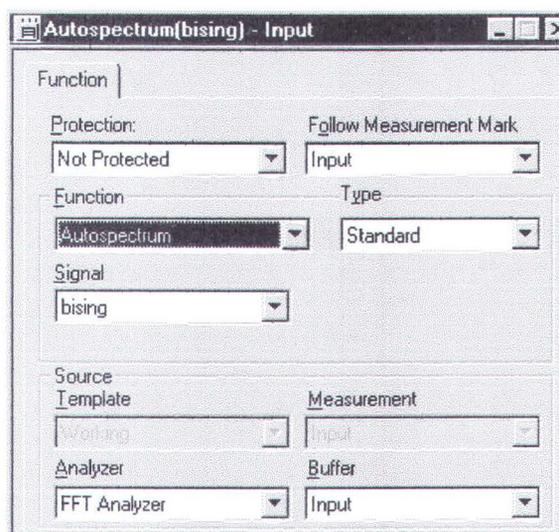
#### Memasukkan Function Groups dan Functions

23. Nama **Function Group** bisa diubah dan dalam Function Organiser bisa ditambahi grup fungsi lainnya. Caranya dengan klik kanan pada ikon **Function Organiser** lalu pilih **Insert, Function Group**.

24. Masukkan fungsi baru dalam **Function Group** menggunakan popup menu **Insert**.

#### Menge-set Function

25. Klik kanan pada ikon fungsi dan pilih **Properties**. Halaman Function Properties memiliki satu tab **Function** yang memiliki beberapa parameter

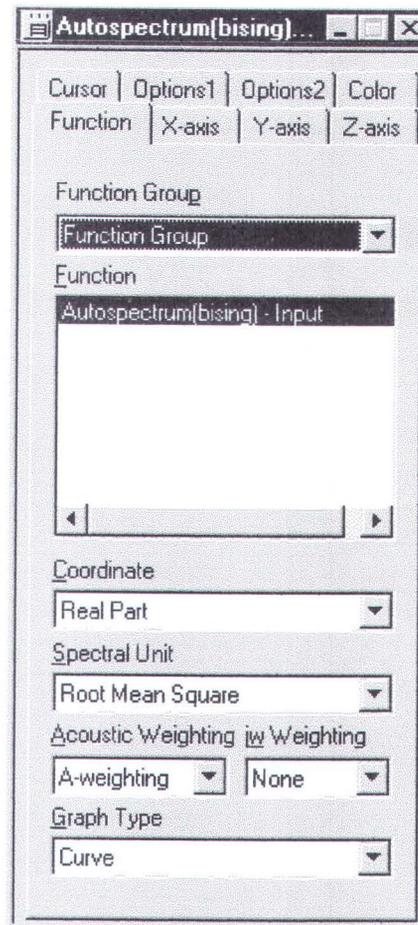


Gambar tab Function Properties

## Menampilkan Function dari Function Organiser

Fungsi dapat ditampilkan dari Function Organiser secara individu atau sebagai suatu grup

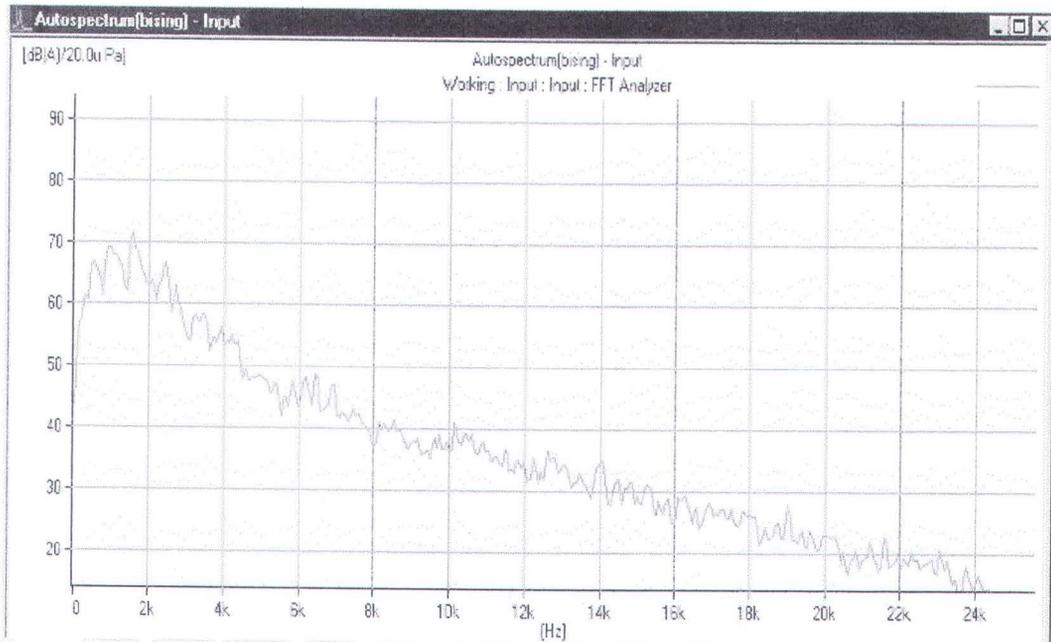
26. Klik dua kali pada nama fungsi di bawah nama grup fungsi (atau klik kanan dan pilih **Show**).
27. Klik kanan pada display yang kosong untuk menampilkan halaman **Function** properti.
28. Dari halaman **Function** properti dapat diatur berbagai parameter yang diperlukan untuk tampilan grafik hasil pengukuran.



Gambar Function properti

29. Tekan tombol **Start** (F5) pada toolbar **Measurement** untuk memulai pengukuran.

30. Tekan tombol **Stop** (F6) untuk menghentikan pengukuran.

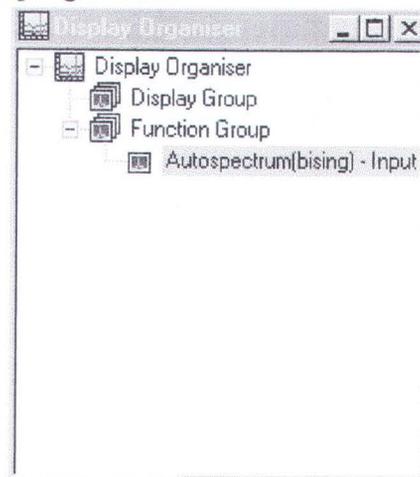


Gambar grafik hasil pengukuran

### Display dan Display Organiser

31. Buka Display Organiser dengan menekan tombol **Display Organiser**.

32. Dari direktori Display Organiser juga dapat diatur **Function** properti untuk tampilan grafik hasil pengukuran.



Gambar Display Organiser

#### **IV. WORKBOOK DAN WORKNOTE**

33. Buka Display Organiser dan buka tampilan grafik hasil pengukuran.
34. Pilih menu **Workbook** dari toolbar menu kemudian klik kanan pada jendela Workbook, pilih **Save As Layout**. Program PULSE LabShop akan menampilkan nama 'Layout 1'. Nama ini bisa diubah sendiri.
35. Bersihkan tampilan layar program PULSE Labshop dengan menekan tombol **Cut Layout**.
36. Buka lagi jendela Workbook.
37. Klik dua kali pada nama layout yang telah dibuat untuk melihat hasil penyimpanan layout.

#### **V. MENAMPILKAN REPORT**

Untuk menampilkan report hasil pengukuran terlebih dahulu harus mengaktifkan jendela **Report Organiser**.

##### **Mengatur suatu Report**

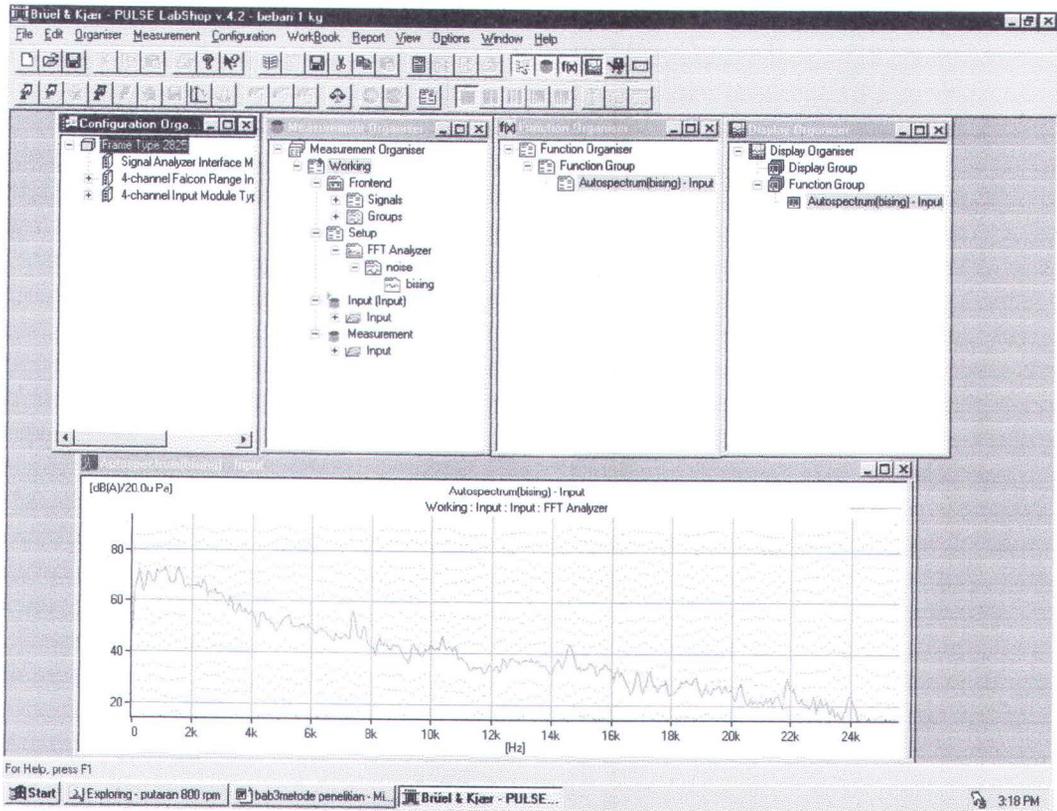
Suatu Report dihasilkan dengan men-drag dan drop layout Workbook ke dalam Report Organiser, sehingga report tidak dapat dibuat tanpa Workbook.

38. Setelah jendela Report Organiser tampil, bukalah Workbook
39. Suatu layout dapat dipindahkan dari Workbook ke dalam Report Organiser dengan men-drag dan drop.
40. Klik kanan pada jendela Report Organiser dan pilih **Properties** dari menu pop up untuk mengatur properti sebuah Report.

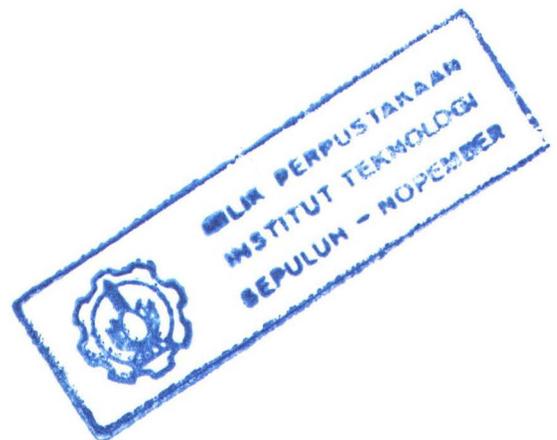
## **Membuat suatu Report**

Setelah selesai mengatur properti suatu Report, Report Organiser akan mengandung ikon untuk nama report, sebuah ikon dengan nama “No template generated”, dan ikon untuk isi report.

41. Untuk menghasilkan report, tekan tombol **Generate and Show Report** pada toolbar **Project**. Selanjutnya akan muncul pertanyaan untuk memberikan nama report dalam program MS. Word. Setelah selesai, program Word akan tampil dengan semua komponen report yang telah dimasukkan dalam Report Organiser.



Gambar tampilan program PULSE Labshop

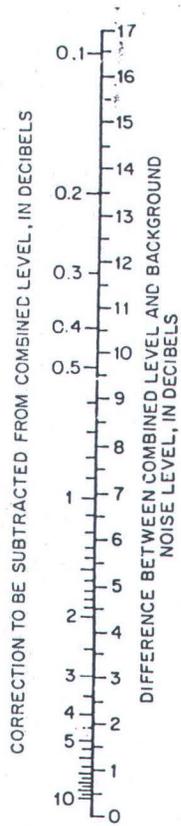




Gambar pengujian motor diesel dengan peredam bunyi jenis kering



Gambar pengujian motor diesel dengan peredam bunyi jenis basah



Nilai koreksi kebisingan



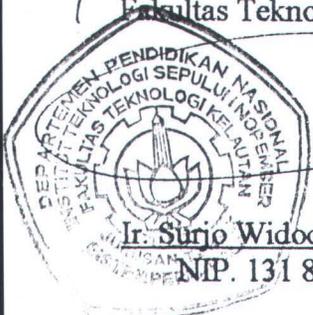
### SURAT KEPUTUSAN Pengerjaan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu diterbitkan Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut di bawah ini untuk mengerjakan tugas sesuai judul dan lingkup bahasan yang telah ditentukan.

Nama : Nono Triyanto  
NRP : 4298 100 027  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Alim Widodo, MSc  
2. Taufik Fajar N, ST, MSc  
Tanggal diberikan tugas :  
Tanggal diselesaikan tugas :  
Judul Tugas Akhir : STUDI EKSPERIMEN PEREDAMAN KEBISINGAN GAS BUANG MOTOR DIESEL DENGAN METODE PEREDAMAN BASAH

Surabaya, 12 Oktober 2004

Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan ITS



Ir. Surjo Widodo Adji, MSc  
NIP. 131 879 390

Surabaya, 12 Oktober 2004

Yang menerima tugas :

Mahasiswa

Nono Triyanto  
NRP. 4298 100 027

Dosen Pembimbing II

Taufik Fajar N, ST, MSc  
NIP. 132 262 157

Dosen Pembimbing I

Ir. Alim Widodo, MSc  
NIP. 131 474 402



