

SKRIPSI

**ANALISIS RUGI TRANSMISI
PADA RONGGA DEPAN DESAIN *MUFFLER PSS-XI*
DENGAN METODE DEKOMPOSISI SPEKTRAL EMPAT MIKROFON**

Henny Ekowati

M.0201033

Sebagai salah satu syarat untuk menempuh derajat Sarjana Sains
pada jurusan Fisika



Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret
Surakarta
2006

SKRIPSI
ANALISIS RUGI TRANSMISI
PADA RONGGA DEPAN DESAIN *MUFFLER PSS-XI*
DENGAN METODE DEKOMPOSISI SPEKTRAL EMPAT MIKROFON

Henny Ekowati

M.0201033

Dinyatakan lulus ujian skripsi oleh tim penguji

Pada hari Sabtu, 5 Agustus 2006

Tim Penguji

1. **Drs. Iwan Yahya, M.Si**
NIP. 132 046 015
2. **Budi Legowo, S.Si., M.Si**
NIP. 132 240 168
3. **Artono Dwijo Sutomo, S.Si., M.M., M.Si**
NIP. 132 240 483
4. **Mohtar Yuniarto, S.Si., M.Si**
NIP. 132 310 079

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

Dekan

Ketua Jurusan Fisika

Drs. H. Marsusi, M.S
NIP. 130 906 776

Drs. Harjana, M.Si., Ph.D
NIP. 131 570 309

PERNYATAAN

**ANALISIS RUGI TRANSMISI
PADA RONGGA DEPAN DESAIN *MUFFLER PSS-XI*
DENGAN METODE DEKOMPOSISI SPEKTRAL EMPAT MIKROFON**

Oleh :

Henny Ekowati

M.0201033

”Saya dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil penelitian saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini skripsi ini tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapat gelar di Universitas Sebelas Maret Surakarta atau di perguruan tinggi lainnya, kecuali telah dituliskan di daftar pustaka skripsi ini. Semua bantuan dari berbagai pihak telah saya tuliskan di bagian ucapan terima kasih skripsi ini”.

Surakarta, 7 Agustus 2006

Penulis

Henny Ekowati

MOTTO

" Katakanlah kejujuran itu walaupun kau temukan kebinasaan ada di dalam kejujuran itu, sesungguhnya kejujuran itu membawa kepada keselamatan "

(H.R. I bnu A bi Dunya)

" Allah tidak akan pernah memberikan cobaan melebihi kemampuan umat-Nya "

" Dalam persahabatan tidak mengenal kata sakit hati , yang ada hanya memaafkan dan mengerti "

PERSEMBAHAN

Skripsi ini persembahkan untuk

Ibu, Bapak, kalian adalah yang terbaik
disepanjang hidup aku...

Eyang putri, hal terindah yang pernah aku
miliki adalah saat aku bersamamu

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Alloh SWT yang Maha Suci dan Maha Pemurah yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat

menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **”ANALISIS RUGI TRANSMISI PADA RONGGA DEPAN DESAIN MUFFLER PSS-XI DENGAN METODE DEKOMPOSISI SPEKTRAL EMPAT MIKROFON”**.

Penulis menyadari, bahwa skripsi ini dapat dipersembahkan karena bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. H. Marsusi, M.S selaku dekan FMIPA Universitas Sebelas Maret.
2. Bapak Drs. Harjana, M.Si.,Ph.D selaku ketua jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret.
3. Bapak Drs. Iwan Yahya, M.Si selaku pembimbing I skripsi di jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret.
4. Bapak Budi Legowo, S.Si.,M.Si selaku pembimbing II skripsi di jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret.
5. Bapak Artono Dwijo Sutomo, S.Si.,M.M.,M.Si dan Bapak Mohtar Yuniyanto, S.Si.,M.Si selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran.
6. Bapak Fahu Nurosyid, S.Si.,M.Si selaku pembimbing akademik.
7. Bapak dan Ibu dosen serta staf di jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan bantuan baik berupa bimbingan, dorongan dan masukan selama ini.
8. *My lovely sister*, Retno Dwi Astuti kamu segala-galanya bagiku meski kita sering berantem.
9. Budhe Narmi terima kasih atas dukungan dan perhatiannya, *i love you....*
10. *My cute Honey* thanks for our friendship, pengertian dan waktunya. Allah tau yang terbaik buat kita.
11. Ari aku akan mencoba untuk berkata “tidak” =>, Anis bilangin ke ibu ya aku dah siap jadi menantu hehe... Vira gak sah bingung jalani aja yang tlah kamu dapati sekarang, Mame Satuti ayo semangat, Widya *keep emotion*, Budhi kapan dikenalin ke aku =>

12. Kotrek makasih dah nampung aku ma hani, Auliya, Fuad, Agus, Koko, Amed, Supri, Kodox, Alm. Jejay, Edi, Pipin, Eko, Erik, Pand, Ustadi, Enny, Umi K, Nina, Umi P, Jajuk, Rahima, Susi, Ida, Achie, Riza, Titik, Dewi dan semua temen-temen 2001.
13. Mas Pi'ie kapan? Tak tunggu yo... Kaun, Mas Utang, Mas Ernawan, Anglienk, Vero, Among, Agus, Sugi, Bambang, Boim, Fay, Singgih, Ajiez makasih semua tapi selangnya gak jadi dipake =)
14. Mas She-get makasih bantuan dan candanya, maaf aku slalu ngrepotin. Mas Uko makasih bukunya, Tompel, Mamon, Mas Dwi makasih semua...
15. Danik kalo pengen curhat aku ada, Tasya mau punya adek ya... Popin, Dephis *keep have fun* =) Dhewie jodoh ditangan Allah.
16. Tingkleng di HUKUM UNS makasih *supportnya*, Bayu di TEHNIK MESIN UMS thanks doanya sukses yo, Ardian di TEHNIK ELEKTRO UGM thanks bukunya, Bam's di TEHNIK MESIN UNS makasih gambare
17. *All of crew* sub Lab fisika UNS dan Mas Mul atas canda dan bantuannya.
18. Eyang dan seluruh keluarga di Solo serta Jogja, *God bless us.....*

Penulis menyampaikan permohonan maaf, apabila ada yang tidak tersebut dalam ucapan terima kasih ini. Penulis yakin, skripsi ini masih jauh sekali dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan atas sumbangan berupa kritik, saran dan atau masukan dari berbagai pihak agar lebih baik.

Penulis berharap, skripsi ini dapat digunakan sebagaimana mestinya dan semoga bermanfaat bagi kita semua, Amin.

Surakarta, 7 Agustus 2006

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Pernyataan Penulis.....	iii
Motto.....	iv
Persembahan	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel	xi
Daftar Lampiran	xii
Abstract	xiii
Intisari	xiv
Bab I Pendahuluan	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Perumusan Masalah	3
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian	4
I.6 Sistematika Penulisan	4
Bab II Dasar Teori	
II.1 Gelombang Bunyi.....	6
II.2 Persamaan Gelombang	6
II.3 Perambatan Gelombang Pada Pipa.....	9
II.4 Efek <i>Side Branch</i> (Percabangan).....	12
II.5 Muffler.....	15
II.5.1 <i>Absorbtive Muffler</i>	16
II.5.2 <i>Reactive Muffler</i>	16
II.5.3 <i>Combination Muffler</i>	16

II.6 Metode Dekomposisi.....	17
Bab III Metodologi Penelitian	
III.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
III.2 Model dan Standar Pengukuran	20
III.2.1 Model yang Digunakan dalam Penelitian	20
III.2.2 Macam Model	21
III.2.3 Standar Pengujian dalam Penelitian.....	21
III.3 Metode Penelitian.....	22
III.4 Prosedur Eksperimen	23
III.4.1 Pembuatan Model.....	23
III.4.2 Pengujian Model	25
III.4.3 Analisis Hasil	27
Bab IV Hasil dan Pembahasan	
IV.1 Muffler PSS-X1	29
IV.2 Hasil Pengujian	30
IV.3 Pembahasan.....	35
IV.3.1 Analisa Kontribusi Struktur Muffler PSS-X1.....	35
IV.3.2 Analisa Kontribusi Pemakaian Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	38
IV.3.3 Prototipe Muffler PSS-X1 dengan Kinerja Serapan Terbaik.....	39
Bab V Kesimpulan dan Saran	
V.1 Kesimpulan	41
V.2 Saran.....	42
Daftar Pustaka	
Lampiran	

LAMPIRAN 1
DAFTAR SIMBOL

$$p = 3,14 \text{ atau } \frac{22}{7}$$

A_1 = amplitudo gelombang datang

A_2 = amplitudo gelombang pada percabangan

B_1 = amplitudo gelombang refleksi

A_3 = amplitudo gelombang transmisi

S_{11} = autospektrum yang diindera oleh mikrofon 1

S_{22} = autospektrum yang diindera oleh mikrofon 2

S_{33} = autospektrum yang diindera oleh mikrofon 3

S_{44} = autospektrum yang diindera oleh mikrofon 4

k = bilangan gelombang $k = \frac{2\pi f}{c}$

Q_{12} = cross-spektrum bagian imajiner dari gelombang datang dengan gelombang refleksi

Q_{34} = cross-spektrum bagian imajiner dari gelombang transmisi dengan gelombang yang masuk melalui ujung pipa

C_{12} = cross-spektrum bagian real dari gelombang datang dengan gelombang refleksi

C_{34} = cross-spektrum bagian real dari gelombang transmisi dengan gelombang yang masuk melalui ujung pipa

S_i = diameter *inlet*

S_o = diameter *outlet*

\dot{df} = gaya yang terjadi di dalam fluida

Z_i = impedansi akustik dari gelombang transmisi

Z_0 = impedansi akustik di titik $x = 0$

- Z_b = impedansi akustik pada percabangan
 Z_x = impedansi akustik total di sembarang titik x
 X_{12} = jarak antara mikrofon 1 & 2
 X_{34} = jarak antara mikrofon 3 & 4
 c = kecepatan gelombang dalam medium
 U_i = kecepatan gelombang datang
 U_b = kecepatan gelombang pada percabangan
 U_r = kecepatan gelombang refleksi
 U_t = kecepatan gelombang transmisi
 \dot{u} = kecepatan partikel
 a_b = koefisien pada percabangan
 a_r = koefisien refleksi
 a_t = koefisien transmisi
 W_i = level energi bunyi datang
 W_r = level energi bunyi refleksi
 W_t = level energi bunyi transmisi
 S_1 = luas tampang lintang pipa area 1
 S_2 = luas tampang lintang pipa area 2
 r = massa jenis partikel
 dm = massa partikel di dalam fluida
 a = percepatan
 X_b = reaktansi pada percabangan
 R_b = resistansi pada percabangan
 S_{AA1} = spektrum gelombang datang
 S_{AA2} = spektrum gelombang transmisi
 P_i = tekanan gelombang datang
 P_b = tekanan gelombang pada percabangan

P_r = tekanan gelombang refleksi
 P_t = tekanan gelombang transmisi
 dV = volume partikel di dalam fluida
 A = ampitudo
 F = gaya
 m = massa
 P = tekanan
 S = luas tampang lintang pipa
 TL = *transmission loss* (rugi transmisi)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gelombang datang dan gelombang refleksi dalam sebuah pipa	10
Gambar 2.2. Perubahan penampang lintang dalam sebuah pipa.....	11
Gambar 2.3. Gelombang dalam pipa dengan sebuah <i>side branch</i>	13
Gambar.2.4. Set Up Teori Dekomposisi Tiga Mikrofon(<i>Seybert,2001</i>).....	18
Gambar 3.1. Set Up Eksperimen Dekomposisi Empat Mikrofon.....	22
Gambar 3.2. Diagram Alir Prosedur Penelitian	28
Gambar 4.1. Grafik Overlay Rugi Transmisi SPB.....	31
Gambar 4.2. Grafik Overlay Rugi Transmisi MPB	33
Gambar 4.3. Grafik Overlay Rugi Transmisi Reverse MPB	34
Gambar 4.4. Skema Prototype SPB	35
Gambar 4.5. Skema Prototype MPB	36
Gambar 4.6. Grafik Overlay Rugi Transmisi SPB, MPB, Reverse MPB Tanpa <i>Filler</i>	36
Gambar 4.7. Skema Resonator <i>Helmholtz</i> Pada Struktur Prototype.....	37
Gambar 4.8. Grafik Overlay Rugi Transmisi SPB, MPB, Reverse MPB Dengan <i>Filler</i>	40

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Bahan Pemodelan Pereduksi Bising	20
Tabel 3.2 Data model uji berdasarkan spesifikasi pemasangan.....	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Daftar simbol
Lampiran 2	Data Pengujian
Lampiran 3	Grafik Hasil Pengujian

LAMPIRAN 2

DATA PENGUJIAN

1. Data pengujian konfigurasi #1

No	frek (Hz)	Pi	Pt	TI(dB)
1	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	320	0.496944	0.530885	3.703228
3	640	0.467567	0.293252	8.329143
4	960	0.491442	0.483424	4.419979

2. Data pengujian konfigurasi #2

No	frek (Hz)	Pi	Pt	TI(dB)
1	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	320	0.389813	0.375997	4.590532
3	640	0.489344	0.315768	8.082018
4	960	0.195215	0.296282	0.653267

3. Data pengujian konfigurasi #3

No	frek (Hz)	Pi	Pt	TI(dB)
1	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	320	#NUM!	0.560018	#NUM!
3	640	0.843764	0.484651	9.092937
4	960	#NUM!	0.459195	#NUM!

4. Data pengujian konfigurasi #4

No	frek (Hz)	Pi	Pt	TI(dB)
1	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	320	0.480069	0.603159	2.29452
3	640	0.790636	0.452454	9.125129
4	960	0.128864	0.402086	5.606642

5. Data pengujian konfigurasi #5

No	frek (Hz)	Pi	Pt	TI(dB)
1	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	320	0.466691	0.509324	3.517792
3	640	0.508114	0.44566	5.416238
4	960	0.16656	0.34006	-1.92262

6. Data pengujian konfigurasi #6

No	frek (Hz)	Pi	Pt	TI(dB)
1	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	320	0.38808143	0.274766	7.276299
3	640	0.50603824	0.376963	6.834779
4	960	0.1271212	0.315971	3.631482

7. Data pengujian konfigurasi #7

No	frek (Hz)	Pi	Pt	TI(dB)
1	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	320	0.362536	#REF!	#REF!
3	640	0.531447	0.469829	5.347501
4	960	0.185653	0.301321	0.070533

8. Data pengujian konfigurasi #8

No	frek (Hz)	Pi	Pt	TI(dB)
1	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	320	0.457541	#REF!	#REF!
3	640	0.827475	0.551816	7.796309
4	960	0.202909	0.432765	-2.30192

9. Data pengujian konfigurasi #9

No	frek (Hz)	Pi	Pt	TI(dB)
1	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	320	0.446586	#REF!	#REF!
3	640	0.564292	0.480991	5.664436
4	960	0.239773	0.393127	-0.01756

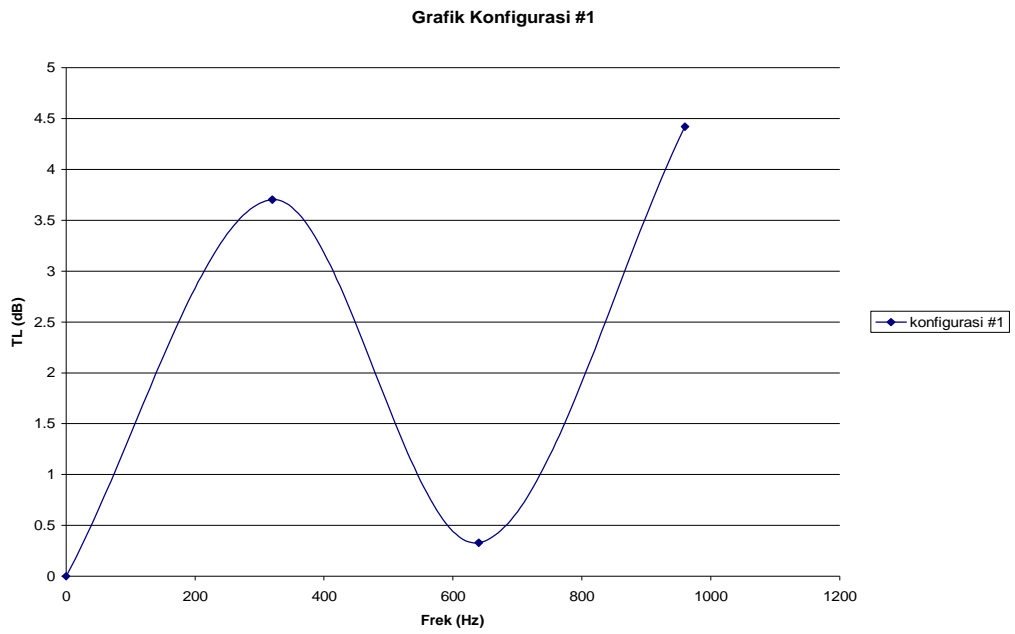
10. Data pengujian konfigurasi #10

No	frek (Hz)	Pi	Pt	TI(dB)
1	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	320	0.523187	#REF!	#REF!
3	640	1.019466	0.69297	7.63026
4	960	0.153457	0.482372	5.67083

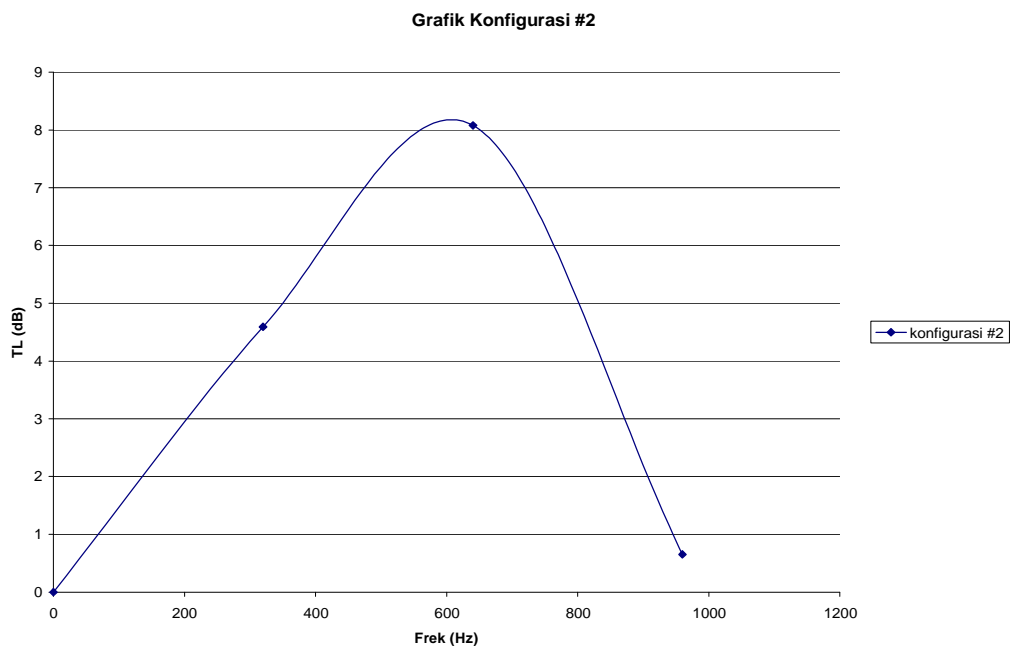
LAMPIRAN 3

GRAFIK HASIL PENGUJIAN

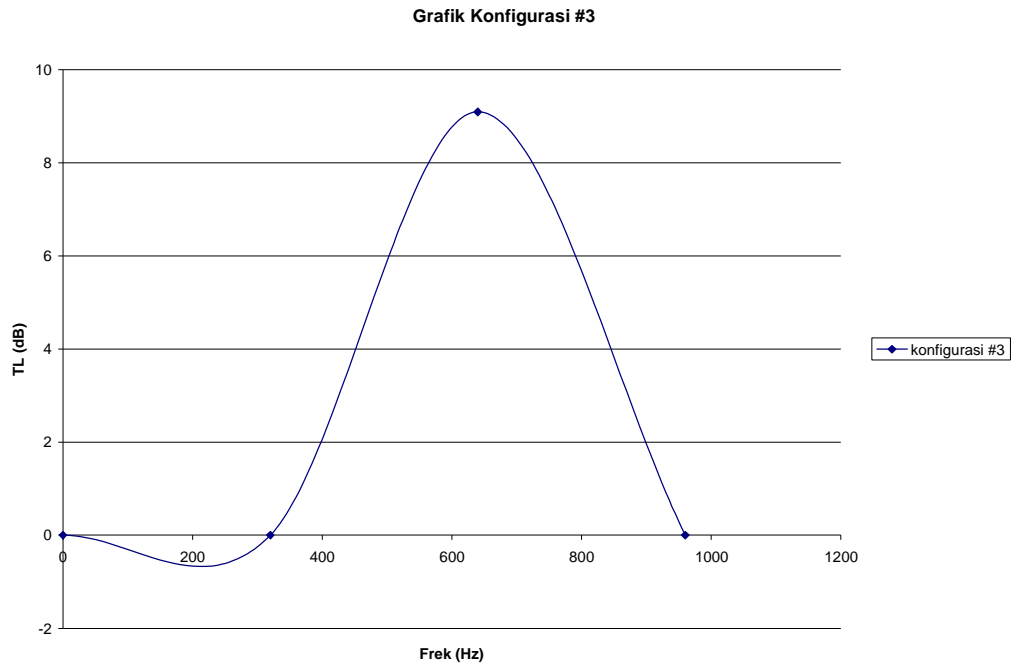
1. Grafik hasil konfigurasi #1



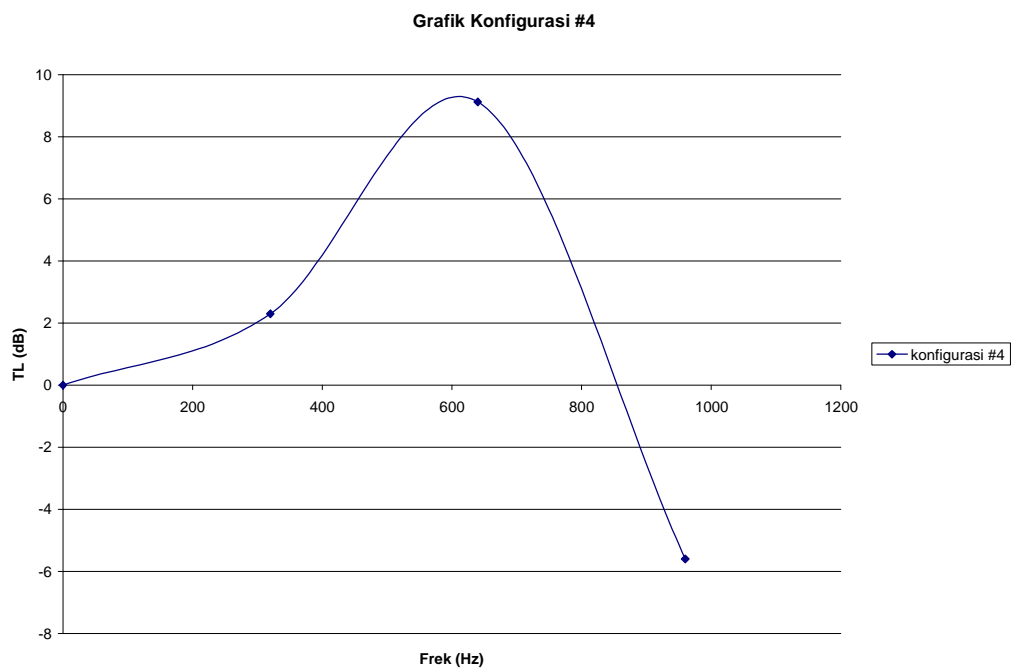
2. Grafik hasil konfigurasi #2



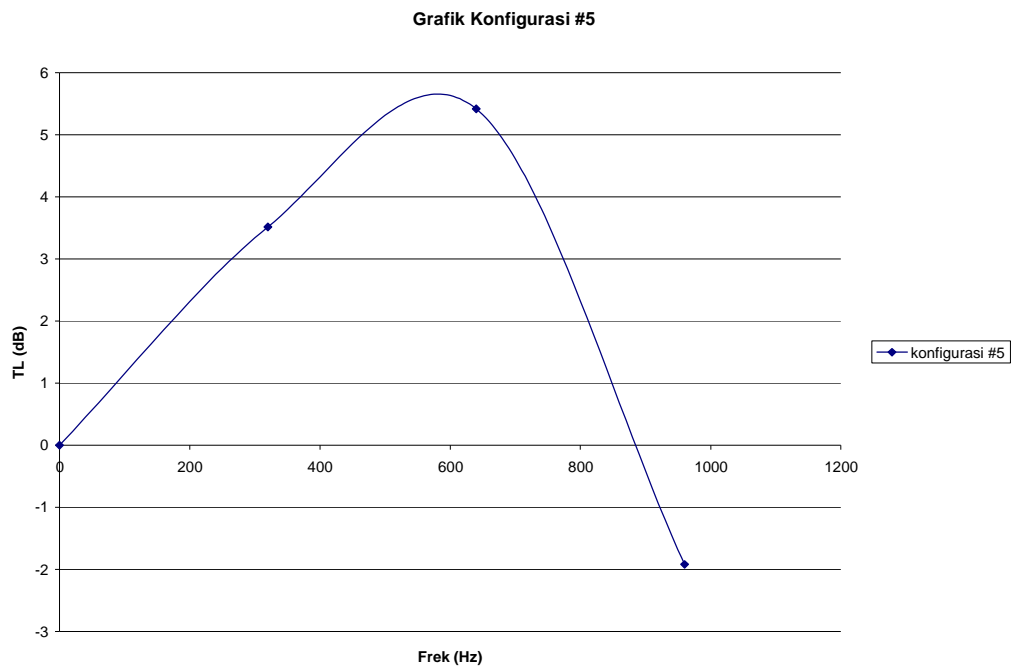
3. Grafik hasil konfigurasi #3



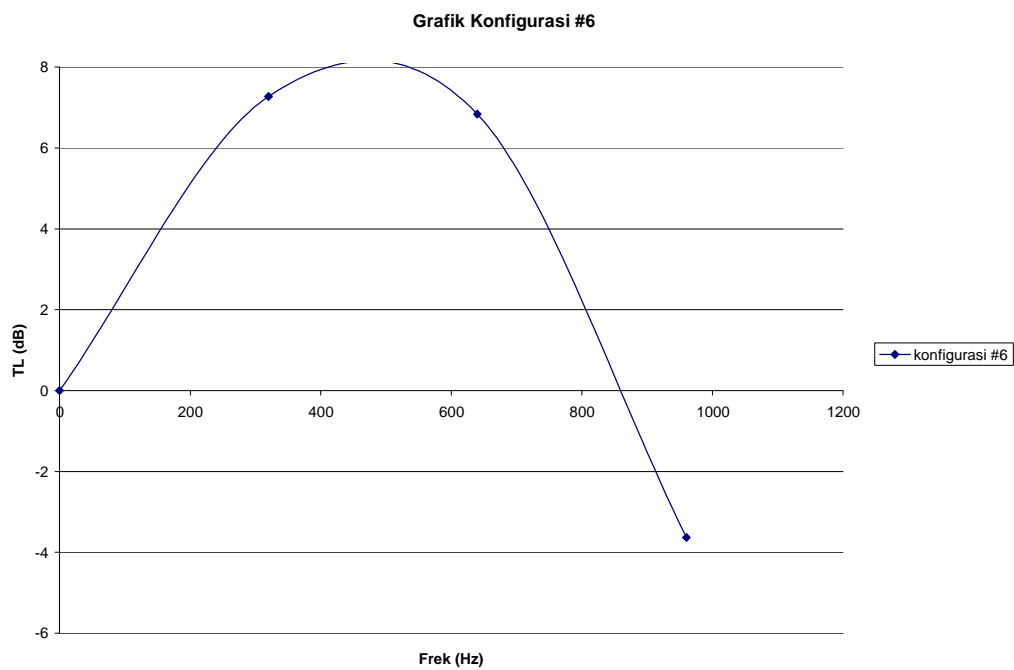
4. Grafik hasil konfigurasi #4



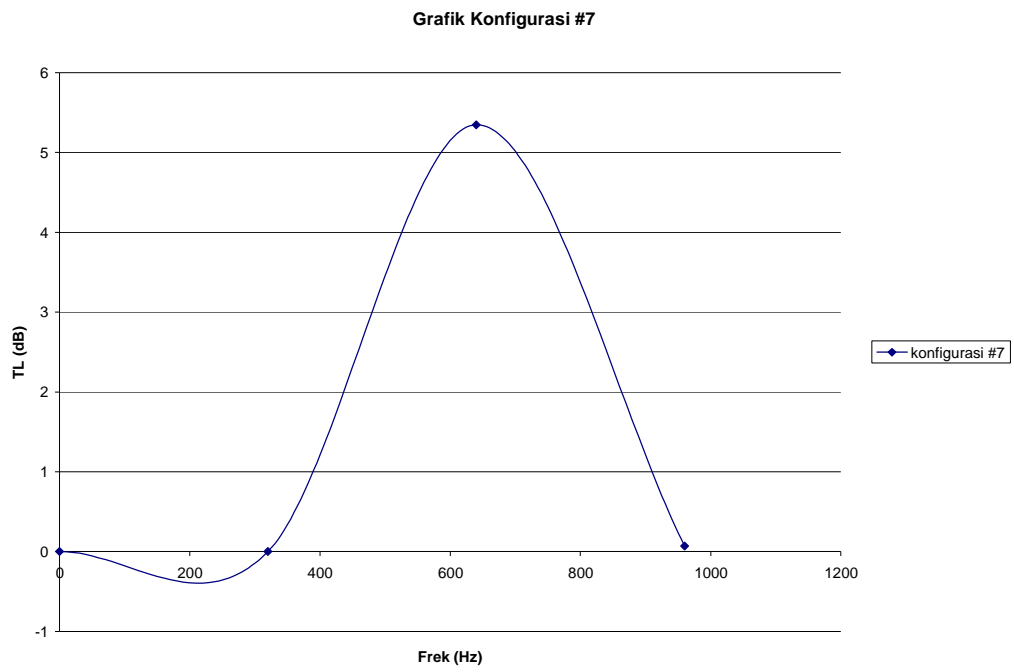
5. Grafik hasil konfigurasi #5



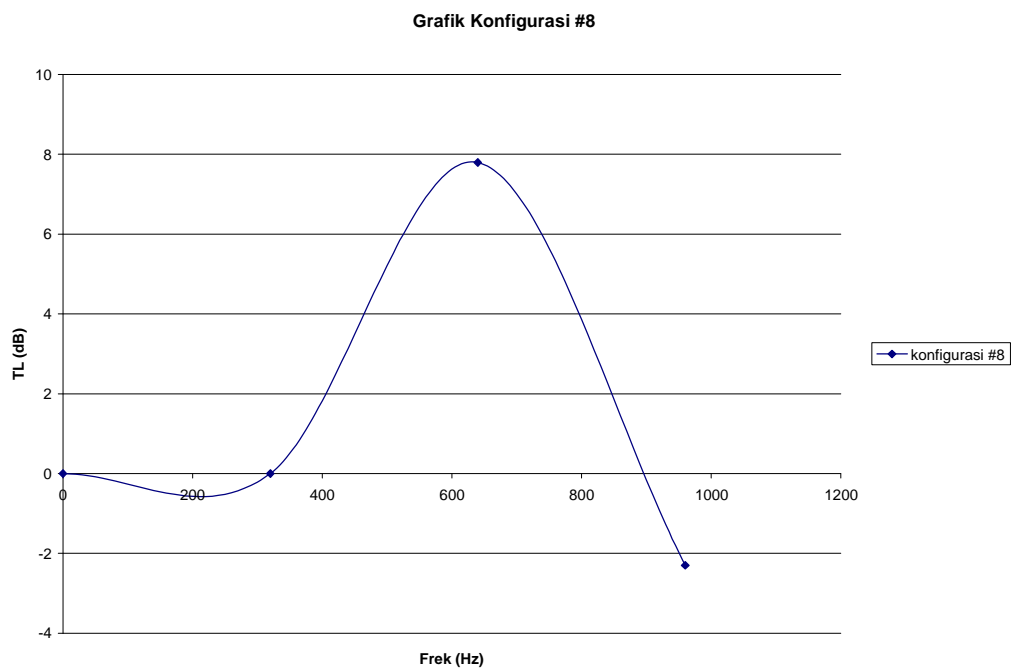
6. Grafik hasil konfigurasi #6



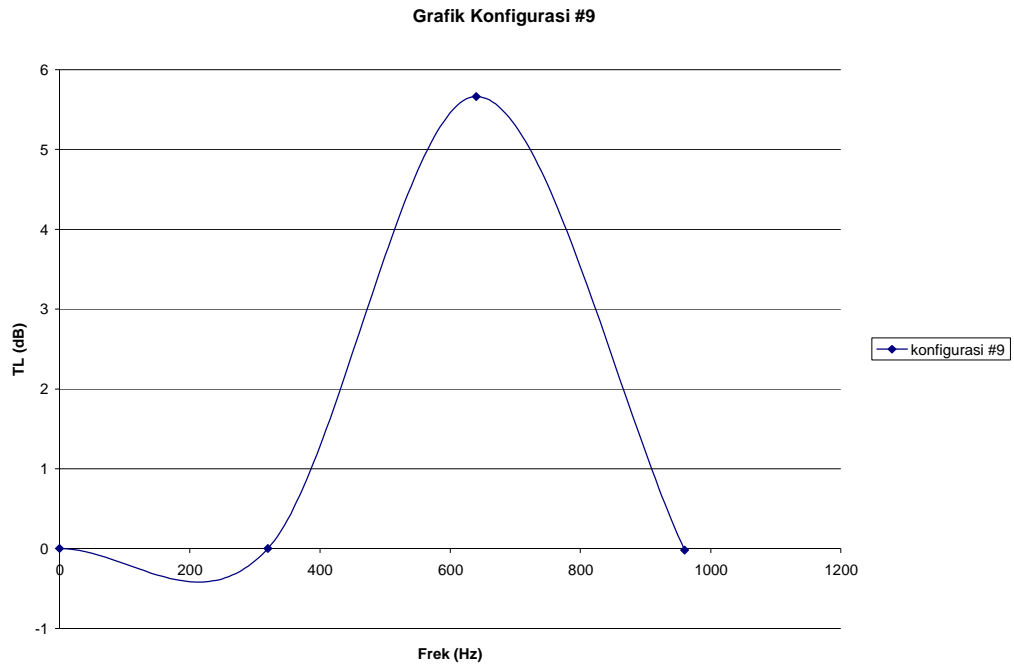
7. Grafik hasil konfigurasi #7



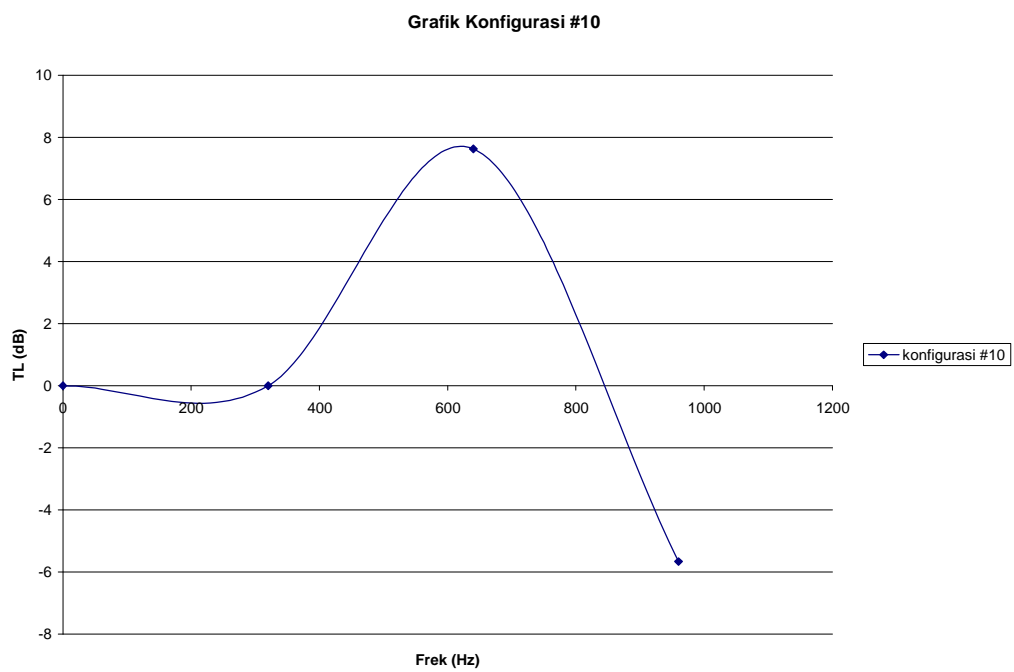
8. Grafik hasil konfigurasi #8



9. Grafik hasil konfigurasi #9



10. Grafik hasil konfigurasi #10



ABSTRACT

AN ANALYSIS OF THE TRANSMISSION LOSS ON THE FRONT CAVITY OF DESIGN *MUFFLER PSS-X1* WITH SPECTRAL DECOMPOSITION FOUR MICROPHONE METHOD

By
Henny Ekowati
M0201033

There is an observation about analysis of the transmission loss on the front cavity of design muffler PSS-X1 with spectral decomposition four microphone method. The observation has been done to decide the transmission loss value with decomposition four microphone method. Muffler PSS-X1 design consists of 2 model designs are single perforated baffle model (SPB) and multiple perforated baffle model (MPB) have result 10 configuration. The test done by using 4 microphone.

The observation result show that the variation of the filler using and baffle structure variation influence the value of the transmission loss. MPB design model with filler in first and second interpose is a prototype design model that has absorption best work with the value of the transmission loss is 5,35 dB under 1000 Hz frequency.

Keyword : muffler, transmission loss, baffle, decomposition method, filler, four microphone.

INTI SARI

**ANALISIS RUGI TRANSMISI
PADA RONGGA DEPAN DESAIN *MUFFLER PSS-X1*
DENGAN METODE DEKOMPOSISI SPEKTRAL EMPAT MIKROFON**

**Oleh
Henny Ekowati
M0201033**

Telah dilakukan penelitian mengenai analisis rugi transmisi pada rongga depan desain *muffler PSS-X1* dengan metode dekomposisi spektral empat mikrofon. Penelitian yang dilakukan adalah menentukan nilai rugi transmisi dengan metode dekomposisi empat mikrofon. Desain muffler PSS-X1 ini terdiri dari 2 model desain yaitu model *single perforated baffle* (SPB) dan model *multiple perforated baffle* (MPB) yang menghasilkan 10 konfigurasi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 4 buah mikrofon.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi penggunaan bahan pengisi (*filler*) dan variasi pemasangan struktur *baffle* mempengaruhi nilai rugi transmisi. Model desain MPB dengan *filler* pada celah 1 dan celah 2 merupakan model desain prototype yang memiliki kinerja serapan terbaik yakni dengan nilai rugi transmisi sebesar 5,35 dB pada frekuensi dibawah 1000 Hz.

Kata kunci : *muffler*, rugi transmisi, *baffle*, metode dekomposisi, *filler*, empat mikrofon

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi terutama transportasi, selain memberikan banyak kemudahan juga telah mendekatkan manusia kepada ancaman lain yang justru sangat jarang disadari, yakni gangguan kesehatan berupa kehilangan pendengaran akibat paparan bising dari sarana transportasi baik itu kendaraan bermotor, pesawat terbang maupun kereta api.

Kendaraan umum misalnya, telah menjadi salah satu sarana transportasi yang banyak diminati karena dianggap sebagai sarana transportasi yang murah. Namun tanpa disadari, penggunaan sarana transportasi ini menimbulkan efek bising disamping emisi gas buang ke udara.

Teknik reduksi bising yang telah dikembangkan di Grup Riset Akustik Jurusan Fisika FMIPA UNS saat ini meliputi pemanfaatan material berpori, panel berlapis, resonator Helmholtz dan struktur berlubang. Adapun bising mesin seperti pada kendaraan bermotor umumnya dikontrol melalui penggunaan *silencers* atau *muffler*.

Salah satu indikasi efektif atau tidaknya suatu sistem muffler dapat dilihat dari nilai rugi transmisinya. Semakin besar nilai rugi transmisi berarti semakin efektif sistem muffler tersebut mereduksi bising. Nilai parameter ini dapat diukur dengan menggunakan metode dekomposisi spektral. Metode ini didasarkan pada teori dekomposisi yang biasa digunakan untuk mengukur respon elemen akustik

dalam pipa, seperti misalnya koefisien serapan dan impedansi pada permukaan material absorpsi. Teori dekomposisi ini berfungsi untuk memisahkan komponen gelombang datang dengan gelombang refleksi. Setelah gelombang dipisahkan, energi bunyi dari gelombang datang dapat ditentukan (Seybert.A.F,2001).

Kelemahan metode dekomposisi tiga mikrofon dalam menentukan rugi transmisi adalah dibutuhkannya suatu *anechoic termination*. Dalam eksperimen, suatu *anechoic termination* dapat dibentuk dari penggunaan pipa panjang atau material dengan daya absorpsi tinggi. Namun sangat sulit untuk menciptakan suatu *anechoic termination* yang ideal, padahal *anechoic termination* merupakan salah satu bagian yang efektif untuk komponen gelombang yang dipantulkan dari ujung tabung (Seybert.A.F,2001).

Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka rugi transmisi dalam penelitian ini diukur dengan menggunakan metode dekomposisi empat mikrofon. Pengukuran dengan empat mikrofon ini didasarkan pada pendekatan transfer matrik dan tidak mengharuskan menggunakan *anechoic termination*. Oleh karena itu, hal ini merupakan salah satu kelebihan dari penggunaan empat mikrofon jika dibandingkan dengan penggunaan tiga mikrofon. Selain itu, perhitungan pada bagian belakang menjadi lebih spesifik karena juga ditentukan dengan metode dekomposisi.

Adapun model yang dikaji dalam penelitian ini adalah prototype Muffler PSS-X1 yakni rancangan muffler dengan ciri utama pada modifikasi *baffle* berbentuk struktur berlubang yang disusun berjajar sehingga membentuk celah (*Perforated Slit-like Stacking Baffle*). Rancangan ini merupakan kontribusi dosen

pembimbing utama dalam rangka memperbaiki rancangan muffler seperti yang diuraikan dalam paten Amerika yaitu *interchangeable core muffler* (US Patent Application 20040238273) dan *Toyoshima* (US patent Application 20040149515)

I.2 Perumusan Masalah

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja desain Muffler PSS-X1 dalam mereduksi bising yakni besarnya rugi transmisi yang ditentukan dengan metode dekomposisi spektral empat mikrofon.

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah menentukan nilai rugi transmisi yang dikaitkan dengan variasi model yang digunakan dimana ukuran panjang dari model tersebut dibuat konstan serta pemakaian bahan pengisi pada struktur celah.

Karakteristik dari rugi transmisi desain muffler akan ditunjukkan dalam grafik hubungan antara nilai rugi transmisi yang dihasilkan dengan nilai frekuensi. Berdasarkan hasil grafik yang diperoleh, dianalisis kontribusi dari penggunaan bahan pengisi dan model desain yang digunakan dalam sistem muffler terhadap nilai rugi transmisi. Data hasil pengujian ini kemudian dibandingkan satu sama lain sehingga diperoleh desain muffler yang mempunyai nilai rugi transmisi terbaik.

I.4 Tujuan Penelitian

Rugi transmisi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah desain berjajar dalam sistem dan penggunaan bahan pengisi. Desain berjajar ini mempengaruhi aliran udara yang melewati sistem, sedangkan penggunaan bahan pengisi dapat memperbesar nilai koefisien serapan bunyi. Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini yakni :

1. Bagaimanakah pengaruh pemasangan jumlah tumpukan dengan jumlah celah terhadap nilai rugi transmisi di dalam sistem?
2. Adakah pengaruh pemakaian bahan pengisi pada celah terhadap nilai rugi transmisi di dalam sistem ?

I.5 Manfaat Penelitian

Bertolak pada tujuan diatas maka penulisan ini diharapkan bermanfaat sebagai rancangan yang bersifat *novelty* untuk perbaikan paten yang telah disebutkan di depan dan dapat digunakan sebagai dasar penelitian lebih lanjut tentang pengembangan desain muffler di Grup Riset Akustik Jurusan Fisika FMIPA UNS.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini sebagai berikut : BAB I pendahuluan, bab ini memuat tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan. BAB II dasar teori, memuat tinjauan pustaka yang melandasi penelitian ini. Landasan teori ini

meliputi gelombang bunyi, persamaan gelombang, perambatan gelombang pada pipa, efek *side branch* (percabangan), muffler dan metode dekomposisi spektral. BAB III metodologi penelitian, memuat tentang tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan, metode eksperimen dan prosedur eksperimen. BAB IV hasil penelitian dan pembahasan, memuat hasil eksperimen dan pembahasan. BAB V kesimpulan dan saran, memuat kesimpulan dari hasil analisa dan saran untuk pengembangan yang lebih lanjut dari penelitian dalam skripsi ini.

BAB II

DASAR TEORI

II.1 Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi adalah gelombang mekanis longitudinal. Gelombang mekanis merupakan gelombang yang berasal dari pergeseran suatu bagian medium elastis dari kedudukan setimbangnya. Gelombang bunyi tersebut dapat dijalarkan dalam benda padat, cair dan gas. Partikel – partikel bahan yang mentransmisikan sebuah gelombang seperti ini berosilasi dalam arah penjalaran gelombang itu sendiri (*Halliday dan Resnick, 1998*).

Dalam kenyataan, bunyi dapat merambat melalui medium apa saja dan ini seperti transfer molekul pada energi gerak. Dan jelas nyata bahwa bunyi tidak dapat merambat melalui ruang hampa (*Ford.R.D, 1970*).

Bunyi dapat didefinisikan sebagai suatu gangguan dalam suatu medium. Ketika terjadi gerak pada medium tekanan gelombang datang akan diperluas menjauhi sumber bunyi. Jika gangguan ini terjadi secara periodik, maka bagian dari gelombang akan menyebar melalui medium. Bunyi dapat merambat melalui beberapa tipe medium yang berbeda (*Brewer, 1992*).

Gelombang bunyi yang menumbuk suatu ruangan sebagian energinya akan dipantulkan, diserap, disebarkan, dibelokkan atau ditransmisikan pada ruang yang berdampingan, tergantung sifat akustik dindingnya (*Doelle, 1993*).

II.2 Persamaan Gelombang

Prinsip dasar pembentukan persamaan gelombang meliputi persamaan gerak Hukum Newton dan Hukum Gas Ideal.

(1) Hukum Newton

Berdasarkan hukum newton kedua $F = m.a$, dimana F adalah gaya yang dikenakan, m adalah massa benda dan a adalah percepatan benda, maka untuk kasus pada bunyi diperlukan tiga komponen yang analog dengan ketiga komponen tersebut. Jika diasumsikan suatu partikel bergerak di dalam fluida yaitu udara atau air maka partikel tersebut memiliki volume dV dan memiliki massa dm , sehingga dengan mengacu terhadap hukum newton kedua diperoleh persamaan

$$d\mathbf{f} = \mathbf{a}.dm \quad (2.1)$$

dimana $d\mathbf{f}$ adalah gaya yang terjadi di dalam volume tersebut. Jika direpresentasikan terhadap komponen sumbu x maka gaya yang terjadi pada partikel tersebut mengikuti persamaan

$$df_x = \left[P - \left(P + \frac{\partial P}{\partial x} dx \right) \right] dydz = -\frac{\partial P}{\partial x} dV \quad (2.2)$$

Gaya pada persamaan (2.2) tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan pada dua sisi volume.

Analog untuk komponen sumbu y dan sumbu z sehingga diperoleh jumlah vektor gaya

$$d\mathbf{f} = d\mathbf{f}_x + d\mathbf{f}_y + d\mathbf{f}_z = -\nabla P dV \quad (2.3)$$

Jika kecepatan partikel di dalam fluida tersebut adalah $\mathbf{u}(x, y, z, t)$ maka dapat dituliskan percepatan partikel

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{u}}{dt} = \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial x} x + \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial y} y + \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial z} z + \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} + \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} \quad (2.4)$$

dimana $(\mathbf{u} \cdot \nabla) \equiv \mathbf{u}_x \frac{\partial}{\partial x} + \mathbf{u}_y \frac{\partial}{\partial y} + \mathbf{u}_z \frac{\partial}{\partial z}$

komponen selanjutnya adalah massa dari partikel yang didefinisikan sebagai

$$dm = r dV \quad (2.5)$$

kemudian substitusi persamaan (2.3), (2.4) dan (2.5) ke dalam persamaan (2.1) sehingga diperoleh

$$-\nabla P = r \left[(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} + \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} \right] \quad (2.6)$$

Jika diasumsikan bahwa $|(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u}| \ll \left| \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} \right|$, maka $|(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u}|$ dapat diabaikan

dan persamaan (2.6) menjadi

$$\nabla P = -r \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} \quad (2.7)$$

(2) Hukum Gas Ideal

Dari persamaan (2.7) dengan menggunakan definisi Laplacian akan diperoleh

$$r_0 \nabla \cdot \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -\nabla \cdot (\nabla P) \Rightarrow r_0 \nabla \cdot \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -\nabla^2 P \quad (2.8)$$

Persamaan kontinuitas $\frac{\partial s}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{u} = 0$ diturunkan terhadap waktu sehingga

didapat

$$\frac{\partial^2 s}{\partial t^2} + \frac{\partial}{\partial t} \nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \Rightarrow -\frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = \nabla \cdot \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} \quad (2.9)$$

Substitusi persamaan (2.9) ke persamaan (2.8)

$$r_0 \frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = \nabla^2 P \quad (2.10)$$

dan kemudian digunakan persamaan

$$\frac{r_0}{b} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = \nabla^2 P \quad (2.11)$$

Jika didefinisikan konstanta $c = \sqrt{\frac{b}{r_0}}$ maka persamaan (2.11) berubah

menjadi

$$\nabla^2 P = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \quad (2.12)$$

dimana c adalah kecepatan gelombang dalam medium (*Brewer, 1992*).

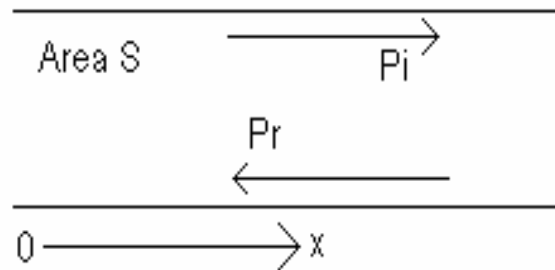
II.3 Perambatan Gelombang Pada Pipa

Apabila suatu gelombang tunggal merambat pada arah sumbu X positif sepanjang pipa dengan tampang lintang S , impedansi akustik dari gelombang tersebut adalah $\frac{r_0 c}{S}$. Sekarang jika diasumsikan terjadi diskontinuitas dalam pipa maka luas tampang lintangnya pun juga berubah, kemudian beberapa gelombang datang akan direfleksikan dan impedansi akustik dari gelombang yang direfleksikan tersebut berubah menjadi $-\frac{r_0 c}{S}$.

Tekanan dan kecepatan dari masing – masing gelombang tersebut adalah sebagai berikut :

$$P_i = A e^{i(\omega t - kx)}; U_i = \frac{P_i}{r_0 c / S} \quad (2.13)$$

$$P_r = Be^{i(\omega t - kx)}; U_r = -\frac{P_r}{r_0 c / S} \quad (2.14)$$



Gambar 2.1. Gelombang datang dan gelombang refleksi dalam sebuah pipa

Sehingga impedansi akustik total pada sembarang titik x dalam pipa adalah :

$$\begin{aligned} Z_x &= \frac{P_i + P_r}{U_i + U_r} = \frac{r_0 c}{S} \frac{P_i + P_r}{P_i - P_r} \\ &= \left(\frac{r_0 c}{S} \right) \frac{Ae^{-ikx} + Be^{-ikx}}{Ae^{-ikx} - Be^{-ikx}} \end{aligned} \quad (2.15)$$

Karena adanya syarat kontinuitas dari tekanan dan kecepatan maka impedansi akustik pada sembarang titik dalam pipa juga mengalami kontinuitas.

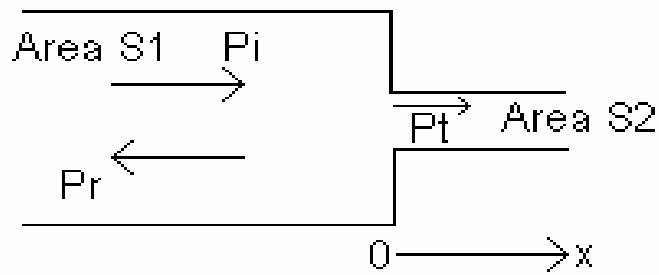
Jika diasumsikan pada posisi $x = 0$ impedansi akustiknya adalah Z_0 maka

$$Z_0 = \frac{r_0 c}{S} \frac{A + B}{A - B} \quad (2.16)$$

Dari persamaan tersebut dapat diperoleh perbandingan amplitudo gelombang refleksi terhadap gelombang datang, yaitu:

$$\frac{B}{A} = \frac{Z_0 - r_0 c / S}{Z_0 + r_0 c / S} \quad (2.17)$$

Persamaan 2.17 dapat dipakai untuk kasus perubahan tampang lintang pada pipa, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.2



Gambar 2.2. Perubahan penampang lintang dalam sebuah pipa

Hanya gelombang tunggal P_t yang melintasi pipa dengan tampang lintang S_2 , dimana tidak ada lagi refleksi sepanjang pipa tersebut dan impedansi akustiknya adalah $\frac{r_0 c}{S_2}$.

Sehingga

$$\begin{aligned} \frac{B}{A} &= \frac{r_0 c / S_2 - r_0 c / S_1}{r_0 c / S_2 + r_0 c / S_1} \\ &= \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} \end{aligned} \quad (2.18)$$

Penentuan besarnya energi bunyi datang yang direfleksikan dengan yang ditransmisikan dalam kasus tampang lintang pipa yang berbeda dapat diketahui berdasarkan koefisien refleksinya yakni :

$$\begin{aligned} a_r &= \frac{W_r}{W_t} = \frac{|B|^2 / 2r_0 c / S_1}{|A|^2 / 2r_0 c / S_2} = \left| \frac{B}{A} \right|^2 \\ &= \frac{(S_1 - S_2)^2}{(S_1 + S_2)^2} \end{aligned} \quad (2.19)$$

Dan koefisien transmisinya yakni :

$$a_t = 1 - a_r = \frac{4S_1S_2}{(S_1 + S_2)^2} \quad (2.20)$$

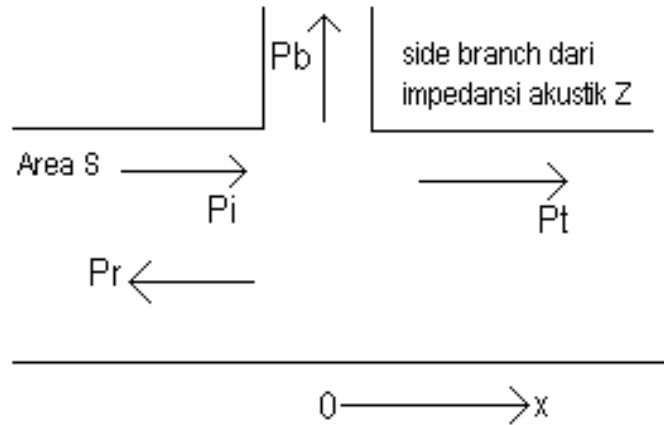
Sehingga a_r dan a_t hanya bergantung pada perbandingan $S_1 : S_2$ atau $S_2 : S_1$ dan tidak bergantung pada apakah tampang lintang tersebut berkurang ataupun bertambah.

II.4 Efek *Side Branch* (Percabangan)

Ditinjau sebuah struktur seperti disajikan dalam gambar 2.2, pipa utama dengan tampang lintang S , memiliki *side branch* dengan impedansi akustik Z_b , ketika posisi $x = 0$. dalam *side branch* tersebut tidak ada gelombang bunyi yang direfleksikan dan impedansi akustik dari pipa utama pada posisi $x = 0$ adalah $\frac{r_0 c}{S}$. *Side branch* menyebabkan gelombang datang mengalami refleksi dan pada posisi $x = 0$, ada empat persamaan tekanan dan kecepatan yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$P_i = A_1 e^{j\omega t}; U_i = \frac{P_i}{r_0 c / S} \quad (2.21)$$

$$P_r = B_1 e^{j\omega t}; U_r = -\frac{P_r}{r_0 c / S} \quad (2.22)$$



Gambar 2.3. Gelombang dalam pipa dengan sebuah *side branch*

$$P_t = A_2 e^{j\omega t}; U_t = \frac{P_t}{\rho_0 c / S} \quad (2.23)$$

$$P_b = A_3 e^{j\omega t}; U_b = \frac{P_b}{Z_b} \quad (2.24)$$

Jika diasumsikan bahwa tekanan pada percabangan harus sama dengan penjumlahan tekanan gelombang datang dan tekanan gelombang refleksi maka diperoleh

$$P_i + P_r = P_t = P_b \quad (2.25)$$

Dan jika penjumlahan kecepatan bunyi pada percabangan harus sama dengan penjumlahan kecepatan bunyi gelombang refleksi maka didapat

$$U_c + U_r = U_t + U_b \quad (2.26)$$

Dari persamaan (2.25) dan (2.26) diperoleh

$$\frac{U_c + U_r}{P_i + P_r} = \frac{U_t}{P_t} + \frac{U_b}{P_b}$$

atau
$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_t} + \frac{1}{Z_b} \quad (2.27)$$

dimana
$$Z = \frac{r_0 c}{S} \frac{A_1 + B_1}{A_1 - B_1} \quad \text{dan} \quad Z_t = \frac{r_0 c}{S}$$

sehingga dalam hal ini didapatkan impedansi akustik dari dua titik percabangan analog dengan impedansi listrik dari dua kapasitor yang dirangkai secara paralel.

Berdasarkan dari persamaan (2.27) didapatkan perbandingan $\frac{B}{A}$, yaitu

$$\frac{B_1}{A_1} = \frac{-r_0 c / 2S}{r_0 c / 2S + Z_b} \quad (2.28)$$

Kemudian dari persamaan (2.26) diperoleh

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{A_3}{A_1} = \frac{Z_b}{r_0 c / 2S + Z_b} \quad (2.29)$$

Dengan impedansi akustik pada percabangan 1 adalah

$$Z_b = R_b + jX_b \quad (2.30)$$

Sehingga besarnya koefisien refleksi bunyi adalah

$$a_r = \left| \frac{B_1}{A_1} \right|^2 = \frac{(r_0 c / 2S)^2}{(r_0 c / 2S + R_b)^2 + X_b^2} \quad (2.31)$$

Dan koefisien transmisi bunyi adalah

$$a_t = \left| \frac{A_2}{A_1} \right|^2 = \frac{R_b^2 + X_b^2}{(r_0 c / 2S + R_b)^2 + X_b^2} \quad (2.32)$$

Dan koefisien pada percabangan adalah

$$a_b = 1 - a_r - a_t = \frac{R_b \cdot r_0 c / 2S}{(r_0 c / 2S + R_b)^2 + X_b^2} \quad (2.33)$$

Energi bunyi yang ditransmisikan a_t , akan bernilai 0 (nol) jika $R_b = 0$ dan $X_b = 0$. Dan ini berarti a_b juga akan bernilai 0 (nol), sehingga energi bunyi akan direfleksikan seluruhnya.

II.5 Muffler

Bising mesin dapat dikontrol melalui penggunaan *silencers* atau *mufflers*. Sebuah muffler adalah pipa yang unik dimana pipa ini menghalangi transmisi suara ketika aliran udara mengalir. Desain muffler yang baik memerlukan sedikitnya tiga kriteria yang harus dipenuhi secara bersamaan, yaitu :

1. Kriteria Akustik (*The Acoustical Criterion*)

Dimana menetapkan reduksi suara minimum (*The Minimum Noise Reduction*) yang diperlukan untuk sebuah muffler sebagai sebuah fungsi dari frekuensi. Nilai maksimum bising yang diperbolehkan yang dihasilkan oleh aliran udara melalui muffler juga perlu ditetapkan.

2. Kriteria Aerodinamik (*The Aerodynamic Criterion*)

Dimana biasanya menetapkan nilai maksimum penurunan tekanan rata – rata (*average pressure drop*) yang diperbolehkan, melalui sebuah muffler yang diberikan oleh temperatur dan aliran massa (*mass flow*).

3. Kriteria Geometrik (*The Geometrical Criterion*)

Dimana menetapkan nilai maksimum yang diperbolehkan pada volume dan batasan bentuk.

Muffler dibagi menjadi tiga tipe dasar yaitu absorptive (*dissipative*), reactive (*reflective*) dan kombinasi reactive absorptive. Masing – masing tipe muffler memiliki tampilan spesifik yang dapat digunakan secara terpisah maupun dikombinasikan untuk memperoleh *insertion loss*.

II.5.1 Absorptive Muffler

Absorptive muffler tersusun dari material penyerap (berpori atau berserat) dan mereduksi bising dengan mengubah propagasi energi bunyi menjadi energi panas yang diakibatkan oleh gesekan antara gerakan partikel gas dengan serat (pori) material. Absorptive muffler memiliki efisiensi kerja pada frekuensi tinggi dan sering digunakan untuk mereduksi bising dalam mesin.

II.5.2 Reactive Muffler

Reactive muffler terdiri dari beberapa segmen pipa yang terhubung dengan banyaknya *chambers* (ruang). Mekanisme reduksi bising pada reactive muffler adalah diskontinuitas area yang menyebabkan adanya impedansi yang tidak sesuai dari gelombang bunyi yang merambat di sepanjang pipa. Efek refleksi dari ruang muffler dan pipa (mengacu pada bentuk resonator) menghalangi elemen gelombang bunyi yang ditransmisikan. Reactive muffler ini tidak tersusun dari material absorpsi namun tergantung pada refleksi gelombang bunyi sebagai dasar mekanisme pereduksi bising dan lebih efektif pada frekuensi rendah.

II.5.3 Combination Muffler

Combination muffler merupakan kombinasi antara absorptive dengan reactive muffler. Kombinasi muffler ini dianggap lebih efektif dalam mereduksi bising mesin karena memiliki bentang frekuensi yang lebih luas.

II.6 Metode Dekomposisi (*Decomposition Method*)

Metode dekomposisi didasarkan pada teori dekomposisi dimana biasa digunakan untuk mengukur elemen akustik dalam pipa seperti koefisien serapan dan impedansi pada permukaan material absorpsi. Teori dekomposisi ini berfungsi untuk memisahkan gelombang datang dengan gelombang refleksi. Setelah gelombang dipisahkan, energi bunyi dari gelombang datang dapat ditentukan (*Seybert.A.F,2001*).

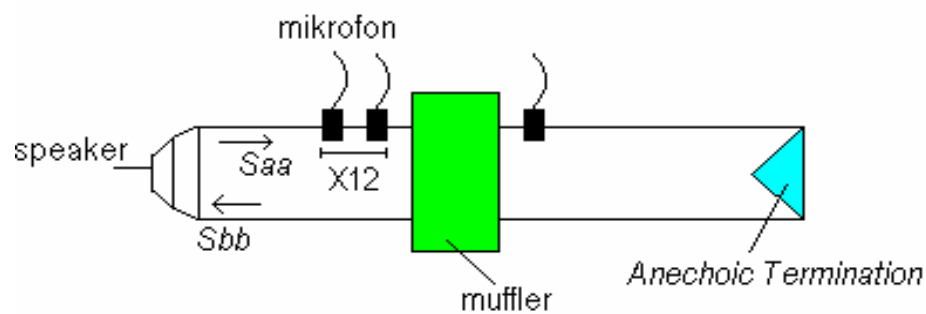
Rugi transmisi (*transmission loss*) dari sebuah muffler didefinisikan sebagai perbandingan antara level energi gelombang datang dengan level energi yang ditransmisikan dimana diasumsikan muffler menggunakan *anechoic termination*. Perumusan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$TL = 10 \log_{10} \frac{W_i}{W_t} \quad (2.34)$$

dimana W_i adalah energi bunyi datang dan W_t adalah energi bunyi yang ditransmisikan. Energi bunyi yang ditransmisikan ini dapat ditentukan dengan cara mengukur tekanan bunyi pada bagian luaran (*outlet*), karena jika diasumsikan gelombang bidang tidak mengalami refleksi maka besarnya energi bunyi datang dapat ditunjukkan oleh besarnya tekanan bunyi. Sedangkan untuk energi bunyi datang sangat sulit ditentukan karena adanya pengaruh refleksi bunyi dari sistem muffler.

Seperti ditunjukkan dalam gambar 2.4, untuk gelombang satu dimensi yang merambat sepanjang pipa, gelombang tegak akan mengalami perubahan ketika terjadi perubahan impedansi pada bagian dalam muffler. Tekanan bunyi

dapat dipisahkan menjadi spektra gelombang datang, S_{AA} dan spektra gelombang yang direfleksikan, S_{BB} . Salah satu cara untuk menguraikan gelombang tersebut adalah dengan menggunakan metode dua mikrofon dan untuk pemisahan gelombang dengan teori dekomposisi.



Gambar.2.4. Set Up Teori Dekomposisi Tiga Mikrofon(Seybert,2001)

Dengan teori dekomposisi, *autospectrum* dari gelombang datang, S_{AA} dapat diperoleh berdasarkan persamaan

$$S_{AA} = \frac{S_{11} + S_{22} - 2C_{12} \cos kx_{12} + 2Q_{12} \sin kx_{12}}{4 \sin^2 kx_{12}} \quad (2.35)$$

Dimana S_{11} dan S_{22} adalah *autospectrum* dari tekanan akustik total pada mikrofon 1 dan mikrofon 2, C_{12} dan Q_{12} adalah bagian real dan bagian imajiner dari *cross-spectrum* antar mikrofon 1 dan mikrofon 2. k adalah bilangan gelombang dan X_{12} adalah jarak antara dua mikrofon.

Amplitudo tekanan bunyi gelombang datang P_i dapat ditentukan dari persamaan

$$P_i = \sqrt{S_{AA}} \quad (2.36)$$

Sehingga energi bunyi dari masing – masing gelombang dapat diekspresikan ke dalam bentuk amplitudo tekanan bunyi gelombang datang (P_i) dan amplitudo tekanan bunyi gelombang yang ditransmisikan (P_t), yaitu sebagai berikut :

$$W_i = \frac{P_i^2}{rc} S_i \quad (2.37)$$

Dan
$$W_t = \frac{P_t^2}{rc} S_o \quad (2.38)$$

Dari persamaan (2.37) dan (2.38), r adalah kerapatan udara, c adalah kecepatan bunyi dan S_i, S_o merupakan diameter dalam (*inlet*) muffler dan diameter luar (*outlet*) muffler.

Substitusi persamaan (2.37) dan (2.38) kedalam persamaan (2.34) sehingga diperoleh nilai rugi transmisi berdasarkan persamaan

$$TL = 20 \log_{10} \frac{P_i}{P_t} + 10 \log_{10} \frac{S_i}{S_o} \quad (2.39)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Akustik dan Geofisika Sub Laboratorium Fisika, Laboratorium Pusat MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta. Mulai bulan Januari sampai Maret 2006.

III.2 Model dan Standar Pengukuran

III.2.1 Model yang digunakan dalam penelitian

Bahan dasar yang digunakan sebagai pembentuk model pereduksi bising diantaranya adalah

Tabel 3.1 Bahan Pemodelan Pereduksi Bising

Nama	Spesifikasi	Peruntukan
Pipa PVC	Diameter $32,08 \times 10^{-3} \text{ m}$; $42,32 \times 10^{-3} \text{ m}$; $22,61 \times 10^{-3} \text{ m}$; $37,86 \times 10^{-3} \text{ m}$	Struktur pipa berlubang
Papan (kayu)	Tebal $10,29 \times 10^{-3} \text{ m}$; $10,90 \times 10^{-3} \text{ m}$; $20,11 \times 10^{-3} \text{ m}$ Diameter $10 \times 10^{-2} \text{ m}$	Struktur <i>stacking</i> (<i>perforated screen</i> pengganti <i>baffle</i>)
Rami (serat acak)	-	Bahan pengisi (<i>filler</i>)

III.2.2 Macam Model

Penelitian dilakukan dengan pengujian terhadap dua macam model berdasarkan konfigurasi dari pemakaian bahan pengisi.

Tabel 3.2 Data model uji berdasarkan spesifikasi pemasangan

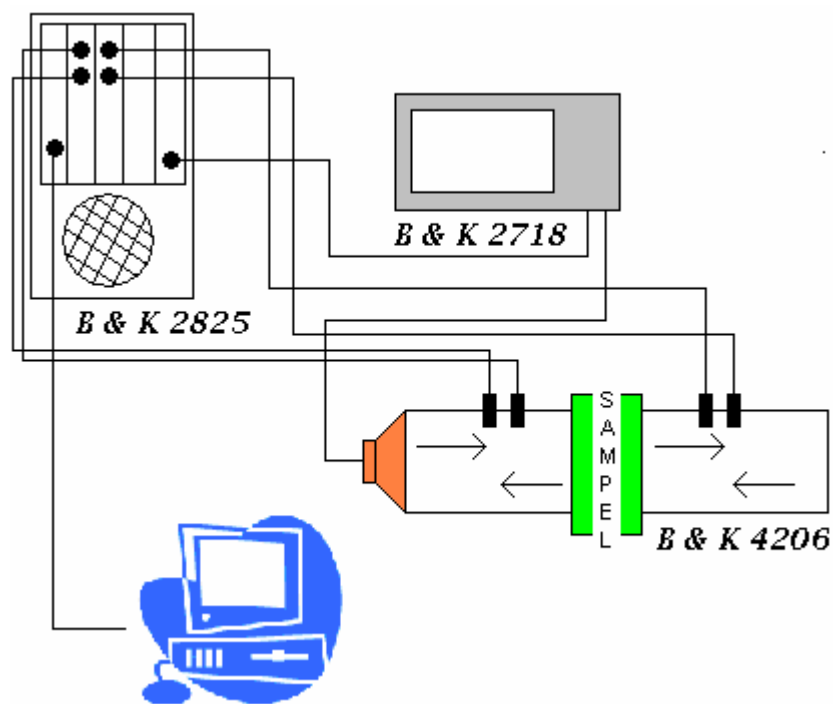
Nama Model	Spesifikasi
Konfigurasi #1	Desain SPB, tanpa filler
Konfigurasi #2	Desain SPB, dengan filler
Konfigurasi #3	Desain MPB, tanpa filler
Konfigurasi #4	Desain MPB, dengan filler pada celah 1
Konfigurasi #5	Desain MPB, dengan filler pada celah 2
Konfigurasi #6	Desain MPB, dengan filler pada celah 1 dan 2
Konfigurasi #7	Desain reverse MPB, dengan filler pada celah 1 dan 2
Konfigurasi #8	Desain reverse MPB, dengan filler pada celah 1
Konfigurasi #9	Desain reverse MPB, dengan filler pada celah 2
Konfigurasi #10	Desain reverse MPB, tanpa filler

III.2.3 Standar Pengujian dalam Penelitian

Standar pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode dekomposisi empat mikrofon yang merupakan perbaikan dari teori dekomposisi tiga mikrofon.

III.3 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian lanjutan dari pengujian mengenai tingkat kelayakan muffler dengan variasi struktur internalnya dijadikan sebagai pereduksi bising. Pengujian ini menggunakan metode dekomposisi spektral empat mikrofon dengan memperhitungkan besarnya diameter *inlet* dan *outlet*. Set up penelitian ini disajikan dalam gambar berikut ini



Gambar 3.1. Set Up Eksperimen Dekomposisi Empat Mikrofon

Berdasarkan set up seperti gambar 3.1 gelombang bunyi datang berasal dari generator B&K 3107 yang terletak pada *front end* B&K PULSE tipe 2825 berupa *random noise* yang akan diperkuat oleh amplifier B&K tipe 2718 dan dihubungkan dengan sebuah speaker pada salah satu ujung tabung impedansi B&K 4206. Gelombang bunyi yang telah diperkuat kemudian dilewatkan pada

model yang akan diuji. Energi bunyi yang melewati struktur model ada yang diserap, dipantulkan dan ditransmisikan. Gelombang bunyi akan ditangkap oleh 4 mikrofon B&K, 2 mikrofon tipe 4187 yang dipasang pada slot 3028 dan 2 mikrofon tipe 4189 dipasang pada slot 3022 yang akan diolah oleh PULSE 2825 untuk menghitung fungsi pindah. Spectrum gelombang bunyi tersebut akan dimanfaatkan untuk menentukan rugi transmisi (*transmission loss*) pada metode dekomposisi. Perhitungan spectrum gelombang bunyi respon model digunakan perangkat lunak *B&K Pulse Labshop Software*.

Kalibrasi dilakukan dengan cara mengukur spectrum pada tiap mikrofon dengan sumber bunyi yang dinyalakan dan dimatikan untuk meyakinkan kondisi bahwa spectrum sumber bunyi pada tiap mikrofon ± 10 dB lebih besar dari bising lingkungan (*signal to noise ratio*). Fungsi transfer merupakan perbandingan yang kompleks dari respon tekanan akustik, adanya ketidakcocokkan (*mismatch*) amplitudo atau respon fase dari kedua mikrofon akan mempengaruhi keakuratan dari pengukuran.

III.4 Prosedur Eksperimen

III.4.1 Pembuatan Model

Eksperimen mengenai kinerja struktur muffler ini dilakukan terhadap dua model dengan variasi jumlah celah dan pemakaian bahan pengisi (*filler*). Variasi ini nantinya akan dibandingkan untuk menentukan desain terbaik. Kedua model desain tersebut adalah model desain *single perforated baffle* (SPB) dan model desain *multiple perforated baffle* (MPB), dimana pada masing – masing model

terdiri dari dua bagian yakni bagian A berupa pipa berlubang dan bagian B berupa papan yang terbuat dari bahan kayu yang disusun sejajar. Pada model desain SPB, spesifikasi struktur bagian A adalah sebagai berikut : pipa bagian depan berdiameter 32,08 mm dan panjang 41,58 mm sedangkan bagian pipa belakang berdiameter 42,32 dengan panjang 34,78 mm. Spesifikasi bagian B adalah sebagai berikut : bagian B terdiri dari 2 papan berjajar, papan jajaran pertama memiliki variasi 2 lubang, yaitu lubang dengan diameter 3,5 mm dan 6,5 mm. Papan berjajar ini mempunyai ketebalan 10,29 mm. Papan berjajar kedua dibuat membentuk *baffle* pada struktur muffler konvensional dengan ketebalan 10,9 mm. Pipa yang terletak diantara papan berjajar pertama dan kedua dilubangi dengan diameter lubang sebesar 7 mm.

Untuk model desain MPB, struktur juga terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian A berupa pipa berlubang dan bagian B berupa papan berjajar yang dibuat dari bahan kayu. Spesifikasi struktur bagian A adalah sebagai berikut : pipa bagian depan berdiameter 22,61 mm dan panjang 20 mm, pipa tengah memiliki diameter 30,86 mm dan panjang 41 mm sedangkan bagian pipa belakang berdiameter 37,86 mm dengan panjang 47 mm. Pipa dilubangi dengan diameter lubang sebesar 0,5 mm. Spesifikasi bagian B adalah sebagai berikut : bagian B terdiri dari 3 papan berjajar dengan ketebalan yang sama yaitu 20,11 mm. Papan berjajar pertama memiliki 2 variasi lubang dibagian depan dan 1 variasi lubang dibagian samping. Papan berjajar kedua juga mempunyai 2 variasi lubang yaitu dengan diameter lubang 0,5 mm dan 0,2 mm sedangkan papan berjajar ketiga hanya memiliki 1 variasi lubang dengan diameter lubang 0,03 mm.

Pengukuran ditekankan pada variasi pengisian material absorpsi pada celah antar struktur berjajar. Setelah celah desain terisi oleh material absorpsi kemudian desain dipasang pada set up metode dekomposisi. Adapun langkah kerja pembuatan model adalah sebagai berikut :

- ✓ Pembuatan bagian A dan bagian B
- ✓ Pemasangan bagian B pada bagian A
- ✓ Pemasangan bahan penyerap, rami (serat acak limbah *carding*), pada celah antara bagian A dan bagian B
- ✓ Pemasangan desain ke dalam set up pengukuran

III.4.2 Pengujian Model

Pengujian model dilakukan dengan memasang model seperti set up metode dekomposisi. Sebelumnya tabung impedansi dan B&K PULSE di set up dan dikalibrasi terlebih dahulu sesuai prosedur ASTM E 1050-90 dimana prosedur ini meliputi penggunaan tabung impedansi dengan dua mikrofon dan sistem analisis frekuensi untuk mengukur koefisien penyerapan bunyi dan impedansi rasio suatu bahan. Pada prosedur ini, gelombang bunyi datang berupa *random noise* dibangkitkan oleh generator B&K 2718 dan diperkuat oleh amplifier. Gelombang bunyi datang yang telah diperkuat ini tersambung dengan speaker pada tabung impedansi dan akan melewati struktur model. Dekomposisi gelombang tegak diperoleh berdasarkan pengukuran tekanan akustik pada dua lokasi mikrofon yang dekat dengan model sampel.

Jika model yang akan diuji telah terpasang pada tabung impedansi dan set up pengukuran telah dilakukan, maka pengujian dapat mulai dilakukan. Keunggulan dari pengukuran dengan menggunakan tabung impedansi adalah gelombang bunyi yang merambat dalam arah tegak lurus ke permukaan sampel dan proses pengukuran rugi transmisi dilakukan dengan mudah dan cepat. Metode pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode dekomposisi spektral empat mikrofon. Dua mikrofon diletakkan pada dua titik di depan posisi prototipe yang sedang diuji dan dua mikrofon lagi diletakkan di belakang posisi prototipe. Mikrofon ini terhubung dengan *front end* B&K PULSE yang berfungsi mengukur fungsi pindah. Output dari mikrofon ini akan diolah oleh B&K PULSE berdasarkan data fungsi pindah untuk gelombang datang, gelombang refleksi dan gelombang yang ditransmisikan yang terekam. Dari bagian depan diperoleh *autospectrum* gelombang datang yang ditangkap oleh mikrofon 1 (S_{11}) dan mikrofon 2 (S_{22}) serta *cross-spectrum* antara gelombang datang dengan gelombang refleksi yang terdiri dari bagian real (C_{12}) dan bagian imajiner (Q_{12}). Dari data hasil ini dapat digunakan untuk menentukan tekanan gelombang datang (P_i) dengan perumusan sebagai berikut :

$$P_i = \sqrt{S_{AA1}} \quad (3.1)$$

dimana

$$S_{AA1} = \frac{S_{11} + S_{22} - 2C_{12} \cos kx_{12} + 2Q_{12} \sin kx_{12}}{4 \sin^2 kx_{12}} \quad (3.2)$$

Dari bagian belakang akan diperoleh *autospectrum* gelombang transmisi yang ditangkap oleh mikrofon 3 (S_{33}) dan mikrofon 4 (S_{44}) serta *cross-spectrum* antara

gelombang transmisi dengan gelombang yang masuk dari ujung tabung yang terdiri dari bagian real (C_{34}) dan bagian imajiner (Q_{34}). Berdasarkan data hasil ini dapat digunakan untuk menentukan tekanan gelombang transmisi (P_t) dengan perumusan sebagai berikut :

$$P_t = \sqrt{S_{AA2}} \quad (3.3)$$

dimana

$$S_{AA2} = \frac{S_{33} + S_{44} - 2C_{34} \cos kx_{34} + 2Q_{34} \sin kx_{34}}{4 \sin^2 kx_{34}} \quad (3.4)$$

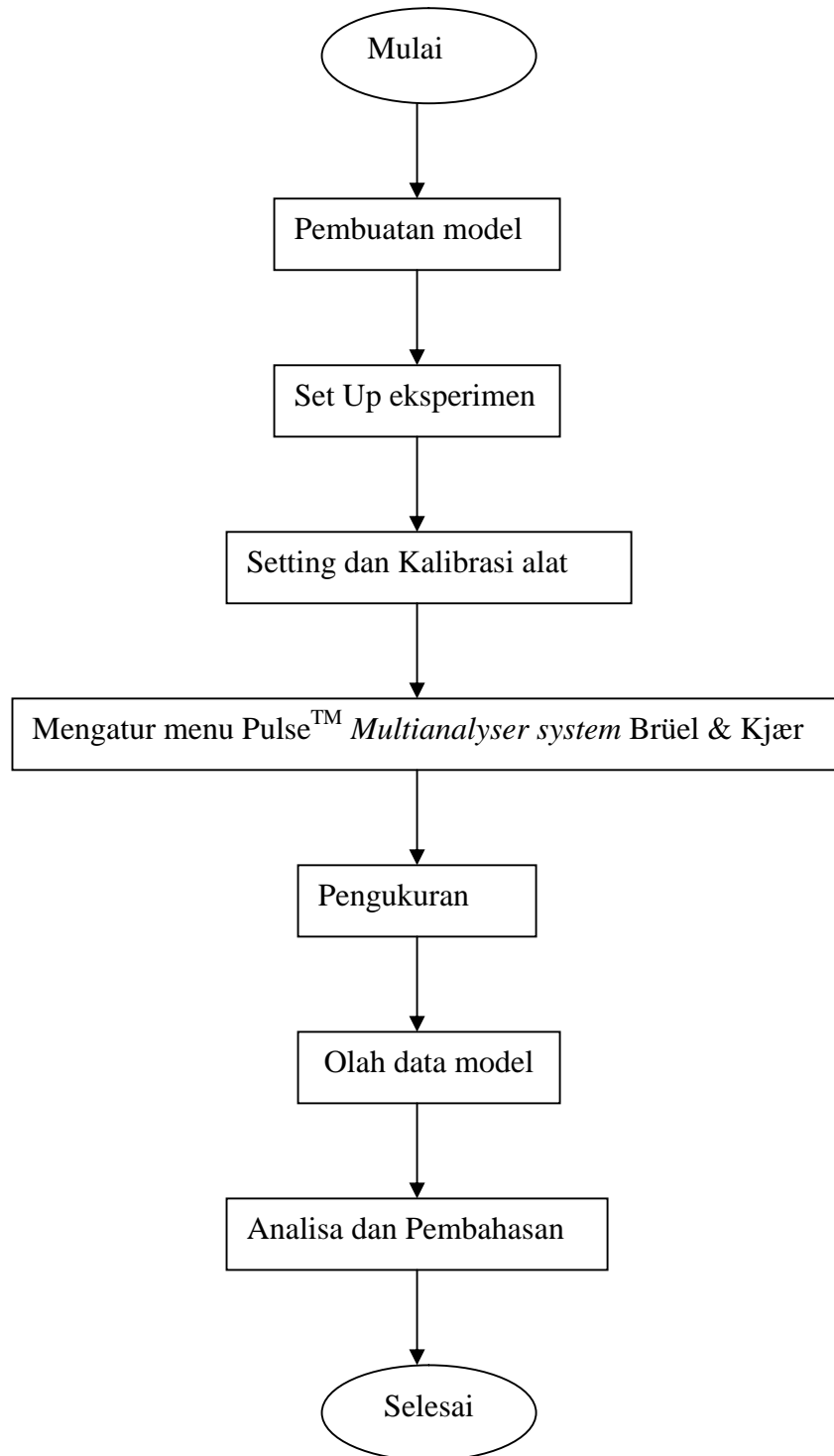
III.4.3 Analisis Hasil

Hasil pengujian sample berupa data *autospectrum* mikrofon 1 (S_{11}), *autospectrum* mikrofon 2 (S_{22}), bagian real *cross-spectrum* (C_{12}), bagian imajiner *cross-spectrum* (Q_{12}), *autospectrum* mikrofon 3 (S_{33}), *autospectrum* mikrofon 4 (S_{44}), bagian real *cross-spectrum* (C_{34}) dan bagian imajiner *cross-spectrum* (Q_{34}). Dari data tersebut kemudian dilakukan olah data dengan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan besarnya nilai rugi transmisi (*transmission loss*) dengan perumusan sebagai berikut :

$$TL = 20 \log_{10} \frac{P_i}{P_t} + 10 \log_{10} \frac{S_i}{S_o} \quad (3.5)$$

Seluruh hasil eksperimen kemudian dianalisa mengenai variasi desain struktur internal berdasarkan variasi struktur model maupun variasi pemakaian bahan pengisi (*filler*).

Secara keseluruhan prosedur eksperimen disajikan dalam diagram alir seperti gambar 3.2 di bawah ini



Gambar 3.2. Diagram Alir Prosedur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Muffler PSS-X1

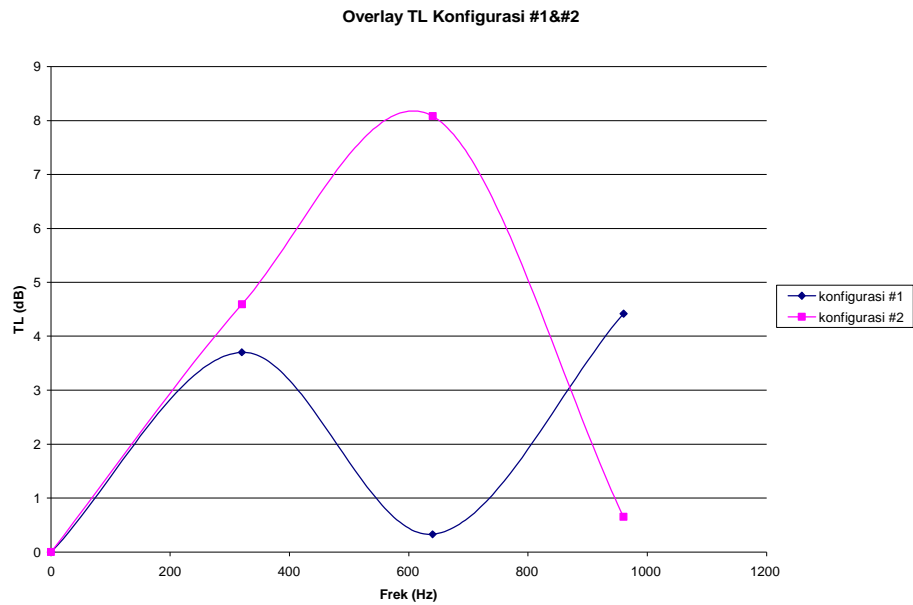
Desain muffler PSS-X1 ini terdiri dari dua macam prototype, yakni *single perforated baffle* (SPB) dan *multiple perforated baffle* (MPB). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja muffler PSS-X1 dalam mereduksi bising mesin, yaitu meliputi frekuensi serapan terbaik dan desain muffler yang dianggap dapat berfungsi efektif. Desain muffler PSS-X1 ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang telah dimodifikasi struktur internalnya, yaitu struktur prototype dan struktur bahan yang digunakan.

Kedua prototype ini terdiri dari 2 bagian yakni pipa berlubang dan struktur berjajar yang keduanya memberikan kontribusi dalam mereduksi bising. Sebagian struktur berjajar dibuat berlubang agar *back pressure* yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Namun penelitian ini lebih difokuskan pada penentuan rugi transmisi yang dihasilkan dari masing – masing desain prototype. Tampang lintang struktur berjajar berbentuk lingkaran dengan jari – jari 10 cm sesuai dengan ukuran dan bentuk dari tampang lintang tabung impedansi B&K 4206.

Prototype SPB menggunakan 2 struktur berjajar dimana salah satunya dilubangi. Sedangkan MPB menggunakan 3 struktur berjajar dan ketiganya dilubangi.

IV.2 Hasil Pengujian

Pengujian dari 2 model desain prototype ini menghasilkan 10 konfigurasi. Hasil yang diperoleh dari pengujian prototype ini akan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara rugi transmisi terhadap frekuensi. Untuk pengujian konfigurasi pertama adalah pengujian model desain prototype SPB tanpa bahan pengisi. Dari hasil pengujian diperoleh nilai transmisi maksimum terletak pada frekuensi sekitar 4000 Hz, yaitu sebesar 24,55 dB. Namun bentang frekuensi dari nilai rugi transmisi tersebut tidak lebar. Untuk frekuensi dibawah 1000 Hz puncak tertinggi terletak pada nilai rugi transmisi sebesar 4,42 dB. Pola serupa juga terlihat pada pola grafik hasil pengujian konfigurasi kedua, yakni pengujian terhadap model desain prototype SPB dengan bahan pengisi. Hanya saja bentang frekuensi dari pola yang terbentuk lebih luas jika dibandingkan dengan grafik hasil pengujian konfigurasi pertama meskipun dengan nilai rugi transmisi maksimum bernilai 22,46 dB. Disini lebar bentang frekuensi yang terjadi dikarenakan oleh adanya kontribusi pemakaian bahan pengisi. Dari kedua hasil pengujian tersebut yang memberikan hasil yang terbaik adalah grafik hasil pengujian konfigurasi kedua. Pada grafik pengujian konfigurasi kedua ini nilai rugi transmisi pada frekuensi di bawah 1000 Hz adalah sebesar 8,08 dB. Grafik hasil pengujian dari model desain prototype SPB ini diperlihatkan dalam gambar 4.1.

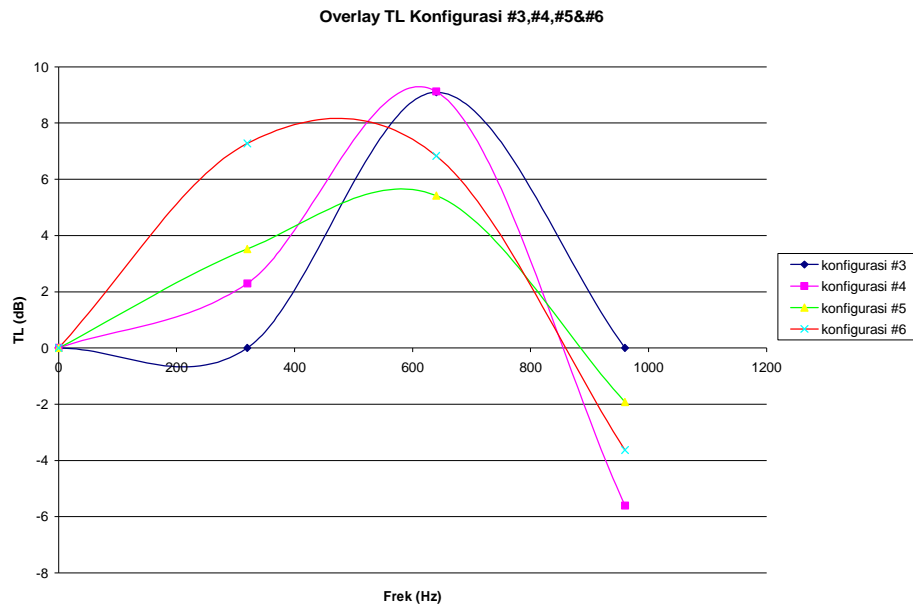


Gambar 4.1. Grafik Overlay Rugi Transmisi SPB

Pengujian konfigurasi ketiga adalah pengujian model desain prototype MPB tanpa bahan pengisi. Dari hasil pengujian terbentuk pola dengan bentang frekuensi yang sempit dan nilai rugi transmisi maksimum terletak pada frekuensi antara 3000 – 4000 Hz yaitu sebesar 33,09 dB. Kemudian dilakukan pengujian konfigurasi keempat, yakni pengujian terhadap model desain prototype MPB dengan bahan pengisi pada celah pertama. Berdasarkan hasil pengujian ini pola grafik yang terbentuk hampir sama dengan pola grafik hasil pengujian konfigurasi ketiga, namun di sini terdapat nilai rugi transmisi yang negatif. Hal ini disebabkan pada frekuensi tersebut ada bunyi yang masuk melewati celah yang terbentuk antara prototype dengan dinding tabung impedansi dan akan menimbulkan sumber bunyi baru dimana sumber bunyi baru ini membentuk gelombang dan akan beresonansi dengan gelombang bunyi yang sudah ada. Dari grafik hasil pengujian

konfigurasi keempat ini, nilai rugi transmisi maksimum terletak pada frekuensi sekitar 3000 Hz yaitu sebesar 23,02 dB.

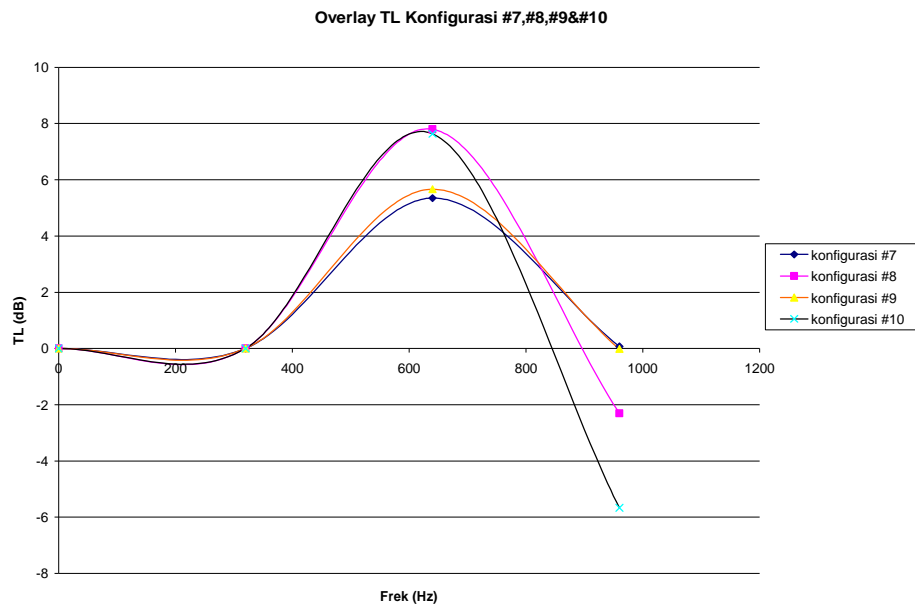
Pola serupa juga tampak pada grafik hasil pengujian konfigurasi kelima dan konfigurasi keenam, yakni pengujian terhadap model desain prototype MPB dengan bahan pengisi pada celah kedua dan pengujian terhadap model desain prototype MPB dengan bahan pengisi pada kedua celah. Dari grafik hasil pengujian juga masih terdapat nilai rugi transmisi negatif meskipun tidak sebesar jika dibandingkan dengan grafik hasil pengujian konfigurasi keempat. Untuk grafik hasil pengujian konfigurasi kelima, nilai rugi transmisi maksimum terletak pada frekuensi sekitar 3000 Hz yaitu sebesar 30,03 dB. Sedangkan untuk grafik hasil pengujian konfigurasi keenam, nilai rugi transmisi maksimum terletak pada frekuensi sekitar 3000 Hz yakni 23,62 dB. Berdasarkan grafik hasil pengujian dari model desain prototype 1, untuk frekuensi dibawah 1000 Hz nilai rugi transmisi yang memiliki bentang frekuensi yang cukup luas adalah pengujian konfigurasi keenam dengan rugi transmisi bernilai sebesar 7,28 dB. Hal ini tidak lepas dari adanya kontribusi pemakaian bahan pengisi. Dari grafik hasil pengujian yang memberikan hasil terbaik adalah grafik hasil pengujian keenam. Grafik hasil pengujian dari model desain prototype MPB ini ditunjukkan dalam gambar 4.2. berikut ini



Gambar 4.2. Grafik Overlay Rugi Transmisi MPB

Untuk pengujian konfigurasi ketujuh, yakni pengujian model desain prototype MPB dengan membalik struktur (*reverse*) dimana pada kedua celahnya diberi bahan pengisi, diperoleh hasil nilai rugi transmisi maksimum terletak pada frekuensi sekitar 3000 Hz yaitu sebesar 25,88 dB. Sedangkan untuk frekuensi dibawah 1000 Hz puncak tertinggi dari nilai rugi transmisi terletak pada 5,35 dB. pola serupa juga terlihat pada hasil pengujian konfigurasi kedelapan, konfigurasi kesembilan dan konfigurasi kesepuluh, yakni pengujian terhadap model desain prototype reverse MPB dengan penggunaan bahan pengisi pada celah pertama, celah kedua dan tanpa bahan pengisi. Hanya saja pada frekuensi dibawah 1000 Hz, grafik hasil pengujian model desain prototype reverse MPB dengan bahan pengisi pada celah pertama masih menunjukkan adanya nilai rugi transmisi yang negatif meskipun tidak sebesar jika dibandingkan dengan hasil pengujian dari

model desain prototype reverse MPB tanpa bahan pengisi. Nilai rugi transmisi maksimum dari pengujian konfigurasi kedelapan terletak pada frekuensi sekitar 4000 Hz yaitu sebesar 23,66 dB, sedangkan pada pengujian konfigurasi kesembilan terletak di frekuensi sekitar 3000 Hz yakni 25,22 dB dan untuk pengujian terhadap konfigurasi kesepuluh nilai rugi transmisi maksimum terletak pada frekuensi sekitar 3000 Hz yaitu sebesar 19,33 dB. Berdasarkan grafik hasil pengujian tersebut yang memiliki hasil terbaik adalah grafik hasil pengujian konfigurasi ketujuh. Grafik hasil pengujian model desain prototype reverse MPB ini dapat ditunjukkan dalam gambar 4.3. dibawah ini

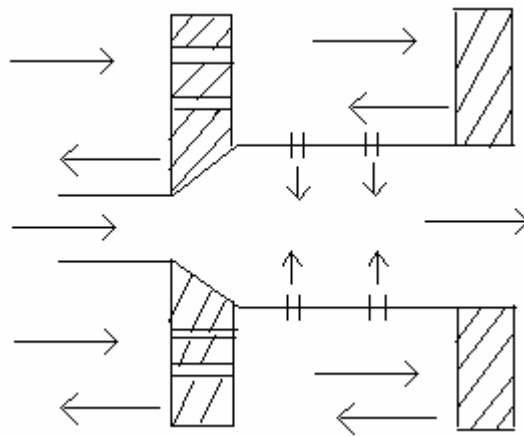


Gambar 4.3. Grafik Overlay Rugi Transmisi Reverse MPB

IV.3 Pembahasan

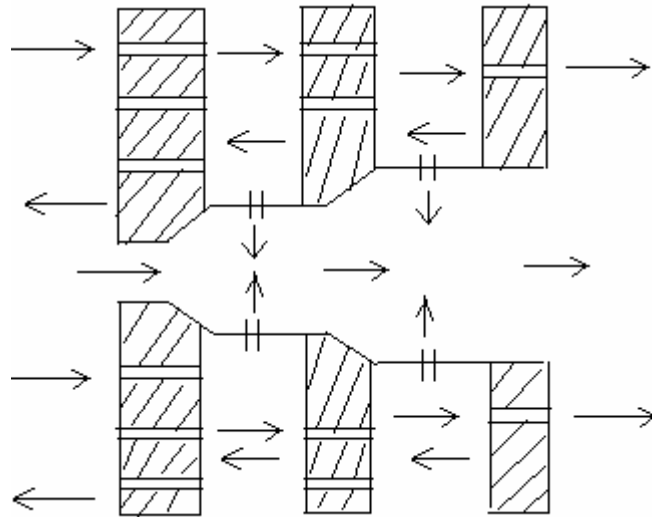
IV.3.1 Analisa Kontribusi Struktur Muffler PSS-X1

Ada dua desain pada muffler PSS-X1, dimana kedua desain ini memiliki struktur yang berbeda. Perbedaan struktur ini mempengaruhi penentuan kinerja serapan dari muffler PSS-X1 yang dapat diamati dari nilai rugi transmisinya. Desain pertama adalah desain prototype SPB, yaitu desain yang menggunakan dua struktur berjajar, seperti skema yang ditunjukkan dalam gambar dibawah ini :



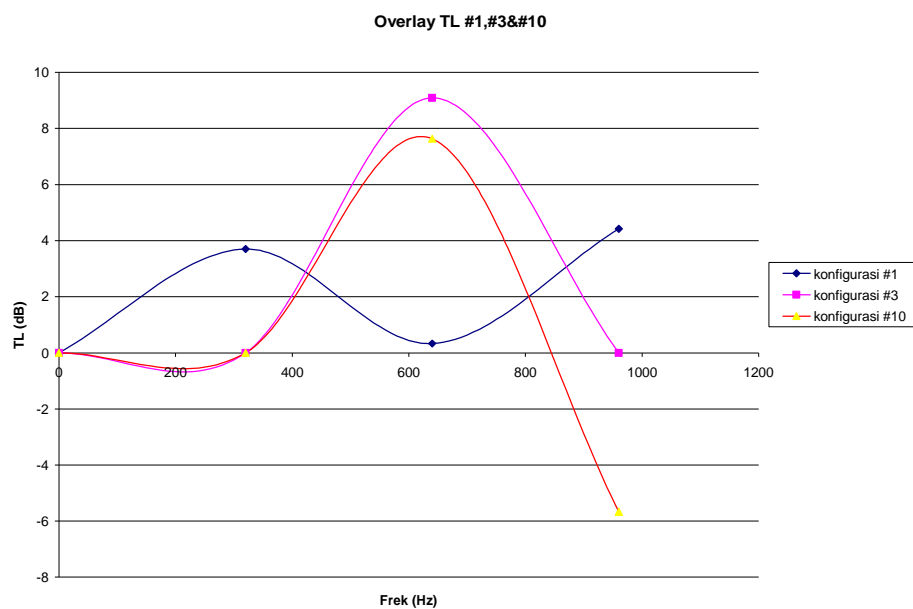
Gambar 4.4. Skema Prototype SPB

Sedangkan untuk desain kedua yakni desain prototype MPB, memiliki struktur desain dengan tiga struktur berjajar, seperti ditunjukkan dalam skema gambar berikut ini :



Gambar 4.5. Skema Prototype MPB

Untuk mengetahui kontribusi struktur Muffler PSS-X1 terhadap nilai rugi transmisi yang dihasilkan dari masing – masing desain prototype, dapat diamati pada gambar grafik (4.6) berikut ini

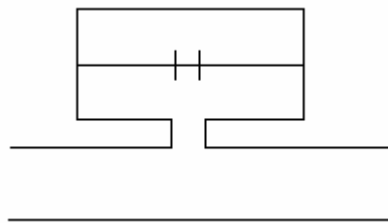


Gambar 4.6. Grafik Overlay Rugi Transmisi SPB, MPB, Reverse MPB Tanpa *Filler*

Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa pemasangan struktur berjajar memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap nilai rugi transmisi. Hal ini tampak pada nilai rugi transmisi dengan frekuensi dibawah 1000 Hz.

Pada prototype MPB dan prototype reverse MPB dilakukan variasi lubang pada semua struktur berjajar yang digunakan, sedangkan untuk prototype SPB hanya dilakukan variasi lubang pada struktur berjajar bagian depan (*front screen*). Variasi lubang ini sangat mempengaruhi besarnya rugi transmisi yang melewati prototype, karena dengan adanya lubang pada struktur berjajar akan memberikan kontribusi terhadap disipasi energi bunyi. Jika disipasi energi bunyi yang melewati struktur sangat besar maka energi bunyi yang ditransmisikan akan sangat kecil. Dan ini berarti rugi transmisi yang melewati struktur akan menjadi tinggi, sehingga struktur lebih efektif dalam mereduksi bising.

Kedua struktur desain ini juga menggunakan pipa dengan diameter yang berbeda. Dalam kasus tampang lintang pipa yang berbeda akan mempengaruhi pada besarnya koefisien transmisi dan koefisien refleksi dari struktur. Celah yang terbentuk dari pemasangan struktur berjajar ini akan membentuk sebuah resonator dan lubang pada pipa yang memiliki ketebalan tertentu akan menjadi leher resonator. Skema dari penjabaran tersebut disajikan dalam gambar berikut ini :



Gambar 4.7. Skema Resonator *Helmholtz* Pada Struktur Prototype

Dari gambar tersebut, resonator yang terbentuk dapat dianggap sebagai *side branch* dimana dalam kasus resonator sebagai *side branch*, energi radiasi akan kembali menuju pipa utama (direfleksikan). Jika energi tersebut direfleksikan berarti tidak ada energi yang terserap, kalau pun ada, energi yang terserap tersebut sangat kecil dan ini juga berarti bahwa energi yang ditransmisikan sangat besar. Energi transmisi yang tinggi ini akan menyebabkan rugi transmisi bernilai rendah. Hal ini dapat ditunjukkan dalam gambar grafik (4.6). Berdasarkan gambar grafik tersebut terlihat bahwa dari hasil pengujian desain prototype SPB memiliki bentang frekuensi yang lebih luas pada nilai rugi transmisi tertentu dibandingkan dengan hasil pengujian desain prototype MPB. Hal ini dikarenakan pada desain prototype SPB, celah resonator pada yang terbentuk lebih kecil dibandingkan dengan celah resonator pada desain prototype MPB. Semakin besar celah resonator maka energi radiasi yang direfleksikan akan semakin besar dan energi yang terserap semakin sedikit. Jika energi yang terserap kecil, maka energi yang ditransmisikan akan menjadi besar dan ini menyebabkan rugi transmisi yang dihasilkan menjadi rendah.

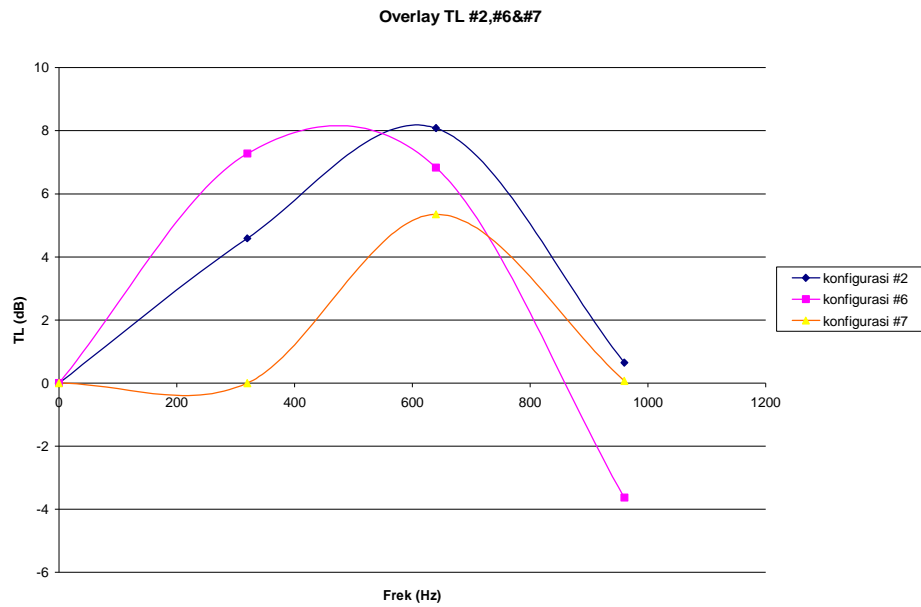
IV.3.2 Analisa Kontribusi Pemakaian Bahan Pengisi (*Filler*)

Pada penelitian ini bahan pengisi yang digunakan adalah rami, yakni material absorpsi yang berupa serat acak limbah *carding*. Penggunaan bahan pengisi ini ditekankan pada variasi pemakaian bahan pengisi pada celah prototype. Untuk mengetahui kontribusi pemakaian bahan pengisi terhadap nilai rugi transmisi dapat diamati dalam grafik (4.1), (4.2), dan (4.3).

Berdasarkan gambar grafik hasil pengujian tersebut tampak bahwa pemakaian bahan pengisi pada celah prototype memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap nilai rugi transmisi. Hal ini terlihat dari bentang frekuensi pada masing – masing pola grafik. Kerapatan dari bahan pengisi yang digunakan akan sangat mempengaruhi besarnya nilai rugi transmisi dan ini terlihat dari besarnya energi bunyi transmisi yang dihasilkan. Semakin besar kerapatan dari bahan pengisi maka energi bunyi yang terserap akan semakin besar dan ini berarti energi bunyi transmisi yang dihasilkan akan semakin kecil. Jika energi bunyi yang ditransmisikan kecil maka rugi transmisi yang diperoleh akan sangat besar. Hal ini terlihat pada bentang frekuensi dari nilai rugi transmisi yang dihasilkan akan semakin luas.

IV.3.3 Prototype Muffler PSS-X1 Dengan Kinerja Serapan Terbaik

Berdasarkan hasil pengujian terhadap desain prototype Muffler PSS-X1, dapat diketahui bahwa pada prototype SPB hasil pengujian yang terbaik adalah konfigurasi kedua, sedangkan pada prototype MPB yang memberikan hasil terbaik adalah konfigurasi keenam dan untuk prototype reverse MPB yang mempunyai hasil terbaik adalah konfigurasi ketujuh. Jika dari ketiga hasil tersebut dibandingkan satu sama lain maka akan diperoleh prototype yang memiliki kinerja serapan yang baik yakni prototype MPB dengan bahan pengisi pada kedua celah (konfigurasi keenam). Hal ini dapat diamati pada gambar grafik 4.8. berikut ini



Gambar 4.8. Grafik Overlay Rugi Transmisi SPB, MPB, Reverse MPB Dengan *Filler*

Parameter yang digunakan dalam hal ini adalah besarnya nilai rugi transmisi yang dihasilkan pada frekuensi dibawah 1000 Hz

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, serta mengacu pada tujuan penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pemasangan struktur *baffle* berjajar dengan lubang di dalam struktur *muffler* akan memberikan kontribusi terhadap kinerja sistem *muffler* dalam mereduksi bising kaitannya dengan nilai rugi transmisi. Semakin banyak lubang pada struktur *baffle* berjajar maka semakin besar rugi transmisinya dan ini berarti semakin efektif kinerja sistem tersebut.
2. Pemakaian bahan pengisi pada celah struktur *muffler* akan memberikan kontribusi terhadap nilai rugi transmisi, yakni dengan adanya bahan pengisi, energi yang ditransmisikan akan semakin kecil sehingga rugi transmisinya menjadi semakin besar dan ini berarti kinerja sistem *muffler* menjadi lebih efektif.
3. Pada pengujian desain muffler PSS-X1 ini, desain yang memiliki kinerja baik adalah desain prototype MPB dengan bahan pengisi pada kedua celah (konfigurasi enam). Hal ini dapat dilihat dari nilai rugi transmisi yang dihasilkan pada frekuensi dibawah 1000 Hz.

V.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperbaiki kinerja serapan bunyi dari desain Muffler PSS-X1 dengan variasi struktur prototype yang digunakan dan juga pemakaian bahan pengisi (*filler*) dengan kerapatan (*density*) yang berbeda. Karena serapan bunyi dari suatu sistem sangat dipengaruhi oleh besarnya kerapatan dari material absorpsi yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brewer, S.R. 1992. *A Physics of Acoustic Filters*. The Division of Mathematics and Natural Science. Reed College.
- Doelle, L.L. 1993. *Akustik Lingkungan*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Ford, R.D. 1970. *Introduction to Acoustics*. Elsevier Publishing Company Limited.
- Halliday, D., dan Resnick, R. 1998. *Fisika*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Kinsler, E.L., Frey, A., Coppens, B.A., dan Sanders, J.V. 1982. Third Edition. *Fundamentals of Acoustics*. John Wiley and Sons. New York.
- Randall, R.B. 1994. *Frequency Analysis*. Bruel & Kjaer.
- Seybert, A.F and Tao, Z.A. 2001. *Review of Current Techniques for Measuring Muffler Transmission Loss.*, "J. Acoust. Soc. Am.