TUGAS AKHIR - TF 141581

PERANCANGAN PENGENDALIAN BISING PADA RUANG OPERATOR DI *PLANT* II CO_2 PT. PETROKIMIA GRESIK

STEFANI ARISANDI
NRP 2413 105 015

Dosen Pembimbing
Ir. Tutug Dhanardono, MT

Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

FINAL PROJECT – TF 141581

NOISE CONTROL DESIGN IN OPERATOR ROOM AT PLANT II CO_2 PT. PETROKIMIA GRESIK

STEFANI ARISANDI
NRP 2413 105 015

Supervisor
Ir. Tutug Dhanardono, MT

Engineering Physics Department
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN PENGENDALIAN BISING PADA RUANG OPERATOR DI *PLANT* II CO2 PT. PETROKIMIA GRESIK

TUGAS AKHIR

Oleh:

STEFANI ARISANDI
NRP. 2413 105 015

Surabaya, 2 Juli 2015
Mengetahui/ Menyetujui

Pembimbing

Ir. Tutug Dhanardono, MT
NIP. 19520613 198103 1 004

Ketua Jurusan
Teknik Fisika, FTI – ITS

Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN PENGENDALIAN BISING PADA RUANG OPERATOR DI *PLANT* II CO2 PT. PETROKIMIA GRESIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Vibrasi dan Akustik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

STEFANI ARISANDI
NRP. 2413 105 015

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Tutug Dhanardono, MT ..... (Pembimbing)
2. Ir. Jerri Susatio, MT ..... (Ketua Penguji)
3. Ir. Matradji, M.Sc ..... (Penguji I)
4. Arief Abdurrakhman, ST, MT ..... (Penguji II)

SURABAYA,
JULI 2015

PERANCANGAN PENGENDALIAN BISING PADA RUANG OPERATOR DI *PLANT* II CO_2 PT. PETROKIMIA GRESIK

Nama Mahasiswa : Stefani Arisandi
NRP : 2413 015 015
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Tutug Dhanardono, MT

Abstrak

Metode yang digunakan dalam pengendalian bising di Ruang Operator plant II CO_2 ini adalah pengendalian bising berdasarkan medium propagansi struktur bangunan (structure borne noise). Penebalan difokuskan hanya pada bidang partisi dikarenakan bidang tersebut yang mempengaruhi Noise Reduction (NR) antara plant sebagai sumber bunyi dan ruang operator sebagai titik penerima bunyi. Pada dasarnya penelitian ini menggunakan nilai Noise Reduction (NR) dan Transmission Loss (TL) untuk menganalisis kemampuan suatu bahan dalam mereduksi bising setelah bahan tersebut dipertebal. Ketebalan rancangan dari masing-masing bahan partisi menghasilkan nilai Lp_2 setelah perancangan. Batu bata dengan ketebalan 17 cm menyebabkan nilai Lp_2 menjadi 46 dB. Kaca dengan ketebalan 0,8 cm menyebabkan nilai Lp_2 menjadi 52 dB. Sedangkan kayu dengan ketebalan 5,5 cm menyebabkan nilai Lp_2 menjadi 62 dB. Dengan demikian maka penebalan bidang partisi tersebut berhasil menurunkan nilai Lp_2 sesuai dengan rentang tingkat kebisingan suara percakapan manusia yaitu 54-72 dB. Penelitian ini berhasil mereduksi tingkat kebisingan di dalam ruang operator menjadi $\leq$60 dB atau <50 dBA. Ketiga bahan partisi tersebut nilai TL semakin mengalami peningkatan seiring dengan makin besarnya frekuensi bunyi. Sedangkan nilai Lp_2 relatif mengalami penurunan seiring dengan makin besarnya frekuensi bunyi. Hal ini sesuai dengan teori bahwa jika frekuensi semakin tinggi maka nilai TL juga semakin tinggi. Semakin besar nilai TL maka semakin besar pula bunyi yang mampu direduksi oleh bahan tersebut. Dinding yang direkomendasikan dalam perhitungan pengendalian bising ini adalah jenis brick painted.

Kata kunci: Bising, noise reduction, pengendalian bising industri, transmission loss.

NOISE CONTROL DESIGN IN OPERATOR ROOM AT PLANT II CO_2 PT. PETROKIMIA GRESIK

Name of Student : Stefani Arisandi
NRP : 2413 105 015
Departement : Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisor : Ir. Tutug Dhanardono, MT

Abstract

For noise control in operator room, the autor used a method based propagation medium of building structure or also known as structure borne noise. In order to reduce the noise, we need to thickening the partition field that affects Noise Reduction (NR) between the plant (as noise source) and operator room (as noice receiver). Basically this final project uses Noise Reduction (NR) and Transmission Loss (TL) to analyzes the ability of materials to reduces noise. The new thickness of each material has Lp_2 value after it has thicked. The results are: Bricks 17 cm with Lp_2 = 46 dB, glass 0,8 cm with Lp_2 = 52 dB, and solid wood 5,5 cm with Lp_2 = 62 dB. The thickening of partition fields has reduced Lp_2 in range of human conversation noise between 52-72 dB. All the partition fields (A, B and C) Transmission Loss (TL) values increased along with the enhancement of sound frequencies. Whereas Lp_2 values has decreased along with the enhancement of sound frequencies. This is consistent with the theory that sound frequency increasing while Transmission Loss (TL) value increasing too. If the value of Transmission Loss (TL) is bigger, then the material will absorbs higher noise. The walls that recommended in the calculation of noise control are bricks painted.

Keyword: Noise, noise reduction, industrial noise control, transmission loss.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **"Perancangan Pengendalian Bising pada Ruang Operator di *Plant* II CO_2 PT. Petrokimia Gresik"** dengan tepat waktu. Terselesaikannya laporan ini juga tidak luput dari dukungan dan peran serta dari berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
2. Bapak Ir. Tutug Dhanardono, MT selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dengan baik dan sabar.
3. Bapak Hendra Cordova, MT selaku Dosen Wali penulis.
4. Papa dan mama beserta seluruh keluarga tercinta, terima kasih untuk dukungan tiada henti dan doa yang terus dipanjatkan hingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Team Vibrastic (Laboratorium Vibrasi dan Akustik) yang telah membantu pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman S1 Lintas Jalur Teknik Fisika FTI-ITS angkatan 2013.
7. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan baik berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya, 2 Juli 2015

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL **i**
LEMBAR PENGESAHAN **iii**
ABSTRAK **v**
ABSTRACT **vi**
KATA PENGANTAR **vii**
DAFTAR ISI **viii**
DAFTAR GAMBAR **x**
DAFTAR TABEL **xii**
DAFTAR GRAFIK **xiv**

BAB I`PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Tugas Akhir 2
1.5 Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Bunyi 5
2.2 Kebisingan 6
2.3 Jenis Jenis Kebisingan 7
2.4 Pengendalian Kebisingan 8
2.5 Pengaruh Kebisingan Terhadap Kesehatan Tenaga Kerja 9
2.6 *Noise Mapping* 10
2.7 *Transmission Loss* 11

BAB III METODOLOGI PENELITIAN **15**
3.1 Objek Penelitian 16
3.2 Pengukuran Tingkat Kebisingan 20
3.3 Pemetaan Kebisingan 20
3.4 Pengendalian Kebisingan dengan Penebalan Bahan pada Bidang Partisi 21

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN **29**
4.1 Analisis Data 29
4.1.1 Hasil Pemetaan Kebisingan di Ruang Operator 29
4.1.2 Hasil Perhitungan Luas Permukaan Ruangan (S) 36
4.1.3 Hasil Perhitungan Koefisien Absorbsi Rata – rata ($\bar{\alpha}$) 37
4.1.4 Hasil Perhitungan *Noise Reduction* (NR) 38
4.1.5 Hasil Perhitungan *Transmission Loss* (TL) 41
4.1.6 Hasil Perhitungan Koefisien Transmisi Rata – rata *($\bar{\tau}$)* 44
4.1.7 Hasil Perhitungan *Transmission Loss* (TL) Bahan Komposit 45
4.1.8 Hasil Perhitungan Nilai Kerapatan Permukaan Bahan (W) 46
4.1.9 Tingkat Kebisingan Setelah Penebalan Bidang Partisi 49
4.2 Pembahasan 55

BAB V PENUTUP **59**
5.1 Kesimpulan 59
5.2 Saran 59

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Perambatan Gelombang Bunyi	5
Gambar 2.2	Pemetaan Kebisingan Industri Menggunakan Software Surfer 9	11
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian	15
Gambar 3.2	Lokasi Ruang Operator dan *Plant* II CO_2 pada Pabrik I PT. Petrokimia Gresik	16
Gambar 3.3	Denah *Plant* II CO_2 dan Ruang Operator	16
Gambar 3.4	Ilustrasi Ruang Operator dan *Plant* II CO_2	17
Gambar 3.5	Penampang Ruang Operator	17
Gambar 3.6	Denah Ruang Operator di *Plant* II CO_2	18
Gambar 3.7	Ruang Operator Tampak Depan	18
Gambar 3.8	Ruang Operator Tampak Samping	19
Gambar 3.9	Ruang Operator Tampak Belakang	19
Gambar 3.10	Titik Pengukuran untuk Lp_1 dan Lp_2	20
Gambar 3.11	*Surfer* 9	21
Gambar 3.12	Asumsi Bidang Partisi	22
Gambar 3.13	Asumsi dalam Perhitungan Nilai TL	25
Gambar 3.14	Asumsi dalam Perhitungan Nilai TL Bahan Komposit	26
Gambar 3.15	Asumsi dalam Perhitungan Nilai W	27
Gambar 4.1	Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 125 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB	29
Gambar 4.2	Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 250 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB	31
Gambar 4.3	Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 500 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB	32
Gambar 4.4	Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 1000 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB	33

Gambar 4.5 Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 2000 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB 34
Gambar 4.6 Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 4000 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB 35

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Nilai NR pada Masing-masing Bidang Partisi per Frekuensi	40
Grafik 4.2	Nilai *Transmission Loss* Masing-masing Bidang Partisi per Frekuensi untuk Kondisi I	42
Grafik 4.3	Nilai *Transmission Loss* Masing-masing Bidang Partisi per Frekuensi untuk Kondisi II	44
Grafik 4.4	Penambahan Tebal Bahan pada Bidang Partisi	49
Grafik 4.5	Hubungan TL dan Lp_2 pada Batu Bata	51
Grafik 4.6	Hubungan TL dan Lp_2 pada Kaca	52
Grafik 4.7	Hubungan TL dan Lp_2 pada Kayu	54
Grafik 4.8	Nilai NR Setelah Penebalan Bidang Partisi dengan Ketebalan yang Diinginkan	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Koreksi Pembobotan-A 6
Tabel 3.1 Nilai W untuk Masing-masing Bahan Bidang Partisi 27
Tabel 4.1 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 125 Hz 30
Tabel 4.2 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 250 Hz 31
Tabel 4.3 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 500 Hz 32
Tabel 4.4 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 1000 Hz 33
Tabel 4.5 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 2000 Hz 34
Tabel 4.6 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 4000 Hz 36
Tabel 4.7 Dimensi Komponen Ruang Operator 36
Tabel 4.8 Luas Bahan (S) 37
Tabel 4.9 Nilai Koefisien Absorbsi Material per Frekuensi 37
Tabel 4.10 Nilai Koefisien Absorbsi Rata-rata Ruang Operator 37
Tabel 4.11 Nilai NR untuk Bidang A pada Kondisi I 38
Tabel 4.12 Nilai NR untuk Bidang B pada Kondisi I 38
Tabel 4.13 Nilai NR untuk Bidang C pada Kondisi I 39
Tabel 4.14 Nilai NR untuk Bidang A pada Kondisi II 39
Tabel 4.15 Nilai NR untuk Bidang B pada Kondisi II 39
Tabel 4.16 Nilai NR untuk Bidang C pada Kondisi II 40
Tabel 4.17 Nilai TL untuk Bidang A pada Kondisi I 41
Tabel 4.18 Nilai TL untuk Bidang B pada Kondisi I 41
Tabel 4.19 Nilai TL untuk Bidang C pada Kondisi I 42
Tabel 4.20 Nilai TL untuk Bidang A pada Kondisi II 43
Tabel 4.21 Nilai TL untuk Bidang B pada Kondisi II 43
Tabel 4.22 Nilai TL untuk Bidang C pada Kondisi II 43
Tabel 4.23 Nilai Koefisien Transmisi Rata-rata per Frekuensi untuk Kondisi I 45

Tabel 4.24 Nilai Koefisien Transmisi Rata-rata per Frekuensi untuk Kondisi II 45
Tabel 4.25 Nilai TL Bahan Komposit untuk Kondisi I dan II 46
Tabel 4.26 Nilai W untuk Perancangan Ketebalan Batu Bata 46
Tabel 4.27 Nilai W untuk Perancangan Ketebalan Kaca 47
Tabel 4.28 Nilai W untuk Perancangan Ketebalan Kayu 47
Tabel 4.29 Ketebalan Rancangan Masing-masing Bidang Partisi 48
Tabel 4.30 Ketebalan yang Perlu Ditambahkan pada Bahan Bidang Partisi 48
Tabel 4.31 Nilai W dari Ketebalan Batu Bata yang Diinginkan 50
Tabel 4.32 Nilai Lp_2 dengan Ketebalan Batu Bata yang Diinginkan 50
Tabel 4.33 Nilai W dari Ketebalan Kaca yang Diinginkan 51
Tabel 4.34 Nilai Lp_2 dengan Ketebalan Kaca yang Diinginkan 52
Tabel 4.35 Nilai W dari Ketebalan Kayu yang Diinginkan 53
Tabel 4.34 Nilai Lp_2 dengan Ketebalan Kayu yang Diinginkan 53

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk terbesar di Indonesia. Sebagai produsen pupuk terbesar, PT. Petrokimia Gresik memiliki tiga lokasi pabrik yaitu Pabrik I, Pabrik dan Pabrik III dimana ketiga pabrik tersebut memiliki proses produksi serta menghasilkan produk yang berbeda-beda pula. Pabrik I adalah pabrik pupuk nitrogen yang menghasilkan amoniak, ZA I & III, urea, CO_2, *dry ice*, dan *utility*. Pabrik II adalah pabrik pupuk fosfat yang menghasilkan SP-36 1&2, *phonska, tank yard* amoniak, dan fosfat. Sedangkan pabrik III adalah pabrik Asam Fosfat yang menghasilkan asam sulfat, asam fosfat (H_3PO_4), aluminium *fluoride* (AlF_3), *cement retarder*, dan ZA II.

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP-51/MEN/1999, kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Pada Pabrik I, khususnya *plant* II CO_2, merupakan *plant* dengan aktivitas produksi CO_2 cair dan padat. Aktivitas tersebut menimbulkan bising kontinu atau terus-menerus. Menurut hasil pengukuran, bising pada *plant* tersebut mencapai 103 dBA dimana tingkat kebisingan tersebut melebihi NAB (Nilai Ambang Batas) Kebisingan yang telah diatur dalam KepMenaker No. 51/1999 yaitu sebesar 85 dBA. Dalam KepMenaker juga diterangkan bahwa NAB adalah standar faktor tempat kerja yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu.

Selain mesin-mesin produksi dan tanki penyimpanan CO_2 terdapat ruang operator yang berhadapan langsung dengan *plant.* Ruangan tersebut dalam sehari-harinya selalu ditempati oleh pekerja-pekerja yang sedang bertugas di *plant* tersebut. Dengan lokasi ruangan yang berada pada satu area dengan *plant,* maka

kebisingan dari *plant* tersebut turut mempengaruhi kebisingan di dalam ruang operator. Tingkat kebisingan di dalam ruang operator berdasarkan hasil pengukuran mencapai 78 dBA. Nilai tersebut memang masih di bawah NAB Kebisingan, namun mempengaruhi kejelasan percakapan di dalam ruangan tersebut. Suara orang bercakap-cakap memiliki TTB antara 54-72 dB. Apabila tingkat kebisingan di dalam ruang operator ternyata lebih besar daripada TTB suara percakapan manusia, maka diperlukan suatu perancangan pengendalian bising di ruangan tersebut untuk meningkatkan kualitas percakapan.

Melalui Tugas Akhir ini penulis mencoba untuk melakukan perancangan pengendalian bising di ruang operator dengan mempertebal bidang partisi antara *plant* II CO_2 sebagai sumber bising dan ruang operator penerima.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pada Tugas Akhir ini adalah bagaimana mengurangi tingkat kebisingan di ruang operator *plant* II CO_2 PT. Petrokimia Gresik dengan penebalan bidang partisi untuk peningkatan kualitas percakapan.

1.3 Tujuan

Tujuan Tugas Akhir ini adalah mampu mengurangi tingkat kebisingan di ruang operator *plant* II CO_2 PT. Petrokimia Gresik dengan penebalan bidang partisi untuk peningkatan kualitas percakapan.

1.4 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Perancangan pengendalian bising dilakukan di ruang operator *plant* II CO_2 PT. Petrokimia Gresik.
2. Perancangan dilakukan dengan perhitungan penebalan bidang partisi antara *plant* dan ruang operator saja.

3. Penebalan bidang partisi tersebut diharuskan mampu mengurangi kebisingan di dalam ruang operator menjadi sebesar 63 dB.
4. Bunyi atau bising yang dikendalikan hanya pada 1 oktaf frekuensi, yaitu 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz.

1.5 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan ini dilakukan secara sistematis dan tersusun dalam lima bab sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika laporan penelitian.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini memuat teori-teori dasar yang menunjang dan terkait dengan Tugas Akhir ini, seperti definisi kebisingan, jenis-jenis kebisingan, metode pengendalian bising, koefisien absorbsi, koefisien transmisi, *noise reduction,* dan *transmission loss.*

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tahap-tahap dalam melakukan penelitian.

BAB IV Analisis Data dan Pembahasan

Bab ini memuat tentang analisis data penelitian yang kemudian akan dibahas sebagai pembahasan.

BAB V Penutup

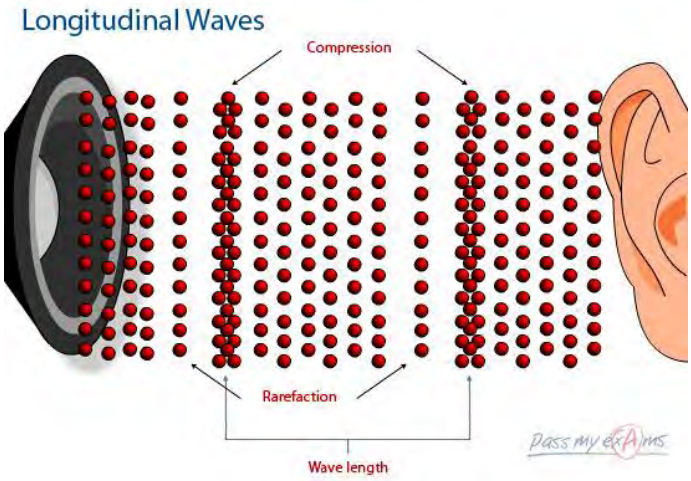
Bab ini memuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan beserta dengan saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

(halaman ini memang dikosongkan)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bunyi

Bunyi merupakan salah satu hal yang tidak dapat terlepas dari kehidupan sehari-hari. Kita dapat mendengar bunyi hampir di manapun kita berada, terlepas dari keras atau tidaknya bunyi tersebut. Bunyi dapat didefinisikan sebagai gelombang longitudinal yang merambat melalui suatu medium propagansi atau perambatan. Medium tersebut dapat berupa medium padat, cair atau gas. Oleh karena itulah bunyi tidak dapat merambat dan terdengar di ruang hampa udara.



Gambar 2.1 Ilustrasi Perambatan Gelombang Bunyi (Anonim, 2010)

Meskipun terlihat sama, namun sebenarnya bunyi tidak sama dengan suara. Dalam bahasa inggris, bunyi adalah *sound* dan suara adalah *voice*. Bunyi dihasilkan oleh getaran benda mati, sedangkan suara dihasilkan oleh getaran makhluk hidup. Meskipun memiliki perbedaan dalam sumbernya, namun baik bunyi maupun suara sama-sama dihasilkan oleh getaran.

2.2 Kebisingan

Kebisingan adalah bunyi atau suara yang keberadaannya tidak dikehendaki (*noise is unwanted sound*). Dalam rangka perlindungan kesehatan tenaga kerja kebisingan diartikan sebagai semua suara/bunyi yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (Suma'mur, 2009).

Tingkat kebisingan dinyatakan dalam satuan desibel (dB) yang mana telah dibebani pula dengan beban tertentu. Pembebanan tersebut dikenal sebagai pembobotan akustik. Adapun pembobotan tersebut dibagi menjadi empat skala sebagai berikut:

1. Skala dBA. Skala ini mencakup frekuensi 20 Hz sampai 20.000 Hz sehingga digunakan untuk penilaian kepekaan telinga manusia.
2. Skala dBB. Skala ini digunakan untuk tingkat kebisingan yang lebih tinggi, namun tidak lagi digunakan secara umum.
3. Skala dBC. Skala ini digunakan untuk bising industri yang sangat tinggi dari mesin, namun tidak lagi digunakan secara umum juga seperti skala dBB.
4. Skala dBD. Skala ini awalnya digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan pesawat terbang, namun tidak lagi digunakan secara umum lagi.

Dikarenakan skala yang umum digunakan adalah dBA, maka berikut ini adalah skala koreksi untuk konversi skala dB ke skala dBA.

Tabel 2.1 Skala Koreksi Pembobotan-A

Frekuensi (Hz)	Skala Koreksi
125	-16
250	-8,6
500	-3,2
1000	0
2000	+1,2
4000	+1

2.3 Jenis-jenis Kebisingan

Kebisingan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis. Menurut Tambunan (2005), ada dua golongan besar untuk kebisingan di tempat kerja yaitu:

1. Kebisingan tetap (*steady noise*), dibagi lagi menjadi dua golongan yaitu:
   a. Kebisingan dengan frekuensi yang terputus-putus (*discrete frequency noise*), dimana kebisingan tersebut berupa nada-nada murni pada frekuensi yang beragam seperti bising mesin, kipas, dan sebagainya.
   b. *Broad band noise,* dimana bising ini terjadi pada frekuensi yang lebih bervariasi (bukan nada murni).
2. Kebisingan tidak tetap (*unsteady noise*), dibagi lagi menjadi dua golongan yaitu:
   a. Kebisingan fluktuatif (*fluctuating noise*), dimana kebisingan ini berubah-ubah selama rentang waktu tertentu.
   b. Kebisingan yang terputus-putus (*intermittent noise*), dimana selain terputus-putus juga besarnya berubah-ubah. Contoh kebisingan ini adalah kebisingan lalu lintas.
   c. Kebisingan impulsif (*impulsive noise*), dimana kebisingan ini dihasilkan oleh bunyi atau suara dengan intensitas yang tinggi dan dalam waktu yang relatif singkat. Contoh kebisingan ini adalah bunyi bom, ledakan, tembakan, dan sebagainya.

Adapula penggolongan kebisingan menurut Yanri yang dikutip oleh Srisantyorini (2002) berdasarkan pengaruhnya terhadap tenaga kerja adalah:

1. Bising yang mengganggu (*irritating noise*) adalah bising dengan intensitas yang tidak terlalu tinggi seperti suara dengkuran manusia.
2. Bising yang menutupi (*masking noise*) adalah bising yang menutupi pendengaran yang jelas.
3. Bising yang merusak (*damaging/injurious noise*) adalah bising yang intensitasnya melebihi NAB (Nilai Ambang

Batas) Kebisingan sehingga sangat berpotensi menurunkan atau merusak pendengaran manusia.

2.4 Pengendalian Kebisingan

Secara umum pengendalian bising dilakukan pada tiga sector yaitu:

1. Pengendalian pada sumber bising, adalah upaya pengendalian agar tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh sumber dapat berkurang.
2. Pengendalian pada medium, adalah upaya pengendalian pada medium perambatan/propagansinya. Ada dua jenis propagansi bising yaitu propagansi melalui struktur bangunan (*structure borne noise*) dan melalui udara (*airbone noise*).
3. Pengendalian pada penerima, adalah upaya pengendalian pada penerima (manusia) yang terkena paparan bising (*noise exposure*) dengan intensitas tinggi dan dalam jangka waktu yang relatif lama.

Adapun prinsip pengendalian kebisingan di tempat kerja menurut Pramudianto yang dikutip oleh Babba (2007) terdiri dari:

1. Pengendalian secara teknis, dimana dapat dilakukan pada sumber bising, media yang dilalui oleh bising, atau jarak antara sumber bising terhadap pekerja. Untuk pengendalian yang efektif dapat dilakukan pada sumber bising, dan hendaknya pada sumber bising tertinggi. Pengendalian ini dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:
    a. Membuat desain ulang untuk mengurangi kecepatan atau bagian dari mesin yang bergerak dan mengganti komponen atau alat yang rusak dengan yang baru.
    b. Melakukan perawatan dan perbaikan yang rutin terhadap komponen atau alat yang menimbulkan bising, serta memberi pelumas pada semua bagian yang bergerak.
    c. Membuat *barrier/*penghalang, menutup mesin-mesin, dan mengisolasi mesin atau alat dengan menjauhkan sumber dari penerima/pekerja.

d. Memberi atau menambah sekat berbahan absorber pada ruang kerja.
e. Memberi bantalan karet untuk mengurangi getaran dari mesin.

2. Pengendalian secara administratif, meliputi rotasi kerja para pekerja yang terpapar oleh kebisingan dengan intensitas tinggi ke tempat atau bagian lain yang intensitas bunyinya lebih rendah untuk melindungi pendengaran pekerja tersebut.
3. Pemakaian alat pelindung telinga, dimana pengendalian ini bergantung pada pemilihan alat pelindung yang tepat. Berikut ini adalah jenis-jenis alat pelindung telinga (APT):
   a. Sumbat telinga (*ear plugs*), dimana pemakaiannya adalah dengan memasukannya ke dalam telinga sehingga suara atau bunyi tidak akan mencapai membran timpani. Sumbat telinga ini mampu mengurangi bising hingga 30 dB.
   b. Tutup telinga (*ear muff*), dimana pemakaiannya akan menutupi seluruh telinga bagian luar. Alat ini mampu mengurangi bising hingga 40 dB.
   c. Helmet (*enclosure*), dimana pemakaiannya akan menutupi seluruh kepala. Alat ini mampu mengurangi bising hingga 35 dB.

2.5 Pengaruh Kebisingan Terhadap Kesehatan Tenaga Kerja

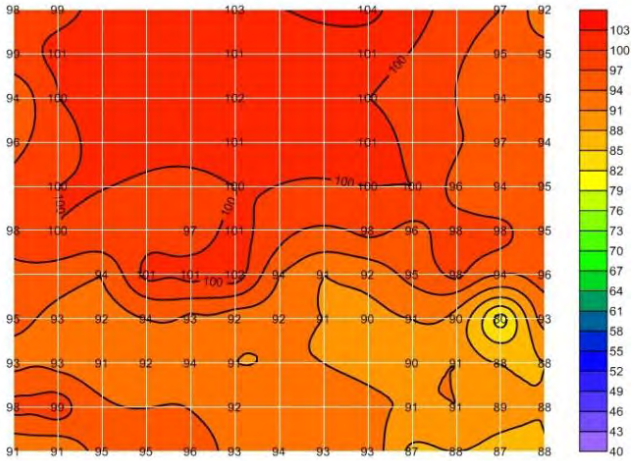
Bising yang didefinisikan sebagai bunyi atau suara yang tidak dikehendaki tentunya dapat menyebabkan berbagai macam gangguan. Berikut ini adalah gangguan-gangguan yang diakibatkan bising menurut Roestam (2004):

1. Gangguan fisiologis. Pada umumnya, bising bernada tinggi sangat mengganggu, apalagi bila terputus-putus atau yang datangnya tiba-tiba. Gangguan ini dapat berupa peningkatan tekanan darah (mmHg), peningkatan nadi, konstraksi pembuluh darah perifer terutama pada tangan dan kaki, serta dapat menyebabkan pucat dan gangguan sensoris.

2. Gangguan psikologis. Gangguan psikologis dapat berupa rasa tidak nyaman, kurang konsentrasi, susah tidur, cepat marah. Bila kebisingan diterima dalam waktu yang lama dapat menyebabkan penyakit psikosomatik berupa gastritis, *stress*, kelelahan, dan lain-lain.
3. Gangguan komunikasi. Gangguan komunikasi biasanya disebabkan *masking effect* (bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas) atau gangguan kejelasan suara. Komunikasi pembicaraan harus dilakukan dengan cara berteriak. Gangguan ini bisa menyebabkan terganggunya pekerjaan, sampai pada kemungkinan terjadinya kesalahan karena tidak mendengar isyarat atau tanda bahaya; gangguan komunikasi ini secara tidak langsung membahayakan keselamatan tenaga kerja.
4. Gangguan keseimbangan. Bising yang sangat tinggi dapat menyebabkan kesan berjalan di ruang angkasa atau melayang, yang dapat menimbulkan gangguan fisiologis berupa kepala pusing/vertigo dan bahkan mual-mual.
5. Efek pada pendengaran. Efek pada pendengaran adalah gangguan paling serius karena dapat menyebabkan ketulian. Ketulian bersifat progresif. Pada awalnya bersifat sementara dan akan segera pulih kembali bila menghindar dari sumber bising namun bila terus menerus bekerja di tempat bising, daya dengar akan hilang secara menetap dan tidak akan pulih kembali.

2.6 *Noise Mapping*

Noise mapping atau pemetaan kebisingan adalah suatu cara untuk menggambarkan distribusi tingkat kebisingan pada suatu area. Untuk membuat peta kebisingan ini, maka yang perlu diukur adalah intensitas bunyi atau tingkat kebisingan pada titik-titik pengukuran di sekitar sumber bising dimana terdapat pekerja yang terpapar kebisingan. Tingkat kebisingan per titik tersebut kemudian akan di-*plot* menggunakan *software* agar pola sebaran bunyinya dapat terlihat. *Software* yang umum digunakan untuk pemetaan kebisingan adalah *MatLab* dan *Surfer* 9.



Gambar 2.2 Pemetaan Kebisingan Industri Menggunakan *Software Surfer* 9

Adapun kegunaan pemetaan kebisingan dalam bidang industri adalah untuk dijadikan pedoman dalam mengambil langkah-langkah SMK3 (Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja) karena nantinya dapat diketahui titik manakah yang memiliki tingkat kebisingan tertinggi.

2.7 *Transmission Loss* (TL)

Transmission loss (TL) atau rugi transmisi menyatakan besarnya sebagian energi bunyi yang hilang karena gelombang bunyi melewati suatu penghalang (Hemond, 1983). Hilangnya energi bunyi tersebut karena ketika melewati suatu penghalang maka bunyi mengawali peristiwa refleksi, absorbsi, dan transmisi.

Transmission loss sangat berkaitan dengan *Noise Reduction* (NR) atau reduksi bising dimana *noise reduction* adalah selisih tingkat tekanan bunyi antara ruang sumber bunyi dan ruang penerima. Berikut ini adalah persamaan untuk *noise reduction*:

$$NR = Lp_1 - Lp_2 \qquad (2.1)$$

dengan
N = Reduksi bunyi oleh bidang partisi (dB)
Lp_1 = Tingkat kebisingan di ruang sumber bunyi (dB)
Lp_2 = Tingkat kebisingan di ruang penerima (dB)
Jika persamaan tersebut dikaitkan dengan *transmission loss* maka akan menjadi seperti berikut:

$$NR = TL - 10\,log\left(0{,}25 + \frac{S_w}{R_2}\right) \quad (2.2)$$

sehingga akan diperoleh persamaan TL menjadi:

$$TL = NR + 10\log\left[0{,}25 + \left(\frac{S_w}{R_2}\right)\right] \quad (2.3)$$

dengan
TL = Rugi transmisi (dB)
NR = Reduksi bunyi oleh dinding (dB)
Sw = Luas bidang partisi (m^2)
R_2 = Konstanta ruang (m^2)

Dalam Persamaan 2.3 terdapat variabel S_w dan R_2. S_w menyatakan luas bidang partisi antara ruang sumber bunyi dan ruang penerima, sedangkan R_2 menyatakan konstanta ruang. Untuk nilai konstanta ruang dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$R_2 = \frac{S\,\bar{\alpha}}{1-\bar{\alpha}} \quad (2.4)$$

dengan S adalah luas permukaan ruang (m_2) dan $\bar{\alpha}$ adalah koefisien absorbsi rata-rata ruang.

Umumnya bunyi pada suatu ruangan akan diserap oleh berbagai macam permukaan sehingga koefisien absorbsi rata-rata dinyatakan dengan:

$$\bar{\alpha} = \frac{S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + S_3\alpha_3 + \cdots + S_n\alpha_n}{S_1 + S_2 + S_3 + \cdots + S_n} \quad (2.5)$$

dengan
S_1 = Luas permukaan dengan koefisien absorpsi bunyi α_1
S_2 = Luas permukaan dengan koefisien absorpsi bunyi α_2
S_3 = Luas permukaan dengan koefisien absorpsi bunyi α_3
S_n = Luas permukaan dengan koefisien absorpsi bunyi α_n

Selain berkaitan dengan NR, persamaan TL ada juga yang tergantung dari frekuensi bunyi seperti persamaan berikut:

$$TL = (20 \log f) + (20 \log W) - C \quad (2.6)$$

dengan

TL = Rugi transmisi (dB)

f = Frekuensi bunyi (Hz)

W = Kerapatan permukaan bahan (kg/m^2/cm tebal)

C = 47 jika W dalam kg/m^2/cm

serta persamaan TL untuk bidang partisi berbahan komposit yang berhubungan dengan koefisien transmisi bahan seperti persamaan berikut ini:

$$TL = 10\ log \frac{1}{\bar{\tau}} \quad (2.7)$$

dengan

TL = Rugi transmisi (dB)

$\bar{\tau}$ = Koefisien transmisi rata-rata

Nilai koefisien transmisi rata-rata dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{\tau} = \frac{S_1\tau_1 + S_2\tau_2 + S_3\tau_3 + \cdots + S_n\tau_n}{S_1 + S_2 + S_3 + \cdots + S_n} \quad (2.8)$$

dengan

S_1 = Luas permukaan dengan koefisien absorpsi bunyi τ_1

S_2 = Luas permukaan dengan koefisien absorpsi bunyi τ_2

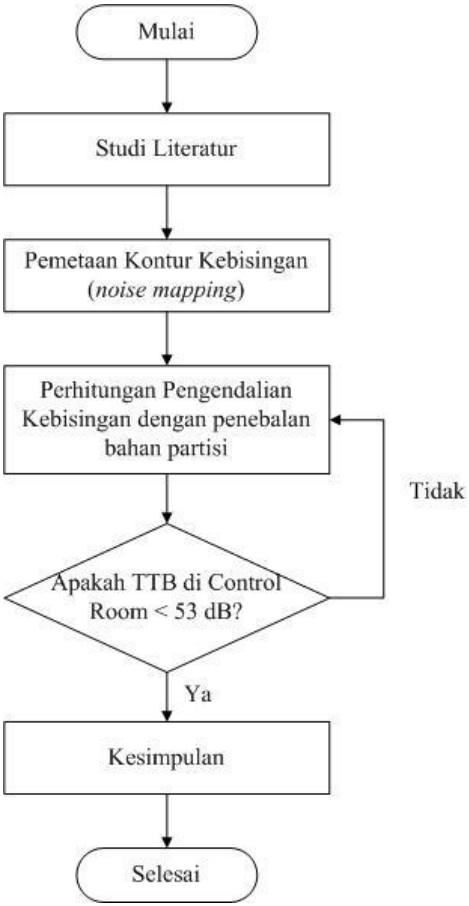
S_3 = Luas permukaan dengan koefisien absorpsi bunyi τ_3

S_n = Luas permukaan dengan koefisien absorpsi bunyi τ_n

(halaman ini memang dikosongkan)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metode yang digunakan dalam penelitian ini hingga akhirnya mendapatkan hasil ketebalan bahan pada bidang partisi sesuai dengan tingkat kebisingan yang diinginkan di dalam ruang operator. Alur pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alur berikut.

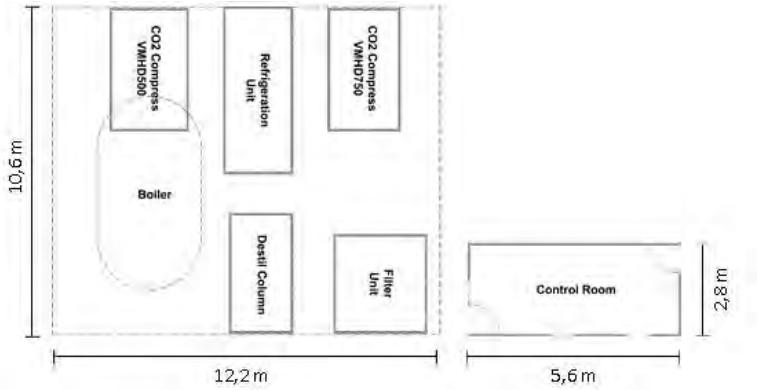


Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.1 Objek Penelitian

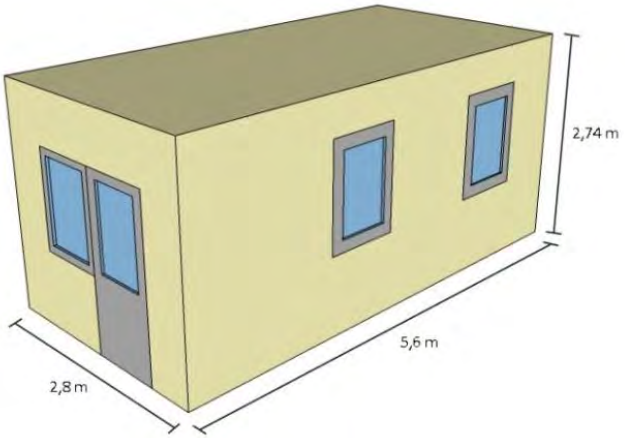
Ruangan yang dijadikan objek penelitian ini adalah ruang operator yang berlokasi di *plant* II CO_2 pada Pabrik I PT. Petrokimia Gresik. Ruang operator dengan *plant* berada dalam satu area dimana pintu ruangan tersebut berhadapan langsung dengan *plant*. Dalam penelitian ini, *plant* disebut sebagai sumber bunyi/bising dan ruang operator sebagai penerima bunyi.

Gambar 3.2 Lokasi Ruang Operator dan *Plant* II CO_2 pada Pabrik I PT. Petrokimia Gresik



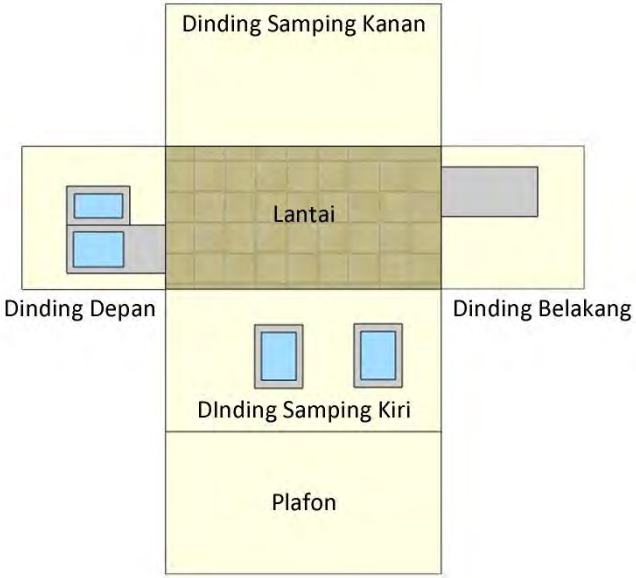
Gambar 3.3 Denah *Plant* II CO2 dan Ruang Operator

Ruangan ini memiliki dimensi 2,8×5,6×2,74 meter seperti yang tergambar pada ilustrasi ruang operator berikut ini.



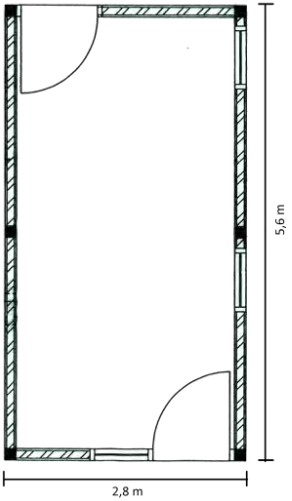
Gambar 3.4 Ilustrasi Ruang Operator di *Plant* II CO_2

Ilustrasi tersebut apabila digambarkan penampangnya akan nampak seperti pada Gambar 3.5 di bawah ini.



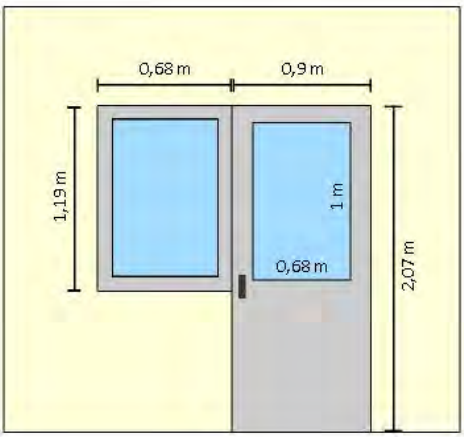
Gambar 3.5 Penampang Ruang Operator

Sedangkan berikut ini adalah denah dari ruang operator.



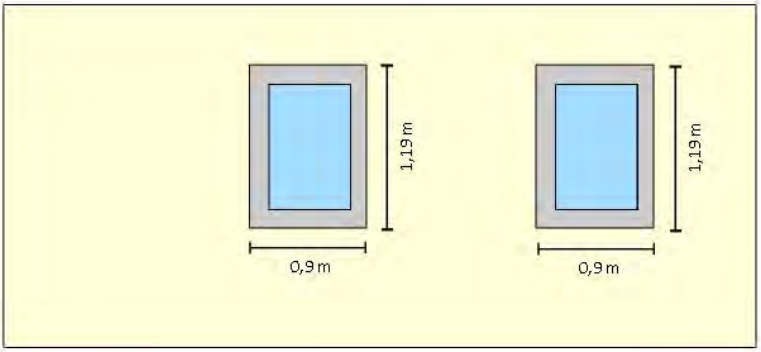
Gambar 3.6 Denah Ruang Operator di *Plant* II CO_2

Dinding ruang operator ini terbuat dari batu bata yang dicat. Pada bagian depan ruangan terdapat satu pintu depan dan satu jendela depan. Pintu depan tersebut terbuat dari kayu (*solid wood*) dengan kaca (*glass*) pada bagian atasnya.



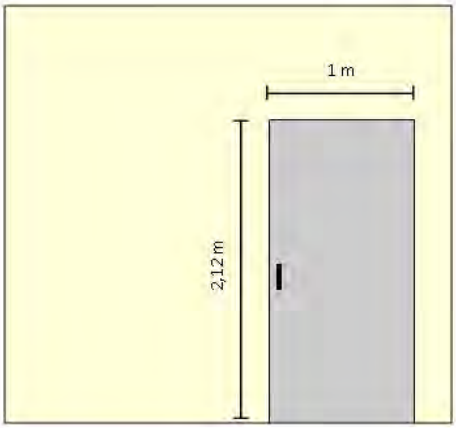
Gambar 3.7 Ruang Operator Tampak Depan

Pada bagian samping kanan ruangan terdapat dua jendela dengan ukuran yang sedikit lebih besar dari jendela depan. Bagian samping kiri ruangan hanya terdiri atas dinding saja.



Gambar 3.8 Ruang Operator Tampak Samping

Sedangkan pada bagian belakang ruangan hanya ada satu pintu belakang yang terbuat dari kayu saja (tanpa ada kaca).

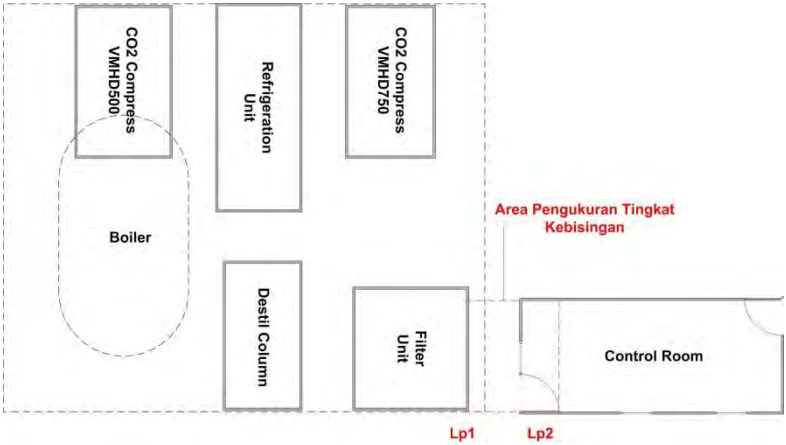


Gambar 3.9 Ruang Operator Tampak Belakang

Langit-langit atau plafon ruangan ini terbuat dari bahan beton halus yang dicat. Sedangkan lantainya terlapisi oleh tegel keramik.

3.2 Pengukuran Tingkat Kebisingan

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) di area *plant* sebagai sumber bising (Lp_1) dan di dalam ruang operator sebagai penerima bunyi (Lp_2) seperti yang terlihat di Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Titik Pengukuran untuk Lp_1 dan Lp_2

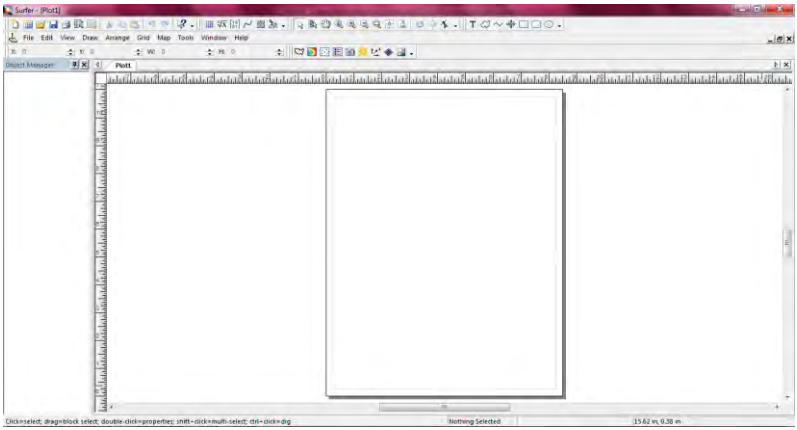
Nilai Lp_1 dan Lp_2 nantinya akan digunakan untuk memperoleh nilai *Noise Reduction* (NR). Pengukuran dilakukan menggunakan *Sound Level Meter* Dekko SL-130 dalam skala dBA.

3.3 Pemetaan Kebisingan

Langkah selanjutnya adalah pemetaan kebisingan di dalam ruang operator. Pemetaan kebisingan ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana kontur kebisingan di bidang partisi dibandingkan titik-titik ukur lainnya.

Pemetaan kebisingan dilakukan dengan titik ukur 1×1 meter. Pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) dilakukan menggunakan *Sound Level Meter* Dekko SL-130 dalam skala dBA. Pengambilan data kebisingan ini dilakukan dengan frekuensi 1 oktaf, yaitu: 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz.

Setelah mendapatkan data pada semua titik, langkah selanjutnya adalah mengonversi nilai TTB tersebut dari skala dBA ke dB. Konversi ini diperlukan karena satuan yang digunakan olehi *Transmission Loss* (TL) adalah decibel (dB). Selanjutnya adalah membuat kontur kebisingannya menggunakan *software Surfer 9*, baik untuk skala dBA maupun dB.



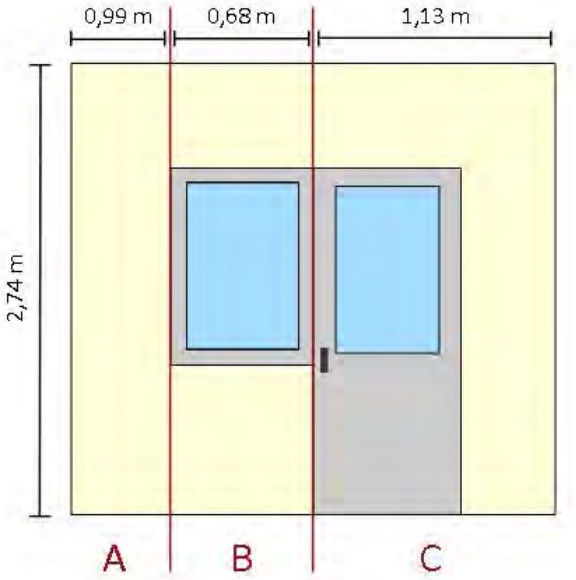
Gambar 3.11 *Surfer 9*

3.4 Pengendalian Kebisingan dengan Penebalan Bahan pada Bidang Partisi

Ada beberapa tahap setelah pemetaan kebisingan selesai dilakukan, yaitu:

1. Penentuan Titik Transmisi pada Dinding

Dinding bagian depan ruang operator merupakan dinding partisi antara sumber bising (*plant*) dan penerima (ruang operator). Untuk dapat menganalisis transmisi bunyi, maka dinding tersebut diasumsikan menjadi 3 bidang seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.12 Asumsi Bidang Partisi

Keterangan:
A = Mewakili dinding
B = Mewakili jendela
C = Mewakili pintu

2. Perhitungan *Noise Reduction* (NR)

Noise Reduction (NR) adalah reduksi bunyi oleh dinding pemisah dan dinyatakan dalam satuan dB. NR dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$NR = Lp_1 - Lp_2 \quad (3.1)$$

dimana
NR = Reduksi bunyi oleh dinding partisi (dB)
Lp_1 = Tingkat tekanan bunyi pada daerah sumber bunyi (dB)
Lp_2 = Tingkat tekanan bunyi pada daerah penerima bunyi (dB)

Sumber bunyi dalam hal ini adalah kebisingan dari *plant*, sedangkan penerima bunyi adalah para pekerja yang berada di dalam ruang operator.

Ada dua kondisi untuk nilai NR yang akan digunakan hingga nilai TL diperoleh serta ketebalan bahan bidang partisi juga telah diketahui. Yang pertama adalah nilai NR dengan Lp_2 sesuai hasil pengukuran diasumsikan sebagai Kondisi A, sedangkan yang kedua adalah nilai NR dengan Lp_2 = 52 dB (tingkat tekanan bunyi yang diinginkan) diasumsikan sebagai Kondisi B.

3. Perhitungan Luas Permukaan Ruangan (S)

Nilai S diperoleh dengan menjumlahkan luas seluruh permukaan ruangan dari bahan-bahan yang terdapat pada ruangan tersebut. Luas yang perlu dihitung adalah luas bidang yang berbahan batu bata (S_1), kaca (S_2), kayu (S_3), keramik (S_4), dan beton (S_5) dengan persamaan sebagai berikut:

- Luas Batu Bata

$$S_1 = [(2(p \times t)) - (S_{PB} + S_{KPB} + S_{JD} + S_{PB})] + [(2(l \times t)) - (2 \times S_{JS})] \quad (3.1)$$

- Luas Kaca

$$S_2 = S_{KPD} + S_{JD} + (2 \times S_{JS}) \quad (3.2)$$

- Luas Kayu

$$S_3 = S_{PD} + S_{PB} \quad (3.3)$$

- Luas Keramik

$$S_4 = p \times l \quad (3.4)$$

- Luas Beton

$$S_5 = p \times l \quad (3.5)$$

dengan

S_{PD} = Luas pintu depan (m^2)
S_{KPD} = Luas kaca pintu depan (m^2)
S_{JD} = Luas jendela depan (m^2)
S_{PB} = Luas pintu belakang (m^2)
S_{JS} = Luas jendela samping (m^2)

Dengan menjumlahkan luas-luas tersebut maka akan diperoleh persamaan luas permukaan ruangan seperti berikut:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 \quad (3.6)$$

4. Perhitungan Koefisien Absorbsi Rata-rata ($\bar{\alpha}$)

Pada umumnya bunyi di dalam suatu ruangan akan diabsorbsi oleh berbagai macam permukaan sehingga perlu

dihitung koefisien absorbsi rata-ratanya menggunakan persamaan berikut.

$$\bar{\alpha} = \frac{S_1\alpha_1+S_2\alpha_2+S_3\alpha_3+S_4\alpha_4+S_5\alpha_5}{S_1+S_2+S_3+S_4+S_5} \quad (3.7)$$

dengan

$\bar{\alpha}$ = Koefisien absorbsi rata-rata pada ruang operator
S_1 = Luas batu bata (m^2)
α_1 = Koefisien absorbsi dari batu bata/*brick painted*
S_2 = Luas kaca (m^2)
α_2 = Koefisien absorbsi dari kaca/*glass*
S_3 = Luas kayu (m^2)
α_3 = Koefisien absorbsi dari kayu/*solid wood*
S_4 = Luas lantai (m^2)
α_4 = Koefisien absorbsi dari tegel keramik
S_5 = Luas plafon (m^2)
α_5 = Koefisien absorbsi dari beton halus yang dicat

Nilai koefisien absorbsi rata-rata tersebut dihitung per frekuensi dalam 1 oktaf yaitu: 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz.

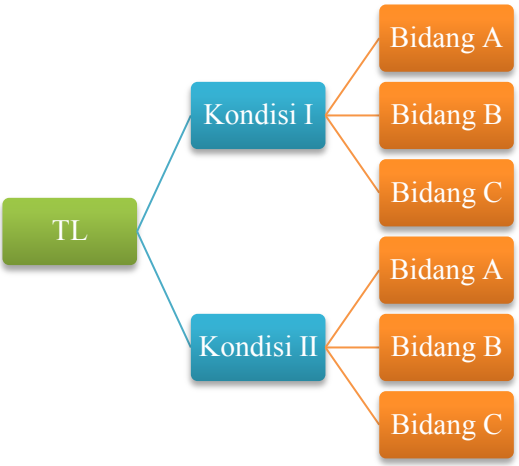
5. Perhitungan Transmission Loss (TL)

Rugi transmisi dinding atau *transmission loss* dihitung untuk mengetahui seberapa besar suatu dinding partisi mampu mengurangi energi bunyi yang melaluinya. Persamaannya adalah sebagai berikut.

$$TL = NR + 10\log\left[0{,}25 + \left(\frac{S_w}{R_2}\right)\right] \quad (3.8)$$

dengan

TL = Rugi transmisi (dB)
NR = Reduksi bunyi oleh dinding (dB)
S_w = Luas bidang partisi (m^2)
R_2 = Konstanta ruang (m^2)



Gambar 3.13 Asumsi dalam Perhitungan Nilai TL

Seperti halnya NR, nilai TL dihitung pula dalam dua kondisi yang sama dengan NR yaitu kondisi I dan kondisi II. Selain itu nilai TL juga dihitung pada masing-masing asumsi bidang partisi (bidang A, B, dan C) dan luas (S_w) masing-masing bidang tersebut.

Untuk nilai konstanta ruang dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut.

$$R_2 = \frac{S\,\bar{\alpha}}{1-\bar{\alpha}} \qquad (3.9)$$

Nilai TL ini dihitung per frekuensi dalam 1 oktaf, demikian juga dengan nilai konstanta ruang.

6. Perhitungan *Transmission Loss* (TL) Bahan Komposit

Dikarenakan bahan-bahan pada partisi merupakan bahan komposit, maka perlu dihitung pula nilai TL untuk bahan komposit menggunakan persamaan berikut.

$$TL = 10\ log\frac{1}{\bar{\tau}} \qquad (3.10)$$

dengan

TL = Rugi transmisi (dB)

$\bar{\tau}$ = Koefisien transmisi rata-rata

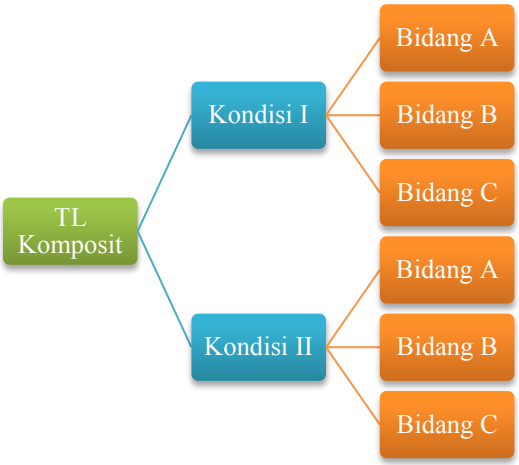
dimana nilai koefisien transmisi dapat diperoleh dari persamaan berikut.

$$\tau = 10^{-\frac{TL}{10}} \qquad (3.10)$$

Sedangkan untuk menghitung nilai koefisien transmisi rata-rata menggunakan persamaan:

$$\bar{\tau} = \frac{S_{w_1}\tau_1 + S_{w_2}\tau_2 + S_{w_3}\tau_3}{S_{w_1} + S_{w_2} + S_{w_3}} \qquad (3.11)$$

Nilai TL Persamaan 3.10 menggunakan hasil dari Persamaan 3.8. Perhitungan TL bahan komposit juga dihitung per frekuensi dalam 1 oktaf, demikian juga untuk nilai koefisien transmisi rata-rata.Selain itu perhitungan tersebut digunakan untuk masing-masing bidang partisi dengan dua kondisi (kondisi I dan II), seperti halnya dengan perhitungan TL sebelumnya.



Gambar 3.14 Asumsi dalam Perhitungan Nilai TL Bahan Komposit

7. Perhitungan Kerapatan Permukaan Bahan (W)

Untuk mendapatkan nilai kerapatan permukaan bahan (W), persamaannya diperoleh dari persamaan TL berikut.

$$TL = (20\log f) + (20\log W) - C \qquad (3.12)$$

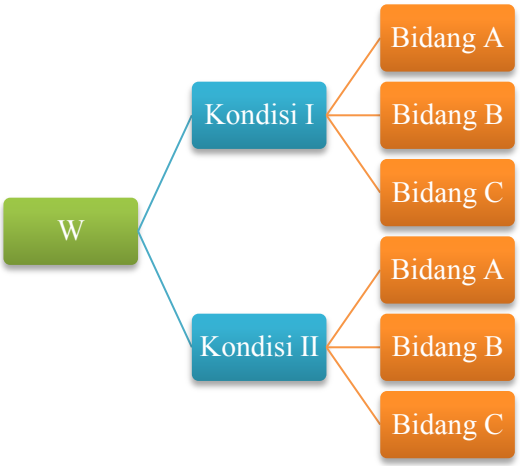
sehingga persamaan W menjadi:

$$W = \frac{10^{\left(\frac{TL+C}{20}\right)}}{f} \qquad (3.13)$$

dengan

W = Kerapatan permukaan bahan (kg/m^2/cm tebal)
TL = Rugi transmisi (dB)
C = 47 jika W dalam kg/m^2/cm
f = Frekuensi bunyi (Hz)

Nilai W juga dihitung per frekuensi dalam 1 oktaf serta dalam dua kondisi (kondisi I dan II) juga seperti perhitungan TL. Untuk nilai TL yang digunakan dalam Persamaan 3.13 adalah nilai TL bahan komposit.



Gambar 3.15 Asumsi dalam Perhitungan Nilai W

Setiap bahan telah memiliki nilai W masing-masing seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Nilai W untuk Masing-masing Bahan Bidang Partisi

Bahan	**$W_{referensi}$ (kg/m^2/cm tebal)**
Batu bata	19-23
Kaca	29
Kayu	4-8

Dengan mengetahui nilai $W_{referensi}$ tersebut, maka untuk nilai $W_{sesungguhnya}$ pada masing-masing bahan diperoleh dengan:

$$W_{sesungguhnya} = Tebal\ bahan \times W_{referensi} \quad (3.14)$$

Selanjutnya ketebalan masing-masing bahan per frekuensi diperoleh dengan:

$$Tebal\ bahan = \frac{(W_{sesungguhnya} - W_{Kondisi\ A}) + W_{Kondisi\ B}}{W_{Referensi\ yang\ dipakai}} \quad (3.15)$$

dimana $W_{referensi\ yang\ dipakai}$ adalah angka yang dipilih dari Tabel 3.1. Dengan demikian ketebalan rancangan dari bahan bidang partisi akan diperoleh.

8. Kondisi Kebisingan di Ruang Operator Setelah Perhitungan Perancangan Ketebalan Bahan Bidang Partisi

Dengan diperolehnya ketebalan rancangan dari bahan bidang partisi, tentu tingkat kebisingan di masing-masing titik partisi akan berkurang. Untuk mengetahui tingkat kebisingan setelah penebalan bidang partisi maka perlu dilakukan:

- Penentuan ketebalan bahan untuk masing-masing bahan bidang partisi.
- Perhitungan nilai TL dengan nilai W dan f. Nilai W diperoleh dari perkalian antara tebal tambahan bahan dengan $W_{referensi\ yang\ dipakai}$.
- Perhitungan nilai Lp_2 dari persamaan NR. Satuan tersebut masih dalam dB yang selanjutnya dikonversi ke dalam dBA.

Keseluruhan tahap tersebut dilakukan pada masing-masing bahan bidang partisi dan per frekuensi.

BAB IV
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

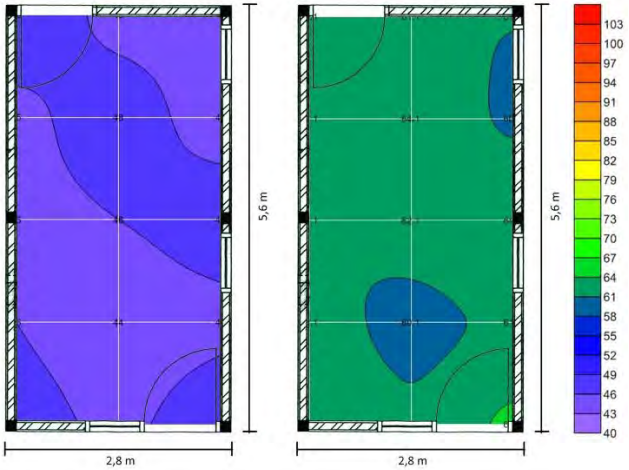
Pada bab ini akan dipaparkan hasil pemetaan kebisingan pada ruang operator di *plant* II CO_2 PT. Petrokimia Gresik serta hasil-hasil perhitungan untuk mendapatkan ketebalan bahan partisi agar Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) di ruangan tersebut menjadi sebesar 53 dB.

4.1.1 Hasil Pemetaan Kebisingan di Ruang Operator

Pemetaan kebisingan telah dilakukan pada masing-masing frekuensi (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz) dalam skala dBA dan dB.

- **Frekuensi 125 Hz**

Berikut ini adalah peta kontur kebisingan pada frekuensi 125 Hz dalam skala dBA dan dB.



(a) (b)

Gambar 4.1 Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 125 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB

Dan pada tabel di bawah ini menampilkan nilai TTB pada masing-masing titik ukur.

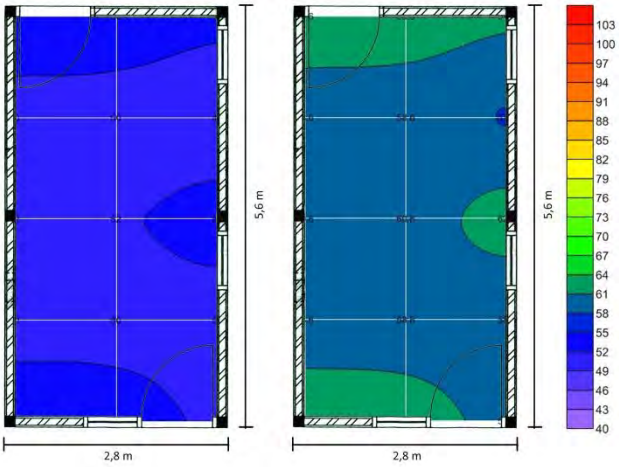
Tabel 4.1 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 125 Hz

	(dBA)				(dB)		
	A	**B**	**C**		**A**	**B**	**C**
1	48	45	49	**1**	64.1	61.1	65.1
2	46	44	45	**2**	62.1	60.1	61.1
3	45	46	48	**3**	61.1	62.1	64.1
4	45	48	44	**4**	61.1	64.1	60.1
5	48	45	45	**5**	64.1	61.1	61.1

Kontur kebisingan skala dBA, kebisingan tertinggi ditunjukkan dengan warna ungu tua yang berada pada area pintu belakang, satu jendela samping, dinding depan, serta pintu depan. Sedangkan pada kontur kebisingan skala dB, kebisingannya hampir merata pada seluruh ruangan yang ditunjukkan oleh warna hijau. Namun ada bising tertinggi di pintu depan yang ditunjukkan oleh warna hijau muda.

- **Frekuensi 250 Hz**

Berikut ini adalah peta kontur kebisingan pada frekuensi 250 Hz dalam skala dBA dan dB.



(a) (b)

Gambar 4.2 Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 250 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB

Dan pada tabel di bawah ini menampilkan nilai TTB pada masing-masing titik ukur.

Tabel 4.2 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 250 Hz

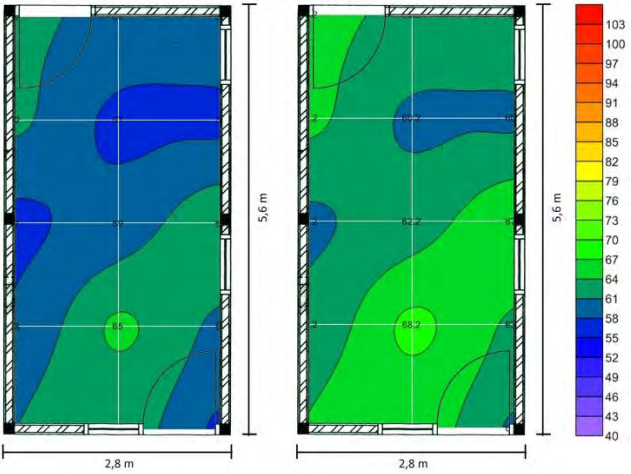
(dBA)				(dB)			
	A	**B**	**C**		**A**	**B**	**C**
1	55	55	51	**1**	63.6	63.6	59.6
2	50	50	50	**2**	58.6	58.6	59.6
3	52	52	54	**3**	60.6	60.6	62.6
4	50	50	49	**4**	58.6	58.6	57.6
5	55	55	53	**5**	63.6	63.6	61.6

Kontur kebisingan baik pada skala dBA maupun dB hampir sama, hanya saja skala warna keduanya yang berbeda. Pada skala dBA, warna biru muda mendominasi kontur kebisingan dimana warna tersebut menunjukkan tingkat kebisingan yang tinggi. Sedangkan pada skala dB menunjukkan sebaliknya dimana tingkat kebisingan tertinggi hanya pada bagian belakang ruangan,

jendela samping, serta bagian depan ruangan yang ditunjukkan dengan warna kontur hijau.

- **Frekuensi 500 Hz**

Berikut ini adalah peta kontur kebisingan pada frekuensi 500 Hz dalam skala dBA dan dB.



(a) (b)

Gambar 4.3 Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 500 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB

Dan pada tabel di bawah ini menampilkan nilai TTB pada masing-masing titik ukur.

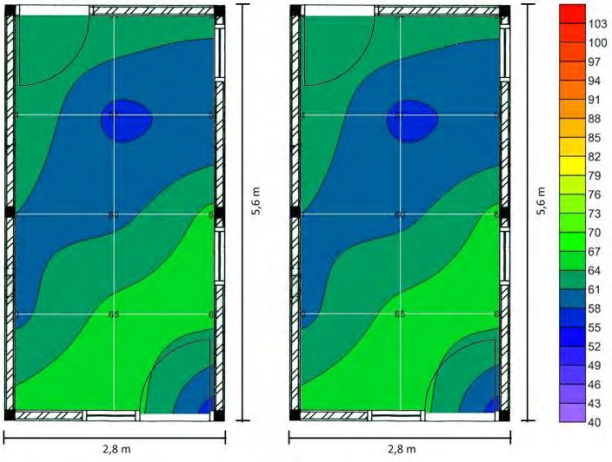
Tabel 4.3 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 500 Hz

(dBA)				(dB)			
	A	**B**	**C**		**A**	**B**	**C**
1	61	63	57	**1**	64.2	66.2	60.2
2	58	65	60	**2**	61.2	68.2	63.2
3	57	59	64	**3**	60.2	62.2	67.2
4	62	57	57	**4**	65.2	60.2	60.2
5	62	60	61	**5**	65.2	63.2	64.2

Kontur kebisingan baik skala dBA maupun dB memiliki pola yang sama, yaitu tingkat kebisingan tinggi pada pintu belakang, dinding depan, jendela depan, serta jendela samping.

- **Frekuensi 1000 Hz**

Berikut ini adalah peta kontur kebisingan pada frekuensi 1000 Hz dalam skala dBA dan dB.



(a) (b)

Gambar 4.4 Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 1000 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB

Dan pada tabel di bawah ini menampilkan nilai TTB pada masing-masing titik ukur.

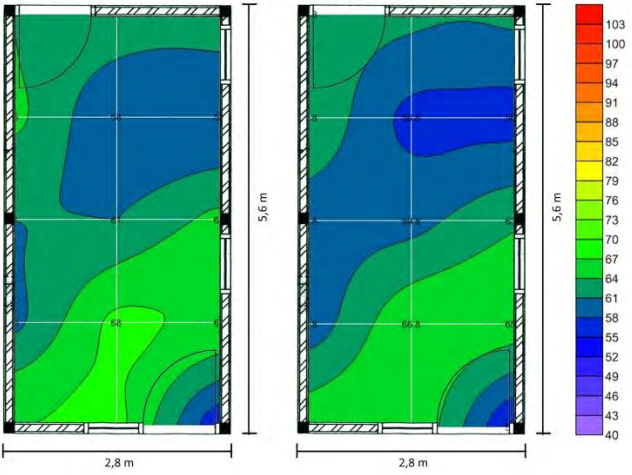
Tabel 4.4 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 1000 Hz

(dBA)				(dB)			
	A	**B**	**C**		**A**	**B**	**C**
1	65	67	56	**1**	65	67	56
2	60	65	65	**2**	60	65	65
3	61	60	65	**3**	61	60	65
4	64	57	58	**4**	64	57	58
5	64	64	62	**5**	64	64	62

Kontur kebisingan baik skala dBA maupun dB memiliki pola yang sama, yaitu tingkat kebisingan tinggi pada dinding depan, jendela depan, serta jendela samping.

- **Frekuensi 2000 Hz**

Berikut ini adalah peta kontur kebisingan pada frekuensi 2000 Hz dalam skala dBA dan dB.



(a) (b)

Gambar 4.5 Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 2000 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB

Dan pada tabel di bawah ini menampilkan nilai TTB pada masing-masing titik ukur.

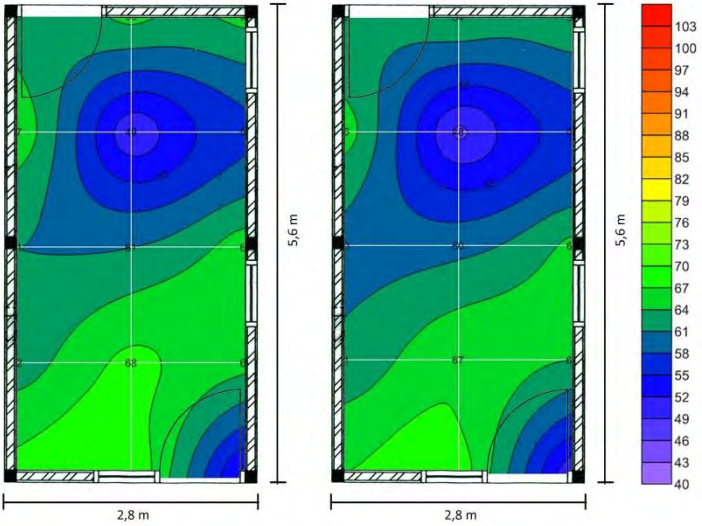
Tabel 4.5 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 2000 Hz

(dBA)				(dB)			
	A	**B**	**C**		**A**	**B**	**C**
1	67	68	55	**1**	65.8	66.8	53.8
2	60	68	67	**2**	58.8	66.8	65.8
3	61	61	65	**3**	59.8	59.8	63.8
4	65	58	58	**4**	63.8	56.8	56.8
5	64	63	63	**5**	62.8	61.8	61.8

Kontur kebisingan baik skala dBA maupun dB memiliki pola yang sama, yaitu tingkat kebisingan tinggi pada pintu belakang, dinding depan, jendela depan, serta jendela samping.

- **Frekuensi 4000 Hz**

Berikut ini adalah peta kontur kebisingan pada frekuensi 4000 Hz dalam skala dBA dan dB.



(a) (b)

Gambar 4.6 Kontur Kebisingan Ruang Operator pada Frekuensi 4000 Hz dalam (a) skala dBA dan (b) skala dB

Dan pada tabel di bawah ini menampilkan nilai TTB pada masing-masing titik ukur.

Tabel 4.6 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi per Titik Ukur pada Frekuensi 4000 Hz

(dBA)				(dB)			
	A	**B**	**C**		**A**	**B**	**C**
1	68	70	50	**1**	67	69	49
2	62	68	65	**2**	61	67	64
3	61	61	66	**3**	60	60	65
4	67	49	57	**4**	66	48	56
5	63	65	65	**5**	62	64	64

Kontur kebisingan baik skala dBA maupun dB memiliki pola yang sama, yaitu tingkat kebisingan tinggi pada pintu belakang, dinding depan, jendela depan, serta jendela samping.

4.1.2 Hasil Perhitungan Luas Permukaan Ruangan (S)

Luas permukaan ruangan yang dihitung adalah luas bidang yang berbahan batu bata (S_1), kaca (S_2), kayu (S_3), keramik (S_4), dan beton (S_5). Berikut ini adalah dimensi komponen ruang operator:

Tabel 4.7 Dimensi Komponen Ruang Operator

Nama	**Dimensi (m)**			**Luas (m^2)**
	p	***l***	***t***	
Ruang Operator	2.8	5.6	2.74	-
Pintu Depan	0.9	-	2.07	1.183
Kaca Pintu Depan	0.68	-	1	0.68
Jendela Depan	0.68	-	1.19	0.8092
Pintu Belakang	1	-	2.12	2.12
Jendela Samping	0.9	-	1.19	1.071
Lantai	2.8	5.6	-	15.68
Plafon	2.8	5.6	-	15.68

Dan hasil perhitungan luas dituliskan pada Tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8 Luas Bahan (S)

Nama Bahan	Luas (m^2)	
Batu bata	S_1	39.0978
Kaca	S_2	3.6312
Kayu	S_3	3.303
Keramik	S_4	15.68
Beton	S_5	15.68
	S	77.392

4.1.3 Hasil Perhitungan Koefisien Absorbsi Rata- rata ($\bar{\alpha}$)

Nilai koefisien absorbsi rata-rata membutuhkan nilai absorbsi (α) masing-masing material seperti yang dipaparkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Nilai Koefisien Absorbsi Material per Frekuensi

Material	Frekuensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Brick painted	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Glass	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Solid wood	0,1	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04
Keramik	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Beton halus dicat	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Dengan mengetahui nilai koefisien absorbsi masing-masing material, maka akan diperoleh nilai koefisien absorbsi rata-rata pada ruang operator seperti pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Nilai Koefisien Absorbsi Rata-rata Ruang Operator

Frekuensi (Hz)	$\bar{\alpha}$
125	0.04005187
250	0.03314115
500	0.03682789
1000	0.02132277
2000	0.02085358
4000	0.02590549

4.1.4 Hasil Perhitungan *Noise Reduction* (NR)

Ada dua kondisi dalam perhitungan NR ini, yaitu Kondisi I dan Kondisi II. Selain itu nilai NR juga dihitung per bidang partisi (bidang A, B, dan C).

Kondisi I

Pada Tabel 4.11 ditampilkan nilai NR untuk bidang A yang mewakili dinding batu bata.

Tabel 4.11 Nilai NR untuk Bidang A pada Kondisi I

Frek. (Hz)	Lp_1 (dB)	Lp_2 (dB)	NR (dB)
125	68.1	64.1	4
250	70.6	63.6	7
500	77.2	64.2	13
1000	77	65	12
2000	74	65.8	8.2
4000	74	67	7

Pada Tabel 4.12 ditampilkan nilai NR untuk bidang B yang mewakili kaca pada jendela depan ruang operator.

Tabel 4.12 Nilai NR untuk Bidang B pada Kondisi I

Frek. (Hz)	Lp_1 (dB)	Lp_2 (dB)	NR (dB)
125	67.1	61.1	6
250	67.6	63.6	4
500	75.2	66.2	9
1000	76	67	9
2000	74	66.8	7.2
4000	74	69	5

Pada Tabel 4.13 ditampilkan nilai NR untuk bidang C yang mewakili kayu pada pintu depan ruang operator.

Tabel 4.13 Nilai NR untuk Bidang C pada Kondisi I

Frek. (Hz)	Lp_1 (dB)	Lp_2 (dB)	NR (dB)
125	68.1	65.1	3
250	70.6	59.6	11
500	75.2	60.2	15
1000	74	56	18
2000	74	53.8	20.2
4000	73	49	24

Kondisi II

Pada Tabel 4.14 ditampilkan nilai NR untuk bidang A yang mewakili dinding batu bata.

Tabel 4.14 Nilai NR untuk Bidang A pada Kondisi II

Frek. (Hz)	Lp_1 (dB)	Lp_2 (dB)	NR (dB)
125	68.1	53	15.1
250	70.6	53	17.6
500	77.2	53	24.2
1000	77	53	24
2000	74	53	21
4000	74	53	21

Pada Tabel 4.15 ditampilkan nilai NR untuk bidang B yang mewakili kaca pada jendela depan ruang operator.

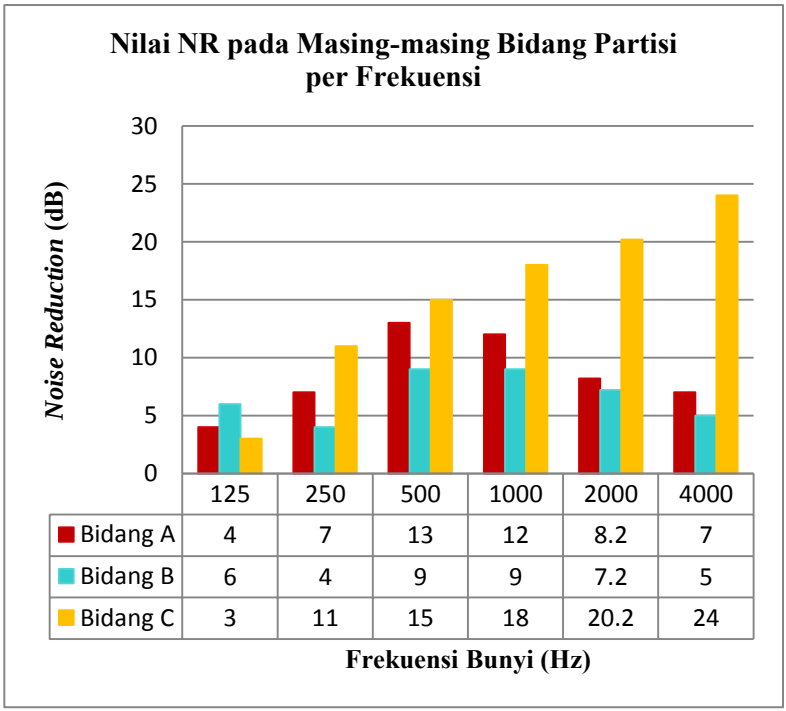
Tabel 4.15 Nilai NR untuk Bidang B pada Kondisi II

Frek. (Hz)	Lp_1 (dB)	Lp_2 (dB)	NR (dB)
125	67.1	53	14.1
250	67.6	53	14.6
500	75.2	53	22.2
1000	76	53	23
2000	74	53	21
4000	74	53	21

Pada Tabel 4.16 ditampilkan nilai NR untuk bidang C yang mewakili kayu pada pintu depan ruang operator.

Tabel 4.16 Nilai NR untuk Bidang C pada Kondisi II

Frek. (Hz)	Lp_1	Lp_2	NR
	(dB)		
125	67.1	53	14.1
250	67.6	53	14.6
500	75.2	53	22.2
1000	74	53	21
2000	74	53	21
4000	73	53	20



Grafik 4.1 Nilai NR pada Masing-masing Bidang Partisi per Frekuensi

4.1.5 Hasil Perhitungan *Transmission Loss* (TL)

Ada dua kondisi dalam perhitungan TL ini, yaitu Kondisi I dan Kondisi II. Selain itu nilai TL juga dihitung per bidang partisi (bidang A, B, dan C).

Kondisi A

Pada Tabel 4.17 ditampilkan nilai TL untuk bidang A yang mewakili dinding batu bata.

Tabel 4.17 Nilai TL untuk Bidang A pada Kondisi I

Frek. (Hz)	S_w (m^2)	R_2 (m^2)	TL (dB)
125	2.7126	3.229022371	4.374537924
250		2.652776053	8.046753502
500		2.959163755	13.66950969
1000		1.686165728	14.69218333
2000		1.648272374	10.97774913
4000		2.0581966	8.953321813

Pada Tabel 4.18 ditampilkan nilai TL untuk bidang B yang mewakili kaca pada jendela depan ruang operator.

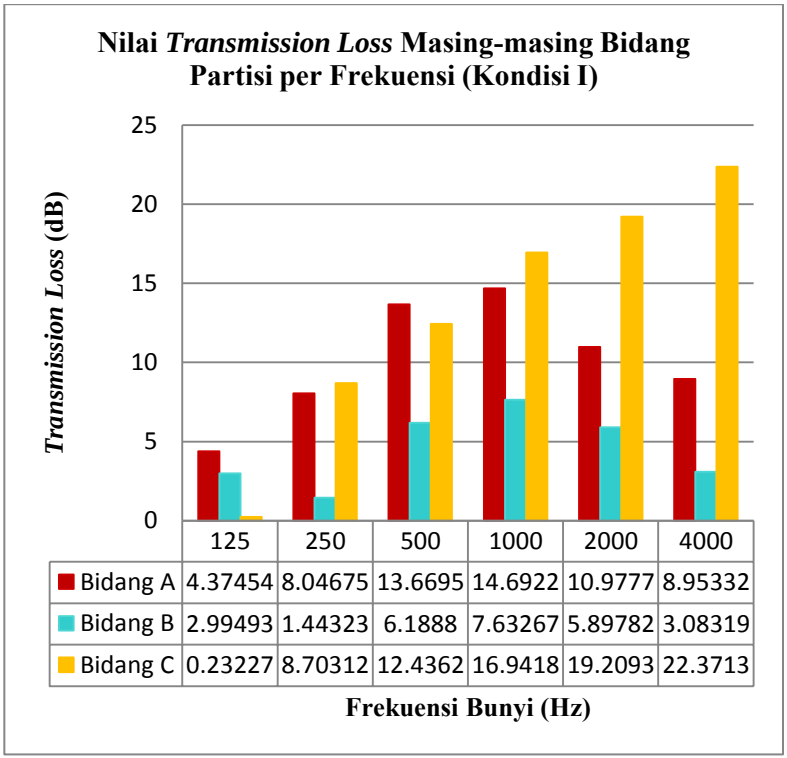
Tabel 4.18 Nilai TL untuk Bidang B pada Kondisi I

Frek. (Hz)	S_w (m^2)	R_2 (m^2)	TL (dB)
125	0.8092	3.229022371	2.994927243
250		2.652776053	1.443234545
500		2.959163755	6.188798783
1000		1.686165728	7.632665632
2000		1.648272374	5.897820313
4000		2.0581966	3.083188378

Pada Tabel 4.19 ditampilkan nilai TL untuk bidang C yang mewakili kayu pada pintu depan ruang operator.

Tabel 4.19 Nilai TL untuk Bidang C pada Kondisi I

Frek. (Hz)	S_w (m^2)	R_2 (m^2)	TL (dB)
125	0.9	3.229022371	0.232274902
250		2.652776053	8.703122946
500		2.959163755	12.43619483
1000		1.686165728	16.94180526
2000		1.648272374	19.20927395
4000		2.0581966	22.37131186



Grafik 4.2 Nilai *Transmission Loss* Masing-masing Bidang Partisi per Frekuensi untuk Kondisi I

Kondisi II

Pada Tabel 4.20 ditampilkan nilai TL untuk bidang A yang mewakili dinding batu bata.

Tabel 4.20 Nilai TL untuk Bidang A pada Kondisi II

Frek. (Hz)	S_w (m^2)	R_2 (m^2)	TL (dB)
125	2.7126	3.229022371	15.47453792
250		2.652776053	18.6467535
500		2.959163755	24.86950969
1000		1.686165728	26.69218333
2000		1.648272374	23.77774913
4000		2.0581966	22.95332181

Pada Tabel 4.21 ditampilkan nilai TL untuk bidang B yang mewakili kaca pada jendela depan ruang operator.

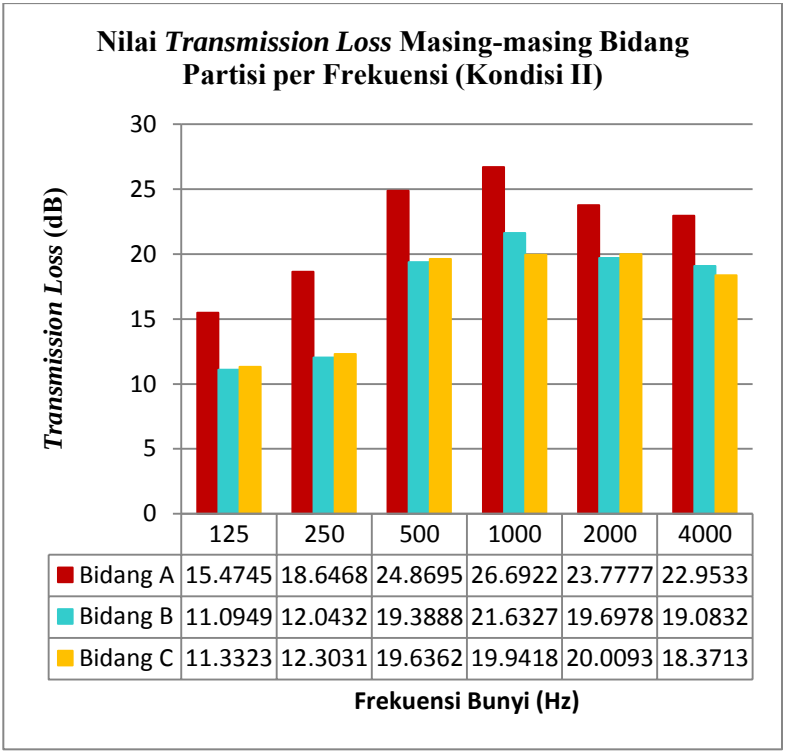
Tabel 4.21 Nilai TL untuk Bidang B pada Kondisi II

Frek. (Hz)	S_w (m^2)	R_2 (m^2)	TL (dB)
125	0.8092	3.229022371	11.09492724
250		2.652776053	12.04323454
500		2.959163755	19.38879878
1000		1.686165728	21.63266563
2000		1.648272374	19.69782031
4000		2.0581966	19.08318838

Pada Tabel 4.22 ditampilkan nilai TL untuk bidang C yang mewakili kayu pada pintu depan ruang operator.

Tabel 4.22 Nilai TL untuk Bidang C pada Kondisi II

Frek. (Hz)	S_w (m^2)	R_2 (m^2)	TL (dB)
125	0.9	3.229022371	11.3322749
250		2.652776053	12.30312295
500		2.959163755	19.63619483
1000		1.686165728	19.94180526
2000		1.648272374	20.00927395
4000		2.0581966	18.37131186



Grafik 4.3 Nilai *Transmission Loss* Masing-masing Bidang Partisi per Frekuensi untuk Kondisi II

4.1.6 Hasil Perhitungan Koefisien Transmisi Rata-rata ($\bar{\tau}$)

Ada dua kondisi dalam perhitungan $\bar{\tau}$ ini, yaitu Kondisi I dan Kondisi II. Selain itu nilai τ juga dihitung per bidang partisi (bidang A, B, dan C).

Kondisi I

Pada Tabel 4.23 ditampilkan nilai $\bar{\tau}$ untuk bidang A, B dan C.

Tabel 4.23 Nilai Koefisien Transmisi Rata-rata per Frekuensi untuk Kondisi I

Frek. (Hz)	$\bar{\tau}$			$\bar{\tau}$
	A	B	C	
125	0.501773	0.501772985	0.9479218	0.592580785
250	0.7172599	0.71725989	0.1347993	0.598707601
500	0.2405028	0.240502792	0.0570664	0.203166696
1000	0.1724779	0.172477892	0.0202218	0.141488138
2000	0.2571686	0.257168617	0.011997	0.207267116
4000	0.4916784	0.491678437	0.0057925	0.392782668

Kondisi II

Pada Tabel 4.24 ditampilkan nilai $\bar{\tau}$ untuk bidang A, B dan C.

Tabel 4.24 Nilai Koefisien Transmisi Rata-rata per Frekuensi untuk Kondisi II

Frek. (Hz)	$\bar{\tau}$			$\bar{\tau}$
	A	B	C	
125	0.0283496	0.077715434	0.0735822	0.046590137
250	0.013656	0.062470725	0.058842	0.031786265
500	0.0032587	0.011511187	0.0108738	0.006318897
1000	0.0021418	0.006866469	0.0101349	0.004633326
2000	0.0041901	0.010720572	0.0099787	0.006563384
4000	0.005066	0.012350404	0.0145502	0.008329467

4.1.7 Hasil Perhitungan *Transmission Loss* (TL) Bahan Komposit

Dikarenakan bidang partisi merupakan bahan komposit, maka perlu dihitung pula nilai TL bahan komposit.

Tabel 4.25 Nilai TL Bahan Komposit untuk Kondisi I dan II

Frek. (Hz)	TL Bahan Komposit (dB)	
	Kondisi I	Kondisi II
125	2.272524349	13.31706017
250	2.22785228	14.97760497
500	6.921474822	21.99358728
1000	8.492799695	23.34107161
2000	6.834695959	21.82872169
4000	4.05847684	20.79382787

4.1.8 Hasil Perhitungan W untuk Masing-masing Bahan Bidang Partisi

Perancangan masing-masing bahan bidang partisi berhubungan dengan tebal dan kerapatan permukaan bahan. Pada Tabel 4.26 menampilkan hasil perhitungan untuk kerapatan permukaan bahan batu bata.

Tabel 4.26 Nilai W untuk Perancangan Ketebalan Batu Bata

Frek. (Hz)	Tebal Awal (cm)	W (kg/m^2/cm tebal)			
		Ref.	Sesungguh-nya	Kondisi I	Kondisi II
125	15	19-23 ↓ 20	300	2.326570432	8.297418503
250				1.157317727	5.022734704
500				0.993353295	5.63260582
1000				0.595168565	3.288922049
2000				0.245869582	1.381675603
4000				0.089302548	0.613241309

Pada Tabel 4.27 menampilkan hasil perhitungan untuk kerapatan permukaan bahan kaca.

Tabel 4.27 Nilai W untuk Perancangan Ketebalan Kaca

Frek. (Hz)	Tebal Awal (cm)	W (kg/m^2/cm tebal)			
		Ref.	Sesungguh-Nya	Kondisi I	Kondisi II
125	0,3	29	8,7	2.326570432	8.297418503
250				1.157317727	5.022734704
500				0.993353295	5.63260582
1000				0.595168565	3.288922049
2000				0.245869582	1.381675603
4000				0.089302548	0.613241309

Pada Tabel 4.28 menampilkan hasil perhitungan untuk kerapatan permukaan bahan kayu.

Tabel 4.28 Nilai W untuk Perancangan Ketebalan Kayu

Frek. (Hz)	Tebal Awal (cm)	W (kg/m^2/cm tebal)			
		Ref.	Sesungguh-Nya	Kondisi I	Kondisi II
125	4	4-8 ↓ 6	2,4	2.326570432	8.297418503
250				1.157317727	5.022734704
500				0.993353295	5.63260582
1000				0.595168565	3.288922049
2000				0.245869582	1.381675603
4000				0.089302548	0.613241309

Jika telah memperoleh seluruh nilai W maka ketebalan bahan bidang partisi akan menjadi:

Tabel 4.29 Ketebalan Rancangan Masing-masing Bidang Partisi

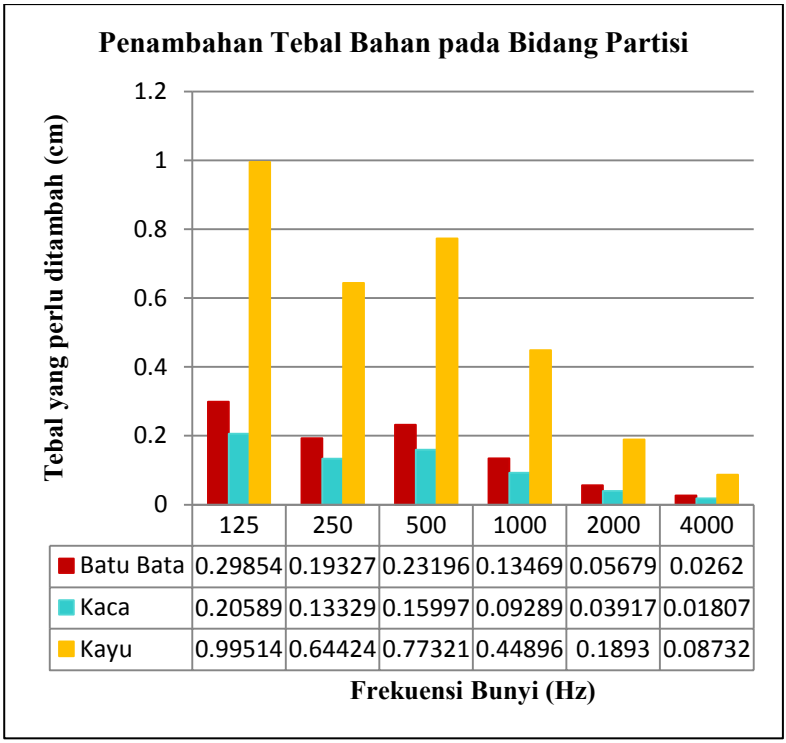
Frek. (Hz)	Tebal Sesudah (cm)		
	Bidang A	Bidang B	Bidang C
125	15.2985424	0.50589131	0.205891
250	15.1932708	0.43329024	0.13329
500	15.2319626	0.45997422	0.159974
1000	15.1346877	0.39288805	0.092888
2000	15.0567903	0.33916572	0.039166
4000	15.0261969	0.31806685	0.018067

Dari tebal bahan sesudah perancangan maka ketebalan yang ditambahkan pada bahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.30 berikut.

Tabel 4.30 Ketebalan yang Perlu Ditambahkan pada Bahan Bidang Partisi

Frek. (Hz)	Ketebalan yang Perlu Ditambahkan (cm)		
	Bidang A	Bidang B	Bidang C
125	0.298542	0.205891	0.995141
250	0.193271	0.13329	0.644236
500	0.231963	0.159974	0.773209
1000	0.134688	0.092888	0.448959
2000	0.05679	0.039166	0.189301
4000	0.026197	0.018067	0.087323

Untuk lebih mudah dalam mengamati dan membandingkan data pada Tabel 4.30 maka dapat dilihat pada Grafik 4.4 berikut ini.



Grafik 4.4 Penambahan Tebal Bahan pada Bidang Partisi

4.1.9 Tingkat Kebisingan Setelah Penebalan Bidang Partisi

Setelah dilakukan penebalan bidang partisi maka tingkat kebisingan di ruang operator akan berkurang.

Tingkat Kebisingan Setelah Penebalan Batu Bata

Tingkat kebisingan setelah penebalan batu bata dapat diketahui dari nilai W dari ketebalan bahan yang diinginkan.

Tabel 4.31 Nilai W dari Ketebalan Batu Bata yang Diinginkan

Frek (Hz)	Tebal yang diinginkan (cm)	Tebal dari perhitungan (cm)	Tebal Tambahan (cm)	W ($kg/m^2/cm$)
125	17	15.2985424	1.7014576	34.02915193
250		15.19327085	1.8067292	36.13458302
500		15.23196263	1.7680374	35.36074748
1000		15.13468767	1.8653123	37.30624652
2000		15.0567903	1.9432097	38.86419398
4000		15.02619694	1.9738031	39.47606124

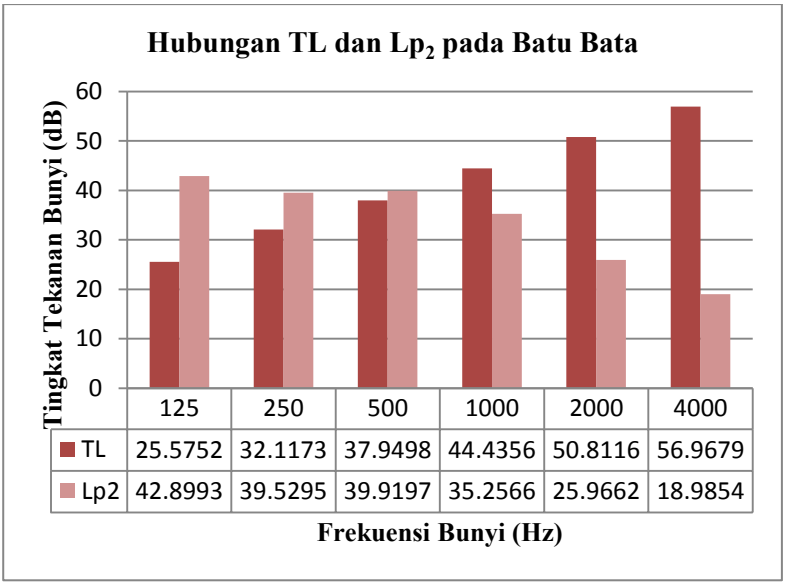
Dengan memasukkan nilai W pada persamaan TL maka akan diperoleh nilai Lp_2 selaku tingkat kebisingan di ruang operator.

Tabel 4.32 Nilai Lp_2 dengan Ketebalan Batu Bata yang Diinginkan

Frek (Hz)	TL (dB)	NR (dB)	Lp_2	
			(dB)	(dBA)
125	25.57522278	25.20068485	42	26
250	32.11726112	31.07050762	39	30
500	37.94982882	37.28031913	39	36
1000	44.43563111	41.74344779	35	35
2000	50.81159322	48.03384408	25	24
4000	56.96787611	55.01455429	18	17
Lp_{total}			46	40

Keterangan: Lp_2 dan Lp_{total} merupakan hasil pembulatan

Hubungan antara nilai TL dengan nilai Lp_2 pada batu bata setelah penebalan rancangan dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Grafik 4.5 Hubungan TL dan Lp_2 pada Batu Bata

Tingkat Kebisingan Setelah Penebalan Kaca

Tingkat kebisingan setelah penebalan kaca dapat diketahui dari nilai W dari ketebalan bahan yang diinginkan.

Tabel 4.33 Nilai W dari Ketebalan Kaca yang Diinginkan

Frek (Hz)	Tebal yang diinginkan (cm)	Tebal dari perhitungan (cm)	Tebal Tambahan (cm)	W ($kg/m^2/cm$)
125	0.8	0.505891313	0.2941087	8.529151929
250		0.433290241	0.3667098	10.63458302
500		0.459974225	0.3400258	9.860747475
1000		0.392888051	0.4071119	11.80624652
2000		0.339165725	0.4608343	13.36419398
4000		0.318066854	0.4819331	13.97606124

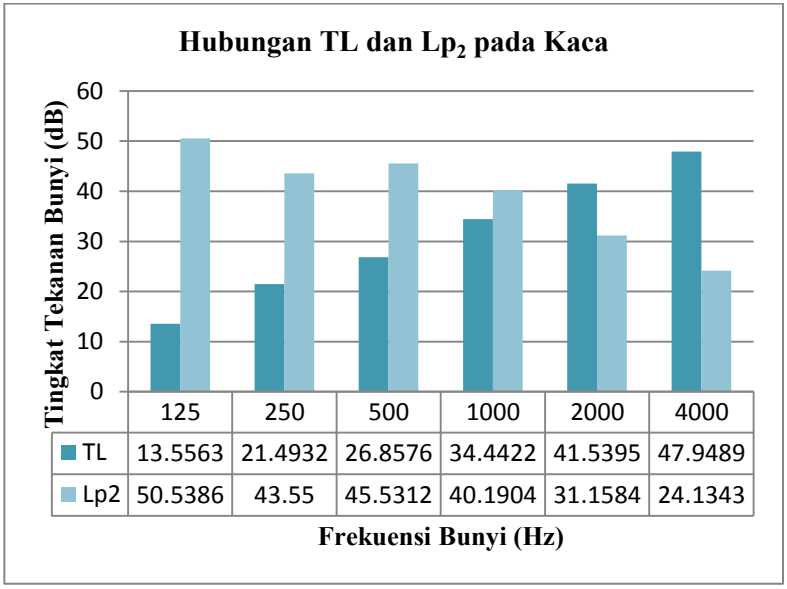
Dengan memasukkan nilai W pada persamaan TL maka akan diperoleh nilai Lp_2 selaku tingkat kebisingan di ruang operator.

Tabel 4.34 Nilai Lp_2 dengan Ketebalan Kaca yang Diinginkan

Frek (Hz)	TL (dB)	NR (dB)	Lp_2	
			(dB)	(dBA)
125	13.55631727	16.56139003	50	34
250	21.4932095	24.04997495	43	34
500	26.85759683	29.66879804	45	42
1000	34.44223694	35.80957131	40	40
2000	41.53945533	42.84163501	31	29
4000	47.94889573	49.86570735	24	23
Lp_{total}			52	45

Keterangan: Lp_2 dan Lp_{total} merupakan hasil pembulatan

Hubungan antara nilai TL dengan nilai Lp_2 pada kaca setelah penebalan rancangan dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Grafik 4.6 Hubungan TL dan Lp_2 pada Kaca

Tingkat Kebisingan Setelah Penebalan Kayu

Tingkat kebisingan setelah penebalan kaca dapat diketahui dari nilai W dari ketebalan bahan yang diinginkan.

Tabel 4.35 Nilai W dari Ketebalan Kayu yang Diinginkan

Frek (Hz)	Tebal yang diinginkan (cm)	Tebal dari perhitungan (cm)	Tebal Tambahan (cm)	W ($kg/m^2/cm$)
125	5.5	4.995141345	0.5048587	3.029151929
250		4.644236163	0.8557638	5.134583023
500		4.773208754	0.7267912	4.360747475
1000		4.448958914	1.0510411	6.306246516
2000		4.189301003	1.310699	7.864193979
4000		4.087323127	1.4126769	8.476061239

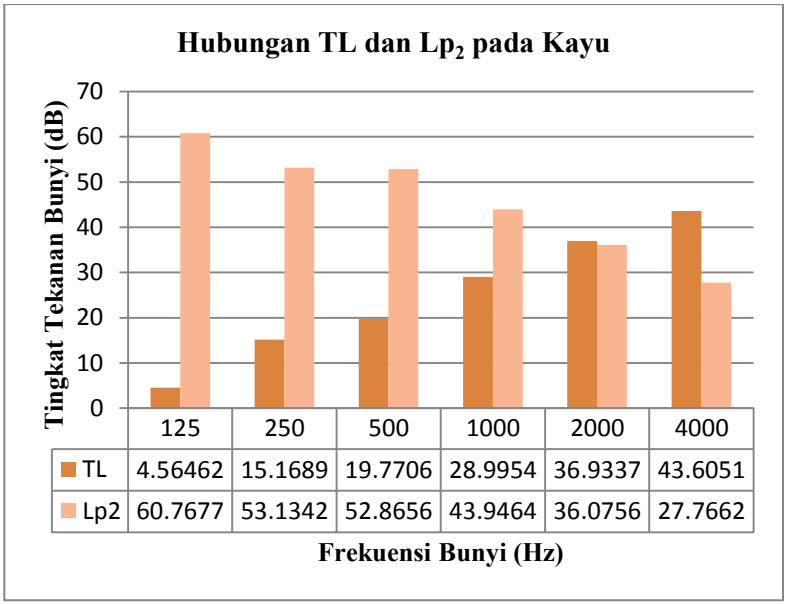
Dengan memasukkan nilai W pada persamaan TL maka akan diperoleh nilai Lp_2 selaku tingkat kebisingan di ruang operator.

Tabel 4.36 Nilai Lp_2 dengan Ketebalan Kayu yang Diinginkan

Frek (Hz)	TL (dB)	NR (dB)	Lp_2	
			(dB)	(dBA)
125	4.564621383	7.332346481	60	44
250	15.16890378	17.46578084	53	44
500	19.77061885	22.33442401	52	49
1000	28.99541887	30.05361362	43	43
2000	36.93368426	37.92441031	36	34
4000	43.60508154	45.23376969	27	26
Lp_{total}			62	52

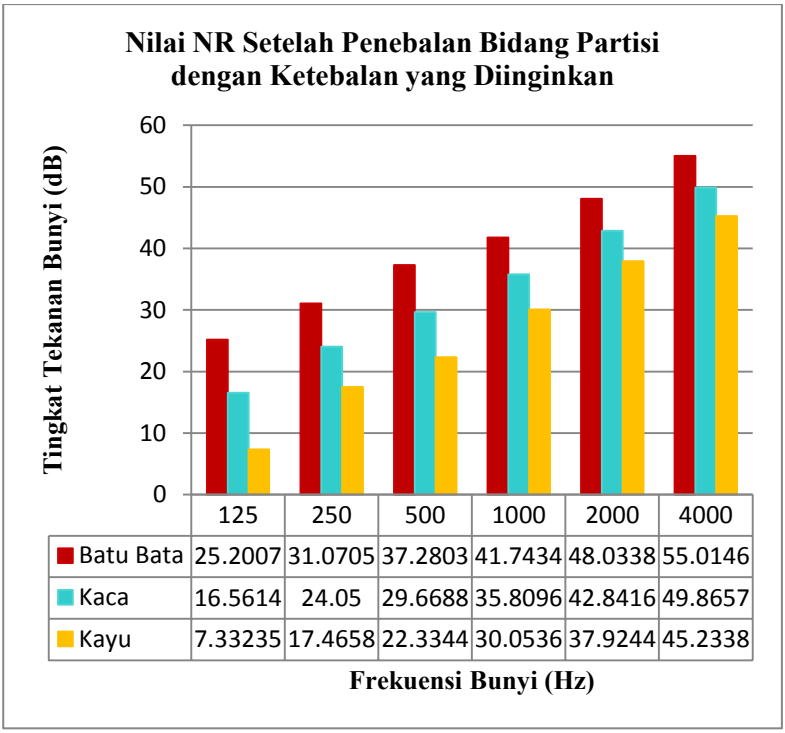
Keterangan: Lp_2 dan Lp_{total} merupakan hasil pembulatan

Hubungan antara nilai TL dengan nilai Lp_2 pada kaca setelah penebalan rancangan dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Grafik 4.7 Hubungan TL dan Lp_2 pada Kayu

Nilai NR yang dimiliki oleh masing-masing bahan setelah dilakukannya penebalan dengan ketebalan yang diinginkan maka dapat diamati pada grafik berikut ini:



	125	250	500	1000	2000	4000
Batu Bata	25.2007	31.0705	37.2803	41.7434	48.0338	55.0146
Kaca	16.5614	24.05	29.6688	35.8096	42.8416	49.8657
Kayu	7.33235	17.4658	22.3344	30.0536	37.9244	45.2338

Grafik 4.8 Nilai NR Setelah Penebalan Bidang Partisi dengan Ketebalan yang Diinginkan

4.2 Pembahasan

Metode yang digunakan dalam pengendalian bising di Ruang Operator *plant* II CO_2 ini adalah penebalan bidang partisi. Penebalan difokuskan hanya pada bidang partisi dikarenakan bidang tersebut yang mempengaruhi *Noise Reduction* (NR) antara *plant* sebagai sumber bunyi dan ruang operator sebagai titik penerima bunyi.

Pada dasarnya penelitian ini menggunakan nilai *Noise Reduction* (NR) dan *Transmission Loss* (TL) untuk menganalisis kemampuan suatu bahan dalam mereduksi bising setelah bahan tersebut dipertebal. Nilai NR sendiri menunjukkan seberapa besar bunyi yang direduksi akibat adanya bidang partisi antara sumber

bunyi dan penerima. Sedangkan nilai TL merupakan karakteristik dari suatu bahan yang menunjukkan kemampuan dinding partisi untuk mereduksi energi bunyi yang melaluinya.

Data perhitungan nilai NR di kondisi I, dimana Lp_2 merupakan hasil pengukuran langsung, menunjukkan bahwa nilai NR terkecil dimiliki oleh bidang C (kayu) pada frekuensi 125 Hz yaitu sebesar 3 dB. Semakin kecil nilai NR maka bidang partisi tersebut semakin mudah untuk ditembus oleh bunyi.

Untuk perhitungan TL pada kondisi I, nilai TL terbesar dimiliki oleh bidang C (kayu) pada frekuensi 4000 Hz yaitu sebesar 22,37 dB. Namun untuk perhitungan TL pada kondisi II, dimana Lp_2 merupakan tingkat kebisingan rancangan, nilai TL terbesar dimiliki oleh bidang I (batu bata) pada frekuensi 1000 Hz yaitu sebesar 26,69 dB. Dari hasil ini dapat dikatakan bahwa batu bata memiliki kemampuan yang baik dalam meredam bunyi.

Dikarenakan tujuan utama penelitian ini adalah mengurangi kebisingan di ruang operator untuk kejelasan percakapan, maka yang perlu diperhatikan adalah ketebalan bahan bidang partisi setelah dilakukan perancangan. Tingkat kebisingan yang diinginkan di ruang operator (Lp_2) adalah sebesar 63 dB.

Penambahan bahan tertebal adalah bahan kayu yang disusul dengan batu bata dan kaca. Namun karena penambahan tertebalnya hanya 1 cm, maka ketiga bahan tersebut sama-sama ditetapkan sekali lagi ketebalan rancangannya sesuai dengan bahan yang dijual di pasaran. Batu bata dirancang untuk ditebalkan menjadi 17 cm dengan semen, kaca dirancang untuk ditebalkan menjadi 0,8 cm sedangkan kayu dirancang untuk ditebalkan menjadi 5,5 cm. Dengan ketebalan tersebut maka nilai NR terbesar pada masing-masing bidang tersebut secara berurutan adalah 55,01 dB; 49,86 dB; 45,23 dB.

Dengan kata lain, ketebalan rancangan dari bahan partisi tersebut menghasilkan nilai Lp_2 setelah perancangan. Batu bata dengan ketebalan 17 cm menyebabkan nilai Lp_2 menjadi 46 dB. Kaca dengan ketebalan 0,8 cm menyebabkan nilai Lp_2 menjadi 52 dB. Sedangkan kayu dengan ketebalan 5,5 cm menyebabkan nilai Lp_2 menjadi 62 dB. Dengan demikian maka penebalan bidang

partisi tersebut berhasil menurunkan nilai Lp_2 sesuai dengan rentang tingkat kebisingan suara percakapan manusia yaitu 54-72 dB.

Ketebalan rancangan tersebut juga menunjukkan tingkat kebisingan di dalam ruang operator (Lp_2) serta kemampuan bidang partisi rancangan tersebut untuk mereduksi bunyi yang melaluinya (TL). Grafik yang menyatakan hubungan antara TL dengan Lp_2 menunjukkan bahwa pada ketiga bahan tersebut nilai TL semakin mengalami peningkatan seiring dengan makin besarnya frekuensi bunyi. Sedangkan nilai Lp_2 relatif mengalami penurunan seiring dengan makin besarnya frekuensi bunyi. Hal ini sesuai dengan teori bahwa jika frekuensi semakin tinggi maka nilai TL juga semakin tinggi. Demikian pula dengan nilai Lp_2 yang semakin berkurang seiring dengan meningkatnya nilai TL. Hal ini menunjukkan bahwa bahan partisi tersebut memiliki kemampuan untuk mereduksi bunyi. Semakin besar nilai TL maka semakin besar pula bunyi yang mampu direduksi oleh bahan tersebut.

Selain ketebalannya, bahan untuk bidang partisi juga perlu diperhatikan terutama dinding. Dikarenakan perhitungan TL menggunakan nilai koefisien absorbsi dari *brick painted*, maka bahan yang direkomendasikan untuk dinding adalah bahan tersebut.

(halaman ini memang dikosongkan)

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- Metode pengendalian bising berdasarkan medium propagansi struktur bangunan (*structure borne noise*) berhasil mereduksi tingkat kebisingan di dalam ruang operator menjadi 46-63 dB atau 40-53 dBA.
- Ketebalan rancangan dari masing-masing bahan partisi menghasilkan nilai Lp_2 setelah perancangan. Batu bata dengan ketebalan 17 cm menyebabkan nilai Lp_2 menjadi 46 dB. Kaca dengan ketebalan 0,8 cm menyebabkan nilai Lp_2 menjadi 52 dB. Sedangkan kayu dengan ketebalan 5,5 cm menyebabkan nilai Lp_2 menjadi 62 dB. Dengan demikian maka penebalan bidang partisi tersebut berhasil menurunkan nilai Lp_2 sesuai dengan rentang tingkat kebisingan suara percakapan manusia yaitu 54-72 dB.
- Dinding yang direkomendasikan dalam perhitungan pengendalian bising ini adalah jenis *brick painted.*

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya hendaknya lebih hati-hati dalam pengambilan data kebisingan serta proses perhitungan agar hasil perhitungan menjadi sesuai dengan teori.

(halaman ini memang dikosongkan)

LAMPIRAN

Spesifikasi Sound Level Meter Dekko SL-130

Measuring Range	: 30 - 130dBA 35 - 130dBC
Accuracy	: ± 1.5dB
Frequency Range	: 31.5HZ-8.5KHZ
Linearity Range	: 50dB
Digit & Resolution	: 5Digits & 0.1dB
Time Weighting Selection	: Fast/ Slow

Microphone 1/ 2 Inch Electret Condenser Microphone

Frequency Weightin	: A & C

Sampling Frequency 2 times/ sec

Power	: 9V (Alkaline or DC Adapter)
LCD size	: 30 x 50mm
Size	: 265 x 70 x 35mm

Gambar 1. Sound Level Meter Dekko SL-130

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2010. **Basic Waves Theory,** <URL: www.passmyexams.co.uk/GCSE/physics/basic-waves-theory.html>

Suma'mur. 2010. **Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (HIPERKES).** Jakarta: Sagung Seto

Tambunan, STB. 2005. **Kebisingan di Tempat Kerja (*Occupational Noise*).** Yogyakarta: Andi

Srisantyorini. 2002. **Tingkat Kebisingan dan Gangguan Pendengaran pada Karyawan PT. Friesche Vlag Indonesia Tahun 2002.** Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia, Jakarta

Babba, J. 2007. **Hubungan Antara Intensitas Kebisingan di Lingkungan Kerja dengan Peningkatan Tekanan Darah (Penelitian pada Karyawan PT Semen Tonasa di Kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan).** Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang

Hemond Jr, Conrad J. 1983. **Engineering Acoustics and Noise Control.** Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey

RIWAYAT PENULIS

Penulis bernama Stefani Arisandi, dilahirkan di kota Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 4 September 1992 silam. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dengan saudara tertua perempuan dan saudara termuda laki-laki. Pendidikan formal yang ditempuh oleh penulis adalah TK PKK RW 05 Mojo (1996), SDN Mojo VIII No. 227 (1998), SMPN 37 Surabaya (2004), SMAN 7 Surabaya (2007), D3 Teknik Instrumentasi FTI-ITS Surabaya (2010), serta diterima di Teknik Fisika FTI-ITS Program S-1 Lintas Jalur (2013). Pada tema Tugas Akhir, penulis mengambil bidang minat Vibrasi dan Akustik dengan judul "Perancangan Pengendalian Bising pada Ruang Operator di *Plant* II CO_2 PT. Petrokimia Gresik."