



**TUGAS AKHIR - SF141501**

**EVALUASI DAN SIMULASI PERFORMA AKUSTIK OPEN-  
PLAN OFFICE PADA KANTOR JAWA POS  
BERDASARKAN STANDAR ISO 3382-3**

**HABIB THABRANI  
NRP 0111124000078**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si**

**Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**





**TUGAS AKHIR - SF141501**

**EVALUASI DAN SIMULASI PERFORMA AKUSTIK OPEN-  
PLAN OFFICE PADA KANTOR JAWA POS  
BERDASARKAN STANDAR ISO 3382-3**

**HABIB THABRANI  
NRP 0111124000078**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si**

**Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**FINAL PROJECT - SF141501**

**EVALUATION AND SIMULATION OF JAWA POS OPEN-  
PLAN OFFICE ACOUSTICS PERFORMANCE BASED ON  
ISO 3382-3**

**HABIB THABRANI  
NRP. 0111124000078**

**Advisor  
Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si**

**Department of Physics  
Faculty of Natural Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LEMBAR PENGESAHAN

### EVALUASI DAN SIMULASI PERFORMA AKUSTIK OPEN-PLAN OFFICE PADA KANTOR JAWA POS BERDASARKAN STANDAR ISO 3382-3

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas  
Akhir Program Strata 1  
Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**HABIB THABRANI**  
**NRP 01111240000078**

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

**Dr. Suyatno M.Si**  
NIP. 19760620200212.1.004

  
(.....)

**Susilo Indrawati M.Si**  
NIP. 110020130.1.001

  
(.....)

Surabaya, Januari 2018



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# EVALUASI DAN SIMULASI PERFORMA AKUSTIK OPEN-PLAN OFFICE PADA KANTOR JAWA POS BERDASARKAN STANDAR ISO 3382-3

**Nama** : Habib Thabrani  
**NRP** : 0111124000078  
**Jurusan** : Fisika, FIA ITS  
**Pembimbing** : Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si

## *Abstrak*

*Performa akustik open-plan office telah menjadi topik yang penting untuk diperbincangkan seiring dengan berkembangnya pusat perkantoran di kota-kota besar di Indonesia, termasuk juga di Surabaya. Kantor jenis ini seringkali muncul permasalahan tata suara, karena satu karyawan dengan lainnya saling berdekatan dan memungkinkan suara yang ditimbulkan akan mengganggu konsentrasi meskipun dibatasi oleh sekat pendek. Gangguan yang muncul dapat berupa background noise, kerasnya suara percakapan, dan jelasnya suara tersebut. Dalam mempertahankan produktivitas pegawai kantor, maka melalui ISO 3382-3 2012 telah ditetapkan standar performa akustik ruangan open plan office. Kantor berita harian Jawa Pos termasuk salah satu tipe open-plan office yang menuntut konsentrasi dan produktivitas yang tinggi. Penghitungan dilakukan secara langsung dan simulasi sesuai standar ISO 3382-3. Adapun parameter yang digunakan adalah Average A-Weighted Background Noise ( $L_{p,A,B}$ ), A-Weighted SPL of Speech at 4 m ( $L_{p,A,s,4m}$ ), Spatial Decay Rate of A-Weighted SPL of Speech ( $D_{2,S}$ ), Distraction Distance ( $r_D$ ), Privacy Distance ( $r_P$ ). Berdasarkan pengukuran dan penghitungan didapatkan nilai  $L_{p,A,B}$  sebesar 52 dBA,  $L_{p,A,s,4m}$  52 dBA,  $D_{2,S}$  4,19 dBA,  $r_D$  11,75 m,  $r_P$  23,8 m, dan STI pada meja terdekat 0,78. Sedangkan berdasarkan simulasi didapatkan nilai  $L_{p,A,B}$  sebesar 52 dBA,  $L_{p,A,s,4m}$  47,3 dBA,  $D_{2,S}$  2,45 dBA,  $r_D$  8,4 m,  $r_P$  20,3 m, dan STI pada meja terdekat 0,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa masih dibutuhkan treatment akustik lebih lanjut. Absorpsi sekat dan dinding,*

*ketinggian langit langit, dan suara AC adalah faktor yang berpengaruh terhadap kondisi akustik open plan office untuk menjadi rekomendasi perbaikan.*

*Kata kunci: open-plan office, noise, speech privacy, sound pressure level, jawa pos*

# EVALUATION AND SIMULATION OF JAWA POS OPEN-PLAN OFFICE ACOUSTICS PERFORMANCE BASED ON ISO 3382-3

**Name** : Habib Thabrani  
**NRP** : 1112100078  
**Major** : Fisika, FIA ITS  
**Advisor** : Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si

## Abstract

*Acoustic performance of open-plan office has become an important topic for discussion along with the development of office centers in major cities in Indonesia, including in Surabaya. Offices of this type often arise to the sound problem, as one employee with each other is close together and allows the sound to be generated to disturb the concentration even though it is closed by a bulkhead. Disturbance that can appear in the form of background noise, loud voice conversation, and the clarity of the voice. To maintain the productivity of office employees, then through ISO 3382-3 2012 has been set acoustic performance standards open plan office space. Jawa Pos daily news agency is included in the open-plan office type that requires high concentration and productivity. The calculation is done directly and simulated according to ISO 3382-3 standard with Average A-Weighted Background Noise parameter ( $L_{p,A,B}$ ), A-Weighted SPL of Speech at 4 m ( $L_{p,A,s, 4m}$ ), Spatial Decay Rate Of A-Weighted SPL of Speech ( $D2,S$ ), Distraction Distance ( $rD$ ), Privacy Distance ( $rP$ ). From the measurement and calculation we get the value of  $L_p, A, B$  equal to 52 dBA,  $L_p, A, s, 4m$  52 dBA,  $D2, S$  4,19 dBA,  $rD$  11,75 m,  $rP$  23,8 m, and STI at table nearby 0.78. While for calculation based on simulation, the value of  $L_p, A, B$  is 52 dBA,  $L_p, A, s, 4m$  47,3 dBA,  $D2, S$  2,45 dBA,  $rD$  8,4 m,  $rP$  20,3 m, and STI At the nearest workspace 0.75. These results suggest still need further acoustic treatments. Absorption of insulation and wall, ceiling height, and air-conditioning are the factors that affect the acoustic condition of open plan office to become recommendation of improvement.*

*Keywords: open-plan office, noise, speech privacy, sound pressure level, jaw a pos*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul:

### **“EVALUASI DAN SIMULASI PERFORMA AKUSTIK OPEN-PLAN OFFICE PADA KANTOR JAWA POS BERDASARKAN STANDAR ISO 3382-3”**

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Orang tua, adik, kakak dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan moral dan spiritual terhadap keberhasilan penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Endarko selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Bapak Dr. Suyatno M.Si dan Ibu Susilo Indrawati M.Si, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
5. Ibu Lea Prasetyo sebagai dosen elektro akustik dan fisika bangunan yang menjadi ilmu dasar dalam penyelesaian tugas akhir yang bertema akustik ruangan, serta memotivasi penulis yang berkeinginan untuk menjadi seorang konsultan akustik suatu saat nanti.
6. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M,si selaku Kepala Departemen Fisika FIA ITS.
7. Seluruh Staff Pengajar di Departemen Fisika ITS. Kepala Laboratorium Instrumentasi, Kepala Laboratorium Instrumentasi Akustik, dan juga segenap staff Tata Usaha yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Sahabat seperjuangan yang ada di Lab. Akustik antara lain Tejo, Adib, Icul, Selvi, Befie, Regina, Wildan, Gita, Akhirul, Mas Sholeh, Mas Haikal, dan masih banyak lagi yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Para pendahulu lab akustik Beta, Aul, Evi, dan Sindi yang sudah memberikan bimbingan dengan sepenuh hati.
10. Pegawai bendera Mas Marzuki, Pak Mus, dan para penjahit bendera yang telah memberikan loyalitas dan semangat penuh demi selesainya proses perkuliahan penulis.
11. Teman-teman Fisika 2012 dengan visinya FBI (Fisika Buat Indonesia) yang telah memberikan semangatnya kepada penulis selama kuliah, pengerjaan tugas akhir hingga sampai tua nanti.
12. Mas Akmal, Mas Andika dan Mbak Yenny, Bapak Paul Gunawan, Bapak Andy Bexlim, dan karyawan lain di PT LITAC, terimakasih telah membimbing penulis dengan sabar dan memberikan ilmu serta pengalamannya di perusahaan konsultan akustik .
13. Teknik Fisika ITB yang memberikan pemahaman software CATT Acoustic kepada penulis.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat mengembangkan bidang akustik ruang di Indonesia.

Surabaya, 22 Januari 2018

Penulis

[thabranihabib@gmail.com](mailto:thabranihabib@gmail.com)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	iii
HALAMAN JUDUL.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vi
Abstrak .....	ix
Abstract .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Permasalahan.....	2
1.3    Tujuan Penelitian.....	2
1.4    Batasan Masalah.....	2
1.5    Sistematika Penulisan Laporan.....	3
1.6    Manfaat Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1    Perambatan Suara .....	5
2.2    Pendengaran Manusia.....	5
2.4    Atenuasi Bunyi .....	7
2.5    Background Noise .....	8
2.6    Speech Transmission Index.....	9
2.7.    Hubungan STI dengan Kinerja.....	10
2.8. <i>Open-Plan Office (ISO review)</i> .....	12
BAB III METODOLOGI .....	15
3.1    Tahap-tahap Penelitian .....	15
3.2    Tahap Observasi Awal .....	15
3.3    Penentuan Rencana Pengukuran.....	19
3.4    Pengukuran.....	20
3.4.1    Pengukuran Background Noise .....	20
3.4.2    Pengukuran Level Suara Percakapan .....	20

3.4.3	Pengukuran Impuls Respons .....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		23
4.1	Pengukuran Langsung .....	24
4.1.1	Background Noise .....	24
4.1.2	Tingkat Suara Percakapan ( <i>Speech Level</i> ) .....	26
4.1.3	Speech Transmission Index .....	29
4.2.1	Simulasi Awal .....	32
4.2.2	Kondisi Setelah <i>Treatment</i> .....	34
4.2.3	Hasil Rekomendasi.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		41
4.1	Kesimpulan.....	41
4.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....		43



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Bilangan NC untuk berbagai jenis ruangan .....	8
<b>Tabel 2.2.</b> Kualitas kejelasan percakapan (STI) .....	10
<b>Tabel 4.1</b> Standar nilai ruang kantor terbuka berdasarkan ISO ..	23
<b>Tabel 4.2.</b> Material penyusun ruangan .....	32
<b>Tabel 4.3.</b> Hasil pengukuran lapangan, simulasi, dan hasil treatment simulasi .....	36

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Bagian rapatan dan regangan gelombang suara di udara dan membentuk fungsi tekanan terhadap waktu.....	5
<b>Gambar 2.2</b> Karakter suara musik dan percakapan .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Intensitas Suara dari sumber .....	7
<b>Gambar 3.1</b> Foto Ruangan tampak dari atas.....	15
<b>Gambar 3.2</b> Denah ruangan .....	16
<b>Gambar 3.3</b> Foto ruangan tampak atas .....	16
<b>Gambar 3.4</b> Denah ruangan .....	17
<b>Gambar 3.5</b> Titik pengukuran.....	19
<b>Gambar 3.6</b> Skema pengukuran.....	20
<b>Gambar 4.1</b> Mapping Background noise pada titik ukur .....	25
<b>Gambar 4.2</b> Sumber kebisingan ruang kantor Jawa Pos.....	25
<b>Gambar 4.3</b> Pemetaan SPL terhadap jarak .....	27
<b>Gambar 4.4</b> Grafik SPL terhadap jarak pada Line 1.....	27
<b>Gambar 4.5</b> Grafik SPL terhadap jarak pada Line 2.....	28
<b>Gambar 4.6</b> Grafik STI pada setiap titik uji.....	30
<b>Gambar 4.7</b> Desain kantor open-plan office Jawa Pos .....	30
<b>Gambar 4.8</b> Posisi mikrofon dan speaker pada open-plan office.....	31
<b>Gambar 4.9</b> Hasil simulasi speech level pada line 1.....	33
<b>Gambar 4.10</b> Grafik STI hasil simulasi terhadap jarak.....	34
<b>Gambar 4.11</b> Hasil simulasi perbaikan speech level .....	35
<b>Gambar 4.12</b> Hasil simulasi perbaikan speech level beserta perubahan nilai rD dan rP.....	36
<b>Gambar 4.13</b> Sound masking untuk menutup suara percakapan.....	39

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Akustik merupakan topik yang sedang berkembang pesat di seluruh dunia, khususnya di kota-kota besar. Selain jenis dan tipe bangunan yang dibuat, kebutuhan terhadap sistem tata suara sudah menjadi bagian yang penting dalam perencanaan yang dilakukan. Sebagai contoh perkembangan ruang kantor yang semula adalah *close-plan office*, sekarang sudah mulai berkembang *open-plan office*. *Open Plan Office* adalah tata ruang kantor yang terbuka, dimana semua orang secara bersama-sama bekerja tanpa ada sekat maupun dinding pembatas. Sedangkan *closed-plan office* adalah kantor yang terdiri atas ruangan yang ditempati masing-masing satu orang di setiap ruang.

*Open plan office* adalah istilah yang digunakan dalam dunia arsitektur dan desain interior untuk mendefinisikan ruang kantor yang besar, terbuka, ditempati oleh karyawan yang banyak dan meminimalisir penggunaan ruang kecil seperti pada kantor pribadi. *Open plan office* mulai diperkenalkan pada tahun 1960 oleh Quickborner Team di Jerman. Banyak keuntungan yang didapat dari konsep kantor ini, yaitu pembuatan kantor yang lebih hemat, efisien tempat, komunikasi, koordinasi dan pengawasan yang mudah, dan bisa menambah semangat kerja. Dari sini, konsep *open-plan office* menimbulkan banyak permasalahan khususnya dalam hal *speech privacy* dan *noise control*. Berbagai regulasi dan standarisasi diciptakan untuk menangani permasalahan ini. ISO (*International Standard Organization*) telah mempublikasikan

standar khusus untuk *open-plan office* agar bisa diterapkan pada berbagai jenis pekerjaan dengan mengutamakan kinerja yang optimal.

Salah satu perkantoran yang memakai konsep *Open-plan office* saat ini adalah kantor Jawa Pos di Surabaya. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi ruang kantor terbuka Jawa Pos di Surabaya beserta rekomendasi solusi agar kinerja menjadi meningkat serta kenyamanan akustik bagi pegawai dapat tercapai.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menentukan performa akustik ruang kantor berdasarkan ISO dan parameter lain pada kantor?
2. Bagaimana cara simulasi dan menentukan solusi permasalahan akustik pada *Open-plan Office*?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui performa akustik ruang kantor berdasarkan ISO dan parameter lain pada kantor
2. Mengetahui cara simulasi dan menentukan solusi permasalahan akustik pada *Open-plan Office*

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan Masalah dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan data dilakukan di ruang kantor terbuka Jawa Pos.
2. Peralatan yang digunakan adalah speaker, mikrofon, soundcard dan peralatan lain yang tersedia di laboratorium instrumentasi akustik jurusan fisika.
3. Software yang digunakan dalam simulasi ruangan kantor adalah EASE 4.3
4. Metode pengambilan data sesuai dengan ISO 3382-3 tahun 2012 tentang pengukuran parameter akustik ruang *open-plan office*
5. Rekomendasi perbaikan tanpa mengubah struktur dasar bangunan

### **1.5 Sistematika Penulisan Laporan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu: Bab 1: Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir. Bab 2: Tinjauan Pustaka, berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir. Bab 3: Metodologi Penelitian, berisi tentang metode dan tahap pengambilan data. Bab 4: Analisa Data dan Pembahasan, berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan. Bab 5: Kesimpulan, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini yaitu untuk meningkatkan konsentrasi setiap karyawan Jawa Pos melalui rekomendasi yang diberikan nantinya sesuai dengan hasil analisa penelitian ini. Diharapkan juga akan memberikan efisiensi dan kinerja yang maksimal. Selain itu bisa menjadi pionir atau role model tata suara yang baik untuk *open-plan office* yang ada di Surabaya.

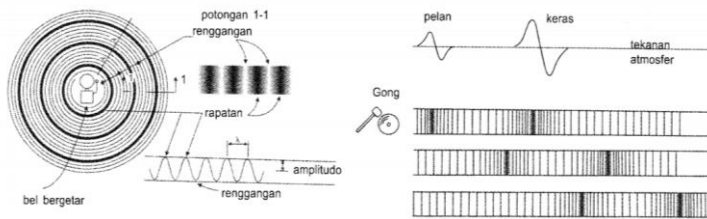
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Perambatan Suara

Suara dapat diartikan sebagai gerakan gelombang di udara atau media lain, atau sebagai proses pendengaran yang menghasilkan sensasi bunyi. Ketika partikel udara berpindah, gaya elastis di udara cenderung mengembalikan ke posisi semula. Sebagai gelombang mekanik, suara dapat merambat melalui medium gas, cair, dan padat seperti udara, air, besi, beton dan sebagainya. (Everest, 2001)..



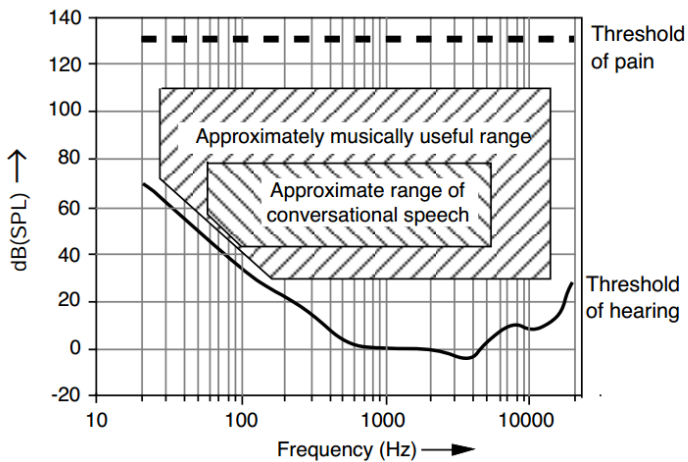
Gambar 2.1 Bagian rapatan dan regangan gelombang suara di udara dan membentuk fungsi tekanan terhadap waktu. (Stein, dkk. 1986)

Proses perambatan suara dalam medium ditunjukkan pada Gambar 2.1. Rapatan dan regangan partikel yang menggetarkan udara ke segala arah hingga sampai pada indera pendengaran manusia.

### 2.2 Pendengaran Manusia

Secara toeritis, Manusia dapat mendengar suara dengan rentang frekuensi 20 Hz hingga 20 000 Hz, namun setiap manusia memiliki perbedaan kepekaan terhadap respon suara yang didengar. Rentang frekuensi pendengaran berkurang

seiring dengan usia orang tersebut. Anak kecil yang sehat memiliki kemampuan mendengar hingga 20 kHz. Kemampuan manusia untuk mendengarkan percakapan dan musik terhadap tekanan suara dan frekuensi ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



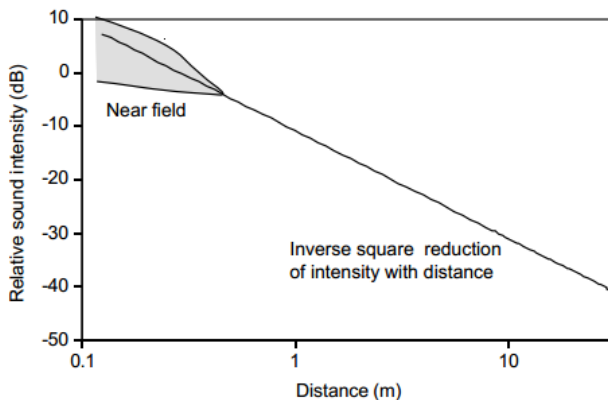
Gambar 2.2 Karakter suara musik dan percakapan  
([www.feilding.net](http://www.feilding.net))

Berdasarkan Gambar 2.2, suara percakapan berada pada level 40 hingga 80 dB. Sedangkan suara alat musik dapat berkisar antara 30 dB hingga 110 dB. Untuk jangkauan frekuensinya, suara percakapan hanya menjangkau antara 60 Hz hingga 5000 Hz, tidak seperti alat musik yang dapat menjangkau antara 25 Hz hingga lebih dari 10 kHz. Hal ini terjadi karena keterbatasan kemampuan pita suara manusia bergetar. Frekuensi dan level suara tersebut tentunya berada dalam batas kemampuan pendengaran manusia, di antara garis

batas ambang atas pendengaran (*threshold of pain*) dan bawah (*threshold of hearing*). Adapun pada *threshold of hearing* memiliki kontur yang menurun antara SPL terhadap frekuensi, itu artinya telinga manusia cukup buruk untuk mendengarkan frekuensi yang terlalu rendah.

### 2.3 Atenuasi Bunyi

Atenuasi adalah melemahnya suatu sinyal yang disebabkan oleh adanya jarak yang semakin jauh. Suara dari sumber tidak berjalan dengan intensitas konstan, melainkan menyebar menjauhi sumber suara secara tiga dimensi.



Gambar 2.3 Intensitas suara sebagai fungsi jarak dari sumber

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.3, semakin jauh suara menyebar, intensitasnya semakin rendah. Ketika sebuah balon ditiup dengan radius dua kali lipat, maka luas permukaan akan meningkat empat kali lipat. Intensitas suara dapat didefinisikan sebagai fungsi jarak

dari sumber suara. Intensitas suara akan menurun sebesar 6 dB setiap penggandaan jarak.

#### 2.4 *Background Noise*

Bunyi yang berasal dari luar maupun dalam ruangan yang muncul secara tetap dan stabil pada tingkat tertentu tanpa adanya sumber noise yang muncul secara menonjol disebut dengan bising latar belakang (*background noise*). Pengukuran terhadap bising latar belakang terlebih dahulu dilakukan untuk mengetahui NC (*Noise Criteria*) suatu ruangan untuk setiap frekuensi. Hasil pengukuran kemudian diplot pada kurva NC standar untuk ditentukan besar bilangan NC-nya.

Tingkat bising latar belakang maksimum yang diperbolehkan untuk berbagai jenis dan fungsi ruangan fungsi telah ditetapkan dalam bilangan NC dan bisa dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Bilangan NC untuk berbagai jenis ruangan

No	Jenis Area	Bilangan NC
1	Tempat tinggal	25 s/d 30
2	Apartemen	25 s/d30
3	Hotel/motel	
	Kamar	30 s/d 35
	Ruang pertemuan	25 s/d 30
	Hall, Lobi, Koridor	35 s/d 40
	Area Pelayanan	40 s/d 45
No	Jenis Area	Bilangan NC
4	Perkantoran	
	Ruang Konferensi	25 s/d 30
	Ruang Karyawan	30 s/d 35

	Ruang Perlengkapan dan Komputer	40 s/d 45
5	Rumah Sakit dan Puskesmas Ruang pasien Bangsal Ruang Operasi Koridor Area Publik	25 s/d 30 30 s/d 35 35 s/d 40 35 s/d 40 35 s/d 40
6	Tempat Ibadah	25 s/d 30
7	Sekolah Ruang Kelas/Kuliah Ruang Seminar	25 s/d 30 25 s/d 30
8	Perpustakaan	35 s/d 40
9	Ruang Konser	2 s/d 15
10	Ruang Teater	20 s/d 30
11	Studio Rekaman	10 s/d 40
12	Bioskop	30 s/d 35

(Sumber: Marshall Long, 2006)

## 2.5 Speech Transmission Index

*Speech Transmission Index* (STI) adalah parameter objektif untuk menentukan kejelasan percakapan yang ditransmisikan dari pembicara ke pendengar melalui saluran transmisi. Metode STI terus dikembangkan dan diperbaiki sampai saat ini sejak diperkenalkan pada tahun 70-an. Pengembangan besar dalam merevisi STI telah dilakukan dengan dihasilkannya standar (*International Electrotechnical Commission*) IEC 60268-16 pada tahun 2011.

Percakapan yang dimaksud didasarkan pada cara berkomunikasi antar manusia. Pada banyak situasi, sinyal percakapan akan berkurang pada saluran transmisi antara

pembicara dan pendengar, yang berarti berkurangnya kejelasan percakapan yang ditangkap oleh telinga pendengar.

Untuk menghitung penurunan kejelasan suara yang terjadi, metode yang cepat dan objektif telah dikembangkan, *Speech Transmission Index* (STI). Metode STI berlaku pada sinyal tertentu yang diukur dari *receiver*. Adapun kualitas STI diturunkan dan dinyatakan pada nilai antara 0 sampai 1. (IEC 60268-16)

Tabel 2.2. Kualitas kejelasan percakapan (STI) (IEC 60268-16)

<b>Label STI</b>	<b>Nilai STI</b>
<b>Buruk</b>	0 - 0.3
<b>Kurang</b>	0.3 - 0.45
<b>Cukup</b>	0.45 - 0.6
<b>Baik</b>	0.6 - 0.75
<b>Baik Sekali</b>	0.75 - 1

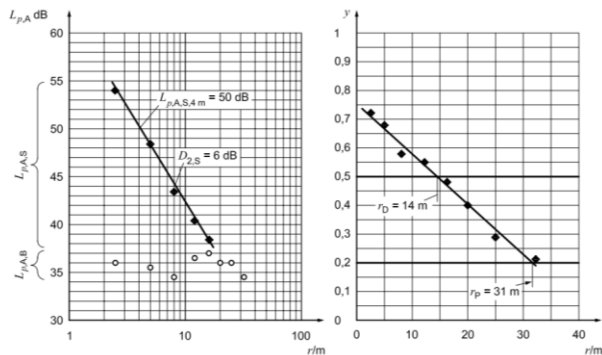
Berdasarkan pada Tabel 2.2, semakin tinggi nilai STI menunjukkan semakin bagusnya kejelasan suara, ketika *speech privacy* akustik dibutuhkan, maka nilai STI harus

rendah. (Stout, 2015).

## **2.7. *Open-Plan Office (ISO review)***

ISO 3382-3:2012 menjelaskan tentang metode pengukuran akustik ruang pada *open-plan office*. Di dalamnya terdapat prosedur pengukuran, peralatan yang dibutuhkan, ketentuan, metode pengambilan data, dan presentasi pada laporan. Standar ini digunakan pada ruang kantor berukuran sedang dan besar. Prosedur dan peralatan akan dijelaskan pada bagian metodologi.

Adapun parameter yang diukur adalah distraction distance  $r_D$ , peluruhan bunyi percakapan  $D_{2,S}$ , bunyi pada jarak 4 meter, dan STI pada meja kerja terdekat  $r_p$ . semua pengukuran ini menggunakan pembobotan A (A-weighting). Setiap titik akan dilakukan 4 nilai, yaitu, SPL pink noise  $L_{p,Ls}$ , STI, *background noise*  $L_{p,B}$ , dan jarak dari sumber. SPL pada pink noise diukur pada range frekuensi 125 Hz ke 8000 Hz pada tiap titik dengan waktu minimal 10 detik. Lebih lama pengukuran akan menghasilkan data lebih baik, untuk menghindari noise lain yang sewaktu waktu terjadi, seperti kebisingan lalu lintas. Data yang diperoleh akan diproses untuk mendapatkan nilai pada parameter yang sudah disebutkan di atas. Berikut ini gambar adalah grafik yang dijadikan acuan untuk menentukan nilai parameter yang didapatkan dari perubahan *speech level* terhadap jarak dan perubahan STI terhadap jarak.



Gambar 2.4 Grafik penentuan nilai parameter

Berdasarkan Gambar 2.4, pengambilan nilai parameter didapatkan dari penurunan SPL terhadap jarak (gambar sebelah kiri) dan penurunan STI terhadap jarak (gambar sebelah

kanan). Parameter yang didapatkan adalah  $L_p, A, s, 4m, D2s, rD,$  dan  $rP$ .

## **2.8. Hubungan STI dengan Kinerja**

Noise pada *open-plan office* disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah percakapan dari orang lain, suara orang tertawa, dering telepon, suara langkah kaki, suara ventilasi, kebisingan dari luar, mesin yang berbunyi, dan musik yang sedang diputar. Berdasarkan beberapa penelitian, percakapan merupakan kebisingan yang paling mengganggu. Hal ini menjadi masalah di setiap *open-plan office*, ketika faktor lain tergantung dari desain arsitektur dan hanya sesekali terjadi.

Salah satu dalam berkomunikasi, Percakapan tetaplah diperlukan, ketika bekerja di dalam tim untuk berinteraksi dan bertukar pengetahuan. *Open-plan office* dari awal dimaksudkan untuk jenis pekerjaan seperti ini. Namun, *open-plan office* mulai sering dipakai untuk semua jenis pekerjaan. Jika pekerjaan membutuhkan konsentrasi dan ketenangan, percakapan sekitar akan berdampak pada kinerja karyawan tersebut. Percakapan menjadi tidak mungkin ditiadakan pada konsep *open-plan office*. Pada berbagai kondisi, kejelasan suara yang rendah atau tingginya privasi percakapan antar meja kerja sangat dibutuhkan.

Efek dari percakapan lain terhadap performa kerja telah dipelajari menggunakan percobaan di laboratorium psikologi. Kejelasan suara yang sempurna ( $STI = 1$ ) telah mengurangi kemampuan berfikir karyawan secara signifikan dibandingkan kondisi yang sepi atau tidak ada



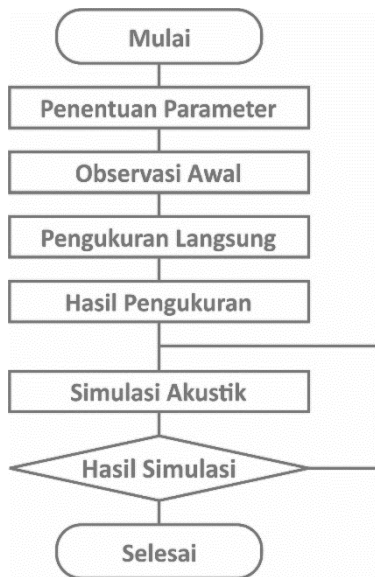
percakapan dari sekitar. Kemampuan berfikir dalam hal ini termasuk verbal, matematis, ingatan pendek, dan multitasking. Performa kerja dihitung dari pengamatan nilai eror yang dihasilkan. Nilai eror berkisar antara 4% sampai 41% ketika sepi dan ramai. Variasi yang besar dijelaskan melalui desain percobaan, seperti kesulitan pekerjaan, tipe percakapan, tekanan waktu dan waktu yang disediakan. (IEC)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Tahap-tahap Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan. Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir penelitian yang dilakukan:

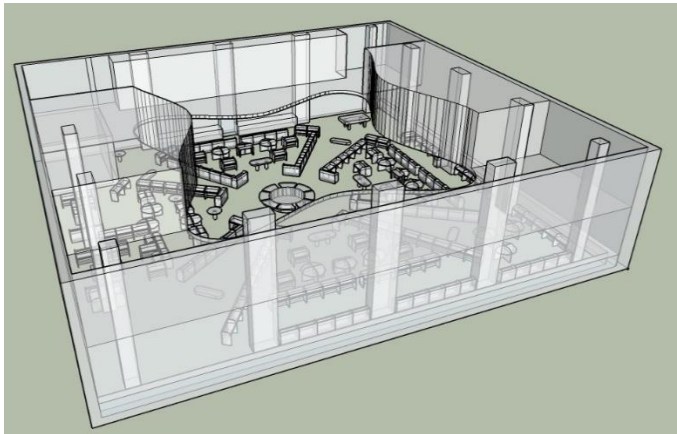


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.2 Tahap Observasi Awal

Ruangan yang menjadi objek penelitian adalah kantor terbuka Jawa Pos di gedung Graha Pena Lt.4 Jl Ahmad Yani no. 88 Surabaya. Secara aktual (kondisi sebenarnya), Pemilihan Jawa Pos sebagai tempat penelitian dapat dikatakan

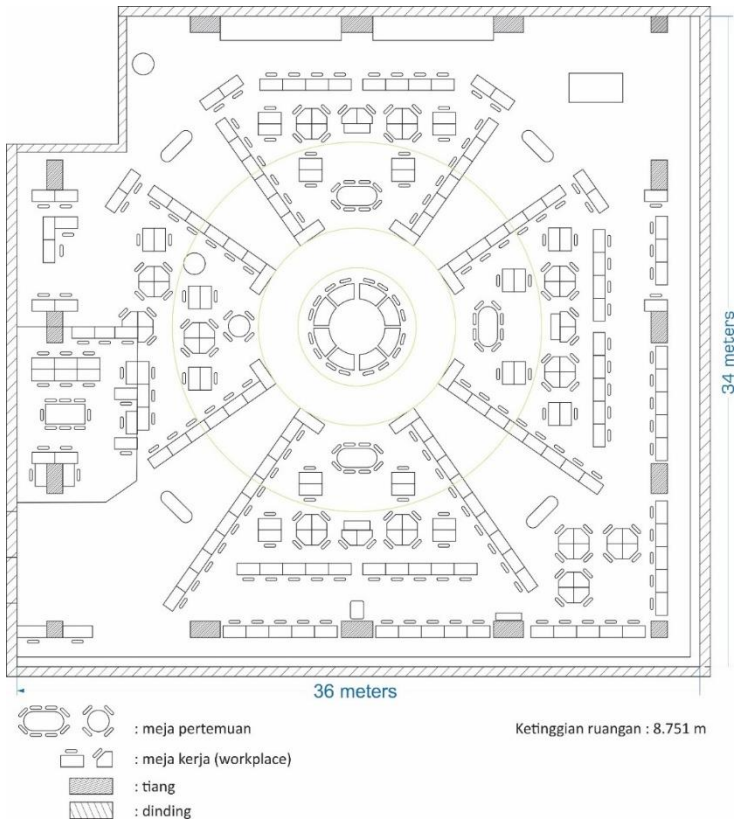
cukup ideal, dengan kantor yang cukup luas (34x36 meter) serta tidak memiliki sekat yang memisahkan antara staff yang satu dengan yang lainnya. Tahap observasi dilakukan untuk mengukur dimensi ruangan, denah, dan dokumentasi setiap bagian ruangan, selanjutnya diolah melalui software desain 3D dan 2D didapatkan data sebagai berikut.



Gambar 3.2 Sketsa Ruangan



Gambar 3.3 Foto Ruangan tampak dari atas



Gambar 3.4 Denah ruangan

Gambar 3.2 menunjukkan hasil desain 3D ruang kantor *Open Plan Office* Jawa Pos menggunakan *software* Sketch Up sesuai dengan pengukuran dimensi yang telah dilakukan. Foto ruangan tampak atas dan denah ruangan juga ditampilkan pada Gambar 3.3 dan 3.4 Beberapa perabotan kantor seperti meja kerja dan meja pertemuan diposisikan seakurat mungkin

dengan posisi aslinya. Adapun beberapa catatan mengenai kondisi *open-plan* Jawa Pos sebagai berikut :

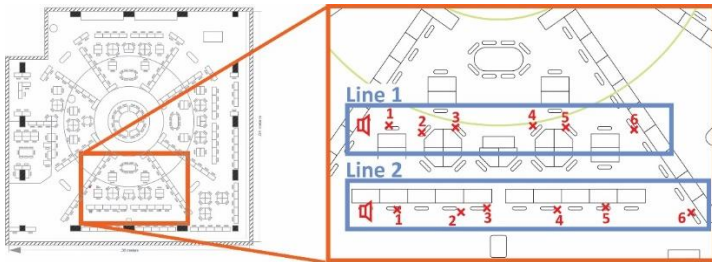
- AC dialirkan melalui *ducting* berlapis *aluminium foil* yang berada di keempat sisi ruangan.
- Dua sisi gedung terdapat jendela kaca yang dilapisi oleh gordena tipe *vertical blind*
- Dua sisi gedung yang lain berbatasan dengan ruang kantor lain
- Lantai dilapisi dengan keramik dan atap berbentuk *grid* 3x3 meter terbuat dari beton yang dilapisi cat putih
- Furniture:
 

1. Meja Kerja (234)	12. Printer/scanner (3)
2. Meja Rapat (5)	13. Mesin fotocopy (1)
3. Kursi (278)	14. Alat kebersihan
4. Komputer (234)	15. Meja Billiard (1)
5. Panggung tengah (1)	16. <i>Ducting</i> AC (4)
6. Lampu (34)	17. Hydrant (4)
7. Lemari kaca (3)	18. Pot tanaman (4)
8. Patung (4 besar, 8 kecil)	19. Banner gantung (8)
9. Pembatas jalan (4)	20. Tempat sampah
10. Speaker (4)	21. Kardus
11. Televisi (5)	22. ATK dan Buku

### 3.3 Penentuan Rencana Pengukuran

Pada tahap ini, dilakukan analisa awal sebelum dilakukan pengambilan data lapangan. Berikut beberapa hal yang perlu dipersiapkan.

1. Penentuan titik pengukuran untuk pengukuran nilai SPL dan impuls respon.



Gambar 3.5 Titik pengukuran

Denah yang sudah ditampilkan di Gambar 3.4 menunjukkan kantor yang relatif simetris. Karena itu pengambilan data dapat diambil hanya dengan seperempat bagian kantor. Sesuai standar ISO, perlu dilakukan pengukuran yang memanjang seperti pada line 1 dan 2. Output yang dihasilkan nantinya berupa grafik SPL terhadap jarak dan grafik STI terhadap jarak. Pada setiap titik dilakukan pengukuran background noise, SPL, Impuls respon dan jarak dari sumber suara.

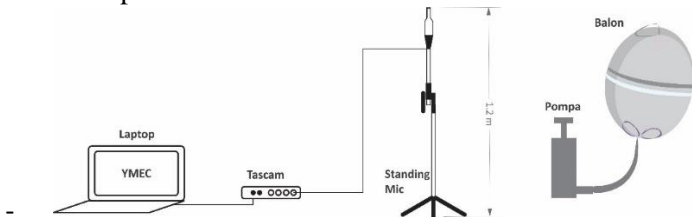
### 3.4 Pengukuran

Setelah dilakukan persiapan alat dan kalibrasi, pada setiap line pengukuran dilakukan pengambilan data berupa :

#### 3.4.1 Pengukuran *Background Noise*

Pengukuran impuls respons bertujuan untuk mendapatkan nilai SPL pada saat semua alat pendingin diaktifkan. Adapun yang perlu dipersiapkan adalah sebagai berikut :

- Alat : Microphone, Tascam, Laptop
- Software : Realtime Analyzer (YMEC)
- Waktu tiap titik : 10 detik



- Gambar 3.6 Skema pengukuran

Gambar 3.6 merupakan skema pengukuran *background noise*, dengan memposisikan mikrofon yang sudah terhubung dengan Tascam direkam dengan software YMEC selama 10 detik dengan kondisi AC menyala dan ada 7 orang di dalam ruang kantor. Output pengukuran ini adalah SPL 1 pita oktaf frekuensi antara 125 Hz sampai 8000 Hz selama 10 detik pada tiap titik ukur.

#### 3.4.2 Pengukuran Level Suara Percakapan

Pengukuran impuls respons bertujuan untuk mendapatkan nilai SPL ketika diberikan sumber suara. Adapun yang perlu dipersiapkan adalah sebagai berikut :



Alat : Microphone, Speaker, Amplifier Tascam, Laptop

- Software : Realtime Analyzer (YMEC)
- Source : Pink Noise
- Total SPL sumber : 82 dB
- Waktu tiap titik : 10 detik

Pengukuran level suara percakapan dilakukan dengan tambahan speaker yang sudah dibunyikan sebesar 82 dB. Output pengukuran ini adalah SPL 1 pita oktaf frekuensi antara 125 Hz sampai 8000 Hz selama 10 detik pada tiap titik ukur. Desain titik uku dapat dilihat pada gambar 3.6.

### **3.4.3 Pengukuran Impuls Respons**

Pengukuran impuls respons bertujuan untuk mendapatkan nilai STI. Adapun yang perlu dipersiapkan adalah sebagai berikut :

- Alat : Microphone, Balon, Pompa balon, Tascam, Laptop
- Software : Adobe Audition

Cara pengukuran impuls respon dengan meletuskan balon yang dipompa maksimal dan diukur dengan mikropon yang sudah diposisikan seperti pada Gambar 3.6 dan direkam menggunakan software Adobe Audition.

Output pengukuran ini adalah rekaman suara dalam ekstensi .wav. selanjutnya rekaman tersebut dipotong pada bagian puncak suara impuls hingga beberapa detik kemudian untuk mendapatkan penurunan level suara terhadap waktu. Setelah dipotong, melalui software YMEC pada bagian impuls respons, diambil rekaman tersebut untuk disimpan terlebih dahulu. Setelah itu impuls respon dihitung melalui Sound Analyzing System.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

*Open plan office* merupakan konsep tata kantor tanpa sekat pembatas yang besar antar pegawainya. Di dalam ruang yang besar berjajar meja kerja yang sangat banyak diletakkan berhimpitan. Selain membentuk proses komunikasi yang bagus dalam pekerjaan, terdapat beberapa efek negatif diantaranya adalah kebisingan, karena dapat mengganggu produktivitas pegawai. Sumber kebisingan yang ada dapat bersifat konstan dan tidak tetap atau bahkan periodik. Kebisingan yang bersifat tetap atau sering disebut *background noise* (BN) yang kebanyakan disebabkan oleh AC, CPU komputer. Berdasarkan Marshall Long, nilai standar maksimum untuk *background noise* di ruang *open plan office* sebesar 45 dB. Jika nilainya melebihi, maka dapat mengganggu kinerja pegawainya. Kebisingan yang bersifat impulsif atau temporal atau periodik, yakni disebabkan oleh suara orang yang berbicara. Dalam ISO, parameter yang digunakan adalah SPL dalam jarak 4m ( $L_{p,A,s} 4m$ ), dan nilai penurunan desibel saat penggandaan jarak ( $D_{2,s}$ ).

Tabel 4.1 Standar nilai ruang kantor terbuka berdasarkan ISO

No	Parameter	Keterangan	Baik	Kurang
1	<i>Background Noise</i>		< 50 dB	> 50 dB
2	<i>Distraction distance</i>	STI 0,5	< 5 m	> 10 m
3	<i>Privacy distance</i>	STI 0,2		
4	<i>Spatial decay rate</i>	Atenuasi bunyi	> 7 dB	< 5 dB

5	Lp,A,s,4m	SPL speech 4 m	< 48 dB	> 50 dB
6	STI pada meja kerja terdekat			

Tabel 4.1 merupakan parameter *open plan office* berdasarkan ISO 3382-3, terdapat parameter yang perlu didapatkan adalah *distraction distance* ( $r_D$ ) dimana  $STI = 0,5$  dan *privacy distance* ( $r_P$ ) dimana  $STI = 0,2$ . Sebagai tambahan, perlu juga untuk mengukur STI di meja kerja terdekat.

## 4.1 Pengukuran Parameter

Pengukuran nilai *background noise* dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti. Dalam pengukuran ini, beberapa parameter akustik sesuai Tabel 4.1 didapatkan dari tiga macam pengukuran, yaitu pengukuran *background noise* untuk mendapatkan level suara kebisingan latar belakang, pengukuran level suara percakapan untuk mendapatkan atenuasi bunyi dan SPL percakapan pada jarak 4m, dan impuls respons untuk mendapatkan jarak pada STI yang dibutuhkan.

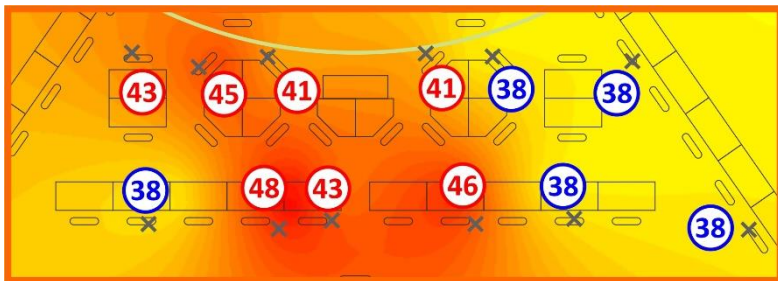
### 4.1.1 Background Noise

*Background noise* atau kebisingan latar dalam *open-plan office* menjadi bagian yang sangat dominan. Beberapa sumber BN di dalam *open plan office* diantaranya adalah perangkat HVAC (*heating, ventilating, air conditioner*), suara lalu lintas kendaraan, dan penggunaan *sound masking*.

Dalam *open plan office*, *background noise* cukup penting dalam setiap penelitian akustik ruangan. Tingkat kebisingan latar yang tinggi di ruang kantor kemungkinan akan mempengaruhi efisiensi intelektual. Dalam segi konsentrasi dengan tingginya *background noise* dapat sangat terkuras. Hal ini akan berakibat

buruk pada produktivitas kerja. Berdasarkan ASHRAE (*The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) tentang *noise criteria* yang dikehendaki tidak melebihi 40 dBA.

Berdasarkan hasil pengukuran di objek open plan office, diperoleh nilai *noise criteria* seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Mapping *Background noise* pada titik ukur

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa pada bagian tengah pada setiap tepi kantor memiliki nilai yang cukup tinggi, sedangkan pada tepi bagian tengah kantor, nilai di kanan dan kiri (lingkaran biru) cukup memenuhi target yaitu di bawah 40 dBA. Berdasarkan Gambar 4.1 juga terlihat adanya kecenderungan penyebaran, *background noise* yang tinggi lebih ke arah kiri. Nilai minimum yang didapat adalah 38 dBA dan maksimum 48 dBA.



Gambar 4.2 Sumber kebisingan ruang kantor Jawa Pos

Tingginya *background noise* yang terjadi khususnya di bagian tengah sesuai pada Gambar 4.2 disebabkan karena adanya pendingin ruangan yang dialirkan melalui. Nilai 48 dBA didapatkan karena terletak tepat di bawah *ducting*, dan bagian yang kanan tidak teraliri seperti bagian kiri. Pada bagian tengah juga terdapat mesin cetak yang dapat dirasakan bunyinya.

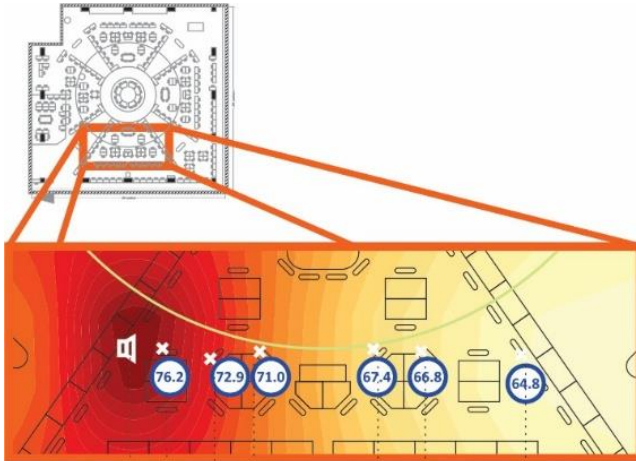
Secara teknis berdasarkan Gambar 4.2, upaya untuk mengurangi BN sudah dilakukan dengan memberikan lapisan pada *ducting* menggunakan aluminium foil. Penggunaan aluminium foil pada *ducting* selain untuk mengisolasi dari kebocoran udara dingin pada saat dialirkan, juga berfungsi sebagai isolasi suara. Namun upaya ini masih perlu dilakukan peredaman lebih lanjut agar suara yang dihasilkan dapat diminimalisir. Pemasangan foam pada *ducting* sebelum udara keluar dapat berpengaruh besar dalam menambah pengendalian *background noise* pada kantor Jawa Pos.

#### **4.1.2 Tingkat Suara Percakapan (*Speech Level*)**

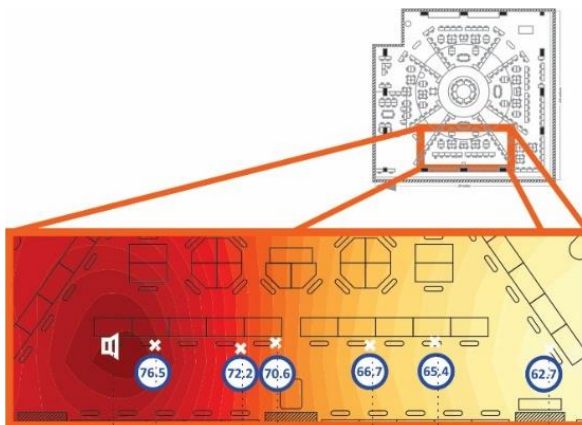
Percakapan di dalam kantor bisa sangat bermanfaat dalam menjaga kerekatan antar pegawai, terlebih dapat menghasilkan ide baru yang dapat membantu pengembangan kantor. Namun hal ini dapat berdampak buruk ketika percakapan tersebut terdengar oleh pegawai lain yang tidak berkepentingan. Maka dari itu perlu dilakukan pengukuran level percakapan. Karena salah satu penyebab gangguan konsentrasi pada kantor *open-plan office* adalah dari suara percakapan antar pegawai.

Dalam ISO 3382-3, level suara percakapan diharapkan sudah meluruh sampai di bawah level *background noise* pada jarak 4 meter dari sumber suara percakapan. Hal ini jika lebih dari 4 meter, dikhawatirkan kondisi suara di dalam kantor semakin tidak kondusif. Dengan demikian dibentuklah parameter level suara percakapan pada jarak 4 meter dalam pembobotan-A (Lp,A,s 4m).

Faktor ruangan juga berfungsi dalam peluruhan suara. Semakin cepat meluruh akan semakin baik dalam pengendalian bising yang disebabkan percakapan. Dari sini parameter mengenai atenuasi bunyi atau penurunan bunyi pada saat penggandaan jarak ( $D_{2,s}$ ) diperlukan.

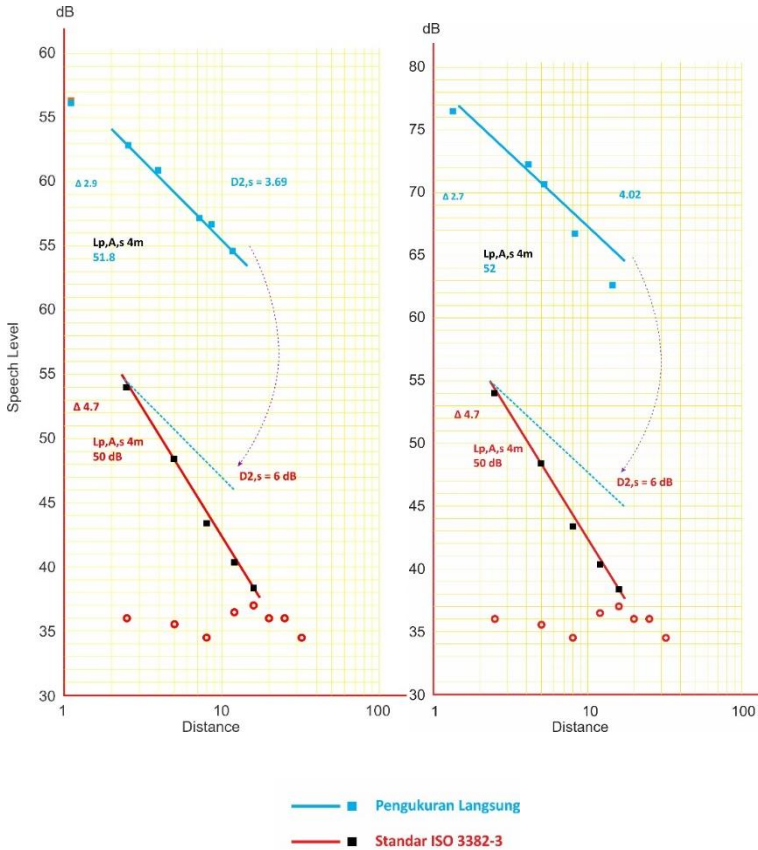


Gambar 4.3 Pemetaan SPL terhadap jarak pada Line 1



Gambar 4.4 Pemetaan SPL terhadap jarak pada Line 2

Berdasarkan *mapping* pada Gambar 4.3 dan 4.4 menunjukkan SPL yang semakin menurun terhadap pertambahan jarak. Dari sini dapat dilakukan plotting grafik penurunan level suara percakapan terhadap jarak. Maka didapatkan grafik seperti pada gambar xxx berikut.



Gambar 4.5 Grafik SPL terhadap jarak

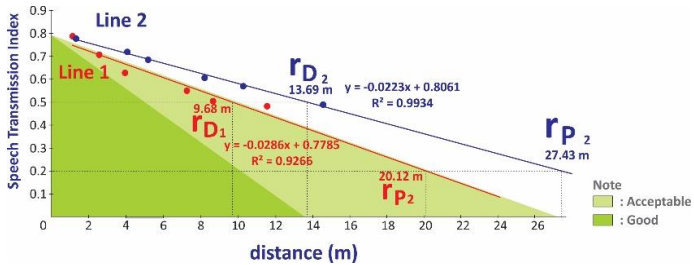


Dari Gambar 4.5, grafik SPL terhadap jarak di atas, pada line 1 didapatkan nilai pada jarak 4 meter sebesar 51,8 dB dan penggandaan jarak sebesar 3,69 dB. Sementara pada line 2 didapatkan nilai pada jarak 4 meter sebesar 52 dB dan penggandaan jarak sebesar 4,02 dB. Untuk pengukuran SPL ini ISO membersihkan standar yang baik sebesar 48 dB untuk jarak 4 meter. Nilai tersebut didapat Karena diharapkan suara normal manusia sudah meluruh pada jarak tersebut. Dan berada di bawah standar *background noise* yang bernilai 50 dBA pada *All Frequency*. Dengan hasil tersebut maka masih terdapat sedikit suara yang dirasakan.

#### **4.1.3 *Speech Transmission Index***

STI merupakan indeks menunjukkan tingkat kejelasan suara percakapan. Nilai STI ini berada dari angka 0 sampai 1. Nilai 0 berarti kejelasan suara yang buruk, sementara nilai 1 adalah kejelasan suara yang sempurna. Pada umumnya pengukuran akustik ruangan seperti ruang kelas, seminar, *ballroom*, gedung konser, dan sebagainya menyarakan nilai STI yang tinggi. Namun berbeda pada *open-plan office* nilai STI yang lebih kecil yang lebih baik. Hal ini akan berdampak pada konsentrasi pegawai kantor yang bekerja di sekitarnya.

Nilai STI yang direkomendasikan pada *open-plan office* adalah dimana sudah berada pada jarak kurang dari 10 meter untuk STI = 0,5. Gambar 4.7 menunjukkan garis *trendline* terbentuk dari titik titik uji pada line 1 dan 2 yang dilakukan secara terpisah.



Gambar 4.6 Grafik STI pada setiap titik uji line 1 dan line 2

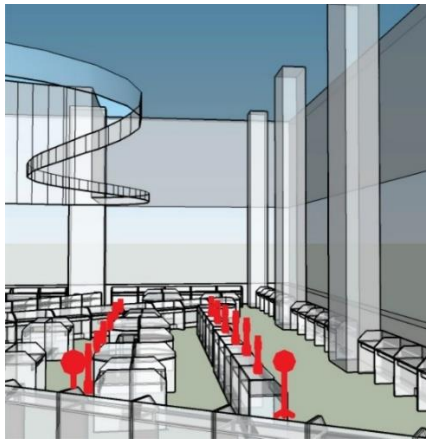
Berdasarkan pada Gambar 4.6, untuk jarak distraksi (*distraction distance*) line 1 berada pada nilai 9,68 meter. Sedangkan pada line 2 berada pada jarak 13,69 meter. Dari sini dapat dianalisa bahwa line 1 masih memenuhi standar dan line 2 tidak memenuhi. Dilihat dari sisi kemiringan garis juga diketahui pada line 2 sangat landai dengan persamaan garis  $y = -0,0223x + 0,8061$ . Ketika STI pada meja terdekat bernilai 0,8 maka perlu memiliki nilai b di bawah 0,028 agar mencapai STI 0,5 sebelum jarak 10 meter. Seperti pada line 1 yang memiliki kemiringan batas, akan tetapi masih memenuhi standar ketentuan *open plan office*.



Gambar 4.7 Desain kantor *open-plan office* Jawa Pos

Keunikan desain *open plan office* jawa pos memiliki perbedaan ketinggian atap seperti pada Gambar 4.7. Pada bagian tepi

memiliki ketinggian 4 meter sedangkan di bagian tengah memiliki ketinggian 8 meter. Untuk bagian tepi lebih rendah Karena di atasnya masih terdapat ruang kantor yang lain dan balkon. Dengan kondisi balkon melengkung.



Gambar 4.8 Posisi mikrofon dan speaker pada *open-plan office*

Dilihat dari posisi samping seperti pada Gambar 4.8, line 1 sebelah kiri dan line 2 sebelah kanan. Line 1 berada lebih jauh dari dinding kanan, dan line 2 lebih dekat dengan dinding kanan. Line 1 memiliki atap perbatasan antara 8 meter dan 4 meter, sedangkan Line 2 memiliki atap 4 meter. Secara otomatis pantulan suara yang diterima oleh line 2 akan lebih besar dan cepat dari arah dinding kanan dan atap. Pantulan yang besar ini akan menjadikan penurunan SPL berjalan sangat lambat dan kejelasan suara semakin tinggi. Jadi perbedaan kemiringan grafik STI terhadap jarak pada line 2 lebih landai daripada line 1.

## 4.2 Simulasi Akustik

Selain dilakukan analisa berdasarkan hasil pengukuran, analisa juga dilakukan melalui simulasi. Simulasi dilakukan menggunakan software CATT (Computer Aided Theater Technique) yang sudah dimiliki lisensinya oleh ITB.

### 4.2.1 Simulasi Awal

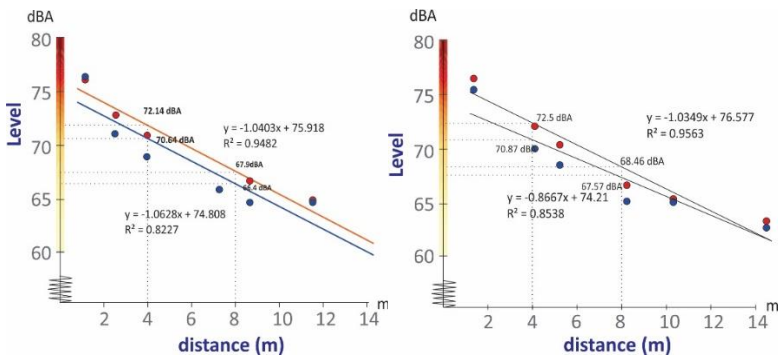
Beberapa poin pengondisian di software simulasi sebagai berikut:

- Dimensi disamakan dengan ruang aslinya
- Lengkungan ruangan di atas dibuat datar
- Meja, kursi dan perabotan lain dikosongkan
- Posisi mikrofon dan speaker, SPL, dan *background noise* dari sumber disamakan dengan pengukuran sebenarnya
- Penggunaan material permukaan dalam kantro *open-plan office* jawa pos ditampilkan pada Tabel 4.5

Tabel 4.2. Material penyusun ruangan

No	Posisi	Material	Koefisien Absorpsi <125 250 500 1k 2k>
1	Dinding	Beton	<11 8 7 6 5 5>
2	Kaca	Kaca	<18 6 4 3 2 2>
3	Jendela	Gorden	<42 21 10 8 6 6>
4	Lantai	Tiles	<2 3 3 3 3 3>
5	Tiang	Beton	<11 8 7 6 5 5>
6	Pintu	Alumunium	<14 10 6 5 4 3>
7	Atap	Beton	<11 8 7 6 5 5>

Dari hasil simulasi didapatkan grafik pada Gambar 4.10. Sebagai perbandingan, digabungkan dengan grafik yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung.

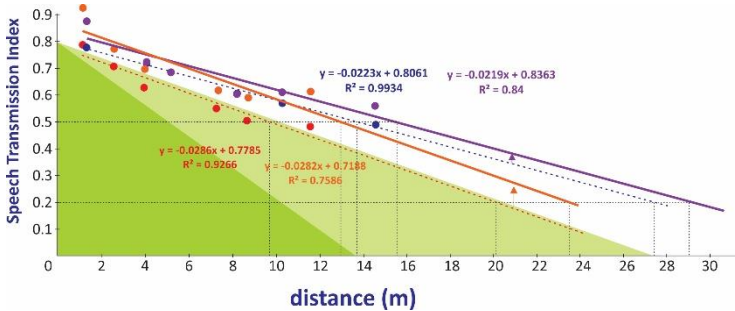


Gambar 4.9 Hasil simulasi *speech level*

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.9, garis warna biru terbentuk dari titik titik biru. Titik tersebut adalah nilai level suara terhadap jarak pengukuran setelah melalui proses simulasi akustik. Sebagai perbandingan, garis warna oranye adalah hasil pengukuran langsung. Dilihat dari gradien kedua garis cukup mirip, yaitu -1,06 dan -1,03 pada hasil simulasi dan pengukuran langsung dengan selisih nilai variabel a adalah 1,1 dB. Hasil simulasi menunjukkan nilai  $L_{p,A,S}$  4m adalah 70,64,  $D_{2,s}$  bernilai 4.24.  $D_{2,s}$  atau penurunan level pada penggandaan jarak memiliki nilai sama dengan hasil pengukuran langsung. Dengan demikian, hasil simulasi tersebut dapat dijadikan acuan untuk dilakukannya *treatment* akustik melalui *software* simulasi.

Pada line 2, Gambar 4.9 menunjukkan perbedaan nilai kemiringan antara hasil simulasi dan pengukuran langsung. Hasil simulasi lebih landai daripada hasil pengukuran langsung, namun tidak terlalu signifikan, yaitu -0,17 untuk nilai b. Perbedaan ini terjadi karena adanya keterbatasan ketelitian kondisi real ruangan dengan simulasi yang dilakukan. Titik biru yang berada pada jarak 10 meter dari sumber suara mengalami kenaikan hampir sama dengan titik uji pada jarak 8 meter yang seharusnya nilai titik

tersebut lebih rendah. Terjadinya kenaikan nilai ini dikarenakan sound focusing yang merupakan gabungan dari pantulan ruangan.



Gambar 4.10 Grafik STI hasil simulasi terhadap jarak

Seperti halnya pada *speech level*, penurunan STI yang didapatkan dari hasil simulasi dan pengukuran langsung tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Garis oranye pada Gambar 4.10 merupakan nilai STI pada line 1, sedangkan warna ungu merupakan nilai STI pada line 2. Adapun pada persamaan garis, yang terpenting adalah nilai koefisien dari x, agar dapat dijadikan acuan pada saat simulasi *treatment* akustik nantinya.

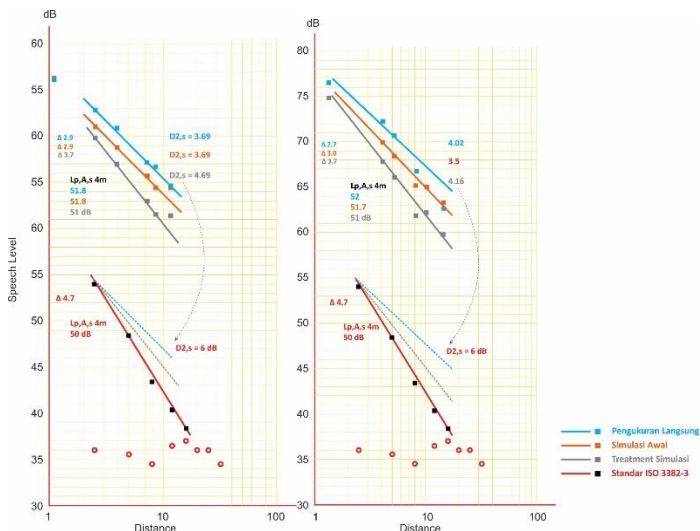
#### 4.2.2 Kondisi Setelah *Treatment*

Hasil pengukuran secara langsung menunjukkan masih banyaknya kekurangan pada nilai parameter yang sudah ditetapkan. Oleh karena itu diperlukan perbaikan kondisi akustik ruangan secara simulasi. Untuk mengetahui nilai perbaikan, agar lebih tepat sasaran dan efisien maka dikondisikan terlebih dahulu hasil simulasi yang mengacu pada hasil pengukuran secara langsung.

Setelah keduanya disamakan, maka dilakukan beberapa rencana perbaikan yang memungkinkan untuk dilakukan. Secara singkat, nilai *background noise* yang tinggi diakibatkan terutama pada *ducting AC* yang berada di tengah. Maka perbaikan akan

dicoba dengan pemasangan absorber pada *ducting* AC. *Speech level* yang memiliki atenuasi yang rendah diakibatkan oleh dengung yang panjang. Dengung tersebut dikarenakan masih banyaknya pantulan dalam ruangan. maka dari itu banyaknya pantulan diatasi oleh diletakkannya absorber pada langit langit kantor. Adapun nilai STI yang juga bermasalah akan dapat lebih baik setelah ditambahkannya absorber pada meja kerja. Penambahan sound masking pada masing masing meja kerja juga akan memperburuk STI di tempat tersebut.

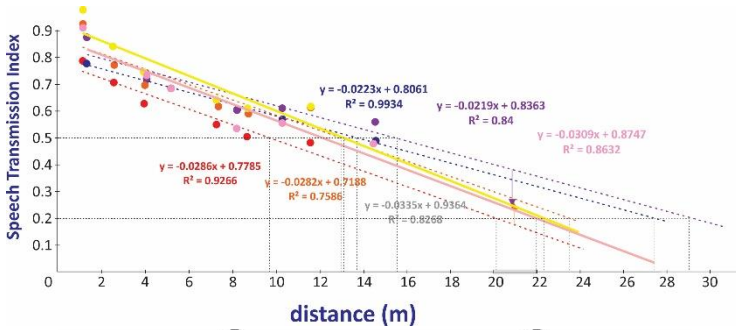
Analisa ini akan diimplementasikan dalam simulasi perbaikan. Hasil dari simulasi perbaikan seperti terlihat pada gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Hasil simulasi perbaikan *speech level* pada line 1 (kiri) dan 2 (kanan)

Berdasarkan pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14, garis berwarna abu abu merupakan hasil perbaikan. Garis kemiringan tersebut selain menurunkan kemiringan dari hasil pengukuran

sebelumnya, juga menurunkan nilai konstanta sehingga didapatkan nilai D2,s pada line 1 sebesar 5,37 dBA dan 4,45 dBA pada line 2. Sedangkan Lp,A,s 4m jika disesuaikan dengan referensi ISO, didapatkan nilai 50,31 dBA pada line 1 dan 49,81 dBA.



	rD			rP		
	Lapangan	Simulasi	Treatment	Lapangan	Simulasi	Treatment
Line 1	9.68 m	→ 12.96 m	→ 12.11 m	20.12 m	→ 23.51 m	→ 22.34 m
Line 2	13.69 m	→ 15.55 m	→ 13.09 m	27.43 m	→ 29.03 m	→ 21.98 m

Gambar 4.12 Hasil simulasi perbaikan *speech level* beserta perubahan nilai rD dan rP

Berdasarkan Gambar 4.12, hasil perbaikan secara simulasi memberikan dampak cukup efektif mengatasi permasalahan akustik *open-plan office*. Hal ini terlihat dari penurunan STI yang ditunjukkan dengan garis kuning pada line 1 dan garis merah muda pada line 2 pada Gambar 4.12. Gradien persamaan yang ditunjukkan pada lebih baik daripadanya. Nilai parameter rD dan rP ditunjukkan pada keterangan di bawahnya.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran lapangan, simulasi, dan hasil *treatment* simulasi

Parameter	Satuan	Line 1			Line 2		
		Langsung	Simulasi	Treatment	Langsung	Simulasi	Treatment
rD	m	9.7	12.96	12.11	13.7	15.55	13.09
rP	m	20.12	23.51	22.34	27.43	29.03	21.98



Lp,A,s 4m	dBA	51.8	51.8	51	52	51.7	51
D2s	dBA	3.69	3.69	4.69	4.02	3.5	4.16
Lp,A,B	dBA	50.02				51.6	

Tabel 4.3 adalah hasil akhir dari pengukuran secara langsung, simulasi, dan hasil treatment melalui simulasi. Dengan *treatment* berupa penambahan lapisan absorber pada *ducting* AC, langit-langit dan sekat meja didapatkan hasil treatment yang lebih baik.

### 4.2.3 Hasil Rekomendasi

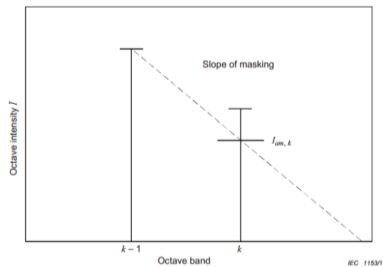
Karakterisasi akustik *open-plan office* merupakan hal yang kompleks dan dapat dilakukan penelitian pada berbagai tingkat detailnya. Alasan utamanya adalah tidak mudah untuk mencapai tingkat isolasi suara yang tinggi antara meja kerja karena suara ucapan membiaskan, tertutup oleh sekat dan dipantulkan oleh dinding dan langit-langit. Setiap jalur perambatan suara perlu dikendalikan dengan baik karena penerima suara akan mendapatkan dari berbagai arah. Suara percakapan yang tinggi dapat mengendalikan tingkat privasi. Oleh karena itu, penting dalam merancang *open-plan office* yang memperhatikan banyak aspek, sebagai contoh langit-langit yang tinggi, dengan membiarkan sekat kerja yang rendah, dapat membantu tingkat kebisingan, namun hanya sedikit meningkatkan privasi antar meja kerja yang berdekatan.

Pengaruh desain interior pada propagasi suara jarak jauh juga merupakan faktor penting mengingat keseluruhan kesan lingkungan akustik dan kesesuaiannya sebagai lingkungan kerja yang efisien. Banyaknya perabotan di dalam kantor secara tidak langsung berpengaruh baik terhadap ketersebaran dan penyerapan suara. Semakin banyak suara yang menabrak benda-benda atau sebuah ruangan yang kecil, maka frekuensi tinggi akan banyak dipantulkan sesuai koefisien absorpsinya. Sementara itu ketika benda tersebut banyak terdapat rongga atau membentuk rongga, maka frekuensi rendah akan terserap.

Langit-langit adalah permukaan yang paling penting secara akustik di kantor terbuka karena potensinya untuk merefleksikan sumber terdengar ke semua area kerja yang berdekatan. Karakteristik langit-langit yang dapat mengurangi dampak buruk dari refleksi ini meliputi penyerapan suara, difusi, dan ketinggian. Seperti pada kantor Jawa Pos, langit-langit dibiarkan terbuka tanpa tambahan plafon setinggi 4 meter pada bagian tepi, dan terbuka sampai 8,7 meter pada bagian tengah merupakan hal yang cukup baik. Namun material langit-langit yang masih berupa beton yang diplaster, masih menimbulkan pantulan yang cukup tinggi terhadap suara, karena koefisien absorpsi beton cukup rendah. Solusi untuk mengatasi hal ini dapat berupa penambahan lapisan atap dengan material yang mempunyai tingkat absorpsi yang lebih tinggi, seperti ureth pane, foam atau bahan lainnya.

Sifat dinding dan permukaan jendela, serta langit-langit, bisa menjadi sumber pengurangan privasi. Refleksi dari dinding kosong mudah dikontrol dengan panel dinding penyerap suara yang menutupi permukaan. Perlu atau tidaknya penambahan panel tergantung pada tingkat privasi yang dibutuhkan dan apakah permukaannya akan memberikan pengaruh langsung terhadap meja kerja yang berdekatan. Pada kantor Jawa Pos sebagian besar material dinding adalah kaca yang dipasang pada rangka aluminium. Adapun pada sisi tertentu, seperti pada sisi pintu masuk, material penyusunnya adalah tembok. Rendahnya penyerapan suara akan berpengaruh pada noise yang cukup tinggi. Pada dua sisi kantor Jawa Pos yang berbatasan dengan luar gedung, material kaca tertutup oleh gorden tipe vertical blind. Hal tersebut berpengaruh baik untuk mengurangi suara, selain itu mudah diatur untuk suplai pencahayaan di dalam ruangan. Penambahan panel absorpsi di sisi dinding kaca direkomendasikan untuk dapat membantu mengurangi kebisingan yang ada di dalam.

Solusi yang mungkin dapat direalisasikan adalah menambah foam tipis di permukaan sekat yang diharapkan bisa membantu mengurangi SPL dan STI terhadap sekitar sumber suara.



Gambar 4.13 Sound masking untuk menutup suara percakapan

Menambahkan level suara *background noise* untuk menutupi suara percakapan yang mengganggu merupakan elemen penting untuk mencapai kenyamanan akustik pada banyak kantor terbuka. Hal ini sangat bermanfaat untuk kasus kantor terbuka dengan atap yang rendah, karena pantulan dari atas sangat besar, maka gangguan kejelasan diperlukan. Namun pada kantor Jawa Pos yang memiliki atap yang cukup tinggi juga masih diperlukan untuk membendung suara langsung. Dengan penambahan sound masking, suara percakapan akan semakin jelas, di satu sisi *background noise* juga bisa bertambah melebihi batas. Setelah pengondisian background noise di kantor Jawa Pos dilakukan sampai angka di bawah 48 dB, sound masking menjadi solusi penyempurnanya. Secara umum, sound masking yang dianjurkan adalah antara 45 sampai 48 dBA. Gambar 4.173 adalah grafik peran sound masking dalam menutup suara percakapan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Seiring dengan perkembangan akustik di negara-negara maju dan berkembang, objek akustik ruang *open-plan office* perlu diaplikasikan juga khususnya di kota-kota besar seperti Surabaya. Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini diantaranya adalah:

1. Performa akustik ruang kantor berdasarkan ISO, parameter NC mencapai 48 masih kurang memenuhi standar, terutama yang berada di bawah *ducting* AC. Lp,A,S,4m sebesar 51,8 dBA. D2,s sebesar 3,69 dBA pada line 1, dan 4,02 dBA pada Line 2. juga kurang memenuhi standar batas 5 dBA. Parameter rD berada pada jarak 9,7 pada line 1. Sedangkan pada line 2 berjarak 13,7 dBA kurang memenuhi.
2. Solusi yang dihasilkan dari proses simulasi yaitu dengan dilakukan penambahan lapisan absorber berbahan *blanket* pada langit langit, peredam pada sekat meja kerja. Penambahan material tersebut memperbaiki nilai parameter Lp,A,S 4m menjadi 51 dBA, D2s sebesar 4,69 m, parameter rD sebesar 12,11 untuk line 1 dan 13,09 untuk line 2.

#### **5.2 Saran**

Saran dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan data pada penelitian level suara percakapan menggunakan sinyal pink noise dengan penurunan 3 dB per pita oktaf. Namun untuk penelitian secara umum lebih baik menggunakan white noise. Hal ini dikarenakan penelitian hanya membutuhkan parameter yang telah disebutkan.

2. Proses simulasi dilakukan sedetail mungkin dengan bentuk ruangan yang sebenarnya agar hasil yang diperoleh lebih akurat.
3. Perlu dilakukan pengujian atau pengamatan terhadap setiap sisi material agar koefisien absorpsi dapat diprediksi mendekati koefisien absorpsi material aslinya.
4. Untuk mengatasi NC yang tinggi perlu dilakukan penambahan dipasang peredam suara berbahan *foam* pada *ducting*, Sound masking juga perlu disiapkan dan diaktifkan secara kondisional untuk menyamarkan jelasnya suara percakapan lain ketika mengganggu konsentrasi kerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- F. Alton Everest. 2001. *The Master Handbook of Acoustics*. New York : Mc Graw Hill.
- ANSI (2008). S12.2-2008: Criteria for Evaluating Room Noise (ANSI)
- Christina E. Mediastika. 2005. *Akustika Bangunan : Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Yogyakarta : Penerbit Erlangga
- D.M. Jones, W.J. Macken. 1995. *Auditory Babble and Cognitive Efficiency : Role of Number of Voices and Their Location*. Journal Experimental Psychology
- Howard, David M. & Angus, J. 1996. *Acoustics & Psychoacoustics*. Oxford : Focal Press.
- IEC 60268-16: 2011. Sound System Equipment – Part 16 : Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index. BSI Standards Publication
- ISO 3382-3, Acoustics -- Measurement of Room Acoustic Parameters -- Part 3 : Open plan office
- Long, Marshall. 2006. "Architectural Acoustics". San Diego, California: Elsevier Academic Press.
- Stout, J. 2015. Speech Privacy Standard. Cambridge Sound Management, Inc.
- T. Vervoort & M. Vercammen. 2015. Background Noise Level to Determine the Speech Privacy in Open Plan Offices. Maastricht : EuroNoise 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## Profil Penulis



Penulis Habib Thabrani adalah anak ke-2 dari 3 bersaudara dari pasangan Juari dan Katminingsih. Penulis lahir di Jember, Jawa Timur pada tanggal 21 Oktober 1993. Penulis menempuh pendidikan formal dari TK hingga SMA di Sekolah Taruna Dra Zulaeha, Probolinggo. Penulis diterima menjadi mahasiswa Fisika FMIPA ITS angkatan 2012 melalui jalur tulis SNMPTN. Penulis bercita-cita menjadi pengusaha.