



TUGAS AKHIR - TF181801

**EVALUASI KINERJA INSULASI SUARA PADA
DINDING PARTISI DI RUANG RAPAT VIP
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI ITS**

RIDHA TENTIANI
NRP. 02311540000119

Dosen Pembimbing:
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

Halaman ini memang dikosongkan



FINAL PROJECT - TF181801

**EVALUATION OF SOUND INSULATION
PERFORMANCE OF PARTITION WALLS IN VIP
MEETING ROOM, INDUSTRIAL ENGINEERING
DEPARTMENT**

RIDHA TENTIANI
NRP. 0231154000119

Supervisor:
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

Halaman ini memang dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ridha Tentiani
NRP : 02311540000119
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul **“Evaluasi Kinerja Insulasi Suara Pada Dinding Partisi di Ruang Rapat VIP Departemen Teknik Industri ITS”** adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, Agustus 2019
Yang membuat pernyataan,



Ridha Tentiani
NRP. 02311540000119

Halaman ini memang dikosongkan

**LEMBAR PENGESAHAN
EVALUASI KINERJA INSULASI SUARA PADA
DINDING PARTISI DI RUANG RAPAT VIP
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI ITS**

TUGAS AKHIR

Oleh:
RIDHA TIENTIANI
NRP: 02311540000119

Surabaya, 19 Agustus 2019

Menyetujui
Pembimbing



Ir. Wiratno Argo Asmoro, MSc.
NIP. 19600229 198701 1 001

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Fisika



Halaman ini memang dikosongkan

**EVALUASI KINERJA INSULASI SUARA PADA
DINDING PARTISI DI RUANG RAPAT VIP
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI ITS**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIDHA TENTIANI

NRP: 02311540000119

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  (Pembimbing)
2. Dr. Dhany Arifianto, ST., M.Eng.  (Ketua Penguji)
3. Ir. Yerri Susatio, M.T.  (Penguji 1)
4. Moch. Kamalul Wafi, ST., M.Sc. DIC  (Penguji 2)

**SURABAYA
AGUSTUS 2019**

Halaman ini memang dikosongkan

EVALUASI KINERJA INSULASI SUARA PADA DINDING PARTISI DI RUANG RAPAT VIP DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI ITS

Nama Mahasiswa : Ridha Tentiani
NRP : 02311540000119
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.

Abstrak

Gedung Departemen Teknik Industri ITS, memiliki dua ruangan yang letaknya bersebelahan yaitu Auditorium Sinar Mas dan ruang rapat VIP. Pertemuan dan presentasi penting sering kali dilakukan di dalam ruang rapat, sehingga kejelasan suara sangat diperlukan agar percakapan yang terjadi jelas dan mudah dimengerti. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada ruangan yang bersebelahan adalah kebocoran suara dimana suara dapat masuk ke dalam ruang atau sebaliknya. Berdasarkan hasil pengukuran, perhitungan, dan simulasi didapatkan bahwa kinerja insulasi suara kondisi *existing* objek penelitian bernilai 22 dB, 18.8 dB, dan 24.5 dB. Nilai ini belum memenuhi standar yaitu 47 dB. Sehingga dilakukan perancangan ulang dengan kombinasi model A,B,C yang telah memenuhi standar. Kemudian dilakukan pengukuran dan simulasi waktu dengung ruang rapat VIP dengan nilai waktu dengung 1.2 detik. Nilai ini belum memenuhi standar yang bernilai 0.75 detik. Sehingga dilakukan perancangan ulang dengan penggunaan material *porous absorber* yaitu karpet dan *perforated panel absorber* yang dapat menurunkan waktu dengung ruang rapat VIP. Selanjutnya dilakukan pengukuran *speech privacy* yang bersifat objektif dan subjektif. Pada hasil pengukuran objektif didapatkan nilai SPC 50. Nilai tersebut terbilang cukup rendah, dikarenakan *minimal speech privacy* memiliki nilai SPC 70. Dan hasil pengukuran subjektif didapatkan nilai prosentase *%correct words* paling besar yaitu 7 dari 15 orang dapat mendengarkan dan memahami percakapan 80% hingga 90% dari total kata yang diucapkan. Kemudian hasil

perbaikan *speech privacy* akibat perbaikan ulang dinding partisi telah memasuki kategori *standart speech security*.

Kata kunci: kinerja insulasi suara, ruang rapat, waktu dengung, *speech privacy*

EVALUATION OF SOUND INSULATION PERFORMANCE OF PARTITION WALLS IN VIP MEETING ROOM, INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Name : Ridha Tentiani
NRP : 02311540000119
Department : Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisor : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.

Abstract

Industrial Engineering Department building has two adjacent rooms, Sinar Mas Auditorium and VIP meeting rooms. Important meetings and presentations are often held in the meeting room, that's why clarity of speech is needed so the conversation is clear and easy to understand. One problem that often occurs in adjacent rooms is sound leakage where sound can enter the room or vice versa. Based on the results of measurement, mathematical calculation, and simulations, it was found that the performance of sound insulation in existing conditions was 22 dB, 18.8 dB, and 24.5 dB. This value does not meet the standard, which is 47 dB. So the redesigned with a combination of models A, B, C have met the standards. Then a measurement and simulation of reverberation time in VIP meeting room is measured, which found a reverberation time value is 1.2 seconds. This value does not meet the standard which is valued at 0.75 seconds. So that a redesign of the porous absorber material like carpet and perforated absorber panels is used, which can reduce the reverberation time of VIP meeting rooms. Furthermore, the objective and subjective speech privacy measures are measured. The results of the objective measurement is SPC 50. This value is quite low, because the minimum speech privacy has a SPC 70 value. And the results of subjective measurements (%correct words) are, 7 of 15 people can listen and understand conversations up to 80% to 90 % of the total words spoken. Then the results of improvements to speech privacy

due to improvements of partition walls have entered the standard speech security category.

Keywords: *sound insulation performance, meeting room, reverberation time, speech privacy*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kepada Allah SWT yang maha pengasih dan penyayang. Karena dengan limpahan rahmat, ilmu, kekuatan, kesehatan, dan semangat sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Evaluasi Kinerja Insulasi Suara Pada Dinding Partisi di Ruang Rapat VIP Departemen Teknik Industri ITS**”. Salawat dan Salam tidak lupa selalu kita haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang sangat berjasa membawa umat Islam menuju jalan kebenaran yang penuh dengan rahmat Allah SWT.

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis banyak sekali mendapat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Agus M. Hatta, S.T, M.Si, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Fisika FTI-ITS.
2. Bapak Ir. Wiratno Argo Asmoro, MSc selaku dosen pembimbing dan kalab Vibrasi dan Akustik di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS yang selalu memberikan bimbingan kepada saya.
3. Bapak Dr. Dhany Arifianto ST, M.Eng selaku salah satu dosen pengampu di laboratorium Vibrasi dan Akustik yang selalu memberikan bimbingan kepada saya selama menjadi anggota.
4. Ibu Ira selaku TU Teknik Industri yang telah banyak membantu saya dalam peminjaman ruang untuk tugas akhir.
5. Kedua orang tua serta ketiga kakak saya yang telah memberikan dukungan dan doa selama saya berkuliah di Teknik Fisika.
6. Haryo Arif Wicaksono dan Retno Indriani Ardini yang sudah memberikan dukungan, semangat serta motivasi selama berkuliah di Teknik Fisika .
7. Deni Nur Fauzi selaku senior yang telah membagikan ilmu yang berguna bagi tugas akhir saya.

8. Mbak Elok, Mbak Ainun, Mbak Nela, Mbak Putri, Alif, Bina, Rahma, Bintang, Fery, Aditya, Nanda, Ihsan, Mayang, Radi, Ina, Vandi, Aisah, Hasna, Angga dan teman-teman member Lab Vibrastik yang selalu memberikan dukungan.
9. Angkatan 2015 Teknik Fisika ITS yang sudah menjadi teman berjuang selama 4 tahun di kampus perjuangan ini.
10. Dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu, terimakasih.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis mengharapkan saran serta kritik yang membangun dari semua pihak agar selanjutnya dapat disempurnakan.

Surabaya, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	vi
Abstrak.....	xi
<i>Abstract</i>	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TEORI PENUNJANG.....	5
2.1 Bising Latar Belakang (<i>Background Noise</i>).....	5
2.2 Waktu Dengung (<i>Reverberation Time</i>).....	6
2.3 Mekanisme Pembangkitan Bunyi.....	9
2.4 Indeks Pengurangan Bunyi.....	10
2.5 Insulasi Suara.....	13
2.6 Privasi Percakapan Pada Ruang.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Objek Penelitian.....	18
3.2 Pengambilan Data.....	19
3.3 Simulasi Kondisi <i>Existing</i>	23
3.4 Simulasi Perbaikan Kualitas Akustik Ruang dan Insulasi Suara Dinding Partisi.....	23

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Analisa Data.....	25
BAB V PENUTUP.....	59
5.1 Kesimpulan	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rekomendasi Nilai Kurva NC.....	5
Gambar 2.2	Kurva Waktu Dengung (Asselineau, 2015).....	7
Gambar 2.3	Waktu Dengung vs Volume Ruang (Long, 2006) ...	8
Gambar 2.4	Set-up Alat Untuk Mengukur Indeks Pengurangan Bunyi Skala Laboratorium.....	11
Gambar 2.5	Grafik Hubungan % <i>correct words</i> dengan Nilai <i>Articulation Loss</i> (AI) (ANSI, 1969).....	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Tugas Akhir	17
Gambar 3.2	Ruang Rapat VIP	18
Gambar 3.3	Auditorium Sinar Mas	19
Gambar 3.4	Denah Ruang (2D)	19
Gambar 3.5	Posisi Titik Pengukuran Insulasi Suara Dinding Partisi	21
Gambar 3.6	Posisi Titik Pengukuran Objektif <i>Speech Privacy</i> ..	22
Gambar 3.7	Posisi Titik Pengukuran Subjektif <i>Speech Privacy</i>	23
Gambar 4.1	Grafik Bising Latar Belakang Pada Kurva NC.....	26
Gambar 4.2	Waktu Dengung Hasil Pengukuran Kondisi <i>Existing</i>	28
Gambar 4.3	Grafik Reduksi Bunyi dari Auditorium Sinar Mas Menuju Ruang Rapat VIP.....	29
Gambar 4.4	Grafik Nilai D_{NT} Terhadap Nilai Kurva Referensi ..	31
Gambar 4.5	Simulasi Desain Ruang Rapat VIP di <i>software EASE</i> <i>4.4</i>	32
Gambar 4.6	Nilai Waktu Dengung Hasil Simulasi Kondisi <i>Existing</i> di <i>software EASE 4.4</i>	32
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Waktu Dengung Hasil Pengukuran dan Hasil Simulasi	33
Gambar 4.8	Nilai Persebaran % <i>Alcons</i> di Ruang Rapat VIP	33
Gambar 4.9	Nilai Distribusi % <i>Alcons</i> di Ruang Rapat VIP	34
Gambar 4.10	Nilai Persebaran STI (<i>Speech Transmission Index</i>) di Ruang Rapat VIP	34
Gambar 4.11	Nilai Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) di Ruang Rapat VIP	35

Gambar 4.12	Nilai Persebaran C_{50} di Ruang Rapat VIP	35
Gambar 4.13	Nilai Distribusi C_{50} di Ruang Rapat VIP	36
Gambar 4.14	Koefisien Absorpsi Material Hasil Perancangan Ulang	40
Gambar 4.15	SS17	47
Gambar 4.16	Gypsum Indogyps 12 mm + APLUS BOARD PREMIUM 6 mm	48
Gambar 4.17	SC 80 H.....	48
Gambar 4.18	Peletakkan Absorber Pada Ruang Rapat VIP	50
Gambar 4.19	Waktu Dengung Simulasi Hasil Perbaikan di <i>software EASE 4.4</i>	50
Gambar 4.20	Nilai Persebaran % <i>Alcons</i> di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang	51
Gambar 4.21	Nilai Distribusi % <i>Alcons</i> di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang	51
Gambar 4.22	Nilai Persebaran C_{50} di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang	52
Gambar 4.23	Nilai Distribusi C_{50} di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang	52
Gambar 4.24	Nilai Persebaran STI (<i>Speech Transmission Index</i>) di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang.....	53
Gambar 4.25	Nilai Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang.....	53
Gambar 4.26	Grafik Persebaran Data % <i>correct words</i>	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rentang Nilai <i>Noise Criteria</i> (NC) (K.B.Ginn, 1978)..	6
Tabel 2.3 Parameter C_{50} (Kocinski & Ozimek, 2016).....	8
Tabel 2.4 Nilai <i>Speech Transmission Index</i> (STI)	9
Tabel 2.5 Kategori Nilai <i>Articulation Loss Consonant</i>	9
Tabel 2.6 Deskripsi Percakapan Dapat Didengar dan Dipahami Untuk Berbagai Kategori (ASTM, 2017)	16
Tabel 4.1 Bising Latar Belakang Ruang Rapat VIP	26
Tabel 4.2 Waktu Dengung Pada Ruang Rapat VIP	27
Tabel 4.3 Perbedaan Tingkat Tekanan Bunyi Pada Kedua Ruang	29
Tabel 4.4 Pengukuran Nilai D_{nTw} Dinding Partisi Kondisi <i>Existing</i>	30
Tabel 4.5 Spesifikasi Material <i>Plywood</i>	37
Tabel 4.6 Spesifikasi Material <i>Tempered Glass</i>	37
Tabel 4.7 Hasil Simulasi Nilai R_w Dinding Partisi	37
Tabel 4.8 Nilai R_w Berdasarkan Perhitungan Matematis	38
Tabel 4.9 Perbandingan Nilai Indeks Pengurangan Bunyi	39
Tabel 4.10 Nilai Densitas Material Hasil Perancangan Ulang ...	40
Tabel 4.11 Deskripsi Kombinasi Material Hasil Perancangan ...	41
Tabel 4.12 Hasil Simulasi Nilai R_w Model A	42
Tabel 4.13 Hasil Simulasi Nilai R_w Model B.....	44
Tabel 4.14 Hasil Simulasi Nilai R_w Model C.....	45
Tabel 4.15 Variasi Material Perbaikan Akustik Ruang	49
Tabel 4.16 Tingkat Tekanan Bunyi Pada Ruang Sumber dan Penerima.....	55
Tabel 4.17 Hasil Pengukuran <i>%correct words</i>	56
Tabel 4.18 Perbaikan Nilai SPC	58

Halaman ini memang dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung adalah bangunan tembok dan sebagainya yang berukuran besar sebagai tempat kegiatan, seperti perkantoran, pertemuan, perniagaan, pertunjukan, olahraga, dan sebagainya (KBBI, 2019). Di dalam sebuah gedung, terdapat banyak ruang yang dibangun bersebelahan antar ruang yang satu dengan yang lain. Pada sebuah gedung, dibutuhkan kondisi dimana jika salah satu ruang terdapat aktivitas yang dapat menimbulkan bunyi, maka pada ruangan yang lain bunyi tersebut tidak terdengar. Agar setiap ruang memiliki fungsi yang optimal, maka dibutuhkan kondisi akustik tertentu yaitu insulasi suara. Insulasi suara digunakan untuk menentukan kualitas akustik antar ruang (Hongisto, 2000). Hal tersebut perlu ditinjau karena akustik seringkali tidak diberikan perhatian yang sama seperti insulasi termal, konsumsi energi, *fire safety*, dan estetika visual pada desain bangunan. Akustik terkadang hampir diabaikan atau dianggap hal sekunder yang dapat disesuaikan nantinya. Padahal seharusnya insulasi suara yang baik dimulai saat pemilihan konstruksi bangunan (Rindel, 2007).

Pada gedung Departemen Teknik Industri ITS, terdapat banyak ruang salah dua dari ruangan tersebut terletak bersebelahan yaitu Auditorium Sinar Mas dan ruang rapat VIP. Auditorium adalah bangunan atau ruangan besar yang digunakan untuk mengadakan pertemuan umum, pertunjukan, dan sebagainya. Auditorium Sinar Mas Teknik Industri ITS merupakan auditorium yang memiliki fungsi sebagai tempat perkuliahan besar, kuliah tamu, maupun pertemuan besar lainnya atau dengan kata lain auditorium ini difungsikan untuk percakapan/*speech*. Auditorium ini memiliki kapasitas 200 orang. Auditorium Sinar Mas bersebelahan dengan dengan sebuah ruang rapat VIP. Ruang rapat merupakan ruangan yang difungsikan untuk komunikasi oleh banyak pihak untuk membicarakan dan

memecahkan suatu masalah yang bersifat penting dan rahasia. Karena komunikasi penting di dalam suatu ruang rapat, maka privasi pun diperlukan untuk menjamin kerahasiaan percakapan formal didalamnya tidak dapat didengar oleh siapapun yang berada di luar. Privasi percakapan tidak hanya bergantung pada indeks pengurangan bunyi pada partisi tetapi juga pada bising latar belakang, waktu dengung, dan *speech effort* (Keranen, Virjonen, & Hongisto, 2008). Selain itu, pertemuan dan presentasi penting sering kali dilakukan di dalam ruang rapat, sehingga kejelasan suara sangat diperlukan agar percakapan yang terjadi jelas dan mudah dimengerti. Kejelasan suara sendiri bergantung pada karakteristik akustik ruang yaitu waktu dengung dan *signal to noise ratio* (Subramaniam, 2006).

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada ruangan yang bersebelahan adalah kebocoran suara dimana suara dapat masuk ke dalam ruang atau sebaliknya. Ruang rapat VIP yang berada di Teknik Industri ITS merupakan contoh kasus dari kebocoran suara antar ruang yang bersebelahan. Hal ini berdampak buruk pada konsentrasi ataupun komunikasi saat rapat berlangsung. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah tingginya transmisi bunyi antar ruang yaitu dengan mengatasi pada media rambatan bunyi yaitu insulasi pada dinding partisi antar kedua ruangan tersebut harus sesuai standar. Insulasi suara dihitung sebagai indeks pengurangan bunyi (*sound reduction index*, SRI). Satuan dari indeks pengurangan bunyi adalah desibel, dB (Karlinasari, Hermawan, Maddu, & Martianto, 2011). Insulasi suara juga mengacu pada kemampuan konstruksi atau elemen bangunan untuk membatasi transmisi bunyi melalui elemen bangunan. Insulasi suara suatu material dapat dijelaskan oleh *weighted sound reduction index* (R_w) atau *weighted standardized level difference* (D_{nTw}). Nilai R_w merupakan nilai pengukuran insulasi suara berbasis laboratorium (*in situ*), sedangkan nilai D_{nTw} merupakan nilai pengukuran insulasi suara di lapangan (*on site*) (Board, 2018). Nilai pengukuran *on site* pada D_{nTw} diperbolehkan menjadi 5 poin lebih rendah daripada nilai R_w (Autex, 2009). Nilai D_{nTw} yang

direkomendasikan untuk ruang kantor adalah $D_{nTw} = 47$ dB sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Eropa (Standards, 2013). Oleh karena itu perlu diketahui nilai D_{nTw} kondisi *existing* dari dinding partisi antara Auditorium Sinar Mas dan ruang rapat VIP. Jika nilai D_{nTw} pada kondisi *existing* belum memenuhi kriteria standar, maka perlu dilakukan simulasi perancangan ulang dinding partisi dengan melakukan modifikasi terhadap konfigurasi material insulator pada dinding partisi guna meningkatkan kinerja insulasi suara agar dapat memenuhi standar yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, dirumuskan beberapa permasalahan yang akan diteliti dengan rincian sebagai berikut:

- a. Bagaimana kondisi akustik ruang pada ruang rapat VIP ?
- b. Bagaimana kinerja insulasi suara pada dinding partisi kondisi *existing* antara ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas?
- c. Bagaimana perancangan akustik ruang yang baik pada ruang rapat VIP ?
- d. Bagaimana pengaruh kinerja insulasi suara setelah dilakukan modifikasi material pada dinding partisi antara ruangan ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan dan rumusan masalah, akan diberikan beberapa batasan permasalahan dari tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:

- a. Objek penelitian yang dianalisa adalah waktu dengung ruang rapat VIP, dinding partisi antara ruangan Auditorium Sinar Mas dan ruang rapat VIP Departemen Teknik Industri ITS, dan *speech privacy* ruang rapat VIP
- b. Variabel yang dianalisa adalah nilai waktu dengung dengan dasar pengukuran mengacu pada standar ISO 3382, nilai D_{nTw} dengan mengacu pada standar ISO 717-1-2013 dan

ISO 16283-1-2014, dan nilai *speech privacy* parameter objektif dengan mengacu pada standar ASTM E3638:2017

- c. Pemodelan simulasi dilakukan dengan perangkat lunak dengan *software Ahnert Feistel Media Group (AFMG) Soundflow* dan *EASE 4.4*

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pemaparan latar belakang dan permasalahan, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui kondisi akustik ruang pada ruang rapat VIP
- b. Mengetahui kinerja insulasi suara pada dinding partisi kondisi *existing* antara ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas
- c. Melakukan perbaikan kondisi akustik ruang pada ruang rapat VIP
- d. Mengetahui pengaruh kinerja insulasi suara setelah dilakukan modifikasi material pada dinding partisi antara ruangan ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas

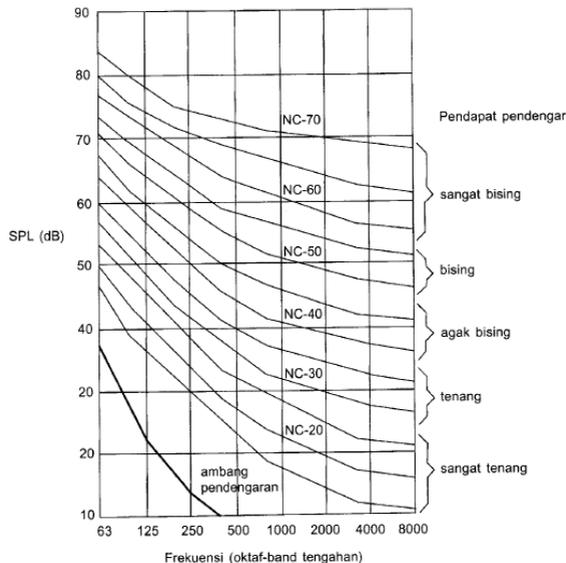
1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat membawa manfaat dalam menentukan material yang baik agar insulasi suara pada dinding partisi dapat memenuhi standar dan menentukan material yang cocok agar kualitas akustik ruang pada ruang rapat dapat memenuhi standar.

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Bising Latar Belakang (*Background Noise*)

Dalam setiap ruangan, baik yang kita rasakan atau tidak akan selalu ada bunyi. Hal ini yang disebut dengan bising latar belakang (*background noise*). Sumber bising latar belakang biasanya dari keadaan sekitar ruangan, baik itu di dalam maupun di luar ruangan. Dalam suatu ruangan seperti auditorium, ruang kelas, atau ruang rapat maka bising latar belakang dihasilkan oleh peralatan mekanikal atau elektrik di dalam ruang seperti pendingin udara (*air conditioning*), kipas angin, dan seterusnya. Untuk mengetahui tingkat bising latar belakang yang ada dapat dilakukan dengan mengukur tingkat tekanan bunyi di dalam ruangan pada rentang frekuensi tengah pita oktaf antara 63 Hz sampai dengan 8 kHz. Kemudian hasilnya dapat dicocokkan dengan kurva kriteria bising (*Noise Criteria*) seperti pada Gambar 2.1 (Wardhana & Asmoro, 2013).



Gambar 2.1 Rekomendasi Nilai Kurva NC

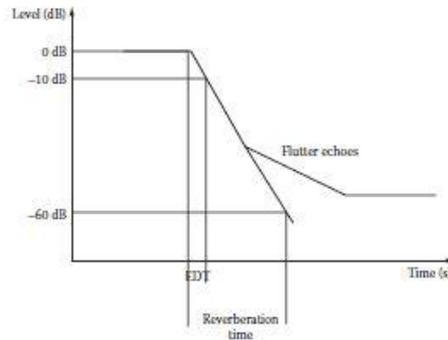
Setelah nilai NC didapatkan, maka untuk mengetahui rekomendasi nilai *noise criteria* yang cocok untuk berbagai macam tipe ruangan maka dapat dilihat pada Tabel 2.1 sehingga nantinya didapatkan kesimpulan apakah ruangan telah memenuhi standar atau tidak.

Tabel 2.1 Rentang Nilai *Noise Criteria* (NC) (K.B.Ginn, 1978)

<i>Environment</i>	<i>Range of NC Levels likely to be acceptable</i>
<i>Factories (heavy engineering)</i>	55-75
<i>Factories (light engineering)</i>	45-65
<i>Kitchens</i>	40-50
<i>Swimming baths and sports areas</i>	35-50
<i>Department stores and shops</i>	35-45
<i>Restaurants, bars, cafeterias and canteens</i>	35-45
<i>Mechanised offices</i>	40-50
<i>General offices</i>	35-45
<i>Private offices, libraries, courtrooms and schoolrooms</i>	30-35
<i>Homes, bedrooms</i>	25-35
<i>Hospital wards and operating theatres</i>	25-35
<i>Cinemas</i>	30-35
<i>Theatres, assembly halls and churches</i>	25-30
<i>Concert and opera halls</i>	20-25
<i>Broadcasting and recording studios</i>	15-20

2.2 Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Waktu dengung (T) adalah ukuran tingkat peluruhan bunyi atau dengan kata lain waktu yang diperlukan untuk intensitas bunyi di ruangan turun 60 dB dari intensitas awal (0 dB hingga -60 dB) seperti pada Gambar 2.2. Ketika sumber bunyi diletakkan di ruangan dan sumber bunyi dimatikan, intensitas bunyi yang diukur pada titik tertentu akan meningkat karena pantulan dari dinding, lantai dan langit-langit ruang, kemudian intensitas bunyi tersebut tidak akan tiba-tiba menghilang tetapi akan memudar secara bertahap hingga posisi setimbang tercapai dimana energi yang diserap oleh ruangan sama dengan energi yang dipancarkan oleh sumber bunyi (K.B.Ginn, 1978). Namun lain halnya jika bunyi tersebut mengalami pemantulan terus menerus diantara dua dinding reflektif yang saling berhadapan, maka akan terjadi *flutter echo* yang menyebabkan waktu dengung akan semakin panjang.



Gambar 2.2 Kurva Waktu Dengung (Asselineau, 2015)

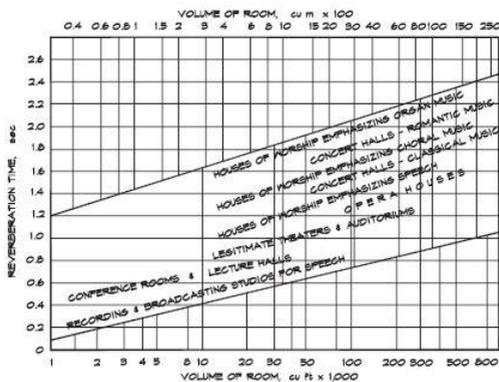
Gagasan adanya peluruhan bunyi pada ruang pertama kali dicetuskan oleh Wallace Clement Sabine. Persamaan ini didasarkan pada asumsi bahwa bunyi yang tersebar merata pada seluruh ruang, sehingga persamaan Sabine dijelaskan pada Persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$T = \frac{0.161 V}{A} \quad (2.1)$$

dimana :

- T = Waktu dengung yang dibutuhkan untuk suara meluruh 60 dB setelah sumber bunyi dimatikan
- V = Volume ruangan (m^3)
- A = Total absorpsi pada ruangan ($m^2 \cdot \text{sabins}$)

Nilai waktu dengung juga bergantung pada fungsi ruang dan volume ruang seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.3. Untuk fungsi ruang yang biasa digunakan untuk *speech* seperti ruang kelas atau ruang kuliah dianjurkan memiliki nilai waktu dengung dibawah 1 detik bergantung pada volume ruang tersebut. Dan untuk fungsi ruang yang biasa digunakan untuk *music* dianjurkan memiliki nilai waktu dengung lebih panjang. Panjang waktu dengung yang ideal pada fungsi ruang yang biasa digunakan untuk *music* tergantung pula dengan tipe musik dan volume ruang tersebut (Long, 2006).



Gambar 2.3 Waktu Dengung vs Volume Ruang (Long, 2006)

2.2.1 Clarity (C_{50})

C_{50} menggambarkan kejelasan suara. C_{50} dihitung dengan membandingkan antara energi suara yang datang di posisi penerima hingga waktu tunda 50 ms setelah suara langsung. Biasanya dihitung dalam rentang frekuensi antara 500 Hz sampai 4000 Hz (Ahnert & Tennhardt, 2008). Nilai C_{50} berkisar antara ≤ -8 dB hingga ≥ 8 dB seperti pada Tabel 2.3, dimana nilai ≤ -8 dB berada pada kategori buruk pada kejelasan suara dan nilai ≥ 8 dB berada pada kategori sangat baik pada kejelasan suara.

Tabel 2.2 Parameter C_{50} (Kocinski & Ozimek, 2016)

Nilai (dB)	Interpretasi
≥ 8	<i>Excellent</i>
7 – 3	<i>Good</i>
2 – -2	<i>Fair</i>
-3 – -7	<i>Poor</i>
≤ -8	<i>Bad</i>

2.2.2 Speech Transmission Index (STI)

Penentuan nilai STI berdasarkan pada pengukuran pengurangan sinyal antara titik sumber suara dan titik penerima dengan frekuensi tengah dari 125 Hz hingga 8000 Hz. Nilai STI berkisar antara 0 hingga 1, dimana nilai 1 menunjukkan kejelasan

suara yang baik dan 0 menunjukkan kejelasan suara yang buruk (Ahnert & Tennhardt, 2008). Kategori nilai STI dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2. 3 Nilai *Speech Transmission Index* (STI)

Nilai	Interpretasi
0 – 0.3	<i>Bad</i>
0.3 – 0.45	<i>Poor</i>
0.45 – 0.6	<i>Fair</i>
0.6 -0.75	<i>Good</i>
0.75 - 1	<i>Excellent</i>

2.2.3 *Articulations Loss (Alcons)*

Alcons atau yang disebut hilangnya artikulasi konsonan, sangat diperlukan untuk menentukan evaluasi kejelasan bicara di dalam ruang. *%Alcons* fokus pada persepsi dari konsonan yang diucapkan pada frekuensi 2000 Hz. (Ahnert & Tennhardt, 2008; Ballou, 2009). Kejelasan suara akan baik jika nilai *%Alcons* berada dibawah atau sama dengan $\leq 3\%$ dan akan bernilai sangat buruk jika nilai *%Alcons* $> 20\%$ seperti yang tertera pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2. 4 Kategori Nilai *Articulation Loss Consonant*

<i>Subjective Intelligibility</i>	<i>%Alcons</i>
<i>Ideal</i>	$\leq 3\%$
<i>Good</i>	3-8%
<i>Satisfactory</i>	8-11%
<i>Poor</i>	$> 11\%$
<i>Worthless</i>	$> 20\%$

2.3 Mekanisme Pembangkitan Bunyi

Bunyi dapat merambat di seluruh bangunan baik melalui medium udara atau melalui struktur bangunan. Mekanisme pembangkitan bunyi dapat dibagi menjadi dua kategori. Kategori pertama terdiri dari sumber-sumber yang merambatkan bunyi melalui medium udara seperti *loudspeaker*. Insulasi terhadap

bunyi tersebut disebut *airborne sound insulation*. Kategori kedua terdiri dari sumber-sumber yang merambatkan bunyi melalui struktur bangunan seperti langkah kaki, pemasangan pipa yang bising, dan pintu yang dibanting. Insulasi terhadap bunyi tersebut disebut *impact sound insulation* (K.B.Ginn, 1978).

2.3.1 *Airborne Sound*

Airborne sound, adalah perambatan gelombang bunyi melalui medium udara. Hal ini terjadi karena ruangan disekeliling kita umumnya dilingkupi udara. Model perambatan semacam ini akan sangat mudah masuk ke dalam bangunan jika terdapat lubang, celah, atau retak pada elemen bangunan yang bisa merambatkan gelombang bunyi tersebut, contohnya pada elemen vertikal seperti dinding. Perambatan juga dapat terjadi melalui elemen horizontal seperti atap atau plafon. Peletakan jendela dan lubang ventilasi, atau penggunaan atap dari material yang tidak rapat juga akan merambatkan gelombang bunyi.

2.4 Indeks Pengurangan Bunyi

Insulasi suara dinyatakan sebagai indeks pengurangan bunyi, R , (disebut sebagai rugi transmisi dalam standar Amerika Serikat). Indeks pengurangan bunyi tergantung pada sudut datang dari bunyi yang datang. Jika material yang ada pada ruangan dapat menyebarkan bunyi dengan merata dan bunyi hanya ditransmisikan melalui dinding partisi maka indeks pengurangan bunyi pada Persamaan (2.2) sebagai berikut (K.B.Ginn, 1978) :

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right) \text{ dB} \quad (2.2)$$

dimana:

R = Indeks pengurangan bunyi (dB)

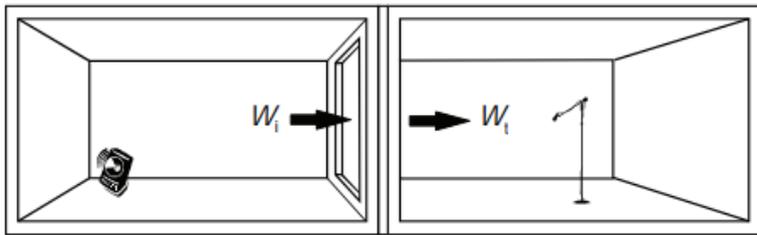
L_1 = Tingkat tekanan bunyi rata-rata pada ruang sumber bunyi (dB)

L_2 = Tingkat tekanan bunyi rata-rata pada ruang penerima bunyi (dB)

S = Luas dinding partisi (m^2)

A = Total absorpsi ruang penerima yang ditentukan dari pengukuran waktu dengung ($m^2 \cdot \text{sabins}$)

Untuk menghitung indeks pengurangan bunyi di lapangan dapat dilihat gambaran *set-up* alat pada Gambar 2.4, dimana terdapat dua ruang yang bertindak sebagai ruang penerima dan ruang sumber. Sumber bunyi dinyalakan pada ruang sumber dan dihitung tingkat tekanan bunyi pada ruang tersebut kemudian dihitung tingkat tekanan bunyi pada ruang penerima yang ditangkap oleh sensor yang telah ditelakkan di ruang tersebut, kemudian didapatkan nilai indeks pengurangan bunyi hasil kinerja dari dinding partisi dan total absorpsi pada ruang penerima.



Gambar 2.4 *Set-up* Alat Untuk Mengukur Indeks Pengurangan Bunyi Skala Laboratorium

Selain itu indeks pengurangan bunyi juga sangat bergantung pada material yang dilewati seperti indeks pengurangan bunyi pada panel tunggal dan indeks pengurangan bunyi pada panel ganda dengan rongga udara diantara kedua panel tersebut. Sebelum menghitung indeks pengurangan bunyi pada panel tunggal dibutuhkan beberapa parameter seperti kekakuan, frekuensi resonansi, frekuensi kritis yang dijelaskan pada Persamaan (2.3) hingga (2.5) sebagai berikut (Long, 2006):

$$B = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (2.3)$$

dimana :

B = Kekakuan (N.m)

E = Modulus young (N/m^2)

H = Ketebalan panel (m)

V = *Poisson's ratio*

$$fr = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{B}{m}} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right) \quad (2.4)$$

dimana :

fr = Frekuensi resonansi (Hz)

B = Kekakuan (N.m)

m = Massa per satuan luas (m^2)

a, b = Luas panel (m^2)

$$fc = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{B}} \quad (2.5)$$

dimana :

fc = Frekuensi kritis (Hz)

c = Kecepatan aliran udara (m/s^2)

m = Massa per satuan luas (m^2)

B = Kekakuan (N.m)

Sehingga setelah beberapa parameter tersebut diketahui, maka selanjutnya menentukan nilai indeks pengurangan bunyi pada panel tunggal sesuai dengan Persamaan (2.6) hingga (2.8) sebagai berikut :

$$R (f < fr) = 20 \log (m.f) - 48 + 40 \log \left(\frac{fr}{f} \right) \quad (2.6)$$

$$R (fr < f < fc) = 20 \log (m.f) - 48 \quad (2.7)$$

$$R (f > fc) = 20 \log (m.f) - 48 + 10 \log \left\{ \frac{2n}{\pi} \left(\frac{f}{fc} - 1 \right) \right\} \quad (2.8)$$

dimana :

f = Frekuensi (Hz)

n = *Total loss factor* (N/m^2)

Kemudian untuk mengetahui indeks pengurangan bunyi pada panel ganda dengan rongga udara diantara kedua panel dibutuhkan pula beberapa parameter seperti frekuensi resonansi, frekuensi kritis yang dijelaskan pada Persamaan (2.9) dan (2.10) seperti berikut (Ellefsen & Olafsen, 2010) :

$$fr = 60 \sqrt{\frac{m1+m2}{m1.m2.d}} \quad (2.9)$$

dimana :

- fr = Frekuensi resonansi (Hz)
 m = Massa per satuan luas (m^2)
 d = Jarak antara kedua panel (m)

$$fc = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{B}} \quad (2.10)$$

dimana :

- fc = Frekuensi kritis (Hz)
 c = Kecepatan aliran udara (m/s²)
 m = Massa per satuan luas (m^2)
 B = Kekakuan (N.m)

Sehingga untuk menentukan nilai indeks pengurangan bunyi pada panel ganda dengan rongga udara diantara kedua panel dijelaskan pada Persamaan (2.11) dan (2.12) sebagai berikut :

$$R (f < fc) = 20 \log (m.f) - 10 \log \left[\ln \left(\frac{2\pi f}{c} \right) \cdot \sqrt{A} \right] + 20 \log \left[1 - \left(\frac{f}{fc} \right)^2 \right] - 42 \text{ dB} \quad (2.11)$$

$$R (f > fc) = 20 \log (m.f) + 10 \log \left[2n \frac{f}{fc} \right] - 47 \text{ dB} \quad (2.12)$$

2.5 Insulasi Suara

Cara yang paling tepat dalam mengatasi penyebaran bunyi adalah dengan cara insulasi. Insulasi suara bekerja dengan cara mengurangi tingkat tekanan bunyi pada ruang penerima akibat bunyi dari ruang sumber dengan jalur transmisi melalui udara atau struktur bangunan. Kasus paling sederhana adalah dimana terdapat dua ruangan yang memiliki satu elemen pembagi yaitu dinding, lantai, atau *ceiling*. Prinsip insulasi bunyi itu sendiri merupakan gabungan dari refleksi, absorpsi, dan transmisi. Pada prinsip insulasi terjadi penyerapan gelombang bunyi yang jauh lebih besar dari proses absorpsi. Prinsip insulasi sangat baik diterapkan dalam mengatasi bunyi yang merambat secara

airborne maupun *structureborne* (Christina, 2005). Insulasi bunyi dari suatu material dapat dijelaskan oleh R_w atau $D_{nT,w}$ yang akan dijelaskan pada Sub bab 2.5.2.

2.5.1 *Airborne Sound Insulation*

Energi bunyi yang datang pada dinding partisi akan tergantung pada keluaran daya bunyi dari sumber dan penyerapan total bunyi di dalam ruangan. Energi bunyi yang datang sebagian akan dipantulkan kembali ke ruangan dan sebagian diserap oleh dinding. *Airborne sound insulation* merupakan pengukuran pengurangan transmisi bunyi antara dua ruang yang bersebelahan yang disebabkan oleh sumber-sumber yang menghasilkan bunyi yang merambat melalui medium udara. *Airborne sound insulation* pada pengukuran di lapangan dapat dideskripsikan dengan perbedaan tingkat tekanan bunyi, D , antara ruang sumber dengan ruang penerima pada Persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$D = L_1 - L_2 \quad \text{dB} \quad (2.13)$$

dimana:

D = Perbedaan tingkat tekanan bunyi (dB)

L_1 = Tingkat tekanan bunyi rata-rata pada ruang sumber (dB)

L_2 = Tingkat tekanan bunyi rata-rata pada ruang penerima (dB)

Seperti yang dinyatakan dalam ISO 16283-1 (ISO, 2014) mengenai pengukuran *airborne sound insulation* di lapangan, kita juga dapat menggunakan perbedaan tingkat tekanan bunyi yang merujuk ke waktu dengung referensi (T_0). Oleh karena itu Persamaan (2.14) sebagai berikut :

$$D_{nT} = D + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad \text{dB} \quad (2.14)$$

dimana:

D_{nT} = *Standardized level difference* (dB)

T = Waktu dengung pada ruang penerima

T_0 = Waktu dengung referensi, untuk *dwelling's* $T_0 = 0.5$ s

Selanjutnya untuk material komposit dimana ketika partisi terdiri dari material seperti dinding yang memiliki pintu, maka Persamaan (2.15) mengenai insulasi suara seperti berikut (Momertz & BBM, 2008):

$$R = -10 \log \left[\frac{1}{S_1 + S_2} \cdot (S_1 \cdot 10^{-0.1R_1} + S_2 \cdot 10^{-0.1R_2}) \right] \quad (2.15)$$

dimana:

- R_1 = Indeks pengurangan bunyi material 1 (dB)
- R_2 = Indeks pengurangan bunyi material 2 (dB)
- S_1 = Luas material 1
- S_2 = Luas material 2

2.5.2 *Single Number Ratings*

Ketika menentukan kinerja insulasi suara pada sebuah bangunan, khususnya untuk persyaratan akustik dalam kode bangunan, maka digunakan satu angka (nilai tunggal) bukan seluruh kurva frekuensi yang mengacu pada frekuensi 500 Hz yang disebut sebagai *single number rating* (Vigran, 2008). Sehingga Persamaan (2.14) dapat diubah menjadi suatu nilai tunggal yaitu *Weighted Standardized Level Difference* (D_{nTw}) yang kemudian dibandingkan dengan kurva referensi sesuai ISO 717-1 (ISO, 2013). D_{nTw} setara dengan R_w , tetapi pengukurannya dilakukan di lapangan. R_w adalah nilai yang diukur dalam laboratorium, sedangkan D_{nTw} pengukurannya dilakukan di lapangan (*on site*).

2.6 **Privasi Percakapan Pada Ruangan**

Ruang kantor dan ruang rapat membutuhkan privasi percakapan agar tidak terdengar oleh penyadap. Hal itu berguna agar orang-orang yang berada diluar ruangan tidak dapat memahami percakapan ataupun beberapa kasus bahkan tidak dapat mendengar percakapan dalam ruang rapat. Pengukuran *speech privacy* seharusnya mampu mendeteksi kelemahan dari elemen insulasi suara pada ruang kantor ataupun ruang rapat dan dapat mengindikasikan apakah penyadap dapat memahami isi percakapan maupun mendengar percakapan dari ruangan (Bradley

& Gover, 2008). Berdasarkan standar ASTM (ASTM, 2017) mengenai pengukuran objektif *speech privacy* pada ruang tertutup, digunakan nilai SPC dengan beberapa kategori yaitu dari *minimal speech privacy* hingga *very high speech security* yang dijelaskan pada Tabel 2.6. Sehingga untuk menghitung nilai SPC dapat dijelaskan pada Persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$SPC = LD(\text{avg}) + L_b(\text{avg}) \quad (2.16)$$

dimana:

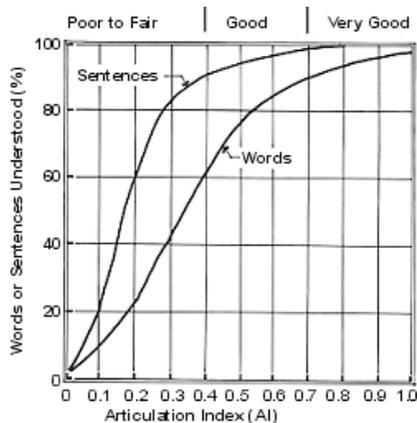
SPC = *Speech Privacy Class*

LD(avg) = Perbedaan tingkat tekanan bunyi (dB)

L_b(avg) = *Background noise* ruang penerima (dB)

Tabel 2.5 Deskripsi Percakapan Dapat Didengar dan Dipahami Untuk Berbagai Kategori (ASTM, 2017)

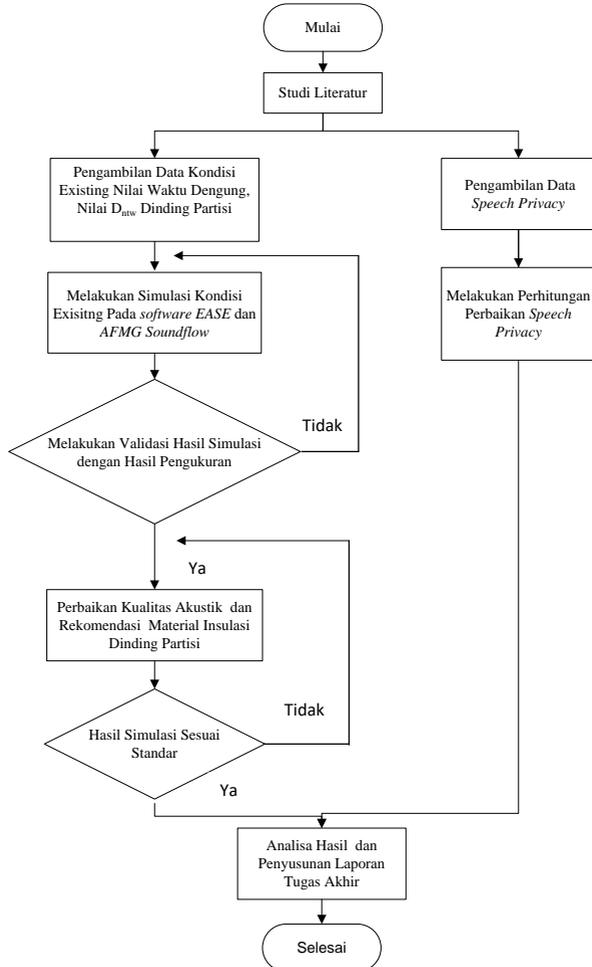
Kategori	SPC
<i>Minimal Speech Privacy</i>	70
<i>Standart Speech Privacy</i>	75
<i>Standart Speech Secutiry</i>	80
<i>High Speech Security</i>	85
<i>Very High Speech Security</i>	90



Gambar 2. 5 Grafik Hubungan %correct words dengan Nilai Articulation Loss (AI) (ANSI, 1969)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah–langkah yang dilakukan dalam mencapai tujuan penelitian. Berikut diagram alir penelitian pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

3.1 Objek Penelitian

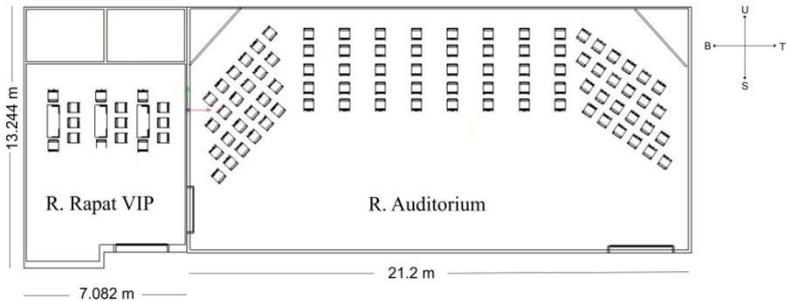
Objek pengukuran untuk penelitian berada di gedung Teknik Industri ITS lantai 2. Objek pengukuran adalah dua ruangan, yaitu ruang Auditorium Sinar Mas yang memiliki volume ruangan sebesar $755,568 \text{ m}^3$ seperti pada Gambar 3.3 dan ruang rapat VIP yang memiliki volume ruangan sebesar $206,01 \text{ m}^3$ seperti pada Gambar 3.2. Ruang Auditorium Sinar Mas sebagai ruang sumber dan ruang rapat VIP sebagai ruang penerima digunakan untuk pengukuran insulasi suara pada dinding partisi antara kedua ruang tersebut, sedangkan ruang rapat VIP sebagai ruang sumber dan ruang Auditorium Sinar Mas sebagai ruang penerima untuk pengukuran *speech privacy*. Ruang rapat VIP dapat menampung hingga 20 orang. Ruang rapat VIP mayoritas digunakan untuk keperluan rapat, sedangkan ruang Auditorium Sinar Mas yang dapat menampung hingga 200 orang, mayoritas digunakan untuk perkuliahan besar, kuliah tamu, dan pertemuan besar lainnya. Fungsi kedua ruang tersebut mayoritas digunakan untuk *speech*. Selain itu, denah 2D kedua ruang tersebut juga dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.2 Ruang Rapat VIP



Gambar 3.3 Auditorium Sinar Mas



Gambar 3.4 Denah Ruang (2D)

3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data kondisi *existing* pada penelitian ini yaitu waktu dengung, insulasi suara dinding partisi, dan *speech privacy*.

3.2.1 Waktu Dengung

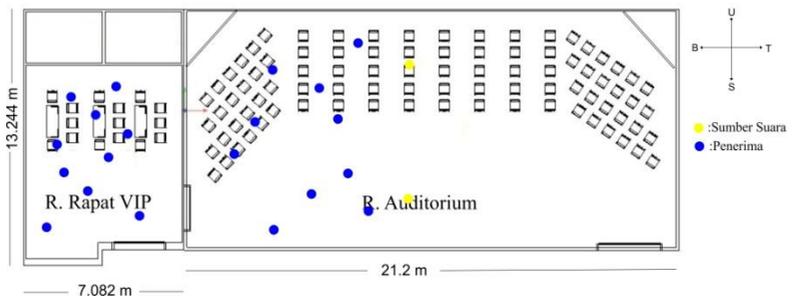
Pengambilan data menggunakan sumber berupa *exponential sine sweep* menggunakan speaker *dodecahedron* untuk mendapatkan nilai parameter waktu dengung. Peletakkan sumber harus berada pada posisi yang mempresentasikan pembicara pada ruang rapat VIP dengan ketinggian speaker 1.5

meter dari lantai. Peletakkan sumber dan *microphone* berjarak minimal 1.5 meter. Pengambilan data dengan meletakkan 3 posisi titik ukur di daerah audiens dengan minimal jarak antar *microphone* 1 meter dengan ketinggian 1.2 meter dari lantai. Pengambilan data dilakukan dengan durasi 10 detik. Dasar pengambilan data sesuai dengan ISO 62381-1:2014. Selanjutnya data diolah menggunakan *software MATLAB* untuk mendapatkan nilai waktu dengung. Nilai yang didapat berada pada rentang 1/3 oktaf dari 100 Hz – 3150 Hz.

3.2.2 Insulasi Suara Dinding Partisi

Pengambilan data insulasi suara berfokus pada dinding partisi yang memisahkan ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas. Dinding partisi yang memisahkan kedua ruang tersebut terdiri dari dua komponen material yaitu dinding dan pintu. Dinding memiliki ketebalan 260 milimeter dengan rincian ketebalan 10 milimeter *plywood* – 240 milimeter *airgap* – 10 milimeter *plywood* dan pintu dengan rincian 10 milimeter *tempered glass*. Pengambilan data memosisikan Auditorium Sinar Mas sebagai ruang sumber sedangkan ruang rapat VIP sebagai ruang penerima. Dasar pengambilan data sesuai dengan ISO 62381-1:2014. Pada Gambar 3.5 merupakan penentuan posisi titik ukur dalam pengambilan data. Pada Auditorium Sinar Mas, speaker *dodecahderon* yang digunakan berjumlah 2 buah yang diletakkan pada dua posisi titik ukur, yang mana jarak minimal speaker dengan dinding yaitu 0.5 meter dan jarak antar kedua speaker minimal 0.7 meter. Dikarenakan luas ruang sumber memiliki luas lantai $> 50 \text{ m}^2$, maka posisi speaker tidak boleh diletakkan lebih dari 10 meter. Speaker diletakkan dengan ketinggian 1.5 meter dari lantai. Sumber bunyi yang dibunyikan berupa *white noise*. Dikarenakan luas lantai $> 50 \text{ m}^2$, maka *microphone* yang digunakan berjumlah 10 buah dengan ketentuan posisi *microphone* tidak boleh sama untuk kedua speaker. Ketentuan lain yaitu jarak antar *microphone* minimal 0.7 meter, jarak minimal *microphone* dengan dinding 0.5 meter, dan jarak minimal *microphone* dengan speaker adalah 1 meter.

Pada ruang rapat VIP, karena luas lantai ruang rapat VIP $> 50 \text{ m}^2$, maka *microphone* yang digunakan berjumlah 10 buah. Ketentuan posisi titik ukur pada Auditorium Sinar Mas berlaku pula pada posisi titik ukur pada ruang rapat VIP. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali dengan durasi selama 15 detik. Hasil pengukuran didapatkan nilai L_1 (tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber) dan L_2 (tingkat tekanan bunyi pada ruang penerima) pada rentang 1/3 oktaf yaitu pada frekuensi 100 Hz – 3150 Hz. Kemudian nilai waktu dengung, L_1 , L_2 diolah untuk mendapatkan nilai berupa D_{nT} . Untuk mendapatkan nilai tunggal berupa D_{nTw} maka kurva D_{nT} dibandingkan dengan kurva referensi. Nilai D_{nT} pada frekuensi 500 Hz dijadikan acuan untuk melakukan pergeseran pada kurva referensi untuk mendapatkan nilai D_{nTw} .



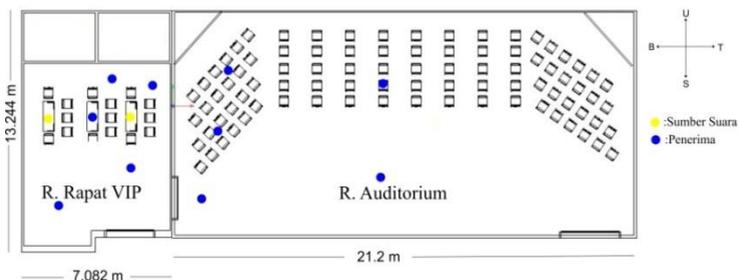
Gambar 3.5 Posisi Titik Pengukuran Insulasi Suara Dinding Partisi

3.2.3 *Speech Privacy*

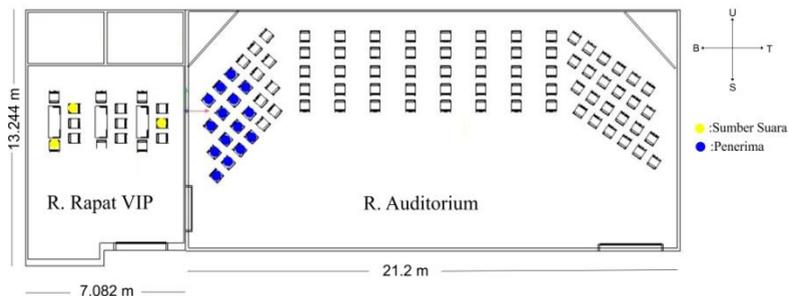
Pengambilan data berfokus pada ruang rapat VIP sebagai ruang sumber dan Auditorium Sinar Mas sebagai ruang penerima. Pengambilan data terbagi menjadi dua yaitu secara objektif maupun subjektif. Pengukuran secara objektif berdasarkan standar ASTM E2638:2017 untuk mendapatkan nilai *Speech Privacy Class* (SPC) seperti pada Gambar 3.6. Nilai SPC ini akan sangat bergantung dengan pengurangan bunyi dari ruang sumber ke penerima (perbedaan tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber yaitu L_1 dan tingkat tekanan

bunyi pada ruang penerima yaitu L_2) akibat kinerja dinding partisi dan *background noise* pada ruang Auditorium Sinar Mas. Peletakkan sumber didasarkan pada posisi pembicara pada ruang rapat VIP dengan menggunakan minimal 2 buah speaker. Apabila menggunakan speaker *dodecahedron*, maka letak antara kedua speaker minimal 1.2 meter dengan ketinggian 1.5 meter dari lantai. Untuk menghitung tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber, digunakan 5 *microphone* dengan ketentuan jarak antar *microphone* 1.2 meter, jarak sumber bunyi dengan *microphone* 1.5 meter, dan jarak *microphone* dengan dinding 1 meter. Kemudian posisi titik ukur penerima pada Auditorium Sinar Mas didasarkan pada letak dimana penyadap bisa mendengarkan percakapan privasi seperti didekat pintu, jendela, maupun dinding yang menjadi pembatas antar ruang. Ketentuan posisi titik ukur pada ruang penerima minimal 0.25 meter dari dinding partisi dengan ketinggian 1.2 meter sampai 2 meter dari lantai. Pengukuran dilakukan dengan durasi 15 detik pada rentang frekuensi 1/3 oktaf dari 160Hz - 5000Hz.

Selanjutnya, pada Gambar 3.7 dilakukan pengukuran secara subjektif dengan 18 orang naracoba yang bertujuan untuk mengetahui berapa prosentase kata yang benar (*%correct words*) dari percakapan yang dilakukan oleh 3 orang naracoba yang berasal dari ruang rapat VIP terhadap pendengar di Auditorium Sinar Mas yang berjumlah 15 orang naracoba.



Gambar 3.6 Posisi Titik Pengukuran Objektif *Speech Privacy*



Gambar 3.7 Posisi Titik Pengukuran Subjektif *Speech Privacy*

3.3 Simulasi Kondisi *Existing*

Simulasi kondisi *existing* dilakukan pada ruang rapat VIP dan dinding partisi antara ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas. Simulasi ruang rapat VIP menggunakan *software EASE 4.4* dengan mengubah material sesuai kondisi *existing* ruang. Hasil simulasi berupa nilai waktu dengung yang kemudian dapat dibandingkan dengan nilai waktu dengung berdasarkan pengukuran sehingga dapat diketahui *error* yang kecil antara hasil simulasi dengan pengukuran lapangan. Selain nilai RT, didapatkan pula nilai C_{50} , %*Alcons*, dan STI (*Speech Transmission Index*). Nilai tersebut digunakan untuk mengetahui karakteristik kondisi *existing* ruang rapat VIP. Selanjutnya, simulasi dinding partisi antara ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas menggunakan perangkat lunak *Ahnert Feistel Media Group (AFMG) Soundflow* dengan menggunakan material sesuai kondisi *existing* dinding partisi.

3.4 Simulasi Perbaikan Kualitas Akustik Ruang dan Insulasi Suara Dinding Partisi

Hasil simulasi kondisi *existing* yang sudah didapatkan divalidasi dengan nilai pengukuran lapangan. Jika hasil simulasi masih sangat jauh dari hasil pengukuran, maka dilakukan simulasi ulang hingga eror yang didapatkan kecil. Kemudian dilakukan rekomendasi material penyusun dinding partisi antara ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas. Simulasi dilakukan menggunakan *software AFMG Soundflow*. Pada rekomendasi

material. Dilakukan beberapa rekomendasi variasi jenis dan ketebalan panel. Penggunaan macam-macam panel dan absorber berpori dilakukan untuk melihat kinerja insulasi yang paling baik dalam melakukan pengurangan bising agar sesuai standar yang berlaku. Selanjutnya dilakukan perbaikan kualitas akustik ruang rapat VIP menggunakan *software EASE 4.4*, dengan rekomendasi mengganti material ataupun menambahkan material hingga nilai waktu dengung yang didapatkan sesuai dengan standar. Selain waktu dengung, perlu diperhatikan pula nilai C_{50} , %*Alcons*, dan STI (*Speech Transmission Index*) agar sesuai standar yang berlaku. Kemudian dilakukan perhitungan perbaikan *speech privacy* setelah dilakukan perbaikan insulasi suara dinding partisi.

Setelah semua hasil rekomendasi telah memenuhi standar, dilakukan analisa data untuk menjawab tujuan dari tugas akhir. Pada analisa data ditarik suatu kesimpulan yang menyimpulkan hasil pada laporan tugas akhir. Selanjutnya pada tahap terakhir yaitu penyusunan laporan keseluruhan hasil yang sudah dicapai dalam proses penyusunan tugas akhir.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil data yang diperoleh dari pengukuran lapangan yaitu berupa waktu dengung (T_{60}), nilai indeks pengurangan bunyi, dan nilai *speech privacy*. Dan dari data tersebut kemudian akan diolah sesuai dengan prosedur yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya

4.1 Analisa Data

Hasil data yang diperoleh berupa nilai waktu dengung (T_{60}), nilai indeks pengurangan bunyi, dan nilai *speech privacy* pada kondisi *existing* hasil pengukuran lapangan (*on-site*). Berdasarkan nilai waktu dengung, akan didapatkan hasil kualitas akustik ruang rapat VIP dimana apabila kondisi *existing* tidak memenuhi standar maka akan dilakukan perbaikan akustik ruang setelah perbaikan insulasi suara pada dinding partisi memenuhi standar. Selanjutnya, dari nilai indeks pengurangan bunyi, akan didapatkan hasil kinerja insulasi suara pada dinding partisi berupa suatu nilai tunggal (D_{nTw}). Nilai tersebut akan dibandingkan dengan nilai standar. Jika nilai kondisi *existing* tidak sesuai standar, maka akan dilakukan perancangan ulang dinding partisi hingga kinerja insulasi suara sesuai standar. Jika nilai insulasi suara telah memenuhi standar, maka akan dilakukan perbaikan akustik pada ruang rapat VIP dengan mengganti atau menambahkan material agar sesuai standar yang berlaku. Selain itu didapatkan pula data nilai *speech privacy* yang kemudian dilakukan perhitungan perbaikan untuk mengetahui seberapa tinggi kerahasiaan pembicaraan pada ruang rapat VIP terhadap pendengar di Auditorium Sinar Mas.

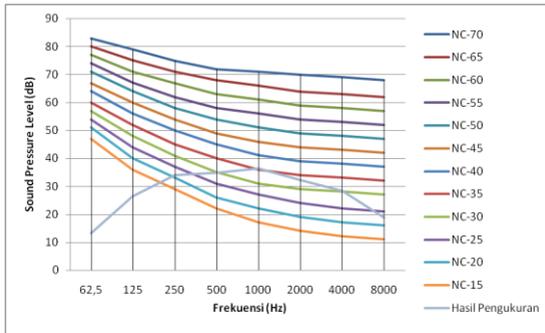
4.1.1 Bising Latar Belakang

Pengukuran bising latar belakang dilakukan pada 5 titik di ruang rapat VIP pada frekuensi 1 oktaf dari 62.5 Hz sampai 8000 Hz. Pada Tabel 4.1 didapatkan nilai bising latar belakang pada ruang rapat VIP hasil pengukuran di lapangan.

Tabel 4.1 Bising Latar Belakang Ruang Rapat VIP

Frekuensi (Hz)	Tingkat Tekanan Bunyi pada titik (dB)				
	1	2	3	4	5
62.5	13.18	12.46	12.87	13.88	13.89
125	24.78	24.78	26.48	30.86	24.96
250	32.43	33.70	33.21	36.75	34.52
500	33.42	33.44	33.33	37.85	36.45
1000	36.56	35.55	35.30	37.92	36.91
2000	31.37	31.72	31.25	34.42	32.97
4000	27.84	27.84	26.76	30.85	29.31
8000	17.97	18.53	17.97	20.74	19.67

Berdasarkan Tabel 4.1 nilai bising latar belakang yang didapatkan di ruang rapat VIP dihitung dan dirata-rata pada semua titik disetiap frekuensi, selanjutnya dari nilai hasil rata-rata tersebut dapat ditentukan kriteria kebisingan ruang dengan memetakannya pada kurva *noise criteria* (NC) seperti pada Gambar 4.1.

**Gambar 4.1** Grafik Bising Latar Belakang Pada Kurva NC

Dari Gambar 4.1 didapatkan bahwa ruang rapat VIP memiliki nilai NC35, dimana nilai ini tidak sesuai standar untuk ruang rapat yang seharusnya bernilai NC30. Hal ini dapat disebabkan oleh peralatan mekanikal atau elektrikal pada ruang seperti *air conditioner* (AC).

4.1.2 Waktu Dengung

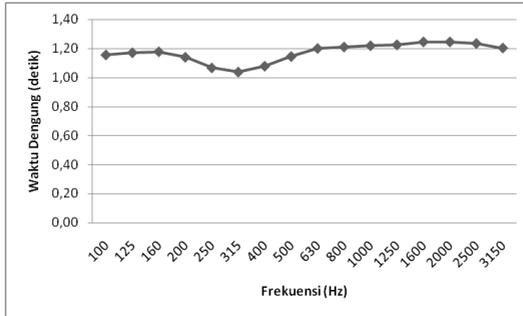
Pengukuran waktu dengung dilakukan pada 3 titik dengan durasi selama 15 detik. Pengukuran dilakukan saat kondisi lingkungan sekitar ruang rapat VIP dalam kondisi sepi agar tidak menimbulkan nilai *background noise* yang tinggi sehingga tidak memberikan dampak yang signifikan pada saat melakukan pengukuran. Pada Tabel 4.2 didapatkan hasil pengukuran nilai waktu dengung (T_{60}) pada ruang rapat VIP.

Tabel 4.2 Waktu Dengung Pada Ruang Rapat VIP

Frekuensi (Hz)	Waktu Dengung (detik) pada titik ukur						Rata-rata
	1		2		3		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 1	Percobaan 2	
100	1.17	1.15	1.17	1.14	1.16	1.14	1.16
125	1.17	1.17	1.17	1.16	1.18	1.17	1.17
160	1.18	1.17	1.17	1.17	1.19	1.18	1.18
200	1.15	1.14	1.12	1.14	1.16	1.14	1.14
250	1.09	1.05	1.05	1.05	1.07	1.07	1.07
315	1.05	1.01	1.08	1.01	1.05	1.03	1.04
400	1.06	1.07	1.12	1.06	1.09	1.07	1.08
500	1.12	1.15	1.15	1.14	1.16	1.14	1.14
630	1.23	1.22	1.16	1.19	1.20	1.20	1.20
800	1.25	1.23	1.16	1.20	1.22	1.20	1.21
1000	1.24	1.24	1.18	1.22	1.23	1.21	1.22
1250	1.22	1.22	1.20	1.23	1.24	1.24	1.22
1600	1.24	1.24	1.22	1.24	1.26	1.26	1.25
2000	1.24	1.25	1.23	1.24	1.26	1.25	1.25
2500	1.25	1.25	1.21	1.23	1.24	1.23	1.23
3150	1.23	1.21	1.19	1.19	1.21	1.19	1.20

Dari ketiga percobaan pengukuran pada Tabel 4.2, dicari rata-rata nilai T_{60} pada frekuensi 1/3 oktaf dari 100 Hz sampai 3150 Hz. Nilai pada setiap frekuensi kemudian diolah untuk mendapatkan nilai insulasi suara pada dinding partisi. Hal ini dikarenakan pada Persamaan (2.14), nilai waktu dengung pada ruang rapat VIP (ruang penerima) juga menjadi salah satu faktor untuk menghitung nilai insulasi suara pada dinding partisi. Nilai waktu dengung ini selain dapat digunakan untuk menghitung insulasi suara juga digunakan untuk mengetahui kualitas akustik ruang pada ruang rapat VIP. Berdasarkan nilai rata-rata T_{60} pada

Tabel 4.2, kemudian dibuat plot grafik nilai waktu dengung terhadap spektrum frekuensi pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Waktu Dengung Hasil Pengukuran Kondisi *Existing*

Dari hasil pengukuran di lapangan seperti pada Gambar 4.2, didapatkan bahwa waktu dengung pada ruang rapat VIP pada kondisi *existing* bernilai 1.2 detik. Nilai tersebut diketahui tidak memenuhi standar waktu dengung yang bernilai 0.75 detik untuk ruang yang memiliki fungsi untuk *speech* dengan volume 206,01 m³ (Ahnert & Tennhardt, 2008). Oleh karena itu, perlu dilakukan perancangan ulang untuk perbaikan kualitas akustik ruang oleh ruang rapat VIP.

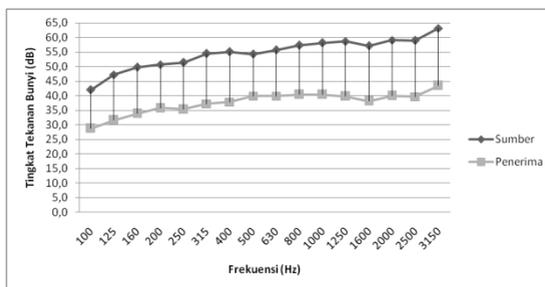
4.1.3 Insulasi Suara Pada Dinding Partisi

Pengukuran insulasi suara pada dinding partisi melibatkan 2 ruangan yaitu Auditorium Sinar Mas sebagai ruang sumber dan ruang rapat VIP sebagai ruang penerima. Pengukuran dilakukan 3 kali pada masing-masing titik ukur baik pada titik ukur di Auditorium Sinar Mas maupun titik ukur di ruang rapat VIP. Pengukuran dilakukan selama 15 detik pada frekuensi 1/3 oktaf dari 100 Hz sampai 3150 Hz. Pengukuran insulasi suara hanya berfokus pada *airborne sound* saja tanpa melibatkan *structureborne sound*. Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan data tingkat tekanan bunyi pada Auditorium Sinar Mas, tingkat tekanan bunyi pada ruang rapat VIP, dan perbedaan tingkat

tekanan bunyi pada kedua ruang hasil kinerja dari material dinding partisi kondisi *existing*.

Tabel 4. 3 Perbedaan Tingkat Tekanan Bunyi Pada Kedua Ruang

Frekuensi	L ₁ (dB)	L ₂ (dB)	D (dB)
100	42.0	28.8	13.2
125	47.3	31.6	15.6
160	49.8	33.8	16.0
200	50.7	35.7	15.0
250	51.4	35.3	16.1
315	54.5	37.2	17.3
400	55.1	37.8	17.2
500	54.3	39.9	14.4
630	55.7	39.9	15.8
800	57.3	40.4	16.9
1000	58.2	40.4	17.8
1250	58.6	39.8	18.9
1600	57.1	38.2	18.9
2000	59.1	39.9	19.1
2500	59.0	39.7	19.3
3150	63.1	43.4	19.7



Gambar 4. 3 Grafik Reduksi Bunyi dari Auditorium Sinar Mas Menuju Ruang Rapat VIP

Berdasarkan Gambar 4.3, disimpulkan bahwa pengurangan tingkat tekanan bunyi pada ruang penerima telah

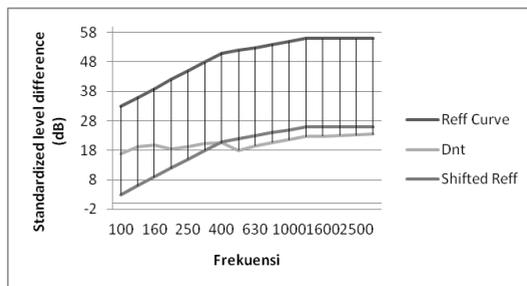
berkurang pada setiap frekuensi. Namun reduksi bunyi pada frekuensi rendah menuju tengah kondisi *existing* masih sangat kurang. Sehingga dibutuhkan kombinasi material dinding dan pintu yang tidak hanya dapat mereduksi bunyi pada frekuensi rendah menuju tengah tetapi juga dapat mereduksi bunyi pada frekuensi tinggi.

Setelah reduksi bunyi diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai D_{nT} sesuai Persamaan (2.14) dari frekuensi 100 Hz sampai 3150 Hz. Nilai waktu dengung pada ruang rapat VIP merupakan nilai waktu dengung pada ruang penerima yang akan menjadi salah satu variabel dalam melakukan perhitungan untuk mencari nilai D_{nT} . Nilai D_{nT} kemudian dibandingkan dengan kurva referensi yang telah ditentukan pada ISO 717-1-2013, jika nilai D_{nT} kurang dari nilai referensi maka kurva referensi (*reff curve*) tersebut digeser (yang kemudian menjadi *shifted reff*) hingga standar deviasi tidak melebihi 32 dB. Setelah kurva referensi digeser, maka nilai tunggal insulasi suara (D_{nTw}) dapat diketahui dengan mengacu pada frekuensi 500 Hz seperti yang tertera pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengukuran Nilai D_{nTw} Dinding Partisi Kondisi *Existing*

Frekuensi (Hz)	L1 (dB)	L2(dB)	D_{nT} (dB)	Reff Curve (dB)	Shifted Reff (-30)
100	42.0	28.8	16.9	33	3.0
125	47.3	31.6	19.3	36	6.0
160	49.8	33.8	19.7	39	9.0
200	50.7	35.7	18.6	42	12.0
250	51.4	35.3	19.3	45	15.0
315	54.5	37.2	20.5	48	18.0
400	55.1	37.8	20.6	51	21.0
500	54.3	39.9	18.0	52	22.0
630	55.7	39.9	19.6	53	23.0
800	57.3	40.4	20.7	54	24.0
1000	58.2	40.4	21.7	55	25.0
1250	58.6	39.8	22.8	56	26.0
1600	57.1	38.2	22.9	56	26.0
2000	59.1	39.9	23.1	56	26.0
2500	59.0	39.7	23.2	56	26.0
3150	63.1	43.4	23.5	56	26.0
					$D_{nTw} = 22.0$

Kemudian data pada Tabel 4.4. dibuat plot grafik nilai referensi, nilai D_{nT} , dan nilai *shifted reff* terhadap spektrum frekuensi seperti pada Gambar 4.4.



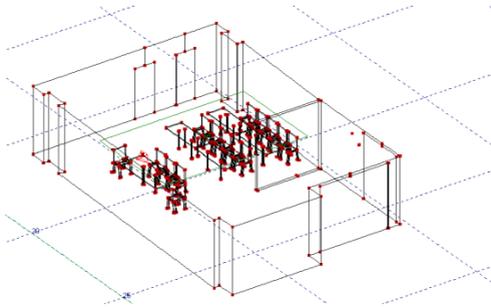
Gambar 4.4 Grafik Nilai D_{nT} Terhadap Nilai Kurva Referensi

Dari Tabel 4.4 maupun Gambar 4.4 didapatkan bahwa nilai $D_{nTw} = 22$ dB. Nilai tersebut didapat karena nilai reduksi bunyi masih sangat rendah sehingga berpengaruh terhadap nilai D_{nTw} , dimana nilai ini masih sangat jauh dari standar insulasi suara untuk ruang sumber berupa Auditorium dan ruang penerima berupa ruang rapat yaitu $D_{nTw} = 47$ dB. Hal itu dikarenakan dinding partisi terbuat dari panel ganda tipis yang dipisahkan oleh rongga udara. Adanya rongga udara diantara panel memiliki insulasi suara yang baik, karena jika panel yang pertama bergetar, getaran tersebut akan ditransmisikan ke udara dan akan di reduksi oleh udara, namun kinerja insulasi dari susunan material tersebut belum cukup untuk memenuhi standar yang berlaku. Selain itu material *plywood* yang digunakan juga kurang baik untuk menginsulasi bunyi, hal ini dikarenakan *plywood* memiliki densitas yang rendah yang mana menyebabkan bunyi yang melewati molekul-molekul partikel tidak banyak mengalami gesekan sehingga bunyi yang hilang tidak signifikan. Selain dari material dinding, material pintu yang digunakan juga memiliki insulasi suara yang rendah. Oleh sebab itu dikarenakan dinding *existing* belum memenuhi standar, maka perlu dilakukan perancangan ulang dinding partisi (kombinasi material dinding dan pintu) untuk meningkatkan insulasi suara pada dinding partisi

tersebut baik pada frekuensi rendah, frekuensi tengah maupun frekuensi tinggi.

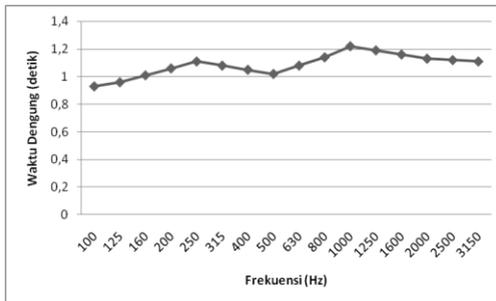
4.1.4 Simulasi Waktu Dengung Kondisi *Existing*

Berdasarkan hasil pengukuran waktu dengung di lapangan, pengambilan data material *existing* dan dimensi ruang rapat VIP, maka selanjutnya melakukan perancangan kondisi *existing* pada *software EASE 4.4* seperti pada Gambar 4.5 sebagai bentuk validasi terhadap pengukuran di lapangan.



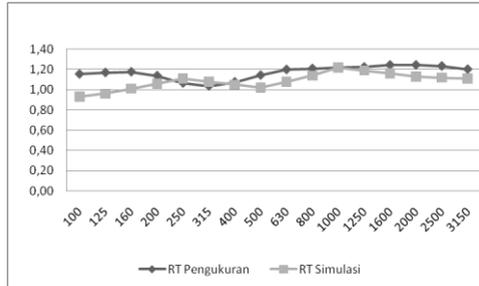
Gambar 4.5 Simulasi Desain Ruang Rapat VIP di *software EASE 4.4*

Setelah dilakukan perancangan kondisi *existing* seperti pada Gambar 4.5, didapatkan nilai waktu dengung hasil simulasi seperti pada Gambar 4.6.



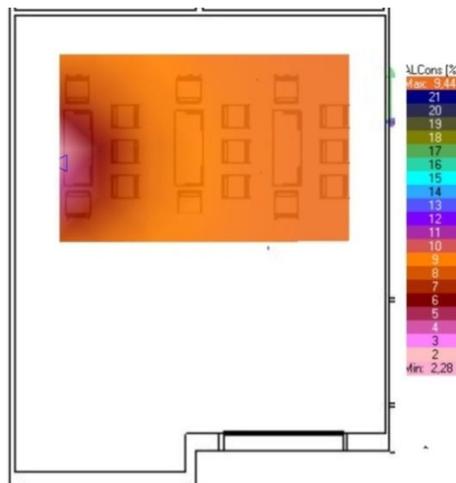
Gambar 4.6 Nilai Waktu Dengung Hasil Simulasi Kondisi *Existing* di *software EASE 4.4*

Langkah selanjutnya adalah dengan membandingkan waktu dengung hasil pengukuran dan hasil simulasi seperti pada Gambar 4.7.

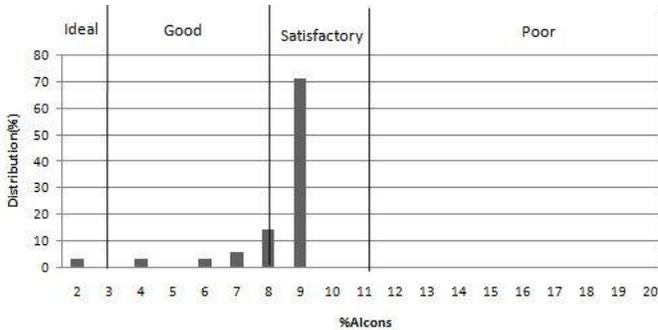


Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Waktu Dengung Hasil Pengukuran dan Hasil Simulasi

Pada Gambar 4.7 disimpulkan bahwa hasil simulasi waktu dengung telah mendekati hasil pengukuran waktu dengung di lapangan pada frekuensi percakapan manusia yaitu 500 Hz sampai dengan 1000 Hz. Sehingga, setelah nilai waktu dengung diketahui, parameter kejelasan suara dapat diketahui seperti nilai C_{50} , %Alcons dan STI (*Speech Transmission Index*).

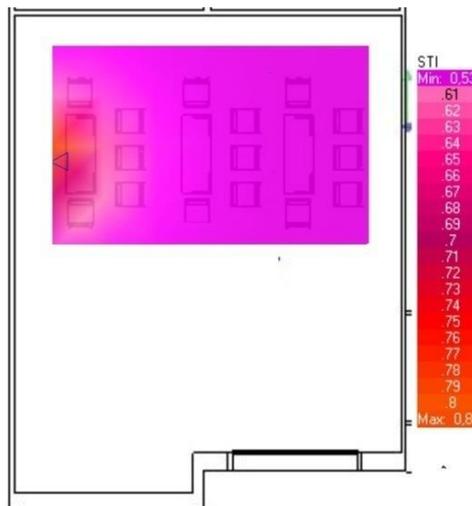


Gambar 4.8 Nilai Persebaran %Alcons di Ruang Rapat VIP

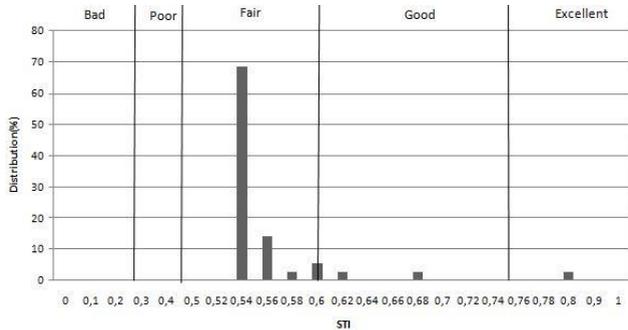


Gambar 4.9 Nilai Distribusi $\%Alcons$ di Ruang Rapat VIP

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat disimpulkan bahwa nilai $\%Alcons$ pada frekuensi 2 kHz berada pada rentang 2% hingga 9%. Kemudian pada Gambar 4.9 didapatkan persebaran nilai $\%Alcons$ pada daerah kategori *ideal* hanya berkisar 2.86%, daerah kategori *good* berkisar 2.86% hingga 14.29%, dan daerah dengan persebaran paling besar yaitu daerah dengan kategori *satisfactory* yang berkisar hingga 71.43%.

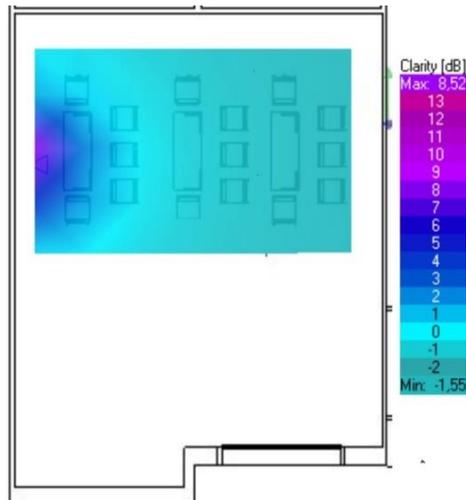


Gambar 4.10 Nilai Persebaran STI (*Speech Transmission Index*) di Ruang Rapat VIP

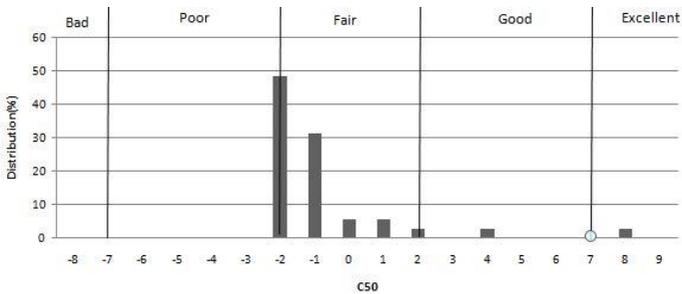


Gambar 4.11 Nilai Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) di Ruang Rapat VIP

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat disimpulkan bahwa nilai STI berada pada rentang 0.5 hingga 0.8. Kemudian pada Gambar 4.11 didapatkan persebaran nilai STI pada daerah kategori *excellent* hanya berkisar 2.86%, daerah kategori *good* juga berkisar 2.86% hingga 5.71%, dan daerah dengan persebaran paling besar yaitu daerah dengan kategori *fair* yang berkisar hingga 68.57%.



Gambar 4.12 Nilai Persebaran C_{50} di Ruang Rapat VIP



Gambar 4.13 Nilai Distribusi C_{50} di Ruang Rapat VIP

Berdasarkan Gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa nilai C_{50} pada frekuensi 1 kHz berada pada rentang -2 hingga 8. Kemudian pada Gambar 4.13 didapatkan persebaran nilai C_{50} berkisar 2.86% untuk kategori *good* dan *excellent*. Dan persebaran paling besar bernilai 2.86% hingga 48.57% untuk kategori *fair*. Nilai C_{50} yang cukup untuk kejelasan suara bernilai $C_{50} \geq 2$ dB dengan batas toleransi yang dapat diterima untuk kejelasan suara sebesar $C_{50} \geq -2$ dB

4.1.5 Simulasi Insulasi Suara Pada Dinding Partisi Kondisi Existing

Setelah dilakukan pengukuran insulasi suara kondisi *existing* di lapangan, maka langkah selanjutnya melakukan simulasi perancangan dinding partisi kondisi *existing* untuk melakukan validasi terhadap nilai yang didapat dari pengukuran di lapangan maupun perhitungan matematis. Berdasarkan pengambilan data dimensi luas, tebal dinding partisi dan material dinding partisi kondisi *existing*, maka dapat dilakukan simulasi perancangan ulang kondisi *existing* pada software *Ahnert Feistel Media Group* (AFMG). Material dinding partisi terdiri dari 10 milimeter *plywood* – 240 milimeter *airgap* – 10 milimeter *plywood* untuk material dinding dan 10 milimeter *tempered glass* untuk material pintu. Spesifikasi material dinding dan material pintu pada kondisi *existing* antara ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas dijelaskan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Spesifikasi Material *Plywood*

<i>Thickness</i> [mm]	10
<i>Density</i> [kg/m ³]	600
<i>Poisson's Ratio</i>	0.05
<i>Bending Loss Factor</i>	0.013

Tabel 4.6 Spesifikasi Material *Tempered Glass*

<i>Thickness</i> [mm]	10
<i>Density</i> [kg/m ³]	2400
<i>Young Modulus</i> [Gpa]	70
<i>Bending Loss Factor</i>	0.005
<i>Poisson's Ratio</i>	0.23

Simulasi perancangan material komposit pada *software Ahnert Feistel Media Group (AFMG)* tidak dapat dilakukan secara bersamaan antara material dinding dan pintu, sehingga simulasi perancangan material komposit dilakukan secara terpisah. Kemudian setelah masing-masing material telah disimulasikan maka langkah selanjutnya melakukan penjumlahan rata-rata indeks pengurangan bunyi pada material komposit seperti pada Tabel 4.7 dengan menggunakan Persamaan (2.15).

Tabel 4.7 Hasil Simulasi Nilai R_w Dinding Partisi

Frekuensi (Hz)	S1 (Luas Dinding)	R' Dinding (dB)	S2 (Luas Pintu)	R' Pintu (dB)	R'
100	22.95	6.6	4.86	24.83	5.5
125	22.95	8.8	4.86	26.08	8.5
160	22.95	11.06	4.86	27.4	11.5
200	22.95	13.33	4.86	28.78	14.5
250	22.95	15.63	4.86	30.19	17.5
315	22.95	17.96	4.86	31.6	20.5
400	22.95	20.2	4.86	32.97	23.5
500	22.95	22.67	4.86	34.22	24.5
630	22.95	24.21	4.86	35.19	25.5
800	22.95	26.42	4.86	35.46	26.5
1000	22.95	25.61	4.86	32.97	27.5
1250	22.95	36.99	4.86	19.34	28.5
1600	22.95	37.03	4.86	23.35	28.5
2000	22.95	22.73	4.86	24.82	28.5
2500	22.95	20.69	4.86	31.24	28.5
3150	22.95	27.43	4.86	33.21	28.5

 $R_w = 24.5$ dB

Data hasil simulasi nilai R_w pada Tabel 4.7 didapatkan bahwa nilai $R_w = 24.5$ dB. Selain melakukan simulasi dan pengukuran langsung, dilakukan pula perhitungan menggunakan persamaan matematis sesuai Persamaan (2.11) dan (2.12) untuk menghitung nilai indeks pengurangan bunyi. Pada Tabel 4.8 merupakan hasil perhitungan nilai R_w menggunakan persamaan matematis.

Tabel 4.8 Nilai R_w Berdasarkan Perhitungan Matematis

Frekuensi (Hz)	S1 (Luas Dinding)	R' Dinding (dB)	S2 (Luas Pintu)	R' Pintu (dB)	R'
100	22.95	3.35	4.86	35.86	-0.2
125	22.95	4.86	4.86	37.80	2.8
160	22.95	6.55	4.86	39.94	5.8
200	22.95	8.11	4.86	41.88	8.8
250	22.95	9.67	4.86	43.82	11.8
315	22.95	11.29	4.86	45.83	14.8
400	22.95	12.93	4.86	47.90	17.8
500	22.95	14.40	4.86	49.84	18.8
630	22.95	15.81	4.86	26.82	19.8
800	22.95	17.04	4.86	37.13	20.8
1000	22.95	17.79	4.86	42.08	21.8
1250	22.95	17.76	4.86	46.13	22.8
1600	22.95	23.15	4.86	50.14	22.8
2000	22.95	26.06	4.86	53.54	22.8
2500	22.95	27.46	4.86	56.81	22.8
3150	22.95	30.47	4.86	60.09	22.8
					Rw = 18.8 dB

Dari data Tabel 4.8 dapat disimpulkan bahwa nilai $R_w = 18.8$ dB. Baik nilai simulasi maupun perhitungan matematis didapatkan bahwa nilai telah mendekati hasil pengukuran langsung di lapangan yaitu $D_{nTw} = 22$ dB. Perbedaan nilai antara hasil simulasi, pengukuran langsung di lapangan dan perhitungan matematis pada rentang frekuensi 100 Hz hingga 3150 Hz dapat dilihat pada Tabel 4.9. Perbedaan nilai antara simulasi, perhitungan, dan pengukuran dikarenakan adanya perbedaan parameter dalam simulasi, perhitungan, dan pengukuran di lapangan. Pada pengukuran langsung dilapangan beberapa parameter yang diperhatikan adalah material di sekitar partisi yang mempengaruhi hasil pengukuran. Sedangkan dari hasil simulasi dan perhitungan memperhitungkan beberapa parameter seperti densitas dari panel, *modulus young panel*, *bending loss factor panel*, dan ketebalan panel tanpa memperhatikan material

disekitar dinding partisi tersebut. Dari data insulasi suara baik pada pengukuran langsung di lapangan, perhitungan matematis maupun hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa kinerja insulasi dinding partisi pada ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas belum memenuhi standar yaitu 47 dB.

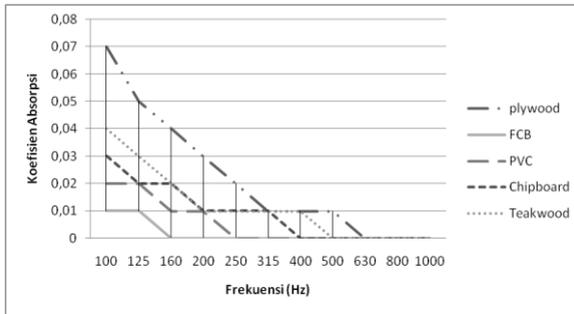
Tabel 4. 9 Perbandingan Nilai Indeks Pengurangan Bunyi

Frekuensi (Hz)	Nilai Indeks Pengurangan Bunyi (dB)		
	Pengukuran	Simulasi	Perhitungan
100	3.0	5.5	-0.2
125	6.0	8.5	2.8
160	9.0	11.5	5.8
200	12.0	14.5	8.8
250	15.0	17.5	11.8
315	18.0	20.5	14.8
400	21.0	23.5	17.8
500	22.0	24.5	18.8
630	23.0	25.5	19.8
800	24.0	26.5	20.8
1000	25.0	27.5	21.8
1250	26.0	28.5	22.8
1600	26.0	28.5	22.8
2000	26.0	28.5	22.8
2500	26.0	28.5	22.8
3150	26.0	28.5	22.8

4.1.6 Simulasi Perbaikan Insulasi Suara Dinding Partisi

Sebelum melakukan perbaikan kualitas akustik ruang, maka terlebih dahulu melakukan perbaikan pada dinding partisi antar kedua ruang tersebut. Perbaikan perancangan berdasarkan dari karakteristik spektrum frekuensi kondisi *existing*, yaitu pengurangan bunyi pada ruang penerima yang telah melalui material dinding partisi masih sangat rendah pada spektrum frekuensi rendah menuju tengah, sehingga perbaikan perancangan dinding partisi antara kedua ruang menggunakan material yang memiliki nilai indeks pengurangan bunyi lebih baik pada frekuensi rendah menuju tengah. Hal ini dapat dilihat pada koefisien absorpsi material, dimana semakin rendah koefisien absorpsi pada frekuensi rendah menuju tengah maka semakin

tinggi indeks pengurangan bunyi pada frekuensi tersebut. Sehingga didapatkan 4 material yang memiliki koefisien absorpsi lebih rendah daripada *plywood* yaitu *fibre cement board*, PVC, *chipboard*, dan *teakwood*. Koefisien absorpsi dari keempat macam panel tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.15, dimana panel yang memiliki koefisien absorpsi paling rendah adalah *fibre cement board*, kemudian PVC, selanjutnya *chipboard*, dan terakhir *teakwood*.



Gambar 4.14 Koefisien Absorpsi Material Hasil Perancangan Ulang

Selain dari koefisien absorpsi, nilai densitas suatu material juga akan mempengaruhi tinggi rendahnya indeks pengurangan bunyi berdasarkan persamaan indeks pengurangan bunyi panel tunggal yaitu Persamaan (2.6) sampai (2.8) maupun indeks pengurangan bunyi panel ganda yaitu Persamaan (2.11) dan (2.12). Dimana semakin tinggi densitas material, maka nilai indeks pengurangan bunyi material tersebut akan semakin tinggi. Berdasarkan Tabel 4.10 didapatkan nilai densitas dari material *fibre cement board*, PVC, *chipboard*, dan *teakwood* sebagai berikut:

Tabel 4.10 Nilai Densitas Material Hasil Perancangan Ulang

Spesifikasi	<i>FBC</i>	PVC	<i>Chipboard</i>	<i>Teakwood</i>
<i>Density</i> [kg/m ³]	2000	1400	1000	900

Sehingga selanjutnya dilakukan beberapa model perancangan dalam simulasi perbaikan seperti pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Deskripsi Kombinasi Material Hasil Perancangan

Jenis Model	Deskripsi
Model A	<i>Fibre cement board</i> 12 milimeter - <i>Rockwool</i> 100 milimeter - PVC 10 milimeter – <i>Perforated gypsum board</i> 10 milimeter dan <i>Steel</i> 20 milimeter
Model B	PVC 12 milimeter – <i>Rockwool</i> 100 milimeter – <i>Chipboard</i> 10 milimeter - <i>Perforated gypsum board</i> 10 milimeter dan <i>Steel</i> 20 milimeter
Model C	<i>Chipboard</i> 12 milimeter - <i>Rockwool</i> 100 milimeter – <i>Teakwood</i> 10 milimeter - <i>Perforated gypsum board</i> 10 milimeter dan <i>Steel</i> 20 milimeter

a. Model A

Pada model A digunakan material *fibre cement board* dan PVC pada kedua sisi dinding, hal ini karena material tersebut memiliki koefisien absorpsi lebih rendah daripada *plywood* pada frekuensi rendah menuju tengah sehingga menghasilkan indeks pengurangan bunyi lebih baik dari *plywood* pada frekuensi tersebut. Selain itu PVC digunakan pada sisi Auditorium, penggunaan PVC dikarenakan memiliki nilai densitas yang tinggi sehingga memiliki karakteristik material reflektif (dibawah *fibre cement board*) yang dapat menyebabkan ketika bunyi datang maka bunyi akan lebih dipantulkan sehingga dapat mengurangi bunyi yang ditransmisi, kemudian penambahan *perforated gypsum board* diharapkan dapat menurunkan waktu dengung pada Auditorium Sinar Mas akibat penggunaan material reflektif PVC. Kemudian *air gap* pada kondisi *existing* diganti dengan menggunakan material *porous absorber*, yaitu material *rockwool*. Penggunaan material *porous absorber* dikarenakan karakteristik dari material tersebut yang baik dalam mereduksi bunyi pada frekuensi diatas 1000 Hz. Sehingga dapat meningkatkan insulasi suara dan menghilangkan *air gap resonance*. Setelah itu material *fibre cement board* digunakan pada sisi ruang rapat karena memiliki nilai densitas yang sangat tinggi sehingga menjadi

material terakhir yang dapat menghalau transmisi bunyi yang berasal dari Auditorium Sinar Mas. Oleh karena itu ketebalan dari *fibre cement board* dinaikkan menjadi 12 milimeter. Dari sisi ruang rapat VIP *fibre cement board* menjadi material reflektif sehingga mengurangi transmisi bunyi dari ruang rapat VIP menuju Auditorium Sinar Mas. Kemudian pada pintu digunakan material *steel*, hal ini karena indeks pengurangan bunyi material *steel* sangat baik dalam rentang frekuensi rendah menuju tengah, sehingga didapatkan kombinasi yang baik dalam mereduksi bunyi dari frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi. Selain itu nilai indeks pengurangan bunyi dari pintu sangat menunjang nilai indeks pengurangan bunyi total karena jika nilai indeks pengurangan bunyi pada pintu rendah maka akan menyebabkan nilai indeks pengurangan bunyi total menjadi rendah. Sehingga dari perbaikan model A didapatkan nilai $R_w = 48.5$ dB seperti pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Simulasi Nilai R_w Model A

Frekuensi (Hz)	S1 (Luas Dinding)	R' (Dinding)	S2 (Luas Pintu)	R' (Pintu)	R' total
100	22.95	32.85	4.86	40.76	29.5
125	22.95	39.38	4.86	42.03	32.5
160	22.95	45.56	4.86	43.33	35.5
200	22.95	51.64	4.86	44.62	38.5
250	22.95	57.79	4.86	45.83	41.5
315	22.95	64.09	4.86	46.83	44.5
400	22.95	70.54	4.86	47.31	47.5
500	22.95	77.15	4.86	45.88	48.5
630	22.95	83.84	4.86	30.87	49.5
800	22.95	90.48	4.86	33.01	50.5
1000	22.95	96.8	4.86	36.34	51.5
1250	22.95	102.03	4.86	42.71	52.5
1600	22.95	96.48	4.86	45.73	52.5
2000	22.95	99.53	4.86	49.26	52.5
2500	22.95	111.59	4.86	54.1	52.5
3150	22.95	121.31	4.86	56.3	52.5
					$R_w = 48.5$ dB

b. Model B

Pada model B digunakan material PVC dan *chipboard* pada kedua sisi dinding, hal ini juga dikarenakan material tersebut memiliki nilai koefisien absorpsi lebih rendah daripada *plywood* pada frekuensi tengah menuju rendah sehingga menghasilkan indeks pengurangan bunyi lebih baik dari *plywood* pada frekuensi tersebut. Selain itu pada model B, *chipboard* digunakan pada sisi Auditorium Sinar Mas karena memiliki densitas tinggi (dibawah PVC), sama halnya seperti PVC pada model A, material ini bertindak sebagai material reflektif (sekalipun berada dibawah kemampuan PVC) dimana ketika bunyi datang mengenai material tersebut maka bunyi akan dipantulkan sehingga bunyi yang ditransmisikan ke ruang rapat VIP dapat berkurang. Kemudian untuk mengurangi waktu dengung yang tinggi akibat penambahan material reflektif tersebut, ditambahkan pula material *perforated gypsum board*.

Selanjutnya *air gap* yang ada pada kondisi *existing* digantikan dengan material *porous absorber*, penggunaan material ini dapat meningkatkan insulasi suara karena karakteristik material ini sangat baik dalam mereduksi bunyi pada frekuensi diatas 1000 Hz dan dapat menghilangkan *air gap resonance* yang bisa menyebabkan jatuhnya nilai insulasi suara pada rentang frekuensi pendengaran. Dan untuk sisi ruang rapat VIP, digunakan material PVC yang memiliki densitas lebih besar daripada *chipboard* (dibawah *fibre cement board*) sehingga menjadi material terakhir yang dapat menghalau transmisi bunyi dan juga menjadi material reflektif dari sisi ruang rapat VIP sehingga mengurangi transmisi bunyi dari ruang rapat VIP menuju Auditorium Sinar Mas. Kemudian pada pintu tetap digunakan material *steel* untuk dapat menunjang nilai indeks pengurangan bunyi total karena jika nilai indeks pengurangan bunyi pada pintu rendah maka akan menyebabkan nilai indeks pengurangan bunyi total menjadi rendah. Sehingga pada perbaikan model B didapatkan nilai $R_w = 48.2$ dB seperti pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Simulasi Nilai R_w Model B

Frekuensi (Hz)	S1 (Luas Dinding)	R' (Dinding)	S2 (Luas Pintu)	R' (Pintu)	R' total
100	22.95	25.79	4.86	40.76	29.2
125	22.95	32.9	4.86	42.03	32.2
160	22.95	39.31	4.86	43.33	35.2
200	22.95	45.5	4.86	44.62	38.2
250	22.95	51.73	4.86	45.83	41.2
315	22.95	58.09	4.86	46.83	44.2
400	22.95	64.63	4.86	47.31	47.2
500	22.95	71.37	4.86	45.88	48.2
630	22.95	78.27	4.86	30.87	49.2
800	22.95	85.28	4.86	33.01	50.2
1000	22.95	92.3	4.86	36.34	51.2
1250	22.95	99.21	4.86	42.71	52.2
1600	22.95	105.83	4.86	45.73	52.2
2000	22.95	111.6	4.86	49.26	52.2
2500	22.95	113.71	4.86	54.1	52.2
3150	22.95	108.8	4.86	56.3	52.2
					Rw = 48.2 dB

c. Model C

Pada model C digunakan material *chipboard* dan *teakwood* pada kedua sisi dinding, hal ini juga dikarenakan material tersebut memiliki nilai koefisien absorpsi lebih rendah daripada *plywood* pada frekuensi tengah menuju rendah sehingga menghasilkan indeks pengurangan bunyi lebih baik dari *plywood* pada frekuensi tersebut. Selain itu pada model C, material *teakwood* digunakan pada sisi Auditorium karena memiliki densitas tinggi (dibawah *chipboard*), sama halnya seperti *chipboard* pada model B, material ini bertindak sebagai material reflektif sekalipun berada dibawah kemampuan *chipboard* sehingga bunyi yang datang pada material tersebut akan dipantulkan pula sehingga menyebabkan transmisi bunyi dapat berkurang. Kemudian untuk mengurangi waktu dengung yang tinggi akibat penambahan material reflektif, ditambahkan pula material *perforated gypsum board*. Selanjutnya *air gap* yang berada diantara kedua panel pada kondisi *existing*

digantikan dengan material *porous absorber* juga itu *rockwool*. Hal ini karena *rockwool* dapat meningkatkan insulasi suara diatas 1000 Hz dan menghilangkan *air gap resonance*. Dan untuk sisi ruang rapat VIP, digunakan material *chipboard* yang memiliki densitas lebih besar daripada *teakwood* (dibawah PVC) sehingga menjadi material terakhir yang dapat menghalau transmisi bunyi dan juga menjadi material reflektif dari sisi ruang rapat VIP sehingga mengurangi transmisi bunyi dari ruang rapat VIP menuju Auditorium Sinar Mas. Kemudian pada pintu digunakan material yang sama seperti model A dan B yaitu *steel* untuk dapat menunjang nilai indeks pengurangan bunyi total karena jika nilai indeks pengurangan bunyi pada pintu rendah maka akan menyebabkan nilai indeks pengurangan bunyi total menjadi rendah. Sehingga pada perbaikan model C didapatkan nilai $R_w = 47.7$ dB seperti pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Simulasi Nilai R_w Model C

Frekuensi (Hz)	S1 (Luas Dinding)	R' (Dinding)	S2 (Luas Pintu)	R' (Pintu)	R' total
100	22.95	20.92	4.86	40.76	28.7
125	22.95	28.62	4.86	42.03	31.7
160	22.95	35.23	4.86	43.33	34.7
200	22.95	41.47	4.86	44.62	37.7
250	22.95	47.7	4.86	45.83	40.7
315	22.95	54	4.86	46.83	43.7
400	22.95	60.44	4.86	47.31	46.7
500	22.95	66.98	4.86	45.88	47.7
630	22.95	73.52	4.86	30.87	48.7
800	22.95	79.83	4.86	33.01	49.7
1000	22.95	85.44	4.86	36.34	50.7
1250	22.95	88.46	4.86	42.71	51.7
1600	22.95	83.14	4.86	45.73	51.7
2000	22.95	92.29	4.86	49.26	51.7
2500	22.95	101.55	4.86	54.1	51.7
3150	22.95	111.11	4.86	56.3	51.7
					$R_w = 47.7$ dB

Pada kombinasi material perancangan ulang baik model A, model B, dan model C, didapatkan bahwa semua hasil kombinasi telah memenuhi standar insulasi suara. Pada kombinasi material digunakan material berporos dengan ketebalan 100 mm, hal itu dikarenakan untuk hasil maksimal rongga seharusnya memiliki ketebalan minimal 100 mm agar frekuensi resonansi menjadi lebih rendah untuk material tipis/ ringan agar tidak berada pada rentang frekuensi pendengaran (Szokolay, 2008). Nilai dari ketiga kombinasi telah memenuhi standar yaitu $D_{nTw} = 47$ dB .

Dari kombinasi model A, B, dan C, didapatkan bahwa kombinasi model A memiliki nilai insulasi yang paling tinggi, hal ini disebabkan karena *fibre cement board* memiliki densitas yang paling besar dimana insulasi suara bergantung pada densitas suatu material. Semakin tinggi densitas material maka semakin tinggi pula insulasi suara dari material tersebut. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi densitas suatu material, maka molekul-molekul partikel penyusun material tersebut akan semakin padat sehingga mengganggu aliran dari gelombang bunyi tersebut yang menyebabkan aliran gelombang bunyi akan semakin lambat. Sehingga terjadi banyak gesekan antara molekul-molekul partikel tersebut dengan gelombang bunyi yang lewat, yang menyebabkan banyaknya bunyi yang hilang. Selain itu *rockwool* juga memiliki kemampuan menginsulasi suara lebih baik daripada material poros lainnya. Hal ini disebabkan karena *rockwool* memiliki nilai *air flow resistivity* yang cukup tinggi. Fungsi dari *air flow resistivity* ini adalah jika ada gelombang bunyi yang menimpa material *porous absorber*, maka menyebabkan udara di pori-pori yang saling terhubung bergetar tetapi getaran partikel udara tersebut dibatasi oleh *air flow resistivity* itu sendiri, sehingga sebagian energi suara akan diubah menjadi panas. Dan juga amplitudo partikel udara akan semakin teredam oleh gesekan terhadap dinding pori (K.B.Ginn, 1978).

Selain melakukan perancangan ulang pada *software Ahnert Feistel Media Group (AFMG)*, cara lain dalam mengatasi rendahnya insulasi suara adalah dengan menggunakan panel

modular. Panel modular adalah panel siap pakai yang telah memiliki spesifikasi tertentu dalam mereduksi bunyi. Berikut adalah beberapa contoh panel modular yang telah memenuhi standar insulasi suara sebesar $D_{nTw} = 47$ dB.

a. SS17 Partisi Standard Optimal-Akustik (USGBoral Jayaboard) (USGBoral, 2019)

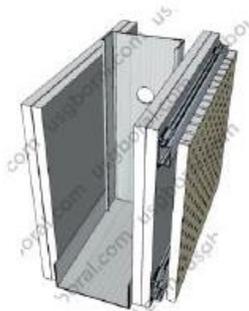
Panel pertama adalah panel modular dari USGBoral Jayaboard seperti pada Gambar 4.15 dengan deskripsi sebagai berikut:

Frame : JayaBMS Wall Track, JayaBMS C Stud

Lining : 2 lapis Jayaboard Sheetrock 12mm (2 sisi) + 1 lapis Jayabell 12mm (1 sisi)

Weight : ± 39 kg/m²

STC : Insulasi dengan *mineralwool* memiliki nilai STC hingga 53 dB



Gambar 4.15 SS17

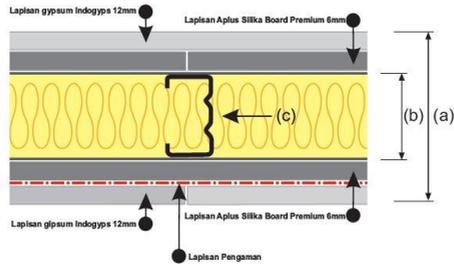
b. Gypsum Indogyps 12 mm + APLUS BOARD PREMIUM 6 mm (APLUS) (APLUS, 2019)

Panel kedua adalah panel modular dari APLUS dengan susunan layer seperti pada Gambar 4.16 dengan deskripsi sebagai berikut:

Frame : Gypsum Indogyps 12 mm + Aplus Silika Board

Lining : Gypsum Indogyps 12 mm (2 sisi) + Aplus Silika Board (2 sisi didalam Gypsum Indogyps) + *Metal Stud* dengan jarak 600 mm

STC : Insulasi dengan *Glasswool* 50 mm dengan densitas 16 kg/m² memiliki STC 53 dB



Gambar 4.16 Gypsum Indogyps 12 mm + APLUS BOARD PREMIUM 6 mm

c. SC 80 H (Sandeipartition) (Sandeipartition, 2019)

Panel ketiga adalah panel modular dari Sandeipartition seperti pada Gambar 4.17 dengan deskripsi yaitu ketinggian hingga 5 meter, SC80H memenuhi standar kebutuhan untuk ruang *meeting*, ruang konferensi, ruang serbaguna dan kelas yang membutuhkan fleksibilitas ruang. Memiliki nilai STC 48 dB.



Gambar 4.17 SC 80 H

4.1.7 Simulasi Perbaikan Kualitas Akustik Ruang

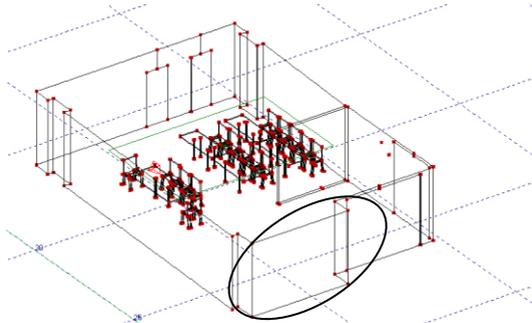
Setelah diketahui kombinasi material yang paling baik, maka dalam melakukan simulasi perbaikan akustik ruang pada ruang rapat VIP menggunakan *software EASE 4.4*, material pada dinding partisi yang sebelumnya menggunakan *plywood* selanjutnya diganti dengan menggunakan material *fibre cement board*. Hal itu karena, dari 3 kombinasi model A,B,dan C didapatkan bahwa nilai insulasi suara paling tinggi menggunakan material *fibre cement board* pada sisi ruang rapat VIP. Kemudian karena waktu dengung pada ruang rapat VIP masih tinggi, maka langkah selanjutnya dengan menambahkan material yang dapat menurunkan tingginya waktu dengung contohnya adalah material absorber. Pada Tabel 4.15 merupakan spesifikasi material baru hasil perbaikan kualitas akustik ruang pada ruang rapat VIP.

Tabel 4.15 Variasi Material Perbaikan Akustik Ruang

Objek	Deskripsi
Dinding Partisi	<i>1/2" Mnt Solid Back Some Painted dan Steel</i>
Dinding Samping	<i>Perfpanel 8.7% on 8" Cavity w/4"f</i>
Lantai	<i>Concrete Floor With Thin Carpet</i>

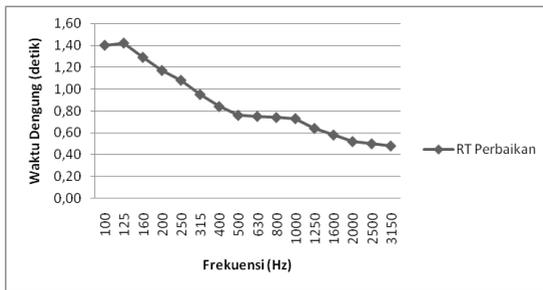
Untuk menurunkan tingginya waktu dengung pada frekuensi *speech (audible range)*, maka digunakan material absorber jenis *porous absorber* yaitu karpet dan *perforated panel absorber* sesuai dengan Tabel 4.15. *Porous absorber* digunakan karena memiliki karakteristik penyerapan bunyi yang baik pada frekuensi tinggi (>1000 Hz), sehingga lantai ruang rapat VIP diganti dengan penggunaan karpet pada ruang tersebut. Dan *perforated panel absorber* digunakan karena memiliki karakteristik penyerapan bunyi yang baik pada frekuensi tengah (Norton & Karczub, 2003). Penggunaan material *perforated panel absorber* diletakkan pada dinding bagian samping dekat dengan

pintu masuk ruang rapat VIP yang dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Peletakkan *Absorber* Pada Ruang Rapat VIP

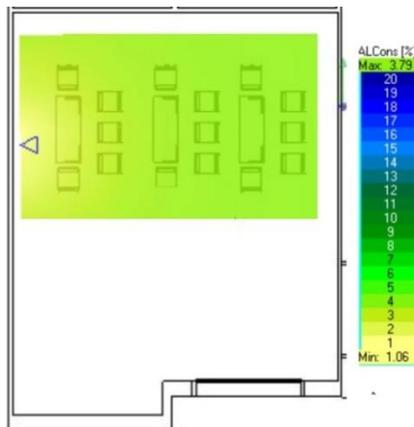
Sehingga pada frekuensi 500 Hz hingga 1000 Hz, nilai waktu dengung telah berkurang hingga memenuhi standar ruang untuk *speech*. Pada Gambar 4.19 didapatkan nilai waktu dengung hasil perbaikan sebagai berikut.



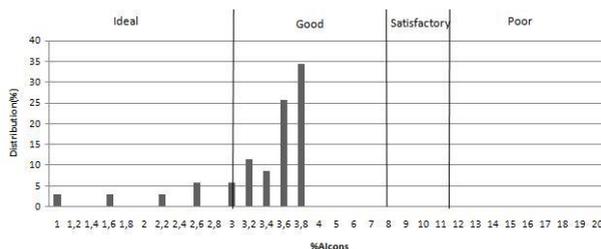
Gambar 4.19 Waktu Dengung Simulasi Hasil Perbaikan di *software EASE 4.4*

Dari Gambar 4.19, dapat disimpulkan bahwa nilai waktu dengung hasil perbaikan telah sesuai dengan standar ruang untuk *speech* pada volume 206,01 m³ yaitu 0.75 detik . Setelah nilai waktu dengung telah dipastikan sesuai dengan standar, maka langkah selanjutnya mengetahui nilai dari kejelasan suara seperti nilai C_{50} , %*Alcons*, dan STI (*Speech Transmission Index*). Hal ini

dilakukan untuk mengetahui bagaimana persebaran parameter tersebut pada area audiens untuk mengetahui apakah persebaran hasil perbaikan telah memenuhi kategori yang diinginkan.



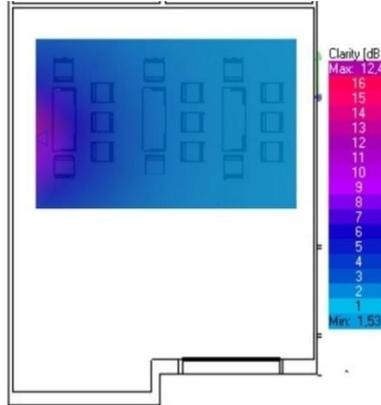
Gambar 4.20 Nilai Persebaran $\%Alcons$ di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang



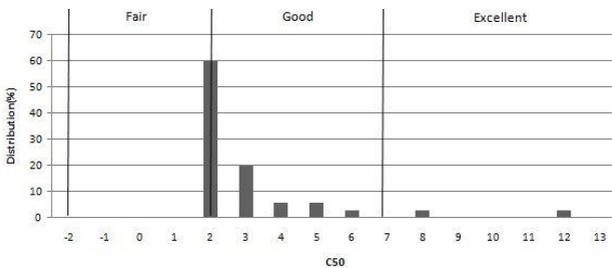
Gambar 4. 21 Nilai Distribusi $\%Alcons$ di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang

Konsonan diketahui memiliki arti yang lebih penting daripada vokal dalam kejelasan suara, maka wajar untuk mempertimbangkan prosentase konsonan yang tidak dipahami sebagai ukuran kejelasan suara yang buruk (Asselineau, 2015). Semakin kecil nilai $\%Alcons$, semakin baik kualitas transmisi suara. Berdasarkan Gambar 4.20, dapat disimpulkan bahwa nilai

%*Alcons* pada frekuensi 2 kHz, berada pada rentang 1% hingga 4%. Kemudian pada Gambar 4.21 persebaran nilai %*Alcons* telah berada pada rentang *good-ideal*. Pada daerah kategori *good* berkisar 11.43% hingga 34.29%. Dan pada daerah kategori *ideal* berkisar pada rentang 2.86% hingga 5.71%. Nilai %*Alcons* yang berada pada rentang *ideal* adalah posisi yang terdekat dengan sumber saja.



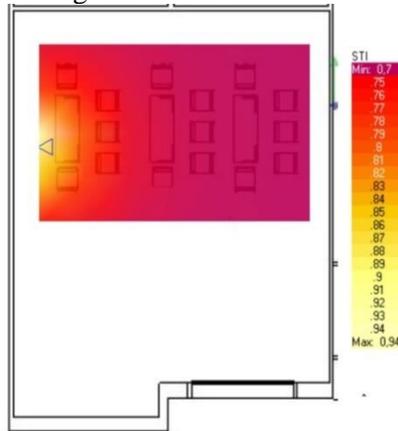
Gambar 4.22 Nilai Persebaran C_{50} di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang



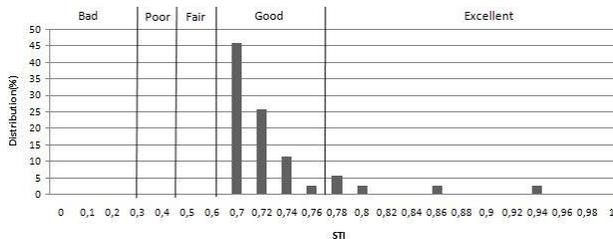
Gambar 4. 23 Nilai Distribusi C_{50} di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang

Berdasarkan Gambar 4.22 diketahui bahwa nilai C_{50} pada frekuensi 1 kHz berada pada rentang 2 hingga 12. Kemudian pada Gambar 4.23 persebaran nilai C_{50} berkisar 2.86% hingga 60%

untuk kategori *good*. Dan 2.86% untuk kategori *excellent*. Nilai C_{50} yang baik untuk kejelasan suara bernilai $C_{50} \geq 2$ dB dengan batas toleransi yang dapat diterima untuk kejelasan suara sebesar $C_{50} \geq -2$ dB. Sehingga dapat disimpulkan, bahwa nilai C_{50} hasil perbaikan dapat dikategorikan baik.



Gambar 4.24 Nilai Persebaran STI (*Speech Transmission Index*) di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang



Gambar 4.25 Nilai Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) di Ruang Rapat VIP Hasil Simulasi Perbaikan Akustik Ruang

Berdasarkan Gambar 4.24 diketahui bahwa nilai STI berada pada rentang 0.7 hingga 0.94. Kemudian pada Gambar 4.25 persebaran nilai STI telah berada pada rentang *good-excellent*. Persebaran pada daerah kategori *excellent* berkisar 2.86% hingga

5.71%. Dan persebaran pada daerah kategori *good* berkisar hingga 45.71%. Sehingga dapat disimpulkan, bahwa hasil perbaikan dapat dikategorikan baik.

4.1.8 Pengukuran *Speech Privacy*

Salah satu cara untuk mengetahui kelemahan dari kinerja insulasi suara dari suatu partisi pada ruang adalah bagaimana tingkat privasi percakapan dari ruang yang letaknya bersebelahan. Ruang rapat VIP pada Teknik Industri ITS termasuk dalam kategori ruang yang tertutup (*enclosed offices*). Sehingga seharusnya kinerja insulasi suara pada dinding partisi antara ruang rapat VIP dan Auditorium Sinar Mas mampu menjaga tingkat privasi percakapan ruang Rapat VIP itu sendiri agar percakapan yang ada dari dalam ruang tidak mampu didengarkan oleh orang lain yang berada di Auditorium Sinar Mas. Oleh karena itu dilakukan pengukuran *speech privacy* dengan melibatkan parameter objektif dan subjektif untuk mengetahui bagaimana kinerja dinding partisi dalam menjaga tingkat privasi dan mampu mengindikasi apakah percakapan yang berasal dari ruang rapat VIP mampu didengarkan dan dipahami oleh orang lain.

a. Pengukuran Objektif *Speech Privacy*

Pengukuran *speech privacy* berfokus pada ruang rapat VIP sebagai ruang sumber dan Auditorium Sinar Mas sebagai ruang penerima. Pada ruang sumber diletakkan minimal 5 posisi titik ukur untuk mengetahui tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber dan diletakkan 5 posisi titik ukur pula pada ruang penerima untuk mengetahui tingkat tekanan bunyi pada ruang penerima. Hal ini dilakukan karena pada Persamaan (2.16) untuk mendapatkan nilai *speech privacy class* maka dibutuhkan data tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber dan tingkat tekanan bunyi pada ruang penerima untuk mengetahui berapa pengurangan bunyi yang dihasilkan dari kinerja dinding partisi antara kedua ruang tersebut, dan *background noise* pada ruang penerima. Pada Tabel 4.16 didapatkan hasil pengukuran tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber dan ruang penerima.

Tabel 4.16 Tingkat Tekanan Bunyi Pada Ruang Sumber dan Penerima

Frekuensi (Hz)	L ₁ (dB)	L ₂ (dB)	Level Difference (LD)
160	41.58	31.15	10.43
200	42.77	31.44	11.34
250	44.50	32.33	12.17
315	46.38	33.45	12.94
400	48.39	34.07	14.32
500	49.19	34.40	14.79
630	50.06	35.83	14.24
800	51.62	36.37	15.25
1000	51.95	35.87	16.08
1250	52.98	34.86	18.12
1600	56.21	35.05	21.16
2000	57.67	34.92	22.75
2500	57.24	34.49	22.75
3150	55.72	33.03	22.69
4000	53.27	30.90	22.37
5000	54.20	29.56	24.65
		LD rata-rata	17.25
		L _b	33.13
		SPC	50.39

Berdasarkan data pada Tabel 4.16, dapat diambil kesimpulan bahwa tingkat privasi percakapan pada ruang rapat VIP sangat rendah, hal itu karena pada Tabel 2.3 diketahui bahwa *minimal speech privacy* memiliki nilai SPC 70, sedangkan dari hasil pengukuran didapatkan nilai SPC 50. Nilai tersebut terbilang cukup rendah, salah satu penyebab rendahnya nilai tersebut karena reduksi bunyi yang dihasilkan dari dinding partisi tersebut memang cukup rendah dan belum memenuhi standar, sehingga hal itu mempengaruhi tingkat privasi dari ruang rapat VIP itu sendiri. Oleh karena itu, memungkinkan bahwa percakapan yang ada pada ruang rapat VIP tidak hanya mampu didengar namun

dapat dipahami juga oleh orang lain yang berada pada Auditorium Sinar Mas.

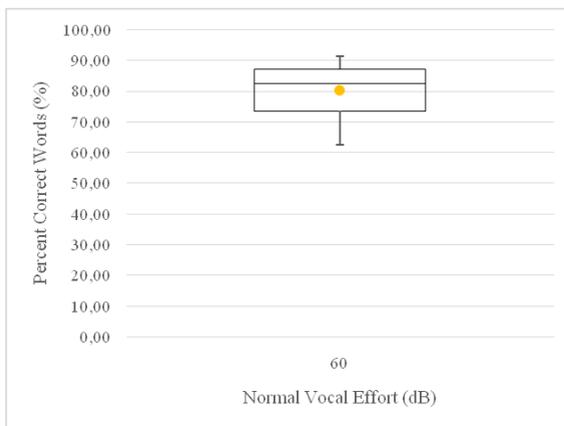
b. Pengukuran Subjektif *Speech Privacy*

Selain melakukan pengukuran objektif untuk mengetahui tingkat privasi percakapan pada ruang rapat VIP, dilakukan pula pengukuran yang bersifat subjektif dengan 18 orang naracoba. Alur pengukuran subjektif dilakukan dengan simulasi kondisi real yaitu dilakukan simulasi rapat pada ruang rapat VIP dengan 3 orang naracoba melakukan dialog percakapan dan 15 orang naracoba pada Auditorium Sinar Mas mendengarkan percakapan lalu menuliskan kembali apa yang didengar. Hasil dari pengukuran adalah prosentase dari kata benar yang didengarkan oleh 15 orang naracoba yang berada di Auditorium Sinar Mas. Pada Tabel 4.17 didapatkan hasil prosentase dari *%correct words* hasil kumulatif dari 15 orang naracoba.

Tabel 4.17 Hasil Pengukuran *%correct words*

Naracoba ke-	Total kata yang diucapkan	Kata yang benar dari total kata yang diucapkan	<i>%correct words</i>
1	486	336	69.14
2	486	435	89.51
3	486	441	90.74
4	486	342	70.37
5	486	426	87.65
6	486	313	64.40
7	486	382	78.60
8	486	371	76.34
9	486	416	85.60
10	486	401	82.51
11	486	444	91.36
12	486	391	80.45
13	486	403	82.92
14	486	421	86.63
15	486	303	62.35

Selanjutnya, untuk mengetahui persebaran data *%correct words* dapat digunakan BoxPlot, dimana nilai tengah dari data berada di 82.51% , *whiskers* bawah (nilai yang lebih rendah dari penyebaran data) dan *whiskers* atas (nilai yang lebih tinggi dari penyebaran data) dapat dilihat pada Gambar 4.26



Gambar 4.26 Grafik Persebaran Data *%correct words*

Dari hasil pengukuran pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.26, dapat disimpulkan bahwa prosentase *%correct words* yang didengar oleh 15 orang naracoba berkisar lebih dari 50% dari total kata yang diucapkan oleh 3 naracoba di ruang rapat VIP. Hal ini mengindikasikan bahwa percakapan yang terjadi di ruang rapat VIP dapat didengarkan dan dipahami oleh orang yang berada di Auditorium Sinar Mas. Prosentase *%correct words* paling besar yaitu 7 dari 15 orang dapat mendengarkan dan memahami percakapan 80% hingga 90% dari total kata yang diucapkan. Berdasarkan Gambar 2.6, dapat disimpulkan bahwa nilai *articulation index* (AI) hasil pengukuran bernilai diantara 0.4 hingga 0.7. Jika nilai AI berada lebih dari 0.3, dapat dikatakan bahwa tingkat privasi sangat buruk (Egan, 2007). Dari Gambar 2.6 dapat diketahui bahwa nilai kualitas suara hasil transmisi berada di kategori *good* yang mana untuk ruang *enclosed offices*, nilai ini menandakan bahwa transmisi suara ke Auditorium Sinar

Mas baik padahal seharusnya transmisi suara ke Auditorium Sinar Mas sebisa mungkin tidak berada pada kategori *good* sehingga tingkat privasi percakapan pada ruang rapat VIP bisa mencapai kondisi sebaik mungkin agar percakapan tidak dapat didengar dan dipahami oleh orang lain.

4.1.9 Perbaikan Nilai *Speech Privacy*

Setelah dilakukan perbaikan pada dinding partisi yang mana ketiga model perbaikan telah memenuhi standar. Maka tahap selanjutnya mengetahui nilai SPC hasil perbaikan dinding partisi yang dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perbaikan Nilai SPC

Jenis Model	LD (dB)	L_b (dB)	SPC	Kategori
Model A	48.51	33.13	81.64	<i>Standart Speech Secutiry</i>
Model B	48.2	33.13	81.33	<i>Standart Speech Secutiry</i>
Model C	47.7	33.13	80.83	<i>Standart Speech Secutiry</i>

Dari data Tabel 4.18 disimpulkan bahwa perbaikan dinding partisi ketika nilai insulasi suara telah memenuhi standar, maka akan berpengaruh pada privasi percakapan pada ruang rapat VIP, yang mana dari ketiga model perbaikan telah membawa nilai SPC menjadi lebih baik sehingga telah berada pada kategori *standart speech secutiry*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kinerja insulasi suara pada dinding partisi kondisi *existing* hasil pengukuran, perhitungan matematis, dan hasil simulasi bernilai 22 dB, 18.8 dB, dan 24.5 dB. Dari ketiga hasil tersebut didapatkan nilai yang belum memenuhi standar yaitu 47 dB.
- b. Nilai waktu dengung kondisi *existing* pada ruang rapat VIP berdasarkan hasil pengukuran maupun hasil simulasi bernilai direntang 1.2 detik. Nilai ini belum memenuhi kriteria ruang untuk *speech* dengan volume 206,01 m³ yaitu 0.75 detik pada rentang frekuensi 500 Hz hingga 1000 Hz.
- c. Pada hasil perancangan ulang dinding partisi didapatkan kombinasi material model A,B,C telah memenuhi standar dengan nilai insulasi paling tinggi pada kombinasi model A.
- d. Hasil perancangan ulang kualitas akustik ruang rapat VIP, didapatkan bahwa nilai waktu dengung telah memenuhi standar yaitu 0.75 detik pada frekuensi 500 Hz hingga 1000 Hz. Material yang digunakan adalah material *porous absorber* yaitu karpet dan *perforated panel absorber*.
- e. Pada hasil pengukuran objektif maupun subjektif didapatkan bahwa tingkat privasi percakapan pada ruang rapat VIP sangat rendah. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran objektif bernilai SPC 50. Nilai tersebut terbilang cukup rendah, dikarenakan *minimal speech privacy* memiliki nilai SPC 70. Dan hasil pengukuran subjektif didapatkan nilai prosentase *%correct words* paling besar yaitu 7 dari 15 orang dapat mendengarkan dan memahami percakapan 80% hingga 90% dari total kata yang diucapkan.
- f. Hasil perbaikan *speech privacy* akibat dari perbaikan insulasi suara dinding partisi menyebabkan nilai SPC telah berada pada kategori *Standart Speech Security*.

Halaman ini memang dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Ahnert, D., & Tennhardt, H. P. (2008). *Acoustics for Auditoriums and Concert Halls*.
- ANSI. (1969). *American National Standard Method for Calculate Articulation Index*.
- APLUS. (2019). Dipetik Juli 24, 2019, dari <https://www.aplus.co.id/id>
- Asselineau, M. (2015). *Building Acoustics*.
- ASTM. (2017). *Standard Test Method for Objective Measurement of the Speech Provided by a Closed Room*.
- Autex. (2009). *Acoustic Design Guide*. Autex Pty Ltd.
- Ballou, G. (2009). *Electroacoustics Devices: Microphone and Loudspeaker*. UK: Focal Press.
- Board, A. B. (2018). *Sound Transmission and Insulation in Buildings*. Australia: Australian Building Codes Board.
- bradley, j. s., & gover, b. N. (2008). *Speech privacy class for rating the speech privacy of meeting rooms*. Canadian Acoustics , Vo. 36 No. 3.
- Christina, E. M. (2005). *Menuju rumah ideal*. Universitas Atrma Jaya Yogyakarta.
- Egan, M. D. (2007). *Architectural Acoustics*.
- Ellefsen, J., & Olafsen, S. (2010). *Empirical Calculation of Sound Insulation in Lightweight Partition Walls with Separate Steel Studs*. International Congress on Acoustics (ICA) .
- Hongisto, V. (2000). *Airborne Sound Insulation of Wall Structures-Measurement and Prediction Methods*.
- Hopskin, C. (2007). *Sound Insulation*. Oxford,UK: Elsevier Ltd.
- ISO. (2014). *Field Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Buildings*.
- ISO. (2013). *Rating Sound Insulation in Buildings and of Buildings*.
- K.B.Ginn, M. (1978). *Architectural Acoustics*. Bruel&Kjaer.
- Karlinasari, L., Hermawan, D., Maddu, A., & Martianto, B. (2011). *Sifat Penyerapan dan Isolasi Suara Papan Wol Berkerapatan Sedang-Tinggi dari beberapa Kayu Cepat Tumbuh*. ResearchGate .

- KBBI. (2019). Dipetik Agustus 06, 2019, dari KBBI Daring: <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/gedung>
- Keranen, J. S., Virjonen, P., & Hongisto, V. O. (2008). *Prediction of speech privacy between rooms*. Acoustic '08 Paris .
- Kocinski, J., & Ozimek, E. (2016). *Speech Recognition in an Enclosure with a Long Reverberation Time*. Archives of Acoustics , 255-264.
- Long, M. (2006). *Architectural Acoustics*.
- Momertz, E., & BBM, M. (2008). *Acoustics and Sound Insulation*.
- Norton, M. P., & Karczub, D. G. (2003). *Fundamentals of Noise and Vibration Analysis for Engineers*.
- Rachmawati, F., Rahmadiansah, A., & Asmoro, W. r. (2013). *Optimasi Kualitas Akustik Room to Room Berdasarkan Nilai Transmission Loss*. Jurnal Teknik POMITS , Vol. 2, No.2.
- Rindel, J. H. (2007). *Sound Insulation of Building*. Inter-noise 2007 Istanbul .
- Sandeipartition. (2019). Dipetik Juli 24, 2019, dari <http://sandeipartition.com/sliding-wall-2/panel-type-sc-80-h-stc-48/>
- Standards, I. a. (2013). *Health Technical Memorandum 08-01:Acoustics* (Vol. Vol.8).
- Subramaniam, N. (2006). *Speech Intelligibility Issues in Classroom Acoustics-A Review*. ResearchGate .
- Szokolay, S. V. (2008). *Introduction to Architectural Science*.
- USGBoral. (2019). Dipetik Juli 24, 2019, dari https://www.usgboral.com/in_id/solutions/partition-system-solutions/single-stud-partition-systems/ss17-partisi-standard-optimal-akustik.html
- Vigran, T. E. (2008). *Building Acoustics*. Taylor & Francis.
- Wardhana, D. W., & Asmoro, W. A. (2013). *Desain Ulang Meeting Room P3AI ITS untuk Perbaikan Kualitas Akustik Video Conference*. Jurnal Teknik POMITS , Vol. 2, No.2.

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN NILAI D_{nTw} KONDISI *EXISTING* HASIL PENGUKURAN

Frekuensi	Sumber	Penerima	D	T	T0	T/T0	log T/T0	10 log T/T0	Dnt	Ref Curve	Diff	Shifted Reff (-30	unfavorable deviation
100	42.0	288	13.2	1.2	0.5	2.3	0.4	3.6	16.9	33	16.1	3.0	-13.9
125	47.3	316	15.6	1.2	0.5	2.3	0.4	3.7	19.3	36	16.7	6.0	-13.3
160	49.8	338	16.0	1.2	0.5	2.4	0.4	3.7	19.7	39	19.3	9.0	-10.7
200	50.7	35.7	15.0	1.1	0.5	2.3	0.4	3.6	18.6	42	23.4	12.0	-6.6
250	51.4	35.3	16.1	1.1	0.5	2.1	0.3	3.3	19.3	45	25.7	15.0	-4.3
315	54.5	37.2	17.3	1.0	0.5	2.1	0.3	3.2	20.5	48	27.5	18.0	-2.5
400	55.1	37.8	17.2	1.1	0.5	2.2	0.3	3.3	20.6	51	30.4	21.0	0.4
500	54.3	39.9	14.4	1.1	0.5	2.3	0.4	3.6	18.0	52	34.0	22.0	4.0
650	55.7	39.9	15.8	1.2	0.5	2.4	0.4	3.8	19.6	53	33.4	23.0	3.4
800	57.3	40.4	16.9	1.2	0.5	2.4	0.4	3.8	20.7	54	33.3	24.0	3.3
1000	58.2	40.4	17.8	1.2	0.5	2.4	0.4	3.9	21.7	55	33.3	25.0	3.3
1250	58.6	39.8	18.9	1.2	0.5	2.4	0.4	3.9	22.8	56	33.2	26.0	3.2
1600	57.1	38.2	18.9	1.2	0.5	2.5	0.4	4.0	22.9	56	33.1	26.0	3.1
2000	59.1	39.9	19.1	1.2	0.5	2.5	0.4	4.0	23.1	56	32.9	26.0	2.9
2500	59.0	39.7	19.3	1.2	0.5	2.5	0.4	3.9	23.2	56	32.8	26.0	2.8
3150	63.1	43.4	19.7	1.2	0.5	2.4	0.4	3.8	23.5	56	32.5	26.0	2.5

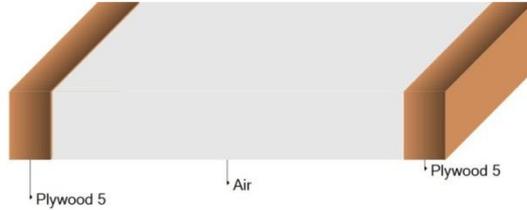
sum = 289 < 32

PERHITUNGAN NILAI D_{htw} KONDISI *EXISTING* HASIL SIMULASI

Frekuensi	SI	drilling	RefCurve	hittedreff(z)	kondisi dew	SI	pmin	RefCurve	shittedreff(z)	Infoavailable (deviate)	A			B			C			Dht			
											D_{htw}	S_{1T}	D_{1T}	D_{1T}	S_{1T}	D_{1T}	S_{1T}	D_{1T}	S_{1T}		D_{1T}	S_{1T}	D_{1T}
100	22.95	6.6	33	5	-1.6	4.86	24.83	33	9	-15.88	-0.5	0.3162	1.2574	-0.9	0.1259	0.6118	7.98926498	7.81	0.036	0.283	-0.52483	5.5	3.0
125	22.95	8.8	36	8	-0.8	4.86	26.08	36	12	-14.08	-0.8	0.1385	1.6273	-1.2	0.0631	0.3066	3.94975146	7.81	0.036	0.1418	-0.8483	8.5	6.0
160	22.95	11.06	39	11	-0.05	4.86	27.4	39	15	-12.4	-1.1	0.0794	1.823	-1.5	0.0316	0.1537	1.97666993	7.81	0.036	0.0711	-1.1483	11.5	9.0
200	22.95	13.33	42	14	0.67	4.86	28.78	42	18	-10.78	-1.4	0.0388	0.9137	-1.8	0.0158	0.077	0.99080716	7.81	0.036	0.0356	-1.4483	14.5	12.0
250	22.95	15.63	45	17	1.37	4.86	30.19	45	21	9.19	-1.7	0.02	0.4679	-2.1	0.0079	0.0386	0.46513353	7.81	0.036	0.0179	-1.7483	17.5	15.0
315	22.95	17.96	48	20	2.04	4.86	31.6	48	24	-7.6	-2	0.01	0.2295	-2.4	0.004	0.0193	0.24848008	7.81	0.036	0.0089	-2.0483	20.5	18.0
400	22.95	20.2	51	23	2.8	4.86	33.97	51	27	-5.97	-2.3	0.005	0.115	-2.7	0.002	0.0097	0.12719445	7.81	0.036	0.0045	-2.3483	23.5	21.0
500	22.95	22.67	52	24	1.33	4.86	34.22	52	28	6.22	-2.4	0.004	0.0314	-2.8	0.0016	0.0077	0.09368177	7.81	0.036	0.0036	-2.4483	24.5	22.0
630	22.95	24.21	53	25	0.79	4.86	35.19	53	29	-6.19	-2.5	0.0032	0.0726	-2.9	0.0013	0.0061	0.0786926	7.81	0.036	0.0028	-2.5483	25.5	23.0
800	22.95	26.42	54	26	-0.42	4.86	36.46	54	30	-5.46	-2.6	0.0025	0.0576	-3	0.001	0.0049	0.06250794	7.81	0.036	0.0022	-2.6483	26.5	24.0
1000	22.95	25.61	55	27	1.39	4.86	30.97	55	31	-1.97	-2.7	0.002	0.0438	-3.1	0.0008	0.0039	0.049465705	7.81	0.036	0.0018	-2.7483	27.5	25.0
1250	22.95	36.99	56	28	-8.99	4.86	19.34	56	32	12.66	-2.8	0.0016	0.0364	-3.2	0.0006	0.0031	0.039499751	7.81	0.036	0.0014	-2.8483	28.5	26.0
1600	22.95	37.03	56	28	-9.03	4.86	23.35	56	32	8.65	-2.8	0.0016	0.0364	-3.2	0.0006	0.0031	0.039499751	7.81	0.036	0.0014	-2.8483	28.5	26.0
2000	22.95	22.73	56	28	5.27	4.86	24.82	56	32	7.18	-2.8	0.0016	0.0364	-3.2	0.0006	0.0031	0.039499751	7.81	0.036	0.0014	-2.8483	28.5	26.0
2500	22.95	20.69	56	28	7.31	4.86	31.24	56	32	0.76	-2.8	0.0016	0.0364	-3.2	0.0006	0.0031	0.039499751	7.81	0.036	0.0014	-2.8483	28.5	26.0
3130	22.95	27.43	56	28	0.57	4.86	33.21	56	32	-1.21	-2.8	0.0016	0.0364	-3.2	0.0006	0.0031	0.039499751	7.81	0.036	0.0014	-2.8483	28.5	26.0

sum = 28.48 < 32

DINDING



Dimension	8,5 x 2,7 [m * m]
Backing	Air
Absorber Model	Absorber
Filename	D:\Folder Pribadi Asisten\DATA TENTI\d9.1-5.sfstr

Layer No.	Material	Thickness [mm]	Material Type
1	Plywood 5	10,0	Plate
2	Air	240,0	Air
3	Plywood 5	10,0	Plate

Layer 1: Plywood 5

W.Fasold,E.Sonntag,H.Winkler,"Bau- und Raumakustik" Bauwesen Berlin 1987, p390

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	600,0
Longitudinal Wave Velocity [m/s]	3000,0
Poisson's Ratio	0,05
Bending Loss Factor	0,013

Layer 2: Air

Thickness [mm]	240,0
Material Type	Air
Temperature [°C]	20,0
Relative Humidity [%]	40,0
Pressure [hPa]	1500,0

Layer 3: Plywood 5

W.Fasold,E.Sonntag,H.Winkler,"Bau- und Raumakustik" Bauwesen Berlin 1987, p390

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	600,0
Longitudinal Wave Velocity [m/s]	3000,0
Poisson's Ratio	0,05
Bending Loss Factor	0,013

PINTU



↓ Tempered glass

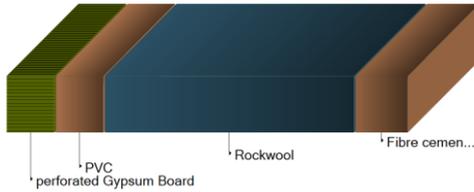
Dimension	1,8 x 2,7 [m * m]
Backing	Air
Absorber Model	Absorber
Filename	D:\Folder Pribadi Asisten\DATA TENTI\PINTU.sfstr

Layer No.	Material	Thickness [mm]	Material Type
1	Tempered glass	10,0	Plate

Layer 1: Tempered glass

F.P.Mechel, "Formulas of Acoustics" Springer 2002, p459

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	2400,0
Young's Modulus [GPa]	70,000
Poisson's Ratio	0,23
Bending Loss Factor	0,005



Dimension	8,5 x 2,7 [m * m]
Backing	Air
Absorber Model	Absorber
Filename	D:\Folder Pribadi Asisten\DATA TENTI\New folder\fibres.fstr

Layer No.	Material	Thickness [mm]	Material Type
1	Perforated Gypsum Board	10,0	Plate
2	PVC	100,0	Plate
3	Rockwool	10,0	Absorber
	Fibre Cement Board	12,0	Plate

Layer 1: Perforated Gypsum Board

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Perforated Panel
Hole Shape	Circle
Hole Dimension(mm)	1,00
Porosity(%)	15,00

Layer 2: PVC

D.A.Bies&C.H.Hansen, Engineering Noise Control, Spon 2003, p609

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	1400,0
Young's Modulus [GPa]	2,400
Poisson's Ratio	0
Bending Loss Factor	0

Layer 3: Rockwool

Thickness [mm]	100,0
Material Type	Absorber
Flow Resistivity [kPa*s/m²]	45,0
Density [kg/m³]	200,0

Layer 4: Fibre cement board

F.P.Mechel, "Formulas of Acoustics" Springer 2002, p458 bulk density: 2000 - 2100

kg/m³ E modulus: 20 - 30 Gpa

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	2000,0
Young's Modulus [GPa]	20,000
Poisson's Ratio	0,23
Bending Loss Factor	0,01



Dimension	1,8 x 2,7 [m * m]
Backing	Air
Absorber Model	Absorber
Filename	D:\Folder Pribadi Asisten\DATA TENTI\New folder\pintu\pintu perbaikan.sfstr

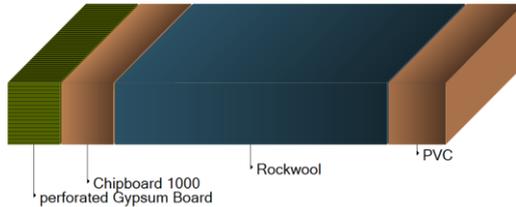
Layer No.	Material	Thickness [mm]	Material Type
1	Steel	20,0	Plate

Layer 1: Steel

D.A.Bies&C.H.Hansen, Engineering Noise Control, Spon 2003,p609 Loss factor: 0.0001 - 0.01

Thickness [mm]	20,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	7800,0
Young's Modulus [GPa]	207,000
Poisson's Ratio	0,29
Bending Loss Factor	0,01

Halaman ini memang dikosongkan



Dimension	8,5 x 2,7 [m * m]
Backing	Air
Absorber Model	Absorber
Filename	D:\Folder Pribadi Asisten\DATA TENTI\New folder\pvc.sfstr

Layer No.	Material	Thickness [mm]	Material Type
1	Perforated Gypsum Board	10,0	Plate
2	Chipboard 1000	100,0	Plate
3	Rockwool	10,0	Absorber
4	PVC	12,0	Plate

Layer 1: Perforated Gypsum Board

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Perforated Panel
Hole Shape	Circle
Hole Dimension(mm)	1,00
Porosity(%)	15,00

Layer 2: Chipboard 1000

F.P.Mechel, "Formulas of Acoustics" Springer 2002, p458 bulk density: 600 - 1000 kg/m³ E modulus: 2 - 5 GPa

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	1000,0
Young's Modulus [GPa]	5,000
Poisson's Ratio	0
Bending Loss Factor	0,03

Layer 3: Rockwool

Thickness [mm]	100,0
Material Type	Absorber
Flow Resistivity [kPa*s/m²]	45,0
Density [kg/m³]	200,0

Layer 4: PVC

D.A.Bies&C.H.Hansen, Engineering Noise Control, Spon 2003, p609

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	1400,0
Young's Modulus [GPa]	2,400
Poisson's Ratio	0
Bending Loss Factor	0



1 Steel

Dimension	1,8 x 2,7 [m * m]
Backing	Air
Absorber Model	Absorber
Filename	D:\Folder Pribadi Asisten\DATA TENTI\New folder\pintu\pintu perbaikan.sfstr

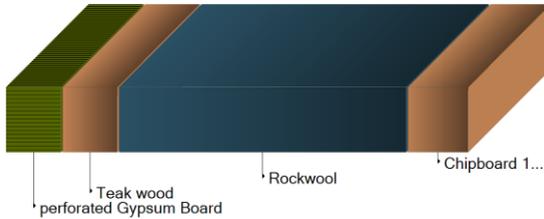
Layer No.	Material	Thickness [mm]	Material Type
1	Steel	20,0	Plate

Layer 1: Steel

D.A.Bies&C.H.Hansen, Engineering Noise Control, Spon 2003,p609 Loss factor: 0.0001 - 0.01

Thickness [mm]	20,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	7800,0
Young's Modulus [GPa]	207,000
Poisson's Ratio	0,29
Bending Loss Factor	0,01

Halaman ini memang dikosongkan



Dimension	8,5 x 2,7 [m * m]
Backing	Air
Absorber Model	Absorber
Filename	D:\Folder Pribadi Asisten\DATA TENTI\New folder\chipboard.sfstr

Layer No.	Material	Thickness [mm]	Material Type
1	Perforated Gypsum Board	10,0	Plate
2	Teakwood	100,0	Plate
3	Rockwool	10,0	Absorber
4	Chipboard 1000	12,0	Plate

Layer 1: Perforated Gypsum Board

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Perforated Panel
Hole Shape	Circle
Hole Dimension(mm)	1,00
Porosity(%)	15,00

Layer 2: Teakwood

D.A.Bies&C.H.Hansen, Engineering Noise Control, Spon 2003, p609

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	900,0
Young's Modulus [GPa]	17,000
Poisson's Ratio	0
Bending Loss Factor	0,02

Layer 3: Rockwool

Thickness [mm]	100,0
Material Type	Absorber
Flow Resistivity [kPa*s/m²]	45,0
Density [kg/m³]	200,0

Layer 2: Chipboard 1000

F.P.Mechel, "Formulas of Acoustics" Springer 2002, p458 bulk density: 600 - 1000 kg/m³ E modulus: 2 - 5 GPa

Thickness [mm]	10,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	1000,0
Young's Modulus [GPa]	5,000
Poisson's Ratio	0
Bending Loss Factor	0,03



↑ Steel

Dimension	1,8 x 2,7 [m * m]
Backing	Air
Absorber Model	Absorber
Filename	D:\Folder Pribadi Asisten\DATA TENTI\New folder\pintu\pintu perbaikan.sfstr

Layer No.	Material	Thickness [mm]	Material Type
1	Steel	20,0	Plate

Layer 1: Steel

D.A.Bies&C.H.Hansen, Engineering Noise Control, Spon 2003,p609 Loss factor: 0.0001 - 0.01

Thickness [mm]	20,0
Material Type	Plate
Density [kg/m³]	7800,0
Young's Modulus [GPa]	207,000
Poisson's Ratio	0,29
Bending Loss Factor	0,01

Halaman ini memang dikosongkan

LAMPIRAN C



Standard Optimum - Acoustic (SS-17)

Description

- Frame : JayaBMS Wall Track, JayaBMS C Stud
- Lining : 2 layers of Jayaboard Sheetrock 12mm (both sides)
+ 1 layer of USG Boral Jayabell 12mm (1 side)
- Weight : ± 39 kg/m²

STUD SIZE (mm)	MAXIMUM HEIGHT (mm)		WALL THICKNESS (mm)	FIRE RATING (minutes)	ACOUSTIC RATING (STC)	
	@600mm Centres	@400mm Centres			Without Insulation	Insulation Mineral Wool 50mm
64	0.4	4250	149	Non FRL	41	51
	0.5	4300		up to 60		
	0.7	4450		up to 60		
76	0.4	4650	161	Non FRL	42	52
	0.5	4750		up to 60		
	0.7	4950		up to 60		
92	0.5	5350	177	up to 60	42	52
	0.7	5550		up to 60		
	0.5	5600		up to 60		
100	0.7	5850	185	up to 60	43	53
	0.5	5900		up to 60		
150	0.7	7350	235	up to 60	45	53
	0.5	8150		up to 60		

Halaman ini memang dikosongkan



PANEL TYPE

SC 80 H - STC 48

With height up to 5 meters, SC 80H meets standard requirement for meeting rooms, conference rooms, small function rooms, and classrooms that need spatial flexibility.

Dengan ketinggian hingga 5 meter, SC80H memenuhi standar kebutuhan untuk ruang meeting, ruang konferensi, ruang serba guna dan kelas yang membutuhkan fleksibilitas ruang.

DETAIL SPECIFICATION

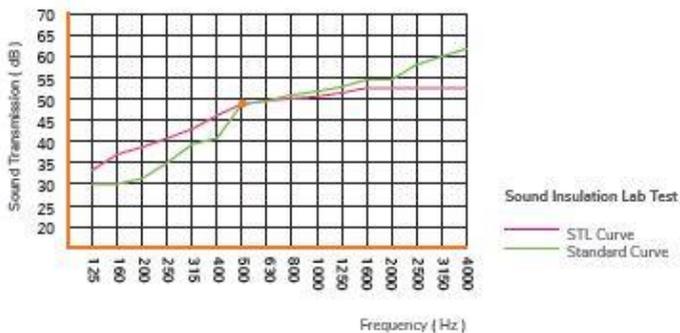
Operation Methods		Maximum Size	
		Width	Height
Cross Type			
Ordinary	✓	1200 mm	5000 mm
Parallel	✓		
Induction	✓		
Center Stacking 2 Runners	✓		
R Type			
Ordinary Stacking	✗		
Parallel Stacking	✓	1200 mm	5000 mm
Center Stacking 1 Runner	✓	1200 mm	3000 mm



Weight Approximately

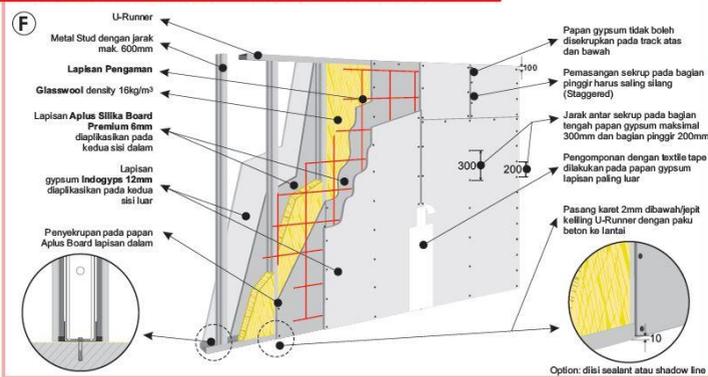
38 kg/m²

SC 80 H - STC 48



Sistem Rangka Partisi

KEAMANAN IDEAL GYPSUM INDOGYPS 12mm + APLUS BOARD PREMIUM 6mm



DETAIL & DATA FISIK

DETAIL & DATA FISIK



TINGKAT KETAHANAN API
1 JAM



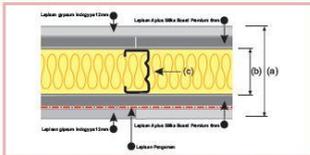
PERFORMA AKUSTIK
STC 53



BERAT SISTEM
36 kg/m²



BEBAN GANTUNGAN
25 kg/titik



STC (Sound Transmission Class) 53



Perbedaan Aplus Silica Board dan Gypsum Board :

Attributes	Silica Board	Gypsum Board
Fire Resistant & Non-Combustible	Yes	X
Water & Moisture Resistant	Yes	X
Mold & Mildew Free	Yes	X
Insect Resistant	Yes	X
Nail	Yes	Yes
Cut/Saw - No special tools	Yes	Yes
Wallpaper over	Yes	Yes
Tile Backer / Screw Hanger 25kg	Yes	X
Insulation Sound & Heat	Yes	X
Environmentally 'Green' & Non-Toxic	Yes	Yes
Strong & Durable (impact resistant)	Yes	X
Light Weight	Yes	Yes
Recyclable	Yes	X

Ketinggian Maksimal (mm)	Lebar Partisi (a) (mm)	Lebar Stud (b) (mm)	Tebal Stud (c) (mm)
3310	86	50	0.45
3750	100	64	0.45
4120	112	76	0.45
3390	86	50	0.55
3820	100	64	0.55
4210	112	76	0.55
4710	128	92	0.55
4950	136	100	0.55
3950	100	64	0.75
4370	112	76	0.75
4900	128	92	0.75
5170	136	100	0.75
6750	166	150	0.75

catatan : - Pemasangan papan gypsum board ceiling menggunakan jarak stud 600mm
 - Design Pesuser 200Pa. Deflection span/360
 - Insulasi menggunakan glasswool dengan ketebalan 50mm, density 16kg/m³
 - Nilai STC & berat sistem menggunakan Stud 76 dengan ketebalan 0.45 (ICT)
 - Aplus Board Premium adalah papan silika board tebal 6mm dengan berat 36 kg/m²
 - Test dilakukan ketebalan 12mm, meta Stud 76 tebal 0.45 (ICT)

catatan : - Partisi gypsum Board Water Resistant harga 20% lebih mahal dari pada standar.
 - Partisi gypsum Board Fireproof harga 120% lebih mahal dari pada gypsum standar.
 - Untuk Sound Insulation Gypsum Partititon System menggunakan Redwool di bonding Gypsum + Silica Board Partititon cukup dengan glasswool.

Halaman ini memang dikosongkan

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Ridha Tientiani yang lahir di Surabaya, 10 Maret 1997 dari ayah bernama Ruslam Dalton dan ibu bernama Nur Asmaida. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Sawotratap 2003, SMP Al Falah Deltasari tahun 2009, SMA Al Hikmah tahun 2012, kemudian Teknik Fisika FTI ITS sebagai mahasiswa angkatan 2015. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di HMTF ITS sebagai staff departemen kominfo di tahun kedua dan wakil kepala departemen kominfo HMTF ITS di tahun ketiga. Selain itu, penulis juga bergabung di Laboratorium Vibrasi dan Akustik sebagai member pada tahun kedua hingga penulis menyelesaikan masa studinya sebagai mahasiswa. Penulis dapat dihubungi melalui email tentioniridha1410@gmail.com.

Halaman ini memang dikosongkan