

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

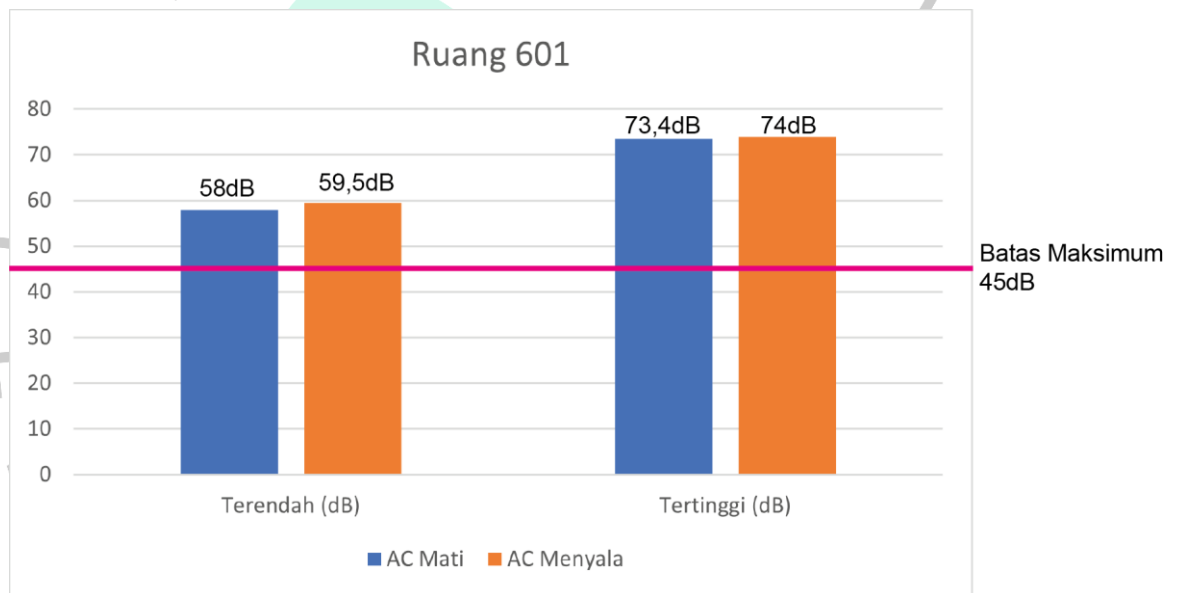
Gedung A pada Universitas Pembangunan Jaya memiliki ruangan kelas yang terletak pada lantai 6 dan juga lantai 7. Gedung A ini tidak sepenuhnya difungsikan sebagai gedung kegiatan belajar – mengajar, namun juga gedung serbaguna yang difungsikan sebagai gedung yang memiliki kantor administratif. Maka dari itu ruangan kelas diletakkan pada lantai 6 dan 7. Pada lantai kelas tersebut terdapat 9 ruangan kelas, 4 kelas memiliki orientasi ke arah Utara, dan lima kelas memiliki orientasi menghadap ke Selatan. Ruang kelas yang menghadap ke Utara terdiri dari ruangan 601 - 604 pada lantai 6 dan 701 – 704 pada lantai 7, sementara yang menghadap ke arah selatan terdiri dari ruang 605 - 609 pada lantai 6 dan 706 – 709 pada lantai 7. Masing – masing ruang kelas memiliki konfigurasi kursi sebanyak 9 baris x 5 baris, ditambah 1 set meja dan kursi untuk dosen. Maka dari situasi di lapangan ini, ruang kelas ini memiliki kapasitas duduk < 50 kursi dan termasuk dalam kategori ruang kelas tersendiri dalam tabel bangunan pendidikan standar SNI 03-6386-2000.

4.2 Tingkat Suara Latar Belakang dan Waktu Reverberasi

Pada bab ini peneliti akan melakukan analisis berdasarkan data yang didapatkan dari lapangan. Data yang diambil untuk di kaji merupakan sebuah rekaman suara dan suara kebisingan latar belakang. Untuk suara kebisingan latar belakang akan di ambil menggunakan mode *decibel meter* pada alat *multimeter*. Lalu data untuk waktu reverberasi akan di ukur melalui hasil rekaman suara yang berupa suara letupan balon, metode letupan balon sendiri dijadikan cara pengambilan data yang dipilih dikarenakan kompleksitas yang rendah. Selain tingkat kompleksitas yang rendah, metode ini merupakan metode yang sah untuk dilakukan jika penelitian tidak melibatkan alat penguas suara buatan atau alat pengukur profesional seperti *omnidirection speaker* dan alat pengukurnya seperti XL2 Acoustic Analyzer dari NTi Audio. Selain alasan keterbatasan biaya dan peralatan, Alat penguas suara tidak dipakai dikarenakan ruangan yang di teliti merupakan sebuah ruang kelas dengan kapasitas sampai dengan 50 kursi dan bukan sebuah ruangan yang berfungsi ganda untuk ruang konferensi maupun ruangan berkapasitas lebih dari 250 kursi yang akan menggunakan alat bantu penguas suara.

4.2.1 Analisis Suara Kebisingan Latar Belakang Berdasarkan Data Lapangan

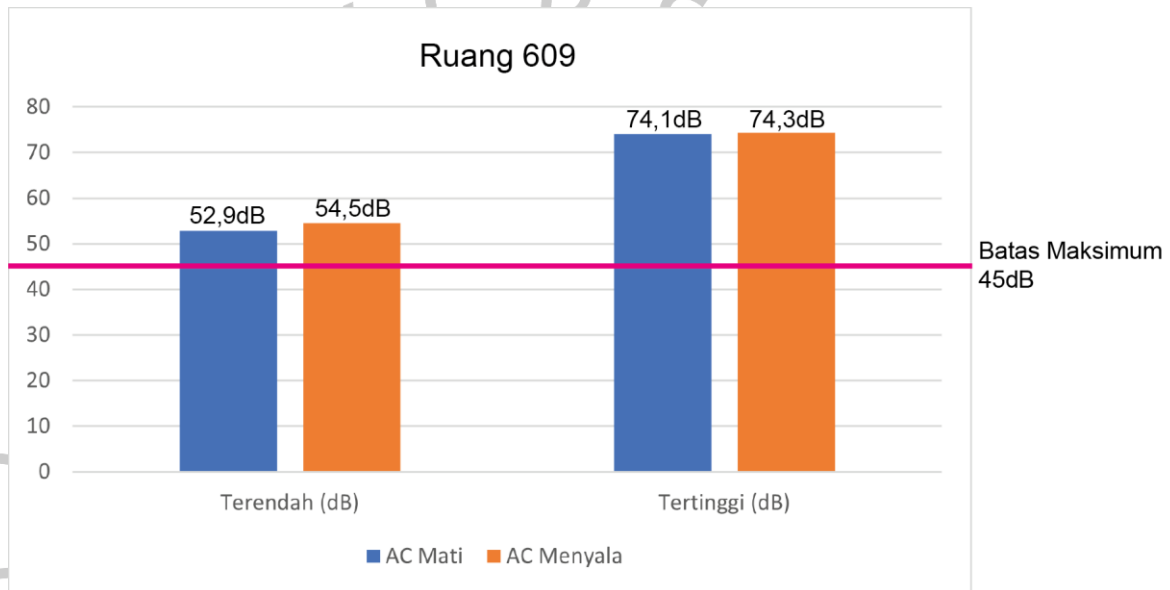
Suara latar belakang menjadi suatu faktor penting dalam kenyamanan akustik pada ruangan, terutama ruangan yang dipergunakan untuk belajar dan mengajar. Data yang sudah diambil ini akan dibandingkan dengan acuan yaitu dokumen SNI 03-6386-2000. Ruang kelas pada saat pengambilan suara dikondisikan sebagaimana terdapat pada poin 3.2.1. Keadaan pendingin ruangan pada saat pengambilan data dilakukan memiliki dua kondisi, yaitu mati dan menyala. Ruangan pertama yang diambil data suara latar belakangnya adalah ruang 601 pada gedung A Universitas Pembangunan Jaya. Ruang kelas ini memiliki orientasi arah kelas menghadap ke Timur Laut dimana berhadapan langsung dengan jalan akses utama Universitas Pembangunan Jaya, yang disampingnya terdapat rel kereta api, jalan tol, dan juga jalan lingkar *Mall Bintaro Exchange Center*.



Gambar 31 Grafik Tingkat Kebisingan Latar Belakang Ruang 601

Berdasarkan data yang diambil oleh peneliti, tingkat suara latar belakang atau noise yang ada pada ruangan 601 ini berada pada 58dB pada titik terendah dan juga 73,4dB pada titik tertinggi saat kondisi AC dimatikan, pada saat AC dinyalakan maka terlihat ada kenaikan pada titik terendah dan juga tertinggi meskipun tidak signifikan menjadi 59,5dB saat terendah dan 74dB pada titik tertinggi. Titik terendah pada pengambilan data ini mempunyai kondisi disaat kereta tidak lewat dan juga tidak ada kendaraan yang menggunakan knalpot yang bising. Titik tertinggi terjadi saat lewatnya motor yang menggunakan knalpot bising yang berkendara dengan kecepatan tinggi.

Pengambilan suara latar belakang selanjutnya berada di ruangan 609 yang mempunyai orientasi ke arah Barat Daya yang berhadapan langsung dengan fasad Gedung B Universitas Pembangunan Jaya. Pada sebelah timur terdapat jalan raya yang melingkari kompleks kampus Universitas Pembangunan Jaya, pada pengambilan suara latar belakang kelas ini, peneliti menemukan bahwa selain suara kendaraan melintas, namun suara kegiatan kampus juga terdengar masuk ke dalam ruangan ini seperti kegiatan bermain basket pada Gedung B yang berada pada lantai 9 dan juga suara kegiatan pada Plaza Bodhi.



Gambar 32 Grafik Tingkat Kebisingan Latar Belakang Ruang 609

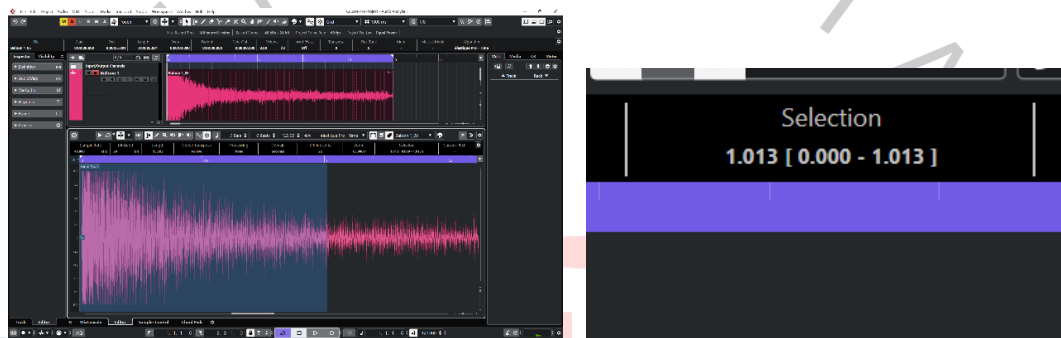
Dalam pengambilan data kali ini, angka terendah untuk kebisingan latar belakang berada pada angka 52,9dB pada saat kondisi AC ruangan dimatikan dan 54,5dB saat AC dinyalakan. Angka ini menunjukkan tingkat kebisingan yang lebih rendah dibandingkan ruang 601 dan angka ini didapatkan pada kondisi kereta tidak melintas. Kebisingan tertinggi pada ruang ini berada di 74,1dB pada kondisi AC dimatikan dan 74,3dB saat AC dinyalakan. Angka ini lebih besar daripada angka tertinggi ruang 601, hal ini terjadi dikarenakan adanya suara kendaraan dengan knalpot bising yang melintas dan juga bersamaan dengan kereta yang melintas. Peneliti menemukan bahwa suara yang dihasilkan dari kedua kendaraan tersebut terdengar seperti datang dari Gedung B Universitas Pembangunan Jaya, hal ini terjadi dikarenakan suara tersebut terpantul oleh fasad gedung.

4.2.2 Analisis Waktu Reverberasi (Gaung)

a) Berdasarkan Pengujian Lapangan

Setelah pengambilan dan pengolahan data dari suara kebisingan latar belakang, hasil waktu reverberasi atau gaung suara diolah berdasarkan data *audio* dari suara letupan balon. Data

ini didapatkan dengan menghitung berapa lama sumber suara awal mengalami penurunan sebesar 60dB dari awal bunyi dimatikan, dikarenakan alasan ketepatan antara bunyi dimatikan inilah mengapa metode peletupan balon digunakan sebagai metode pengganti dalam keterbatasan alat profesional. Dengan meletupkan balon, maka titik awal suara dan titik berhentinya tidak mengalami penundaan, serta dapat menyimulasikan alat pengeras suara *omnidirectional* sehingga suara dikeluarkan ke segala arah dan tidak terjadi kondisi dimana titik berhenti awal suara yang masuk secara berkelanjutan sehingga sulit ditentukan dimana titik awal suara berhenti.



Gambar 33 Waktu RT60 Berdasarkan Olahan Data Lapangan (Dokumentasi Pribadi)

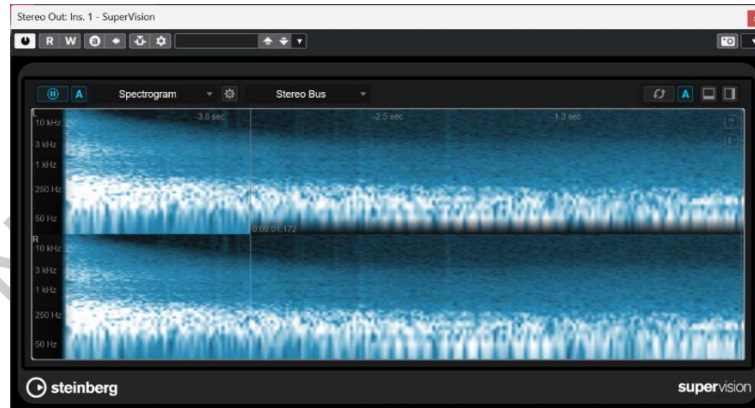
Waktu RT60 yang didapatkan dari hasil rekaman suara pada lapangan yang membutuhkan penurunan sebesar 60dB merupakan 1,013 detik. Jika mengacu pada SNI 03-6386-2000 dimana ruangan kelas yang dikategorikan ruang kelas tersendiri ini, maka waktu reverberasi ini diatas waktu yang dianjurkan yang berkisar pada angka 0,5 hingga 0,6 detik.

Tabel 1
Desain tingkat bunyi yang dianjurkan untuk berbagai jenis hunian di dalam bangunan.

Jenis Hunian	Tingkat Bunyi Yang Dianjurkan		Waktu Dengung (T) Yang Dianjurkan
	Baik [dBA]	Maksimum [dBA]	Edetik1
1	2	3	4
1. Bangunan Pendidikan			-
Studio seni dan kerajinan	40	45	Kurva I
Ruang sidang s/d 250 kursi	30	35	0,6 — 0,8
Ruang sidang diatas 250 kursi	25	30	0,6 — 0,8
Ruang audio visual	40	45	0,6 — 0,8
Kantin dan pertokoan	40	50	
Ruang kelas			0,6 — 0,7
Kelas tersendiri	35	40	0,5 — 0,6
- Kelas terbuka	40	45	

Gambar 34 Tingkat Kebisingan yang Dianjurkan SNI 03-6386-2000

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *spectrogram* yang ada pada program Cubase, maka terlihat rentang frekuensi mana saja yang dominan dalam rentang waktu suara tersebut berbunyi. Dalam program *spectrogram* ini frekuensi yang kuat akan berwarna putih, sementara frekuensi yang kurang kuat akan memudar ke warna kebiruan, dan frekuensi yang sudah memudar akan berwarna lebih gelap.



Gambar 35 Waktu Frekuensi 500Hz Berdasarkan Spectrogram (Dokumentasi Pribadi)

Dapat dilihat dalam hasil analisis *spectrogram* frekuensi yang dominan memiliki rentang dari $\pm 100\text{Hz}$ hingga $\pm 500\text{Hz}$. Dalam analisis ini peneliti menemukan bahwa frekuensi 500Hz memiliki waktu dominan sepanjang 1,172 detik.

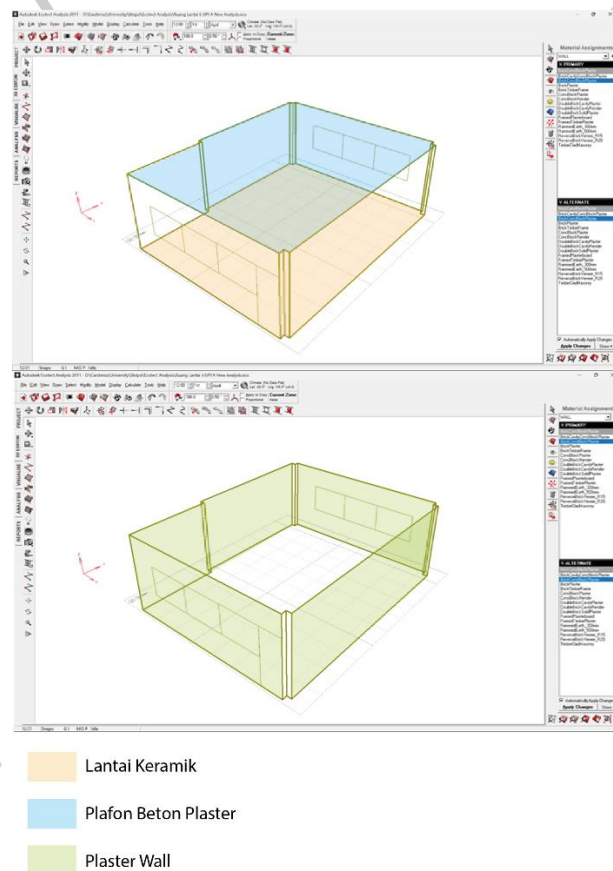
Kelas ini memiliki bahan bangunan yang tergolong bahan keras, dengan dinding plaster, lantai *ceramic tiles*, jendela *single glaze* berk usen alumunium, dan juga plafon beton. Berdasarkan koefisien serapan bunyi pada bab 2.1.7 terlihat bahwa bahan – bahan tersebut tidaklah ideal untuk menyerap suara. Kelas ini memiliki bahan bangunan yang tergolong bahan keras, dengan dinding plaster, lantai *ceramic tiles*, jendela *single glaze* ber kusen alumunium, dan juga plafon ber bahan beton ber plaster. Berdasarkan koefisien serapan bunyi pada bab 2.1.7 terlihat bahwa bahan – bahan tersebut tidaklah ideal untuk menyerap suara.

b) Berdasarkan Simulasi Komputer

Tahap selanjutnya merupakan pemetaan ruangan. Setelah dilakukan analisis menggunakan program Autodesk Ecotect juga terlihat bahwa waktu RT60 pada frekuensi 500hz tidak jauh berbeda dari yang ditemukan pada lapangan.

Catatan:

- Waktu RT60 umumnya diukur menggunakan frekuensi 500hz dan juga 1000hz. Namun dalam penelitian ini akan menggunakan pengukuran pada frekuensi 500hz sebagai acuan.
- Pembuatan ulang model pada program dibuat sedekat mungkin dengan kondisi eksisting pada lapangan, namun model ini tidak akan 100% akurat seperti kondisi eksisting dikarenakan banyak variabel yang tidak dapat di masukan seperti apakah tembok lurus secara sempurna, ketebalan finishing seperti cat yang rata secara sempurna, dll.



Gambar 36 Pemetaan Bahan Bangunan Pada Ruang Kelas Didalam Autodesk Ecotect (Dokumentasi Pribadi)

Thermal Analysis		Solar Exposure		Material Costs		Resource Consumption		Reyerberation Times		Acoustic Response																																																			
Selected Zone Kelas Volume (m³): 230.06 Recalc.			Calculation Select Display Type: Selected Algorithm: Reverb. Time Algorithm: Sabine Calculate			<table border="1"> <thead> <tr> <th>FREQ.</th> <th>TOTAL ABSPT.</th> <th>EMPTY RT (60)</th> <th>50% RT (60)</th> <th>FULL RT (60)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>63Hz:</td> <td>44.305</td> <td>0.80</td> <td>0.78</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>125Hz:</td> <td>38.807</td> <td>0.90</td> <td>0.87</td> <td>0.84</td> </tr> <tr> <td>250Hz:</td> <td>28.918</td> <td>1.08</td> <td>0.96</td> <td>0.86</td> </tr> <tr> <td>500Hz:</td> <td>21.582</td> <td>1.35</td> <td>1.18</td> <td>1.05</td> </tr> <tr> <td>1kHz:</td> <td>17.746</td> <td>1.32</td> <td>1.20</td> <td>1.09</td> </tr> <tr> <td>2kHz:</td> <td>15.548</td> <td>1.05</td> <td>1.00</td> <td>0.93</td> </tr> <tr> <td>4kHz:</td> <td>17.912</td> <td>0.73</td> <td>0.73</td> <td>0.73</td> </tr> <tr> <td>8kHz:</td> <td>15.626</td> <td>0.40</td> <td>0.41</td> <td>0.43</td> </tr> <tr> <td>16kHz:</td> <td>17.293</td> <td>0.41</td> <td>0.42</td> <td>0.43</td> </tr> </tbody> </table>						FREQ.	TOTAL ABSPT.	EMPTY RT (60)	50% RT (60)	FULL RT (60)	63Hz:	44.305	0.80	0.78	0.75	125Hz:	38.807	0.90	0.87	0.84	250Hz:	28.918	1.08	0.96	0.86	500Hz:	21.582	1.35	1.18	1.05	1kHz:	17.746	1.32	1.20	1.09	2kHz:	15.548	1.05	1.00	0.93	4kHz:	17.912	0.73	0.73	0.73	8kHz:	15.626	0.40	0.41	0.43	16kHz:	17.293	0.41	0.42	0.43
FREQ.	TOTAL ABSPT.	EMPTY RT (60)	50% RT (60)	FULL RT (60)																																																									
63Hz:	44.305	0.80	0.78	0.75																																																									
125Hz:	38.807	0.90	0.87	0.84																																																									
250Hz:	28.918	1.08	0.96	0.86																																																									
500Hz:	21.582	1.35	1.18	1.05																																																									
1kHz:	17.746	1.32	1.20	1.09																																																									
2kHz:	15.548	1.05	1.00	0.93																																																									
4kHz:	17.912	0.73	0.73	0.73																																																									
8kHz:	15.626	0.40	0.41	0.43																																																									
16kHz:	17.293	0.41	0.42	0.43																																																									
Auditorium Seating 46 Hard-Backed Percentage Occupied (%): 0																																																													

Gambar 37 Hasil Waktu RT60 Autodesk Ecotect (Dokumentasi Pribadi)

Hasil dari analisis simulasi program ini menunjukkan deviasi yang tidak jauh berbeda dari hasil pengolahan data dari lapangan. Pada frekuensi 500Hz terlihat bahwa panjang waktu reverberasi saat okupansi kosong terdapat di angka 1,35 detik, 1,18 detik pada okupansi 50%, dan juga 1,05 detik pada saat okupansi 100%.

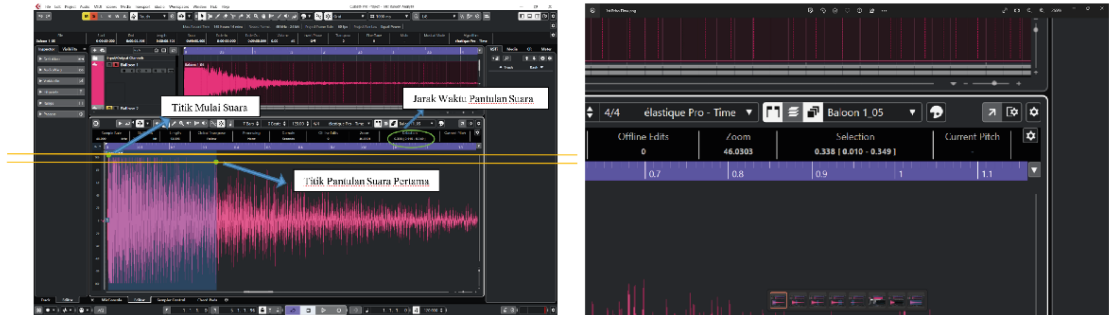
Dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bangunan yang keras dengan koefisien serapan suara yang rendah pada ruang kelas dalam kondisi ini memiliki waktu reverberasi di atas 1 detik. Kelebihan dari waktu reverberasi suara ini bisa disimpulkan tidak memenuhi syarat dari dokumen SNI 03-6386-2000.

4.2.2 Analisis Pantulan Suara Pada Ruangan

Data lainnya yang ditemukan berdasarkan hasil olahan suara letupan balon oleh peneliti merupakan pantulan suara atau bisa disebut dengan *echo*, pantulan suara ini merupakan salah satu faktor dari kenyamanan akustik yang dapat diukur. Menurut Mediastika manusia dapat mendengar pantulan suara dengan waktu 1/20 detik atau juga 50ms. Persepsi akan pantulan suara ini juga berpengaruh kepada pengguna dari segi kejelasan suara yang didengar, dampak dari persepsi terhadap pantulan ini bisa digunakan untuk memperjelas atau membuat suara lebih sulit dimengerti. Jika pantulan suara ini memiliki jarak waktu yang rapat dan tidak terulang berkali-kali maka suara tersebut akan terdengar langsung datang dari sumber contohnya panggung musik memanfaatkan pantulan suara yang rapat agar suara terdengar seperti dari arah panggung langsung untuk penonton yang jauh. Sebaliknya suara dengan waktu pantulan yang lama akan membuat kesan akan suara datang dari jarak yang jauh, dan pantulan yang berulang akan menimbulkan degradasi dari kualitas suara tersebut (Long, 2005).

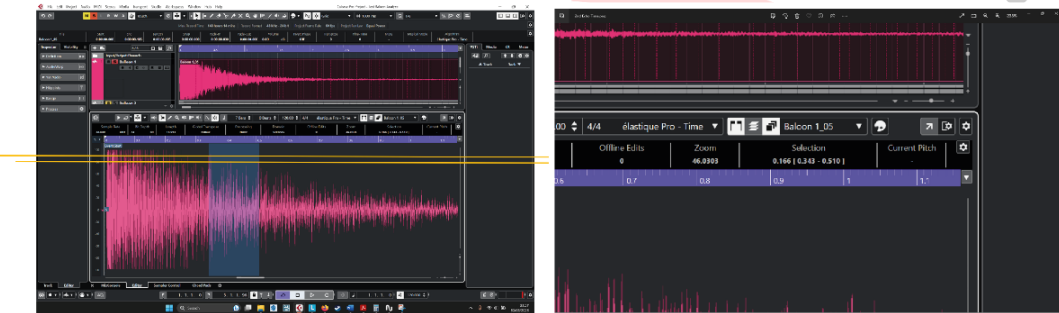
Dari hasil analisis data audio peletupan balon terlihat bahwa terjadi fenomena pantulan suara. Suara yang terpantul dari pertamakali sumber suara berbunyi memiliki jarak waktu sebesar 338ms. Setelah pantulan suara pertama ini terdapat pantulan, pantulan

berikutnya dengan total sebanyak 4 kali sebelum kekuatan suara tersebut menurun hingga sampai menghilang atau titik terendah yaitu suara latar belakang ruangan tersebut atau bisa juga disebut dengan *noise floor*.



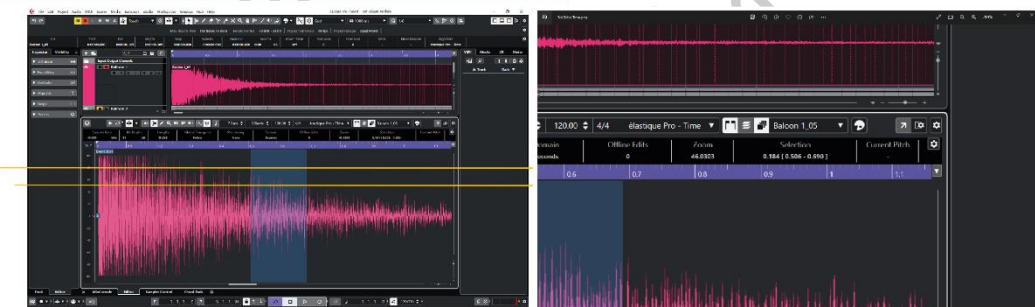
Gambar 38 Pantulan Suara Pertama (Dokumentasi Pribadi)

Jarak pantulan antara pantulan pertama ke pantulan kedua memiliki waktu yang berjarak lebih dekat dari pantulan pertama, yaitu berupa 166ms.



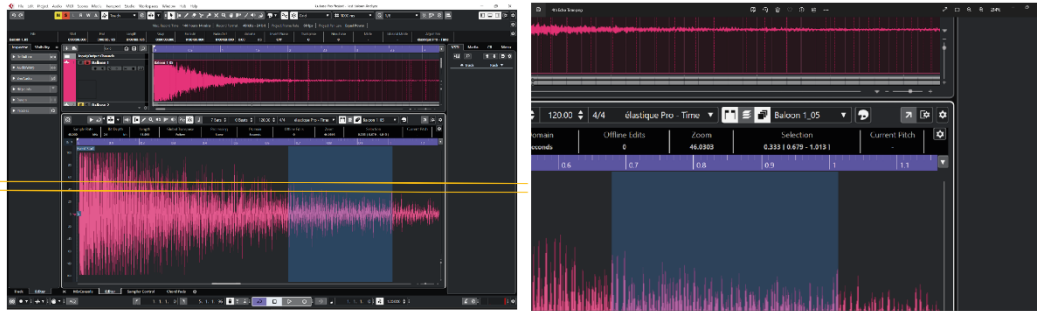
Gambar 39 Pantulan Suara Kedua (Dokumentasi Pribadi)

Pada pantulan suara antara pantulan kedua dan ketiga memiliki rentang jarak yang mirip dengan pantulan pertama ke pantulan suara kedua, yaitu masih berada dibawah 200ms lebih tepatnya pada waktu 184ms.



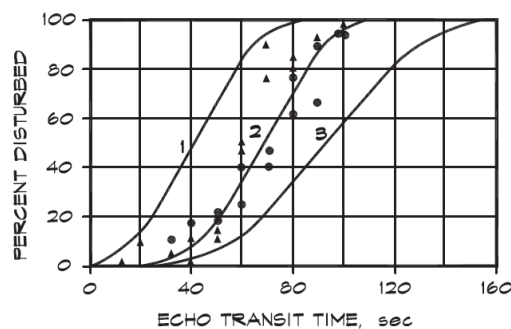
Gambar 40 Pantulan Suara Ketiga (Dokumentasi Pribadi)

Fenomena pantulan yang terakhir sebelum suara mengalami kehilangan energi yang signifikan dan menentukan *noise floor* merupakan antara pantulan ketiga dan keempat. Dalam pantulan ini jarak dalam waktu mengalami peningkatan mendekati waktu antara awal bunyi dan juga pantulan pertama, yaitu diatas 300ms tepatnya di angka 333ms.



Gambar 41 Pantulan Suara Keempat (Dokumentasi Pribadi)

Hasil dari pantulan suara ini melebihi 1/20 detik yang dimana merupakan batas ruangan tidak bergema, disisi lain manusia memiliki sensitifitas jarak dengar bunyi suara pada kurun waktu 50ms. Menurut grafik dari Kuttruff waktu dari pantulan ini sudah memasuki batas dimana pendengar terganggu. Dari hasil pengolahan data diatas, dapat disimpulkan bahwa pantulan suara terdekat melebihi dua kali lipat batas sensitivitas kepekaan manusia terhadap pantulan suara dan sekitar empat kali batas kepekaan tersebut pada pantulan bunyi awal ke pantulan pertama dan juga pantulan kedua ke pantulan ketiga. Fenomena ini menyebabkan terjadinya *overlapping* suara pada bunyi suara yang lebih dari satu kali dalam rentang waktu $\pm 2,2$ detik keseluruhan waktu suara yang didapat dari awal bunyi hingga mengalami penurunan energi sampai dengan *noise floor*.



Percentage of listeners disturbed by a delayed signal at the same level as the undelayed sound signal (speech). The abscissa is the delay time.

1. 7.4 syllables per second
2. 5.3 syllables per second
3. 3.5 syllables per second

Gambar 42 Grafik Ketidaknyamanan Pendengar Terhadap Lama Pantulan Suara (Long, 2005)

4.3 Faktor Keluhan Ketidaknyaman Akustik Pada Ruang Kelas

Pada bab ini akan dijabarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan untuk memenuhi tujuan penelitian, yaitu pengaruh suara kebisingan latar belakang, waktu reverberasi, dan pantulan suara terhadap ketidaknyamanan kualitas akustik pada ruang ini.

- **Tingkat Kebisingan Latar Belakang**

Pertama dari pengambilan data lapangan peneliti menemukan bahwa hasil tingkat kebisingan pada ruangan ini tidak sesuai dengan standar SNI 03-6386-2000. Tingkat kebisingan yang berada di atas 50dB telah melebihi batas maksimum yang diberikan oleh dokumen tersebut yang berada di 45dB. Tingkat kebisingan yang berada diatas 70dB pada saat kendaraan bising melintas juga menutupi suara percakapan yang dilakukan saat dosen sedang memberikan informasi, hal ini mengurangi tingkat pemahaman akan perkataan dan menjadi faktor yang mengganggu konsentrasi pada saat kegiatan belajar seperti penelitian oleh Vetori, dkk (2022) yang sudah pernah dilakukan. Kebisingan yang tinggi ini menjadi faktor dari keluhan akan ketidaknyamanan akustik pada ruang kelas.

- **Waktu Reverberasi**

Berdasarkan hasil analisis pada bab 4.2.2 dapat disimpulkan bahwa waktu RT60 merupakan 1,013 detik dimana waktu ini tergolong waktu yang lama untuk sebuah ruang kelas belajar yang disarankan untuk memiliki waktu 0,5 detik dan maksimum 0,6 detik menurut dokumen SNI 03-6386-2000. Seperti yang diketahui bahwa bahan bangunan dengan koefisien serapan suara yang rendah menyebabkan suara yang memasuki ruangan ini terus berdengung melebihi batas waktu maksimum yang dianjurkan. Meskipun menurut literasi waktu RT60 yang memiliki waktu 1 detik masih tergolong dalam kategori ruang dengan artikulasi yang cukup, namun hal ini berkontribusi terhadap faktor lain yang membuat pengguna ruangan mengeluhkan akan ketidaknyamanan akustik pada ruangan ini, yaitu berupa pantulan suara.

- **Pantulan Suara**

Dapat disimpulkan berdasarkan analisis yang ada, banyaknya pantulan yang memiliki waktu yang melebihi batas ketidaknyamanan untuk pendengar seperti yang dijelaskan oleh Marshall Long menjadi faktor dimana terjadinya keluhan oleh pengguna ruangan. Kedua faktor di atas menjadi faktor gabungan mengapa terjadinya pantulan suara dengan jarak waktu renggang dan juga berkali – kali

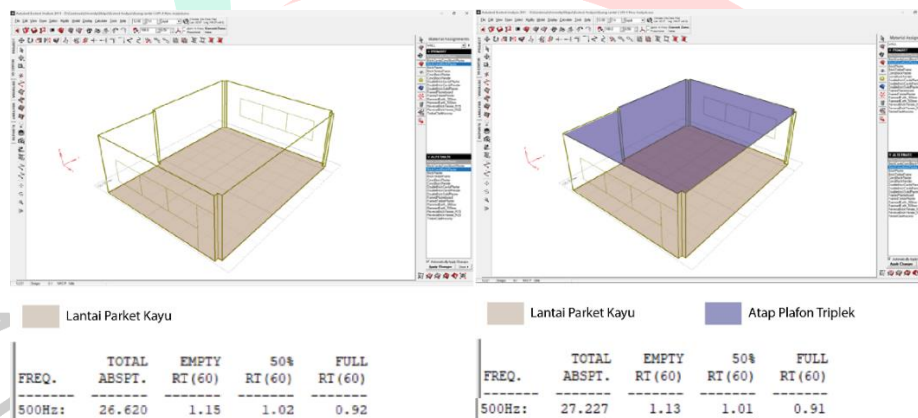
Dapat disimpulkan bahwa keluhan atas ketidaknyamanan akustik pada ruang kelas tidak berasal hanya dari satu faktor, melainkan dari gabungan atau akumulasi faktor faktor yang ada.

4.4 Optimasi Kualitas Akustik

4.4.1 Eksperimen Optimasi Waktu RT60 Autodesk Ecotect

Pada bab ini peneliti akan melakukan optimasi kualitas akustik pada ruang kelas menggunakan simulasi program Autodesk Ecotect. Pada simulasi ini peneliti akan melakukan perubahan dan penambahan bahan bangunan pada ruang kelas menggunakan bahan bangunan yang lebih empuk dan memiliki koefisien serapan suara yang lebih tinggi daripada bahan bangunan yang ada pada ruang kelas untuk menciptakan waktu reverberasi RT60 yang sesuai dengan kriteria SNI 03-6386-2000. Pada eksperimen pertama peneliti mengganti bahan dari ketiga bahan bangunan yang sudah dipetakan pada **BAB 4.2.2**. Berikut hasil dari eksperimen yang telah dilakukan :

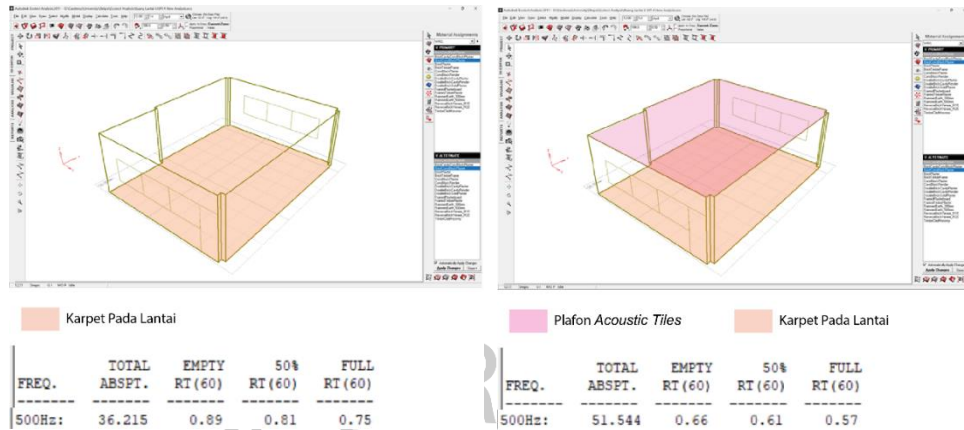
- Penggantian material berbahan kayu pada lantai dan plafon



Gambar 43 Penggantian Material Lantai dan Plafon Berbahan Kayu (Dokumentasi Pribadi)

Dari hasil eksperimen ini terlihat bahwa ada penurunan pada tingkat RT60 dari bahan bangunan eksisting sebesar $\pm 25\%$. Penurunan menggunakan bahan kayu ini memiliki angka yang bagus, namun masih belum bisa memenuhi rekomendasi waktu reverberasi dari dokumen SNI 03-6386-2000.

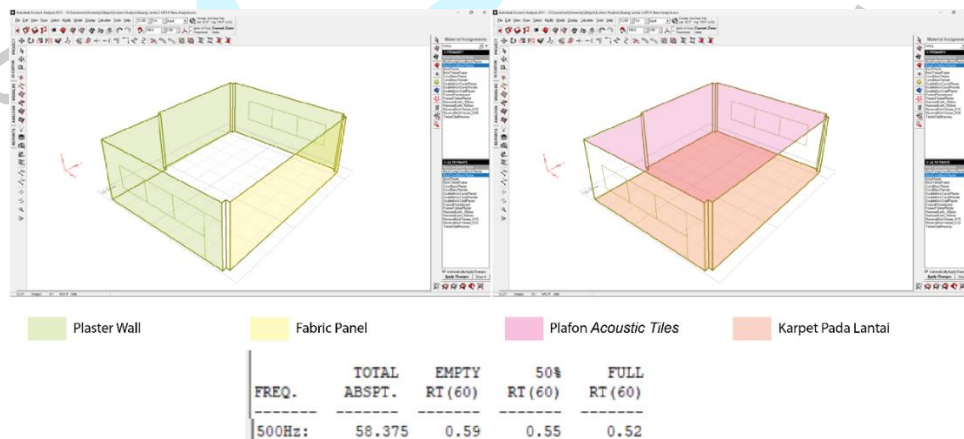
- Penggantian bahan bangunan menggunakan bahan yang memiliki koefisien serapan suara yang lebih tinggi seperti menambahkan karpet, menggunakan *acoustic tiles* sebagai bahan plafon



Gambar 44 Penggantian Bahan Lantai dan Plafon Menggunakan Karpet dan Acoustic Tiles
(Dokumentasi Pribadi)

Pada penambahan karpet pada lantai bisa dilihat bahwa waktu reverberasi dapat menurun drastis ke angka 0,89 atau $\pm 35\%$ dari waktu awal yaitu 1,35 detik. Jika ditambahkan dengan bahan plafon berupa *acoustic tiles* yang umumnya digunakan pada perkantoran penurunan waktu reverberasi terjadi lebih jauh ke angka 0,66 detik atau mengalami penurunan sebesar $\pm 52\%$. Penambahan kedua bahan ini sudah merubah waktu reverberasi sangat signifikan, namun hanya memenuhi syarat SNI 03-6386-2000 saat ruangan terisi penuh.

- Peneliti dalam tahap eksperimen akhir ini mengganti bahan satu sisi tembok menggunakan panel berbahan *fabric* untuk ditambahkan ke penggantian bahan karpet pada lantai dan *acoustic tiles* pada plafon.



Gambar 45 Penggantian Bahan Lantai, Plafon, dan Satu Sisi Tembok Dengan Karpet, Acoustic Tiles, dan Panel Fabric (Dokumentasi Pribadi)

Hasil daripada eksperimen ini membuat waktu reverberasi RT60 memenuhi kriteria daripada dokumen SNI 03-6386-2000 pada kondisi kelas kosong maupun

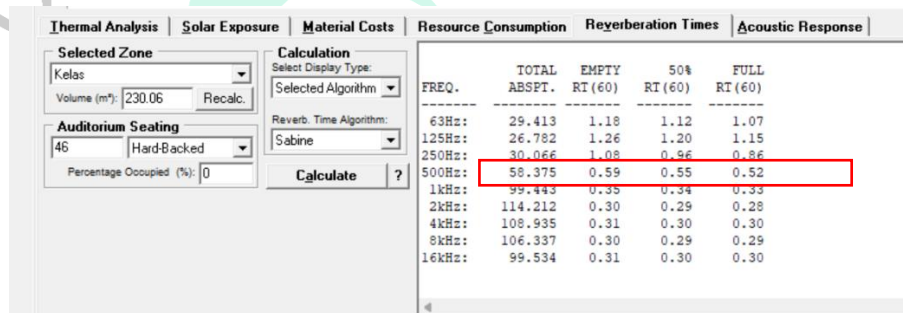
penyempurnaan. Hasil penurunan waktu reverberasi dari simulasi ini sebesar $\pm 57\%$ dari waktu reverberasi eksisting berdasarkan simulasi.

4.4.2 Kesimpulan Eksperimen Optimasi Waktu Reverberasi RT60

Dalam simulasi ini peneliti merubah bahan bangunan yang berupa:

- Penambahan plafon menggunakan material *acoustic tiles* yang umum digunakan pada kantor – kantor.
- Menggunakan karpet pada keseluruhan lantai ruang kelas.
- Menggunakan panel berbahan *fabric* pada satu sisi arah tembok meja pengajar.

Berdasarkan penggantian dan penambahan bangunan ini hasil dari optimasi akustik ruangan menggunakan simulasi program Autodesk Ecotect ini memiliki hasil yang memenuhi kriteria standar dari dokumen SNI 03-6386-2000.



FREQ.	TOTAL ABSPT.	EMPTY RT (60)	50% RT (60)	FULL RT (60)
63Hz:	29.413	1.18	1.12	1.07
125Hz:	26.782	1.26	1.20	1.15
250Hz:	30.066	1.08	0.96	0.86
500Hz:	58.375	0.59	0.55	0.52
1kHz:	99.443	0.35	0.34	0.33
2kHz:	114.212	0.30	0.29	0.28
4kHz:	108.935	0.31	0.30	0.30
8kHz:	106.337	0.30	0.29	0.29
16kHz:	99.534	0.31	0.30	0.30

Gambar 46 Hasil Waktu RT60 Setelah Simulasi Optimasi (Dokumentasi Pribadi)

Dapat dilihat bahwa waktu reverberasi pada frekuensi 500Hz bisa turun menjadi 0.59 detik pada kondisi ruangan kosong, 0,55 detik pada ruang 50% terisi, dan juga 0,52 detik pada kondisi ruangan terisi penuh. Atau mengalami penurunan sebesar $\pm 57\%$ pada kondisi kosong hingga $\pm 62\%$ pada kondisi penuh dari waktu reverberasi eksisting yang berada di angka 1,35 detik. Dapat disimpulkan bahwa dari hasil simulasi program komputer ini bahwa pemasangan *acoustic tiles* pada plafon, panel *fabric* pada satu sisi tembok, dan juga pemakaian karpet pada lantai bisa menjadi solusi yang umum dan mudah di dapatkan, dikarenakan bahan – bahan tersebut bukan merupakan bahan spesial yang sulit didapatkan dan tidak memerlukan pembongkaran besar terhadap ruang eksisting.

4.4.3 Optimasi Kebisingan Latar Belakang

Berdasarkan literasi pada **BAB 2.1.9** sebuah bahan bangunan memiliki nilai *sound transmission class*. Pada ruangan ini terdapat bukaan utama yang menjadi sumber masuknya suara kebisingan dari luar, yaitu jendela pada kedua sisi ruang kelas yang

menghadap ke arah luar dan lorong. Berdasarkan temuan pada lapangan jendela eksisting pada ruang kelas ini merupakan jenis jendela *single pane* atau jendela yang hanya memiliki satu lapisan kaca. Menurut sumber data dari perusahaan Indow Window dan juga Soundproof Windows, Inc. Jendela jenis *single pane* memiliki nilai STC sebagai berikut:

Window Glass	Normal STC Range	Typical Value
Single pane glass	26-28	27
Dual pane glass	26-32	26
Soundproof Window over a single pane window	48-54	48
Soundproof Window over a dual pane window	48-54	48

Gambar 47 Daftar Nilai STC Jendela, Sumber: Soundproof Windows, Inc.

BUILDING SURFACE	STC RATING	SOUNDS LIKE
Single-Pane Window	25	Normal speech is clear
Double-Pane Window	33-35	Loud speech is clear
Indow Insert & Single-Pane Window*	39	Loud speech sounds like a hum
Indow Insert & Double-Pane Window**	42-45	Loud speech/music mostly blocked except for bass
8" slab	45	Loud speech cannot be heard
10" Masonry Wall	50	Loud music barely heard
	65+	"Soundproof"

Gambar 48 Daftar Nilai STC Jendela, Sumber: <https://indowwindows.com>

Berdasarkan daftar dari kedua perusahaan tersebut terlihat bahwa nilai STC dari jendela eksisting berada pada kisaran 25 – 28. Menurut bagan dari perusahaan Intertek nilai STC jendela eksisting ini termasuk dalam kategori kurang baik. Menurut ketentuan aturan (State of California Uniform Building Code or UBC, Appendix Chapter 35, 1982) menyatakan bahwa sebuah ruangan yang baik memiliki nilai STC pada angka 50.

Berdasarkan temuan ini dapat disimpulkan bahwa untuk melakukan optimasi dalam pengurangan suara kebisingan latar belakang pada ruang kelas Gedung A Universitas Pembangunan Jaya, dapat dilakukan penggantian bahan bangunan jendela menggunakan jendela *insulated double pane window* yang memiliki nilai STC di atas 45 untuk masuk dalam kategori bagus. Penggantian jendela ini tidak terbatas pada jendela yang di buat oleh perusahaan yang disebut sebelumnya, namun bisa menggunakan produk dalam negeri yang memiliki nilai STC bagus yang berada di atas 45.

Catatan: Dikarenakan keterbatasan dalam program komputer yang dimiliki oleh peneliti tidak dapat melakukan simulasi pada kebisingan latar belakang, maka dilakukan optimasi berdasarkan spesifikasi elemen bangunan eksisting dengan elemen bangunan yang diketahui nilainya.

