

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN YANG DIAJUKAN
KE LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**



**OPTIMALISASI MODEL LANTAI DAN JENDELA UNTUK PERBAIKAN
WAKTU DENGUNG RUANGAN KULIAH**

Disusun oleh:

Ketua Tim

Yunita Ardianti Sabtalistia., S.T., M.T. (NIDN/NIK: 0319068203/10315008)

Anggota:

Sintia Dewi Wulanningrum., S.T., M.T. (NIDN/NIK: 0326048902/10315004)

PROGRAM STUDI S1 ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TARUMANAGARA
JAKARTA
TAHUN 2020

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN
Semester Genap / Tahun 2019-2020**

1. Judul : Optimalisasi Model Lantai dan Jendela untuk Perbaikan Waktu Dengung Ruangan Kuliah
2. Ketua Tim
 - a. Nama dan Gelar : Yunita Ardianti Sabtalistia, S.T., M.T
 - b. NIDN / NIK : 0319068203/10315008
 - c. Jabatan/Gol : Dosen Tetap / IIIb
 - d. Program Studi : Sarjana Arsitektur
 - e. Fakultas : Teknik
 - f. Bidang Keahlian : Arsitektur Lingkungan
 - g. Alamat Kantor : Jl. Letjen. S. Parman, No. 1, Grogol, Jakarta Barat
 - h. Nomor HP/Tlp/Email : 089670937026 / - / yunitas@ft.untar.ac.id
3. Anggota Tim Penelitian
 - a. Jumlah Anggota : Dosen 1 orang
 - b. Nama Anggota I/ Keahlian : Sintia Dewi W, S.T., M.T./Perancangan Kota
 - c. Nama Mahasiswa/NIM : Ignatius Irwin Ismaya / NIM.315160194
4. Lokasi Kegiatan Penelitian : Ruang Wastu 1, Blok K, Lt.8, Kampus 1, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen. S. Parman, No. 1, Grogol, Jakarta Barat
5. Luaran yang dihasilkan : Jurnal Nasional
6. Jangka Waktu Pelaksanaan : Januari-Juni 2020
7. Biaya yang disetujui LPPM : Rp 10.000.000,-

Jakarta, 21 Juli 2020

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Tim



Harto Tanujaya, S.T., M.T., Ph.D.
NIDN/NIK : 0318057201/10300013



Yunita Ardianti Sabtalistia, S.T., M.T
NIDN/NIK : 0319068203/10315008

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat



Jap Tji Beng, Ph.D.
NIDN/NIK : 0323085501 / 10381047

RINGKASAN

Ruangan kuliah membutuhkan persyaratan akustik yang optimal agar kegiatan belajar mengajar berjalan dengan baik. Salah satu parameter akustik yang dapat diukur secara obyektif adalah waktu dengung (*Reverberation Time/RT*). *RT* yang terlalu panjang menyebabkan suara dari dosen menjadi kurang jelas terdengar oleh mahasiswa. Waktu dengung dipengaruhi oleh volume ruangan, jenis material, dan luas permukaan. Kaca jendela mempunyai nilai α (koefisien penyerapan bunyi) yang rendah sehingga dapat memperpanjang waktu dengung. Lantai merupakan elemen interior yang mempunyai luas permukaan dominan dalam suatu ruangan. Rendahnya nilai α kaca jendela dan luasnya permukaan lantai berpengaruh besar terhadap nilai waktu dengung. Tujuan penelitian ini adalah menemukan model ruangan kuliah yang paling optimal waktu dengungnya ditinjau dari lantai dan jendela.

Ruangan kuliah Wastu 1 yang ada di Blok K, lantai 8, Program Studi Arsitektur, Universitas Tarumanagara, Jakarta dijadikan sampel penelitian. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Ruangan kuliah kondisi eksisting dan 5 model lantai dan jendela disimulasikan ke dalam Autodesk Ecotect Analysis 2011 untuk mengetahui nilai waktu dengungnya. Selanjutnya nilai waktu dengung keempat model lantai dan jendela tersebut dibandingkan dengan waktu dengung/*RT* optimalnya. Hasil penelitian ini model ruangan yang menggunakan lantai karpet dan panggung setinggi 30 cm dan jendela yang menggunakan *double glazed aluminium frame* mempunyai *RT* paling optimal. Penggunaan karpet pada lantai dan *double glazed aluminium frame* pada jendela mampu menurunkan waktu dengung karena kedua material tersebut mempunyai nilai α yang cukup tinggi.

Kata Kunci: Jendela, Jenis Material, Lantai, Ruangan Kuliah, Waktu Dengung.

PRAKATA

Program penelitian dengan judul “Optimalisasi Model Lantai dan Jendela untuk Perbaikan Waktu Dengung Ruang Kuliah” ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya (Penelitian Ganjil 2019/2020 LPPM Untar). Penelitian sebelumnya menghasilkan model ruangan kuliah yang baik secara waktu dengungnya ditinjau dari bentuk dan material dinding dan plafon. Lantai mempunyai permukaan yang cukup luas dalam suatu ruangan sehingga secara signifikan mempengaruhi waktu dengung. Kaca jendela mempunyai nilai α yang rendah sehingga beresiko meningkatkan waktu dengung. Oleh karena ruangan kuliah tidak terlepas dari penggunaan kaca jendela yang bertujuan mengoptimalkan pencahayaan alami maka penelitian ini bertujuan menemukan model ruangan kuliah yang baik waktu dengungnya ditinjau dari model lantai dan jendela.

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Tarumanagara yang memberikan kesempatan kepada kami untuk menyelesaikan laporan penelitian ini sehingga memberikan manfaat secara teoritis dan praktisi di bidang *Building Science*.

Jakarta, Juni 2020

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III. METODE PENELITIAN.....	15
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Waktu Dengung Ruangan 201A.....	5
Tabel 2.2	Nilai Waktu Dengung Ruangan 201B	5
Tabel 2.3	Nilai Waktu Dengung Ruangan 202	6
Tabel 2.4	Perbandingan Nilai RT antara Kondisi Eksisting dengan Rekomendasi	9
Tabel 2.5	Nilai RT Berdasarkan Rumus <i>Sabine</i>	12
Tabel 2.6	Nilai RT Berdasarkan Rumus <i>Norris-Eyring</i>	12
Tabel 4.1	Material Properties pada Kondisi Eksisting	20
Tabel 4.2	Material Properties pada Eksperimen 1	21
Tabel 4.3	Perbandingan Waktu Dengung (RT) Kondisi Eksisting dan Eksperimen	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tiga Buah Ruang Kuliah di UNS yang Dieksperimen	4
Gambar 2.2	Jenis Material Dinding pada Gedung Konser Balai Sarbini	7
Gambar 2.3	Jenis Material Plafon pada Gedung Konser Balai Sarbini.....	7
Gambar 2.4	Penggunaan Karpet pada Lantai Gedung Konser Balai Sarbini ...	8
Gambar 2.5	Fenomena Dengung pada Gedung JX International.....	9
Gambar 2.6	Pola Distribusi Suara Kondisi Eksisting Gedung JX International...	9
Gambar 2.7	Kaca Jendela Lebar di sisi Kiri-Kanan Ruang Auditorium Fakultas Kedokteran, UGM	10
Gambar 2.8	Kondisi Jendela yang Tertutup Korden di Ruang Auditorium Fakultas Kedokteran, UGM.....	11
Gambar 2.9	Pengaruh Korden dan Jumlah Penonton (Audian) terhadap Perubahan Nilai RT	11
Gambar 2.10	Simulasi RT dengan <i>CATT Acoustic</i> saat Audian 50% dan Korden 100%	11
Gambar 2.11	Model 3D Auditorium Kampus Gowa, Universitas Hasanuddin ...	12
Gambar 3.1	Modelling Kondisi Eksisting.....	15
Gambar 3.2	Ruang Wastu 1, Universitas Tarumanagara	16
Gambar 3.3	Jendela Atas dan Jendela Bawah Ruang Wastu 1.....	16
Gambar 3.4	Sampel Penelitian yang Dieksperimen dengan <i>Ecotect</i>	17
Gambar 3.5	Peta Jalan Penelitian	17
Gambar 3.6	Tahapan Penelitian	18
Gambar 4.1	Kondisi Eksisting Sampel Penelitian	19
Gambar 4.2	Perhitungan Waktu Dengung pada Kondisi Eksisting dengan <i>Ecotect</i>	20
Gambar 4.3	Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 1	21
Gambar 4.4	Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 2	22
Gambar 4.5	Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 3	22
Gambar 4.6	Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 4	23
Gambar 4.7	Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 5	24
Gambar 4.8	Spesifikasi Jendela <i>Double Glazed Aluminium Frame</i>	24
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Waktu Dengung (<i>Reverberation Time/RT</i>)....	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Instrumen Penelitian.....	29
Lampiran 2. Susunan Personalia Peneliti.....	30
Lampiran 3. <i>Draft</i> Artikel Ilmiah	31
Lampiran 4. <i>Logbook</i>	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1. Penggunaan Karpet Berpotensi Menurunkan Waktu Dengung

Waktu dengung adalah salah satu parameter akustik yang diukur secara obyektif. Waktu dengung (*Reverberation Time/RT*) adalah waktu yang dibutuhkan agar bunyi meluruh dari 60 dB sampai 0 db yang diukur dengan satuan detik (Templeton, 1997:53). Ruang dengan aktivitas pembicaraan, seperti: ruangan kuliah, auditorium, ruangan kelas, dsb mempunyai waktu dengung berkisar 0,6-0,8 detik (Doelle,1986:87).

Jenis material mempengaruhi tinggi rendahnya waktu dengung. Salah satu contoh kasus penentuan jenis material yang kurang tepat adalah Gedung Konser Balai Sarbini. Gedung tersebut mempunyai material yang berpenyerap bunyi terlalu banyak sehingga tidak mencapai waktu dengung optimal. Salah satu penyebab rendahnya nilai *RT* adalah luasnya penggunaan kain berpori, *screen*, *sterofoam*, dan karpet yang digunakan pada dinding, plafon, dan lantai. Lantai merupakan elemen interior yang memberikan pengaruh besar terhadap nilai *RT* karena luasnya permukaan lantai. Penggunaan karpet pada lantai dapat menurunkan waktu dengung. Penelitian Kurniasih, 2018 membuktikan bahwa terlalu banyaknya material yang berpenyerap bunyi pada dinding, lantai, dan plafon di Gedung Konser Balai Sarbini menyebabkan nilai waktu dengung menjadi sebesar 0,7 detik pada saat tidak ada penonton dan 0,6 detik pada saat jumlah penonton sebanyak 1000 orang.

1.1.2 Penggunaan Kaca Berpotensi Meningkatkan Waktu Dengung

Kaca mempunyai nilai α yang cenderung rendah sehingga dapat meningkatkan waktu dengung. Salah satu jenis kaca yang sering digunakan pada selubung bangunan adalah kaca stopsol. Salah satu contoh penggunaan kaca stopsol yang menyebabkan waktu dengung menjadi tidak optimal adalah *hall* di Gedung JX International, Surabaya. *Hall* gedung tersebut mempunyai waktu dengung terlalu tinggi jika dibandingkan dengan waktu dengung standard. Penyebabnya adalah terlalu banyak penggunaan kaca stopsol di selubung bangunannya. Standard waktu dengung untuk *hall* serbaguna adalah berkisar 1.4-2.1 detik (Ramadhan dkk, 2017). Waktu dengung kondisi eksisting adalah sebesar 2,87 detik. Dengan rekomendasi desain berupa pemasangan *ceiling*, dinding partisi dan bergerigi dapat mengurangi nilai *RT60* menjadi 1,4 detik pada frekuensi 500 Hz dan 1,46 detik pada frekuensi 1000 Hz . Hal itu menunjukkan bahwa rekomendasi desain tersebut mampu menurunkan waktu dengung dari 2,87 detik menjadi 1,4 detik sehingga dapat memenuhi waktu dengung hall serbaguna (1.4-2.1 detik).

1.1.3 Korden Merupakan Pengendali Akustik yang Fleksibel

Kaca berpotensi memasukkan cahaya alami tetapi pada kenyataannya kaca jendela lebih banyak tertutup oleh korden pada ruang auditorium. Adanya kaca jendela yang terbuka (tanpa korden) pada ruang auditorium membuat penonton dalam ruangan menjadi silau (*glare*). Oleh karena itu seringkali kaca jendela pada ruang auditorium ditutupi korden saat berlangsung aktivitas di ruang auditorium. Korden yang dapat dibuka tutup ini sangat berpotensi mengendalikan akustik ruangan sesuai dengan kebutuhan.

Korden mempunyai serap energi bunyi pada rentang frekuensi 500 Hz-16KHz (Ola,F.B,2015:96). Penggunaan korden dapat menurunkan nilai RT karena nilai α korden cukup tinggi. Semakin banyak orang (penonton) dalam suatu ruangan juga semakin mampu menurunkan waktu dengung karena nilai α orang juga cukup tinggi. Penambahan korden lebih efektif menurunkan RT daripada menambah jumlah penghuni/penonton. Hasil penelitian Ola, 2015 membuktikan bahwa penggunaan korden lebih bisa mengurangi nilai *RT* secara signifikan terhadap pengurangan nilai *RT* daripada penambahan jumlah penghuni. Nilai *RT* terendah diperoleh saat korden terpasang 100% dan jumlah audian berkurang 50%. Saat audian 100% dan korden tidak terpasang (0%) ternyata tidak terlalu mampu menurunkan nilai *RT*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya yang sudah dijabarkan membuktikan bahwa penggunaan karpet, pengurangan pemakaian material kaca, dan penggunaan korden dapat menurunkan waktu dengung. Hal itu disebabkan karena nilai α pada karpet dan korden cenderung tinggi dan nilai α pada kaca cenderung rendah. Oleh karena karpet lebih banyak digunakan pada lantai maka jenis material dan desain lantai dapat mempengaruhi secara signifikan terhadap waktu dengung. Kaca jendela yang mempunyai α rendah dapat meningkatkan waktu dengung. Hal itu berarti pada ruangan yang mempunyai banyak kaca jendela akan beresiko meningkatkan waktu dengung.

Ruangan kuliah merupakan ruangan untuk kegiatan belajar mengajar bagi mahasiswa di Perguruan Tinggi. Waktu dengung optimal untuk ruangan kuliah adalah 0,6-0,8 detik pada frekuensi menengah (Doelle, 1986:87). Jika ruangan kuliah mempunyai waktu dengung yang mendekati waktu dengung optimal maka kegiatan belajar mengajar akan berjalan dengan baik karena mahasiswa dapat mendengar dengan jelas isi pembicaraan dosen.

Berdasarkan perumusan masalah di atas maka timbul pertanyaan penelitian sebagai berikut:

- a. Desain lantai dan jendela seperti apakah yang paling mampu mengoptimalkan waktu dengung untuk ruangan kuliah?
- b. Jenis material lantai dan jendela apa yang paling sesuai agar waktu dengung bisa optimal di dalam ruangan kuliah?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan:

- a. Menemukan model lantai dan jendela yang paling mampu mengoptimalkan waktu dengung untuk ruangan kuliah
- b. Mengetahui jenis material pada lantai dan jendela yang paling mampu mengoptimalkan waktu dengung untuk ruangan kuliah.

1.4 Manfaat Penelitian

Kegiatan penelitian ini memberikan manfaat secara teoritis dan praktisi antara lain:

- a. Secara teoritis penelitian ini berkontribusi memberikan manfaat pada bidang ilmu Fisika Bangunan (*Building Science*) tentang waktu dengung ruangan kuliah
- b. Secara praktisi hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi arsitek atau desainer interior dalam menentukan model dan jenis material lantai dan jendela ruangan kuliah agar nyaman secara akustik.

1.5 Batasan Penelitian

- a. Sampel penelitian adalah ruangan kuliah dengan kapasitas 144 orang dan luas area 172,85 m²
- b. Penentuan jenis material berdasarkan data material yang ada di Autodesk Ecotect Analysis 2011
- c. Perhitungan waktu dengung berdasarkan rumus Sabine.

1.6 Luaran Penelitian

Luaran penelitian berupa model ruangan kuliah yang mempunyai waktu dengung optimal berdasarkan model lantai dan jendela. Luaran publikasi berupa jurnal nasional: Jurnal Arsitektur PAWON, ITN, Malang.

BAB II

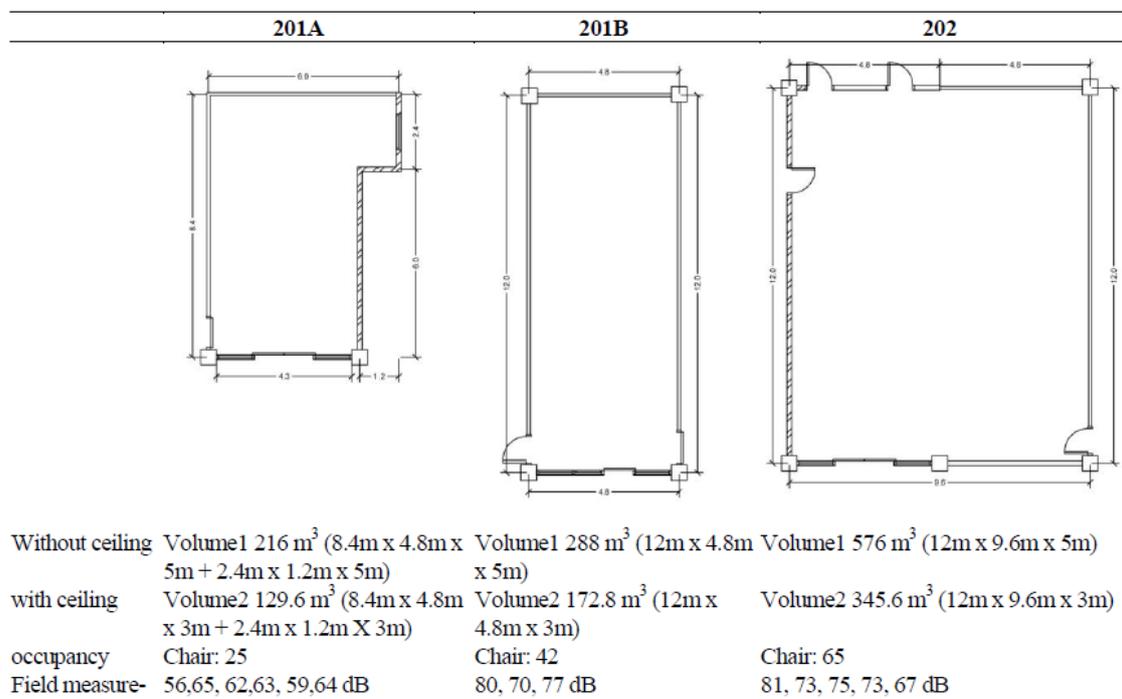
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

2.1.1 Pengaruh Volume Ruangan terhadap Waktu Dengung

Waktu dengung dipengaruhi volume ruangan dan jumlah penonton. Semakin besar volume ruangan maka waktu dengung juga semakin tinggi. Sebaliknya, semakin banyak jumlah penonton malah dapat menurunkan nilai waktu dengung. Hal itu disebabkan tingginya α (koefisien penyerapan bunyi) pada manusia sehingga dapat menurunkan waktu dengung.

Penelitian Iswati dkk, 2016 membuktikan bahwa penurunan ketinggian plafon pada ruangan kuliah di Universitas Sebelas Maret dapat menurunkan waktu sehingga mendekati waktu dengung optimal. Ruangan kuliah yang dijadikan studi kasus adalah 3 ruangan yang mempunyai luas ruangan dan jumlah kursi yang berbeda. Ruang kuliah yang digunakan adalah ruang 201A, ruang 201B, dan ruang 202 (Gambar 2.1). Eksperimen yang dilakukan adalah dengan tidak memasang plafon (*without ceiling*) dan memasang plafon (*with ceiling*). Pemasangan plafon pada eksperimen tersebut dapat mengurangi volume ruangan. Ruangan 201A saat tidak dipasang plafon mempunyai volume 216 m³ sedangkan saat dipasang plafon menjadi bervolume 129,6 m³.



Gambar 2.1 Tiga Buah Ruangan Kuliah di UNS yang Dieksperimen
(Sumber: Iswati dkk, 2016:96)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ruangan 201A mempunyai waktu dengung optimal saat dihuni 50-100% dengan waktu dengung sebesar 0,50 -0,58 detik (Tabel 2.1). Waktu dengung optimal untuk ruangan 201A adalah sebesar 0,53 detik.

Tabel 2.1 Nilai Waktu Dengung Ruangan 201A

Material	BEFORE			AFTER		
	Surface area (s)	Absorption coefficient (α)	s.a	Surface area (s)	Absorption coefficient (α)	s.a
Ceiling	43.2	0.06	2.592	43.2	0.47	20.304
Floor	43.2	0.01	0.432	43.2	0.01	0.432
Front Wall	12.825	0.02	0.2565	3.225	0.02	0.0645
Right Wall	39.9	0.17	6.783	23.1	0.17	3.927
Left Wall	46.447	0.02	0.92894	30.353	0.02	0.60706
Rear Wall	30	0.17	5.1	18	0.17	3.06
Chair	25	0.01	0.25	25	0.01	0.25
Door	1.5	0.08	0.12	1.5	0.08	0.12
	2.7	0.18	0.486	2.7	0.18	0.486
	2.1	0.25	0.525	2.1	0.25	0.525
Window	8.528	0.02	0.17056	8.528	0.02	0.17056
Total Surface area	230.4	$\Sigma s.\alpha$	17.644	174.4	$\Sigma s.\alpha$	29.94612
Frequency	Occupancy			Occupancy		
	0 (25 x 0%)	12 (25 x 50%)	25 (25 x 100%)	0 (25 x 0%)	12 (25 x 50%)	25 (25 x 100%)
500 Hz	1.97	1.48	1.16	0.70	0.58	0.50
	Optimum RT500 speech= 0.6s			Optimum RT500 speech= 0.53s		
	Optimum RT500 music= 1.14s			Optimum RT500 music= 1.05s		
	$(\Sigma s_2.\alpha_2)/(\Sigma s_1.\alpha_1) 1.70$					
	NR 2.30 dB					

Room 201A reached the optimum rate at the 50-100% of occupancy, that the reverberation time 0.50s-0.58s approaching optimum reverberation time 0.53s.

(Sumber: Iswati dkk, 2016:97)

Tabel 2.2 Nilai Waktu Dengung Ruangan 201B

Material	BEFORE			AFTER		
	Surface area (s)	Absorption coefficient (α)	s.a	Surface area (s)	Absorption coefficient	s.a
Ceiling	57.6	0.06	3.456	57.6	0.47	27.072
Floor	57.6	0.01	0.576	57.6	0.01	0.576
Front wall	13.575	0.02	0.2715	3.975	0.02	0.0795
Right wall	57.9	0.17	9.843	33.9	0.17	5.763
Left wall	57.9	0.17	9.843	33.9	0.17	5.763
Rear wall	24	0.17	4.08	14.4	0.17	2.448
Chair	42	0.01	0.42	42	0.01	0.42
Door	6.3	0.25	1.575	6.3	0.25	1.575
Window	8.325	0.02	0.1665	8.325	0.02	0.1665
Total Surface area	283.2	$\Sigma s.\alpha$	30.231	216	$\Sigma s.\alpha$	43.863
Frequency	Occupancy			Occupancy		
	0 (42 x 0%)	21 (42 x 50%)	42 (42 x 100%)	0 (42 x 0%)	21 (42 x 50%)	42 (42 x 100%)
500 Hz	1.53	1.14	0.91	0.63	0.51	0.43
	Optimum RT500 speech= 0.63s			Optimum RT500 speech= 0.57s		
	Optimum RT500 music= 1.19s			Optimum RT500 music= 1.1s		
	$(\Sigma s_2.\alpha_2)/(\Sigma s_1.\alpha_1) 1.45$					
	NR 1.62dB					

Room 201B reached the optimum rate at the 0-50% of occupancy, that the reverberation time 0.51s-0.63s approaching optimum reverberation time 0.57s.

Sumber: Iswati dkk, 2016:98

Tabel 2.3 Nilai Waktu Dengung Ruangan 202

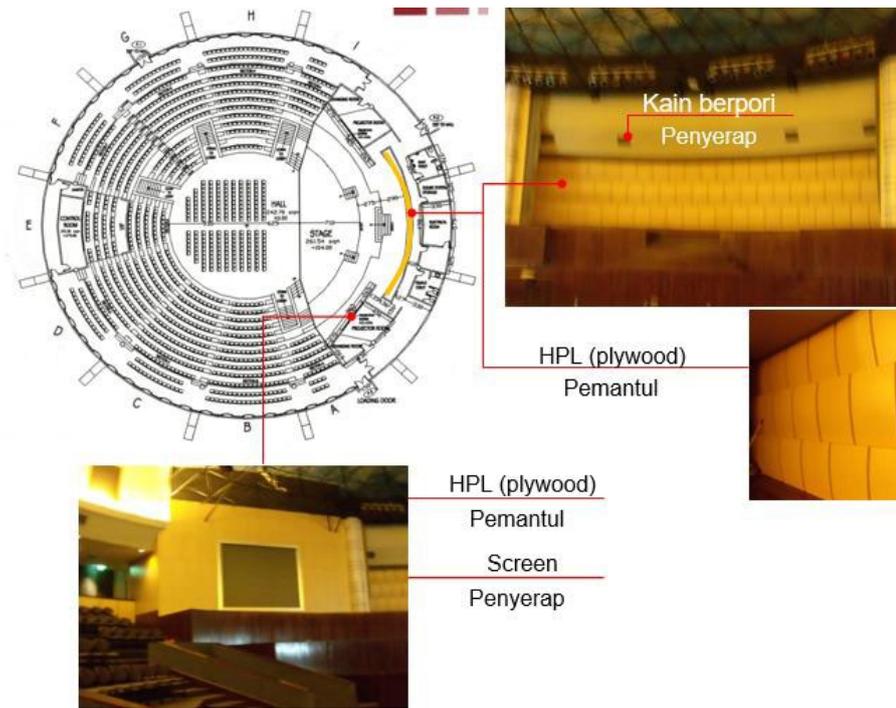
Material	BEFORE			AFTER		
	Surface area (s)	Absorption coefficient (α)	s. α	Surface area (s)	Absorption coefficient (α)	s. α
Ceiling	115.2	0.06	6.912	115.2	0.47	54.144
Floor	115.2	0.01	1.152	115.2	0.01	1.152
Front wall	27.1725	0.02	0.54345	7.9725	0.02	0.15945
Right wall	57.9	0.02	1.158	33.9	0.02	0.678
Left wall	57.9	0.17	9.843	33.9	0.17	5.763
Rear wall	19.8	0.02	0.396	10.2	0.02	0.204
Chair	24	0.17	4.08	14.4	0.17	2.448
	65	0.01	0.65	65	0.01	0.65
	1.5	0.08	0.12	1.5	0.08	0.12
Door	2.7	0.18	0.486	2.7	0.18	0.486
	8.4	0.25	2.1	8.4	0.25	2.1
Window	16.627	0.02	0.33254	16.627	0.02	0.33254
Total Surface area	446.40	$\Sigma s.\alpha$	27.77299	360.00	$\Sigma s.\alpha$	68.23699
Frequency 500 Hz	Occupancy			Occupancy		
	0 (65 x 0%)	32 (65 x 50%)	65 (65 x 100%)	0 (65 x 0%)	32 (65 x 50%)	65 (65 x 100%)
	3.34	2.13	1.56	0.82	0.66	0.56
	Optimum RT500 speech= 0.63s			Optimum RT500 speech= 0.63s		
Optimum RT500 music= 1.19s			Optimum RT500 music= 1.19s			
$(\Sigma s2.\alpha2)/(\Sigma s1.\alpha1) = 2.46$ NR 3.90dB						

Sumber: Iswati dkk, 2016:98

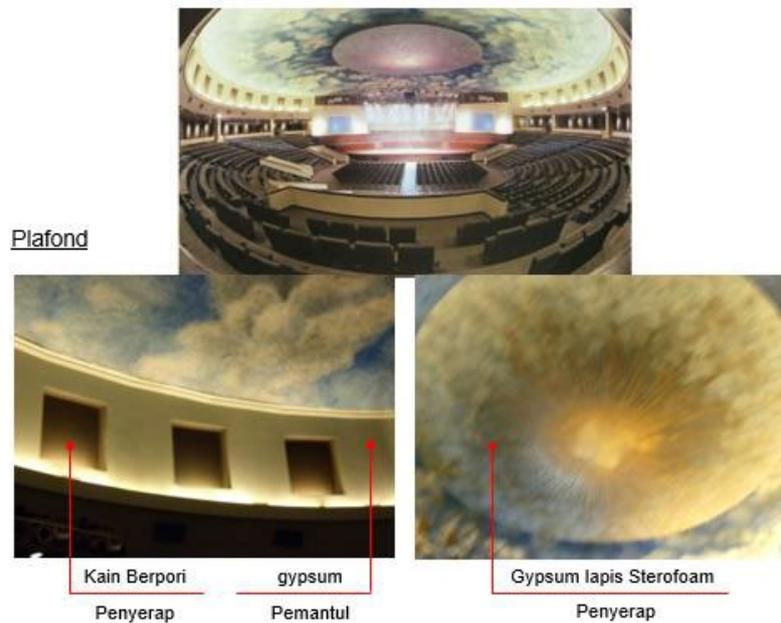
Ruang 201B mencapai waktu dengung optimal saat ruangan dihuni 0-50% dengan waktu dengung sebesar 0,51-0,63 detik dimana waktu dengung optimal sebesar 0,57 detik (Tabel 2.2). Ruang 202 mencapai waktu dengung optimal saat ruangan dihuni 50-100% dengan waktu dengung sebesar 0,56-0,66 detik dimana waktu dengung optimal untuk ruang 202 adalah sebesar 0,63 detik (Tabel 2.3).

2.1.2 Penggunaan Material Karpet Dapat Menurunkan Waktu Dengung

Penentuan jenis material suatu ruangan perlu diperhatikan agar ruangan tersebut mempunyai waktu dengung optimal. Salah satu contoh kasus penentuan jenis material yang kurang tepat adalah Gedung Konser Balai Sarbini. Gedung tersebut mempunyai material yang berpenyerap bunyi terlalu banyak sehingga tidak mencapai waktu dengung optimal (Gambar 2.2 dan 2.3). Penelitian Kurniasih, 2018 membuktikan bahwa terlalu banyaknya material yang berpenyerap bunyi pada dinding, lantai, dan plafon di Gedung Konser Balai Sarbini menyebabkan nilai waktu dengung menjadi sebesar 0,7 detik pada saat tidak ada penonton dan 0,6 detik pada saat jumlah penonton sebanyak 1000 orang. Nilai tersebut terlalu rendah jika dibandingkan dengan waktu dengung optimal untuk gedung *Concert Hall* yang mempunyai waktu dengung sebesar 1,5-2,1 detik (Kurniasih, 2018:91).



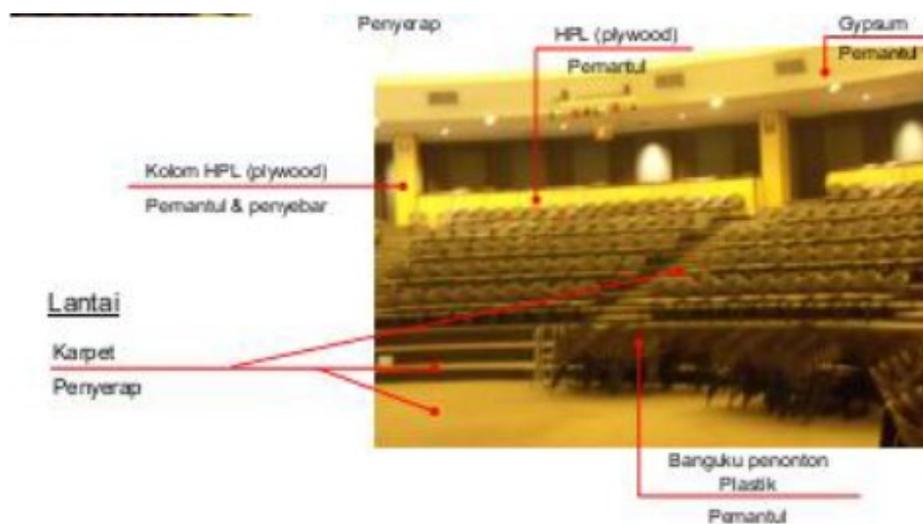
Gambar 2.2 Jenis Material Dinding pada Gedung Konser Balai Sarbini (Sumber: Kurniasih, 2018:89)



Gambar 2.3 Jenis Material Plafon pada Gedung Konser Balai Sarbini (Sumber: Kurniasih, 2018:89)

Salah satu penyebab rendahnya nilai *RT* adalah luasnya penggunaan kain berpori, *screen*, *sterofoam*, dan karpet yang digunakan pada dinding, plafon, dan lantai (Gambar 2.2, 2.3, dan 2.4). Dinding menggunakan kain berpori dan *screen* yang sangat menyerap bunyi pada bagian atasnya dengan luasan cukup besar (Gambar 2.2). Meskipun terdapat permukaan HPL (*plywood*)

pada dinding yang berfungsi sebagai pemantul bunyi. Plafon Balai Sarbini menggunakan *gypsum* yang dilapisi *Sterofom* yang mampu menyerap bunyi dengan baik (Gambar 2.3). Luasnya permukaan material kain berpori, *screen*, dan *sterofom* yang mempunyai nilai α tinggi menyebabkan nilai *RT* pada balai Sarbini sangat rendah sehingga tidak memenuhi syarat sebagai ruang konser. Lantai merupakan elemen interior yang memberikan pengaruh besar terhadap nilai *RT* karena luasnya permukaan lantai. Penggunaan karpet pada lantai balai Sarbini menyebabkan penurunan nilai *RT* cukup signifikan karena nilai α karpet cukup tinggi (Gambar 2.4).



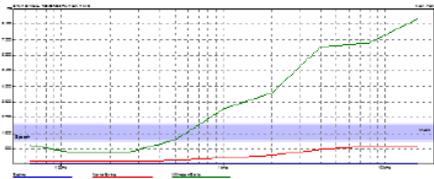
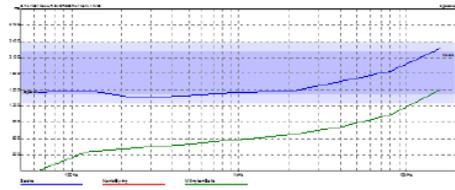
Gambar 2.4 Penggunaan Karpet pada Lantai Gedung Konser Balai Sarbini (Sumber: Kurniasih, 2018:90)

2.1.3 Penggunaan Kaca Stopsol (Material Kaca Jendela) dapat Meningkatkan Waktu Dengung

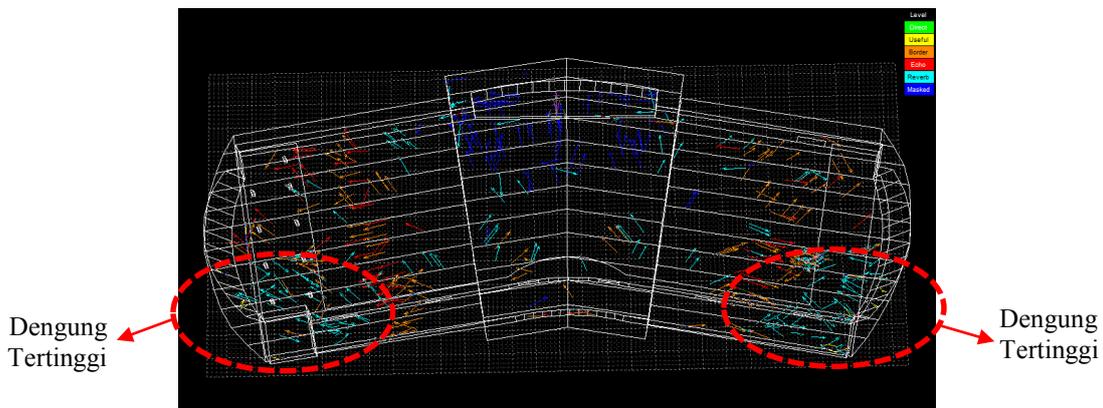
Kaca stopsol yang sering digunakan sebagai kaca jendela dapat meningkatkan waktu dengung karena nilai α yang rendah. Salah satu contoh penggunaan kaca stopsol yang menyebabkan waktu dengung menjadi tidak optimal adalah *hall* di Gedung JX International, Surabaya. Hall gedung tersebut mempunyai waktu dengung terlalu tinggi jika dibandingkan dengan waktu dengung standard. Standard waktu dengung untuk *hall* serbaguna adalah berkisar 1.4-2.1 detik (Ramadhan dkk, 2017). Waktu dengung kondisi eksisting adalah sebesar 2,87 detik (Tabel 2.4). Dengan rekomendasi desain berupa pemasangan *ceiling*, dinding partisi dan bergerigi dapat mengurangi nilai *RT60* menjadi 1,4 detik pada frekuensi 500 Hz dan 1,46 detik pada frekuensi 1000 Hz (Tabel 2.4). Hal itu menunjukkan bahwa rekomendasi desain tersebut mampu menurunkan waktu dengung dari 2,87 detik menjadi 1,4 detik sehingga dapat memenuhi waktu dengung hall serbaguna (1.4-2.1 detik).

Fenomena dengung ditunjukkan pada garis panah berwarna biru muda (Gambar 2.5). Terdapat 2 titik yang mempunyai dengung paling besar diakibatkan bentuk ruangan yang mempunyai kemiringan 80 derajat dengan material kaca stopsol (Gambar 2.5 dan 2.6). Material kaca stopsol mempunyai nilai α yang cukup rendah sehingga dapat meningkatkan waktu dengung.

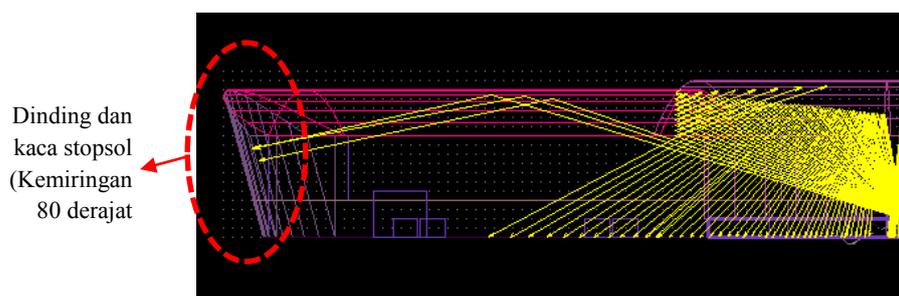
Tabel 2.4 Perbandingan Nilai RT antara Kondisi Eksisting dengan Rekomendasi

Nilai <i>Reverberation Time</i> Eksisting JX International	Nilai <i>Reverberation Time</i> Setelah Tahapan Rekomendasi
Nilai RT60 berdasarkan pengukuran secara langsung dan simulasi <i>Ecotect Analysis</i> .	Pemasangan Ceiling, dinding partisi dan bergerigi
	
Nilai RT60 sebesar 2,87 s. (Standar 1,4 – 2,1s untuk hall serbaguna)	Nilai RT60 sebesar 1,40 s. (Standar 1,4 – 2,1s untuk hall serbaguna)

Sumber: Ramadhan dkk, 2017



Gambar 2.5 Fenomena Dengung pada Gedung JX International (Sumber: Ramadhan dkk, 2017)



Gambar 2.6 Pola Distribusi Suara Kondisi Eksisting Gedung JX International (Sumber: Ramadhan dkk, 2017)

2.1.4 Pengaruh Jendela dengan Penutup Korden/Tirai terhadap Waktu Dengung

Korden merupakan elemen interior yang berfungsi menutupi kaca jendela agar isi dalam ruangan tidak terlihat dari luar dan mencegah atau mengurangi cahaya matahari masuk ke dalam ruangan. Adanya kaca jendela yang terbuka (tanpa korden) pada ruang auditorium membuat penonton dalam ruangan menjadi silau (*glare*). Oleh karena itu seringkali kaca jendela pada ruang auditorium ditutupi korden saat berlangsung aktivitas di ruang auditorium.

Salah satu ruangan auditorium yang mempunyai kaca jendela yang luas adalah Auditorium Fakultas Kedokteran, UGM. Bukaan pada auditorium tersebut berupa jendela lebar yang terdapat pada dua sisi bangunan (kiri dan kanan) (Ola, F.B, 2015:98) (Gambar 2.7). Kaca berpotensi memasukkan cahaya alami tetapi pada kenyataannya kaca jendela lebih banyak tertutup oleh korden. Korden yang dapat dibuka tutup ini sangat berpotensi mengendalikan akustik ruangan sesuai dengan kebutuhan.



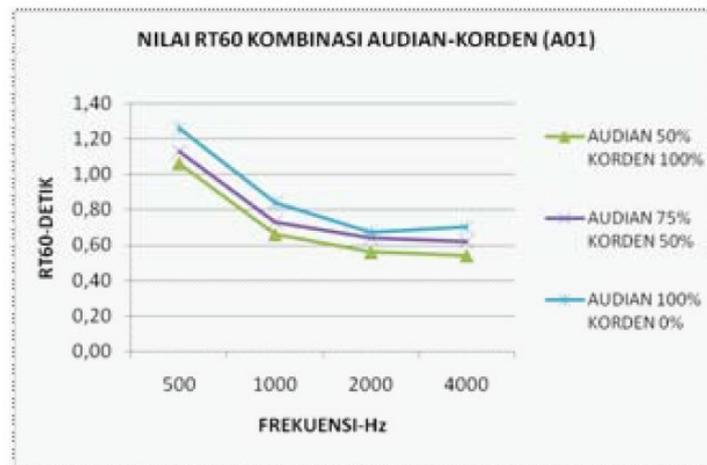
Gambar 2.7 Kaca Jendela Lebar di sisi Kiri-Kanan Ruang Auditorium Fakultas Kedokteran, UGM (Sumber: Ola, F.B, 2015: 96)

Elemen ruang yang dapat mudah disesuaikan dari segi luas penampang salah satunya adalah korden (Ola, F.B, 2015:96). Korden memiliki nilai serap energi bunyi pada rentang frekuensi 500 Hz-16KHz. Luasan korden yang dominan dapat dimanfaatkan sebagai penyerap bunyi. Penyesuaian luasan korden diharapkan membantu kestabilan nilai waktu dengung pada frekuensi menengah atas sebagai pengganti kekurangan jumlah penonton (audian). Korden merupakan jenis material yang mempunyai nilai α yang cukup tinggi. Ruang Auditorium Fakultas Kedokteran UGM mempunyai korden/tirai sedang 0,48 kg/m² dengan nilai α sebesar 0,49 pada frekuensi 500 Hz dan 0,75 pada frekuensi 1000 Hz (Ola, F.B, 2015:99) (Gambar 2.8).

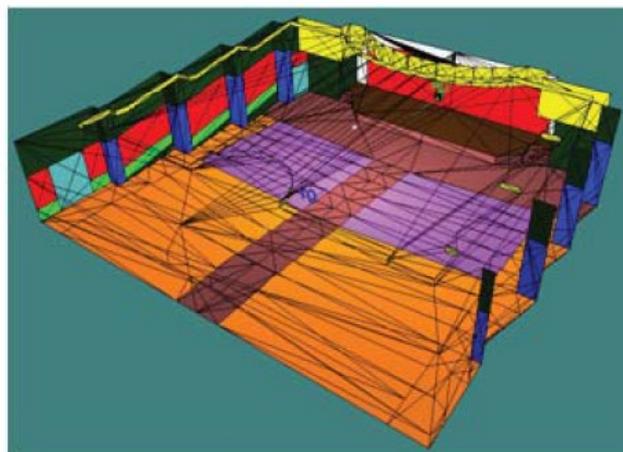


Gambar 2.8 Kondisi Jendela yang Tertutup Korden di Ruang Auditorium Fakultas Kedokteran, UGM (Sumber: Ola, F.B, 2015: 96)

Hasil penelitian Ola, 2015 membuktikan bahwa penggunaan korden lebih bisa mengurangi nilai *RT* secara signifikan terhadap pengurangan nilai *RT* daripada penambahan jumlah penonton (audian) (Gambar 2.9). Nilai *RT* terendah diperoleh saat korden terpasang 100% dan jumlah audian berkurang 50% (Gambar 2.10). Saat audian 100% dan korden tidak terpasang (0%) ternyata tidak terlalu mampu menurunkan nilai *RT*.



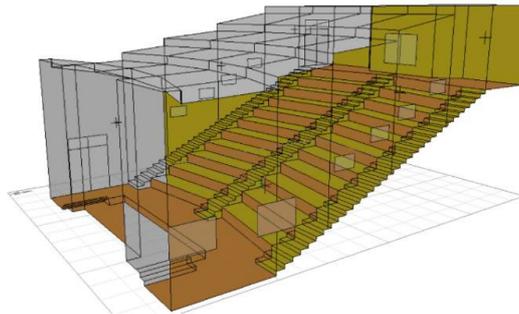
Gambar 2.9 Pengaruh Korden dan Jumlah Penonton (Audian) terhadap Perubahan Nilai RT (Sumber: Ola, F.b, 2015:101)



Gambar 2.10 Simulasi RT dengan *CATT Acoustic* saat Audian 50% dan Korden100% (Sumber: Ola, F.B, 2015:91)

2.1.5 Perhitungan Waktu Dengung dengan Menggunakan Ecotect

Perhitungan waktu dengung/RT dapat dilakukan dengan menggunakan Ecotect. Penelitian Runtulalo dkk,2018 menggunakan program software Autodesk Ecotect Analysis 2011. Tahap awal adalah memodelkan ruangan sesuai dengan kondisi di lapangan (Gambar 2.11). Studi kasus yang dimodelkan secara 3D adalah ruang auditorium lantai 1, Gedung Perpustakaan Kampus Gowa, Universitas Hasanuddin Ruangan yang memiliki volume 955,53 m³ dan luas permukaan material 2018,65 m² (Runtulalo dkk, 2018:149).



Gambar 2.11 Model 3D Auditorium Kampus Gowa, Universitas Hasanuddin
(Sumber: Runtulalo dkk, 2018:149)

Tabel 2.5 Nilai RT Berdasarkan Rumus *Sabine*

Frekuensi	<i>Total Absorption</i>	Empty RT (60)	50% RT(60)	Full RT (60)
63 Hz	480.104	0.31	0.31	0.30
125 Hz	477.137	0.31	0.31	0.31
250 Hz	281.174	0.49	0.47	0.45
500 Hz	272.585	0.49	0.47	0.45
1000 Hz	278.001	0.47	0.46	0.44
2000 Hz	308.453	0.43	0.41	0.40
4000 Hz	339.204	0.39	0.38	0.37

Sumber: Runtulalo dkk, 2018:149

Tabel 2.6 Nilai RT Berdasarkan Rumus *Norris-Eyring*

Frekuensi	<i>Total Absorption</i>	Empty RT (60)	50% RT(60)	Full RT (60)
63 Hz	480.104	0.70	0.69	0.67
125 Hz	477.137	0.71	0.69	0.68
250 Hz	281.174	0.71	0.66	0.62
500 Hz	272.585	0.52	0.50	0.48
1000 Hz	278.001	0.53	0.51	0.49
2000 Hz	308.453	0.52	0.49	0.47
4000 Hz	339.204	0.47	0.46	0.45

Sumber: Runtulalo dkk, 2018:149

Nilai RT berdasarkan rumus *Sabine* adalah berkisar 0,31 -0,49 detik saat kursi kosong sampai 100% full (Tabel 2.5). Berdasarkan perhitungan *Norris-Eyring*, nilai RT berkisar 0,45-0,71 detik saat kursi kosong sampai 100% full (Tabel 2.6). Standard rekomendasi nilai RT berdasarkan SNI 03-6389-2000 dimana untuk auditorium percakapan dengan luas 1000 m³ adalah sebesar 0,8 detik. Maka jika dibandingkan dengan standard RT maka ruang auditorium perpustakaan Kampus Gowa belum optimal.

2.2 Perhitungan Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Waktu dengung atau *Reverberation Time (RT)* adalah waktu yang dibutuhkan suatu level bunyi tertentu untuk meluruhkan bunyi sampai 60 dB atau waktu yang dibutuhkan bunyi sampai tidak terdengar lagi setelah bunyi itu dimatikan, dihitung dalam detik (Templeton, 1997:53). Waktu untuk meluruhkan bunyi tergantung pada luas area yang terekspos, koefisien penyerapan bunyi pada permukaan, jarak antara berbagai permukaan dalam ruangan, dan frekuensi dari sumber bunyi (McMullan, 2007:225).

Waktu dengung adalah waktu yang dibutuhkan apabila suara melemah (*decay*) dalam 60 dB dalam suatu ruang tertutup (Kurniasih, 2018:37). Faktor yang mempengaruhi RT adalah volume ruang (*V*), kapasitas penonton, serta bidang lingkup yang absorbtif / reflektif (*A*), satuan RT adalah sekon (Kurniasih, 2018:37).

Reverberation Time dapat dihitung dengan Persamaan 1 (*Sabine*) dan Persamaan 2 (*Norris – Eyring*) sebagai berikut (Templeton, 1997:144).

$$RT_{60} = 0.161 V/S\bar{\alpha} \quad (1)$$

$$RT_{60} = \frac{0.16 V}{-S \log(1 - \bar{\alpha})} \quad (2)$$

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (3)$$

dengan:

RT_{60}	:	Waktu dengung (<i>Reverberation Time</i>) (detik)
V	:	Volume ruangan (m ³)
α	:	Koefisien penyerapan (absorpsi) bunyi
$\bar{\alpha}$:	Nilai rata-rata koefisien absorpsi bunyi pada seluruh luas area yang terekspos
S	:	Luas area permukaan yang terekspos (m ²)

Reverberation Time (RT) juga dapat dihitung dengan persamaan *Norris-Eyring* (Persamaan 2). Persamaan 2 lebih cocok digunakan untuk koefisien absorpsi rata-rata dalam

suatu ruangan lebih dari 0,1 atau ruangan yang sangat menyerap bunyi, seperti: ruang rekaman (Templeton,1997:143).

Standard waktu dengung pada ruang kelas yang baik berkisar antara 0,6 - 0,8 detik pada frekuensi tengah (500 Hz) (Doelle, 1986:87). Nilai tersebut bergantung pada volume dengan kondisi ruang sedang dipakai beserta perabotnya (Doelle, 1986:87). Waktu dengung optimal juga dapat dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (McMullan, 2007:225).

$$t = r (0.0118 \sqrt[3]{V} + 0.107) \quad (4)$$

dengan:

- t : Waktu dengung optimal (detik)
- V : Volume ruangan (m³)
- r : 3 untuk pembicaraan, 5 untuk orkestra, 6 untuk paduan suara

Berdasarkan rumus RT, waktu dengung dipengaruhi oleh koefisien penyerapan bunyi (absorbs) bunyi (α). Semakin tinggi α maka semakin besar material tersebut menyerap bunyi sehingga dapat mengurangi nilai RT. Begitu pula sebaliknya. Berdasarkan persamaan 4, waktu dengung optimal tergantung pada jenis aktivitas dalam ruangan tersebut. Untuk fungsi pembicaraan, waktu dengung yang dibutuhkan lebih pendek. Pada gedung konser waktu dengung yang dibutuhkan bisa lebih panjang karena dipakai untuk fungsi orkestra dan paduan suara.

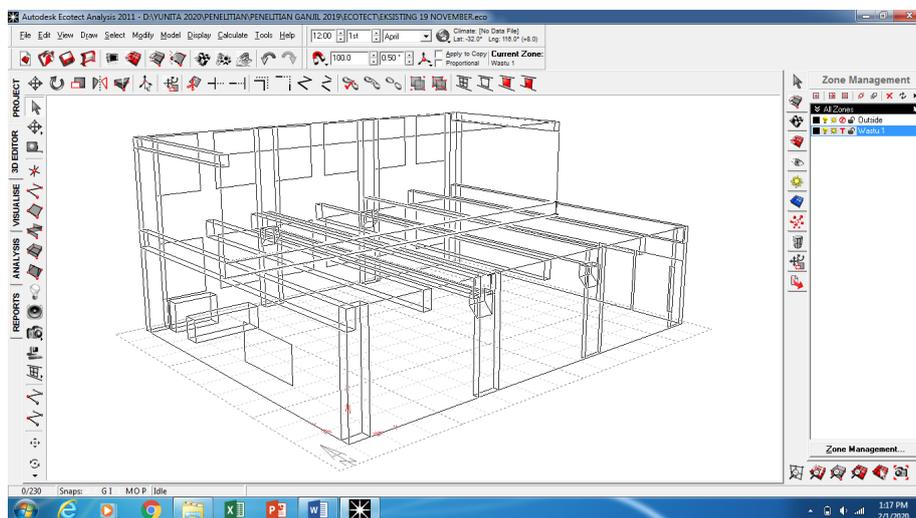
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian periode sebelumnya. Penelitian sebelumnya (penelitian ganjil 2019/2020) telah menemukan model ruangan kuliah yang paling baik waktu dengungnya berdasarkan model plafon dan dinding. Plafon dan dinding mempunyai luas permukaan yang cukup besar dalam suatu ruangan. Selain plafon dan dinding, lantai juga mempunyai luas permukaan yang cukup besar. Kaca jendela mempunyai nilai α yang rendah sehingga dapat meningkatkan waktu dengung. Oleh karena lantai dan kaca jendela dapat secara signifikan mempengaruhi waktu dengung maka tujuan penelitian ini adalah menemukan model lantai dan kaca jendela yang paling mampu mengoptimalkan waktu dengung ruangan kuliah.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan bantuan software *Autodesk Ecotect Analysis 2011* (Gambar 3.1). Metode eksperimen lebih berfokus pada hubungan sebab-akibat (Groat dkk, 2002). Model lantai dan jendela menjadi penyebab sedangkan waktu dengung menjadai akibat. Hasil penelitian berupa model ruangan kuliah yang diperingkatkan dari terbaik sampai yang terburuk waktu dengungnya berdasarkan model lantai dan jendela.



Gambar 3.1 Modelling Kondisi Eksisting
(Sumber: Data Pribadi, November 2019)

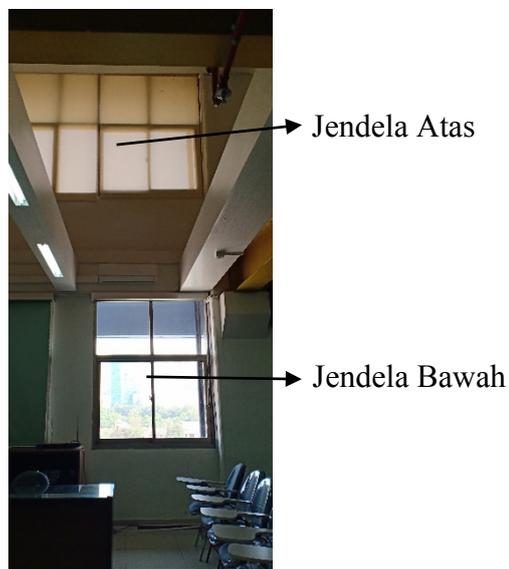
3.2 Sampel Penelitian

Ruang Wastu 1 yang terletak di lantai 8, Blok K, Universitas Tarumanagara dijadikan sampel penelitian. Ruang Wastu 1 mempunyai kapasitas 144 kursi dengan luas area 172,85 m²

(Gambar 3.2). Ruang Wastu 1 mempunyai jendela atas dan jendela bawah dengan luasan yang cukup besar (Gambar 3.3). Ruang wastu 1 dijadikan sampel penelitian karena volume ruangan yang besar dan banyak material keras dan licin yang mempunyai nilai α rendah, seperti: kaca jendela, dag beton, dan baja WF. Material-material tersebut ditambah lagi volume ruangan yang besar menyebabkan nilai RT menjadi terlalu tinggi. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa nilai RT kondisi eksisting ruang Wastu 1 adalah 1,45 detik padahal waktu dengung optimal ruangan tersebut mempunyai nilai sebesar 0,78 detik (Sabtalistia, 2020:71).

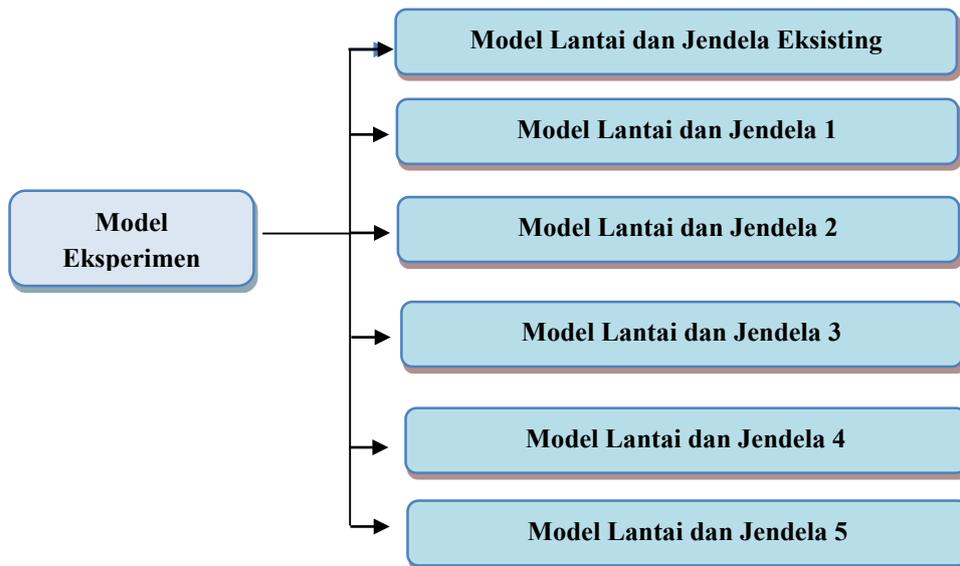


Gambar 3.2 Ruang Wastu 1, Universitas Tarumanagara
(Survei, Agustus 2019)



Gambar 3.3 Jendela Atas dan Jendela Bawah Ruang Wastu 1
(Survei, Agustus 2019)

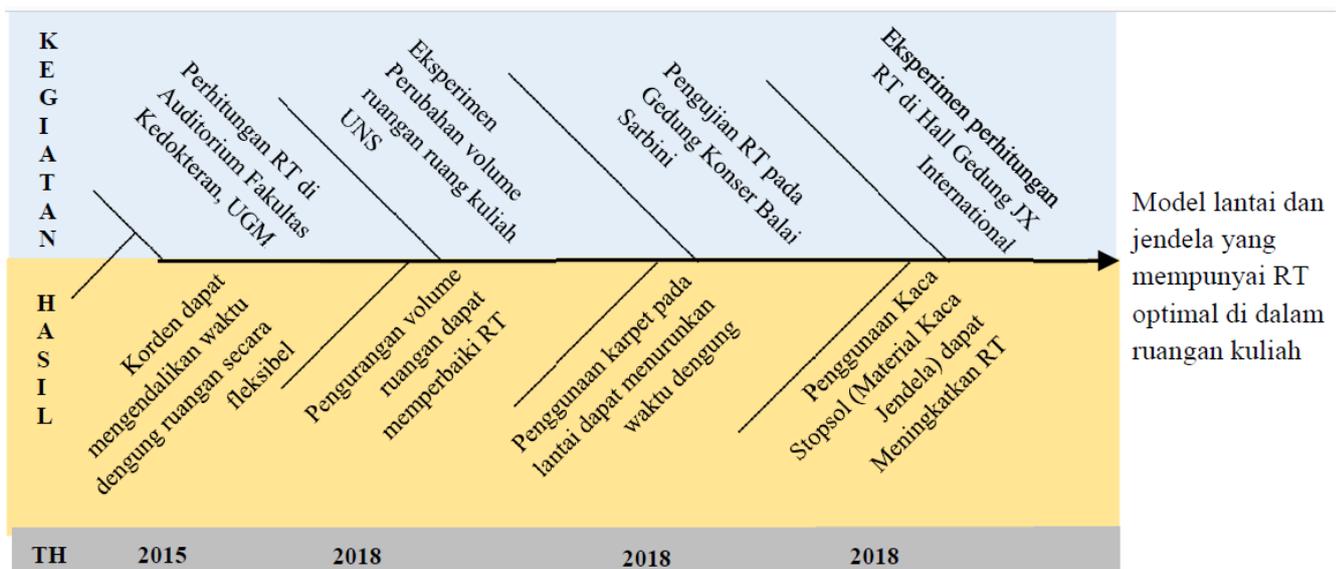
Model lantai dan jendela akan divariasikan sebanyak 5 kali. Selanjutnya dengan menggunakan Ecotect dihitung nilai RT nya. Eksperimen dilakukan sebanyak 6 kali, yaitu: 1 kali untuk kondisi eksisting dan 5 kali untuk model yang diusulkan (Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Sampel Penelitian yang Dieksperimen dengan *Ecotect*

3.3 Peta Jalan Penelitian

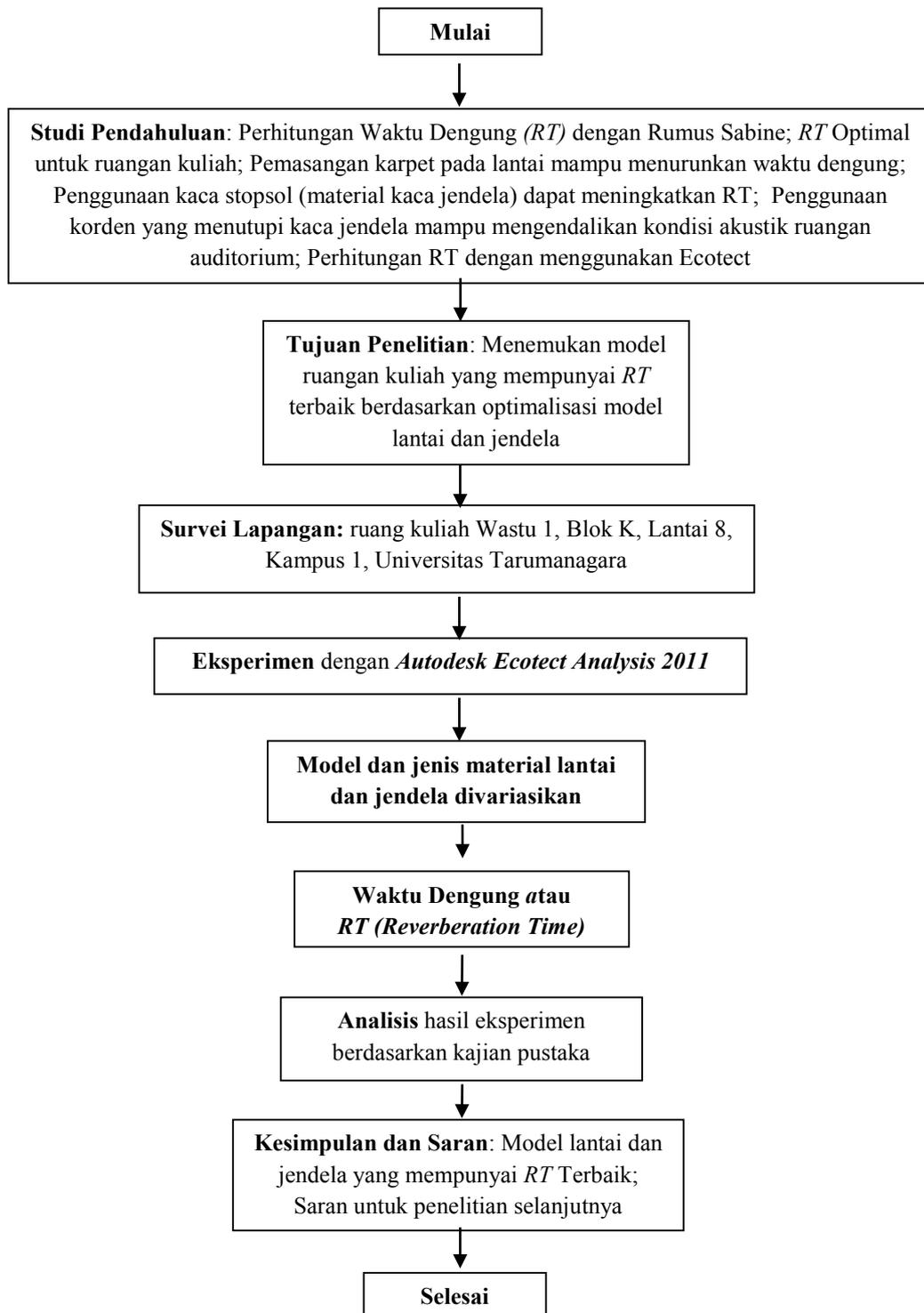
Penelitian sebelumnya dari tahun 2015 sampai tahun 2018 telah membuktikan bahwa beberapa cara menurunkan nilai RT adalah dengan penambahan korden pada kaca jendela, pengurangan volume ruangan, penggunaan karpet pada lantai, dan mengurangi penggunaan kaca stopsol (Gambar 3.5). Ruang kuliah cenderung mempunyai nilai RT yang rendah jika dibandingkan ruangan untuk musik. Ruang Wastu 1 yang dijadikan sampel penelitian mempunyai nilai α kondisi eksisting sebesar 1,45 detik (Sabtalistia, 2020:71). Padahal waktu dengung optimal untuk ruangan Wastu 1 adalah sebesar 0,78 detik (Sabtalistia, 2020:71). Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah menurunkan nilai RT dengan cara mengoptimalkan model lantai dan jendela di dalam ruangan kuliah.



Gambar 3.5 Peta Jalan Penelitian

3.4 Tahapan Penelitian

Tahap pertama penelitian adalah melakukan studi pendahuluan sampai ditemukan tujuan penelitian (Gambar 3.6). Selanjutnya dilakukan eksperimen dengan Ecotect untuk mengetahui nilai RT. Hasilnya dianalisa berdasarkan kajian pustaka. Hasil penelitian ini adalah model lantai dan jendela yang paling bisa memperbaiki nilai RT.



Gambar 3.6 Tahapan Penelitian

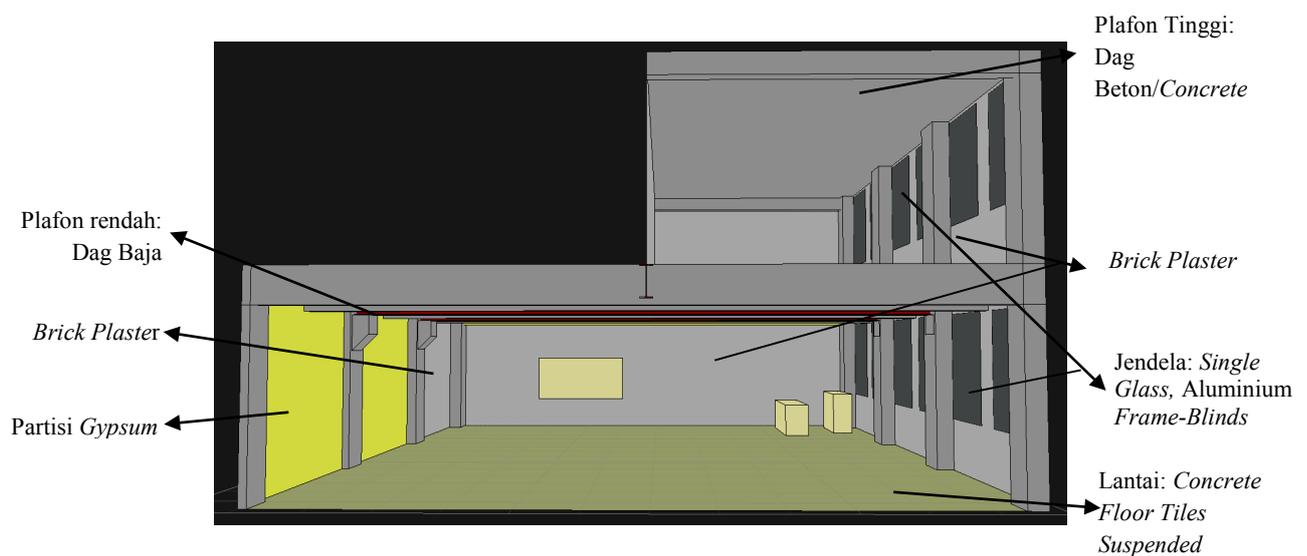
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Waktu Dengung Kondisi Eksisting

Tujuan penelitian adalah mengetahui model ruangan kuliah yang terbaik berdasarkan model lantai dan jendela. Ruang kuliah yang digunakan sebagai sampel penelitian adalah ruang Wastu 1, Lantai 8, Gedung K, Universitas Tarumanagara. Pada penelitian sebelumnya (penelitian ganjil 2019/2020) telah ditemukan model ruangan kuliah yang terbaik berdasarkan model dinding dan plafon. Hasil penelitian tersebut adalah model plafon datar dengan material *gypsum* dan *acoustic* dan penambahan lapisan *cork* pada kolom dan dinding yang paling mampu memperbaiki waktu dengung. Pada penelitian ini model lantai dan jendela dieksperimen dari bentuk dan materialnya untuk mencapai waktu dengung terbaik (waktu dengung yang mendekati standard optimal untuk *speech*).

Sebelum melakukan eksperimen berbagai model lantai dan jendela maka perlu dilakukan perhitungan waktu dengung pada kondisi eksisting (Gambar 4.1). Ruang Wastu 1 mempunyai kapasitas 144 kursi, 2 meja komputer, lemari, dan papan tulis. Kursi yang berpenghuni diasumsikan 80% dan 20% diasumsikan kosong (tidak berpenghuni). Material pada setiap elemen ruangan tertera pada gambar 5.1. Lantai menggunakan finishing keramik. Kaca jendela adalah kaca bening (*single glass*) dengan kusen aluminium.



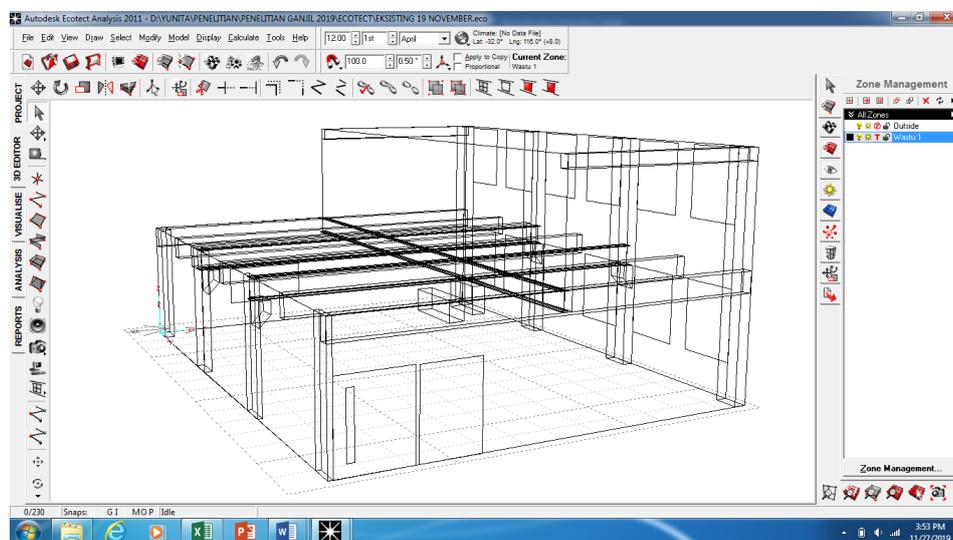
Gambar 4.1 Kondisi Eksisting Sampel Penelitian
(Sumber: Hasil Penelitian Ganjil 2019, November 2019)

Ada 2 macam tipe plafon pada ruangan kuliah, yaitu plafon yang dari *concrete block plaster* dan plafon yang dari *metal deck* (Gambar 4.1). Adapun koefisien absorpsi bunyi (α) pada elemen-elemen ruangan tertera pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Material Properties pada Kondisi Eksisting

No	Elemen Bangunan	Jenis Material	Koefisien Absorpsi Bunyi (α) pada Frekuensi 500 Hz
1	Dinding 1	<i>Brick Plaster</i>	0,02
2	Dinding 2	<i>Framed Plasterboard Partition</i>	0,1
3	Kolom Beton	<i>Concrete Block Plaster</i>	0,01
4	Balok Beton	<i>Concrete Block Plaster</i>	0,01
5	Balok Baja	<i>Metal Deck</i>	0,1
6	Jendela	<i>Single Glazed Aluminium Frame Blinds</i>	0,02
7	Lantai	<i>Concrete Floor Tiles Suspended</i>	0,02
8	Plafon Tinggi	<i>Concrete Block Plaster</i>	0,01
9	Plafon Rendah	<i>Metal Deck</i>	0,1
10	Pintu	<i>Solid Core Pine Timber</i>	0,08
11	Papan tulis	<i>Plywood</i>	0,25
12	Lemari dan meja komputer	<i>Plywood</i>	0,25

Sumber: Hasil Survei dan Ecotect pada Penelitian Ganjil 2019/2020

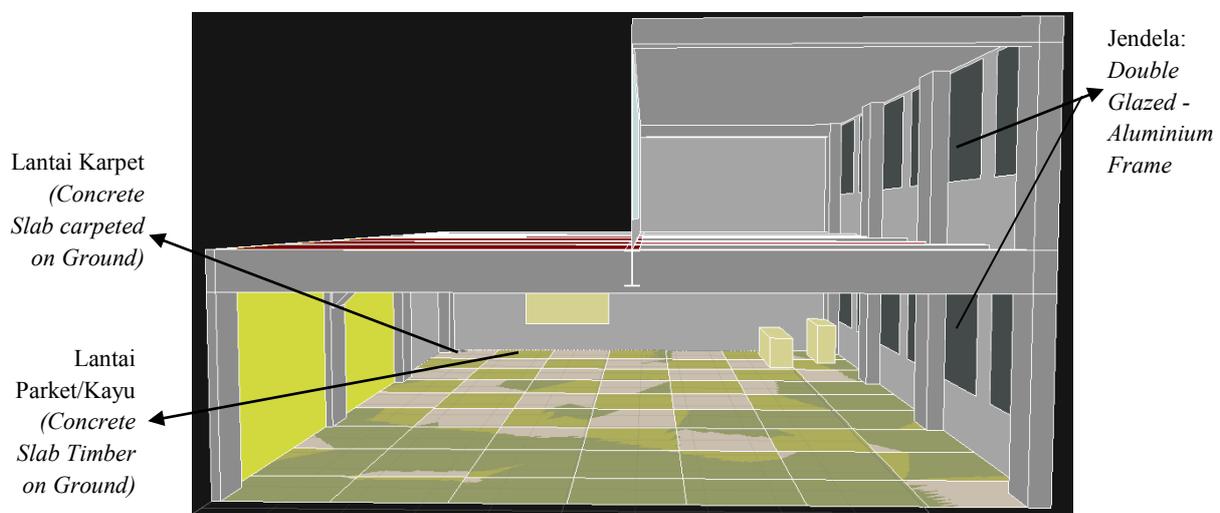


Gambar 4.2 Perhitungan Waktu Dengung pada Kondisi Eksisting dengan Ecotect (Sumber: Hasil Penelitian Ganjil 2019/2020, November 2019)

Perhitungan waktu dengung menggunakan software *Autodesk Ecotect Analysis 2011* (Gambar 4.2). Waktu dengung kondisi eksisting adalah 1,45 detik. Nilai tersebut cukup tinggi jika dibandingkan dengan waktu dengung optimal untuk ruangan kuliah, yaitu sebesar 0,78 detik. Oleh karena itu perlu ada perbaikan waktu dengung dengan cara mengeksperimen model lantai dan jendela.

4.2 Eksperimen 1

Pada eksperimen 1, lantai dibuat kotak-kotak yang disusun berselang-seling antara material dari karpet dan parket (Gambar 4.3). Ukuran kotak karpet dan parket tersebut adalah 1,679 m x 1,679 m. Kaca jendela yang sebelumnya menggunakan kaca *single glazed aluminium frame* diganti menjadi kaca jendela *double glazed aluminium frame*. Lantai karpet mempunyai α yang cukup tinggi (0,21) jika dibandingkan α lantai keramik yang mempunyai nilai 0,02 (Tabel 4.2). Dipasanginya karpet pada lantai dapat menurunkan waktu dengung. Waktu dengung pada eksperimen 1 adalah 1,17 detik. Waktu dengung optimal adalah 0,78 detik. Selisih waktu dengung eksperimen 1 dengan waktu dengung optimal adalah sebesar 0,39 detik.



Gambar 4.3 Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 1

Tabel 4.2 Material Properties pada Eksperimen 1

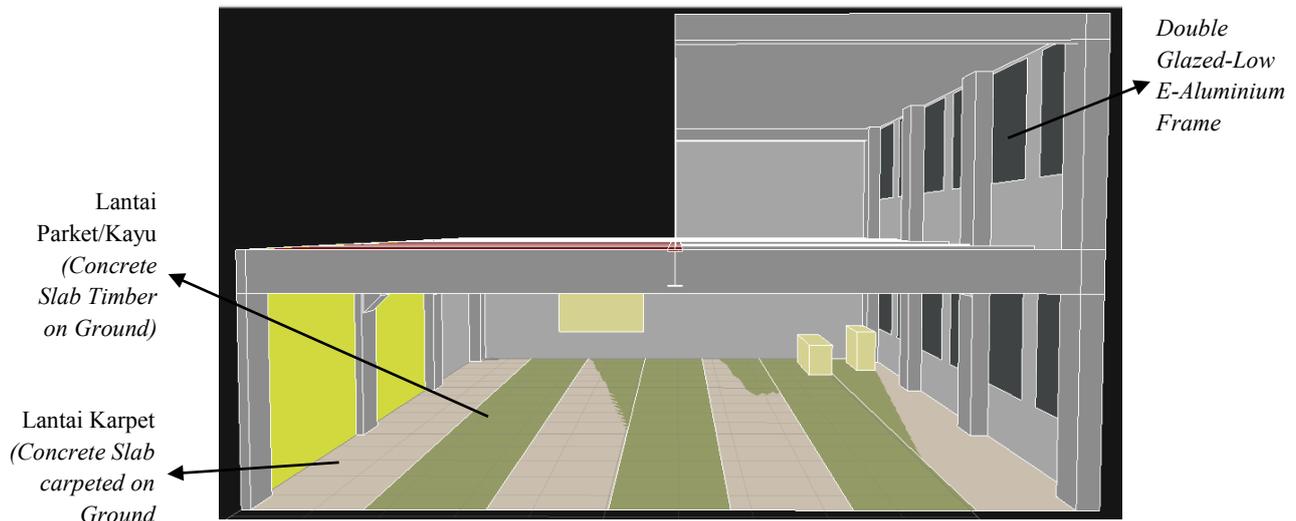
No	Elemen Bangunan	Jenis Material	Koefisien Absorpsi Bunyi (α) pada Frekuensi 500 Hz
1	Lantai karpet	<i>Concrete Slab carpeted on Ground</i>	0,21
2	Lantai parket	<i>Concrete Slab Timber on Ground</i>	0,09
3	Kaca jendela <i>double glazed</i> , kusen aluminium	<i>Double Glazed Aluminium Frame</i>	0,04

4.3 Eksperimen 2

Lantai dibuat pola vertikal yang disusun berselang-seling dengan lebar 1,679 meter. Kaca jendela diganti menjadi *double glazed-low E-aluminium frame*. Lapisan *Low-E* mampu menangkal panas matahari yang masuk ke dalam ruangan sehingga ruangan kuliah menjadi lebih dingin. Nilai α pada kaca jendela *double glazed-low E-aluminium frame* adalah 0,03. Nilai α

tersebut lebih tinggi 0,01 dari nilai α kaca jendela *single glazed aluminium frame* (kondisi eksisting).

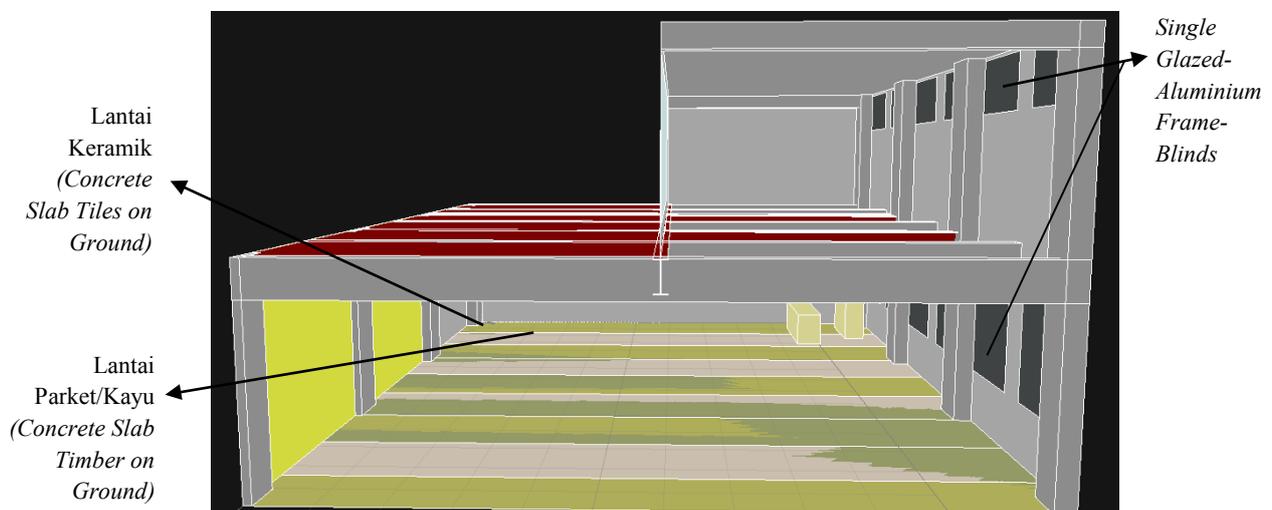
Waktu dengung eksperimen 2 adalah 1,16 detik. Nilai tersebut mempunyai selisih 0,38 detik dari waktu dengung optimal.



Gambar 4. 4 Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 2

4.4 Eksperimen 3

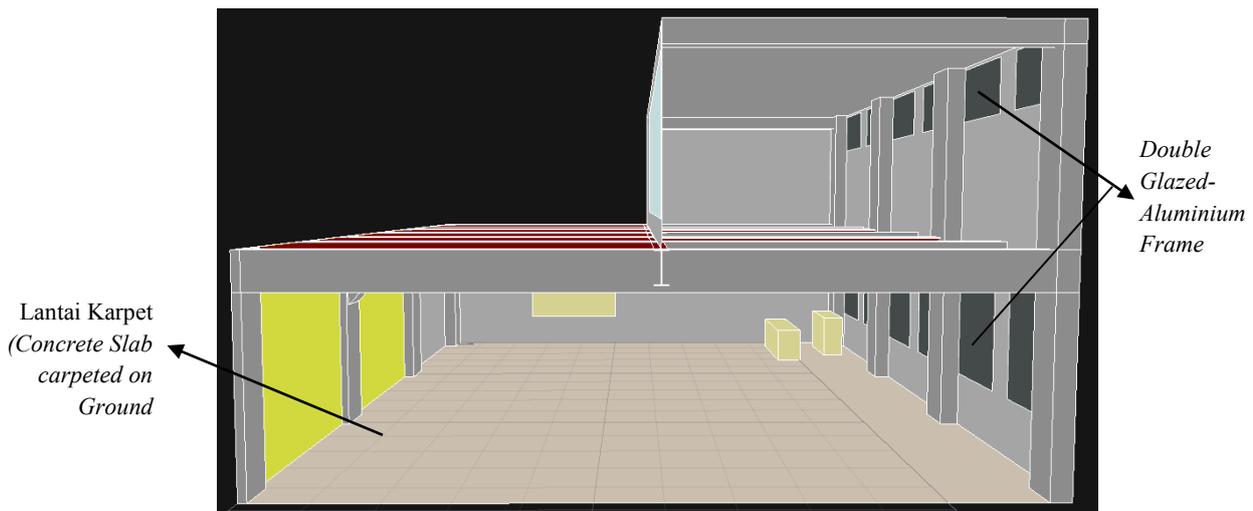
Luasan jendela atas diubah menjadi separuh dari kondisi eksisting (Gambar 4.5). Kaca jendela menggunakan kaca *single glazed* 6 mm dengan kusen aluminium dan tambahan *blinds* sesuai dengan kondisi eksisting. Pola lantai dibuat horisontal yang disusun berselang-seling antara material keramik dan parket. Waktu dengung pada eksperimen 3 adalah 1,39 detik. Nilai tersebut mempunyai selisih 0,61 detik dari waktu dengung optimal.



Gambar 4.5 Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 3

4.5 Eksperimen 4

Lantai keramik seluruh ruangan diganti menjadi lantai karpet (gambar 4.6). Lantai karpet mempunyai nilai α tinggi (0,21) jadi sangat baik menurunkan waktu dengung. Kaca jendela atas diubah ukurannya menjadi separuh kondisi eksisting. Material kaca jendela atas dan bawah diganti menjadi kaca *double glazed-aluminium frame*. Berdasarkan perhitungan Ecotect, waktu dengung eksperimen 4 adalah 1,09 detik. Nilai tersebut mempunyai selisih 0,31 detik dari waktu dengung optimalnya.

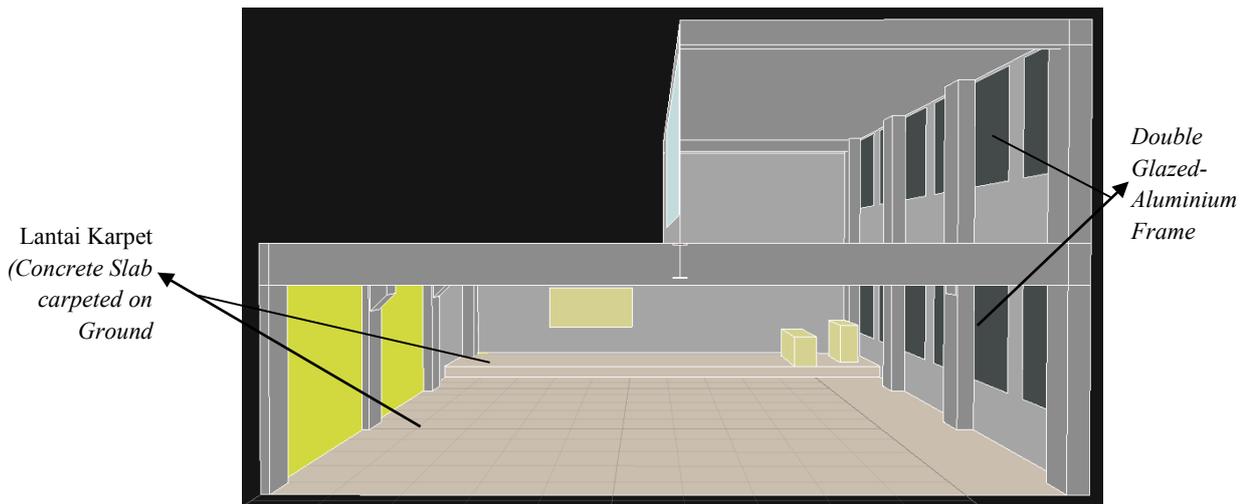


Gambar 4.6 Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 4

4.6 Eksperimen 5

Pada eksperimen 5, lantai keramik diganti menjadi karpet. Pada bagian depan ruangan dipasang panggung dengan lebar 3,08 meter dan ketinggian 30 cm dari lantai ruangan. Panggung tersebut menggunakan material karpet juga. Penggunaan panggung dapat memudahkan mahasiswa melihat dosen dan materi yang dipresentasikan. Kaca jendela menggunakan material *double glazed-aluminium frame* yang mempunyai nilai α lebih tinggi daripada kaca jendela eksisting.

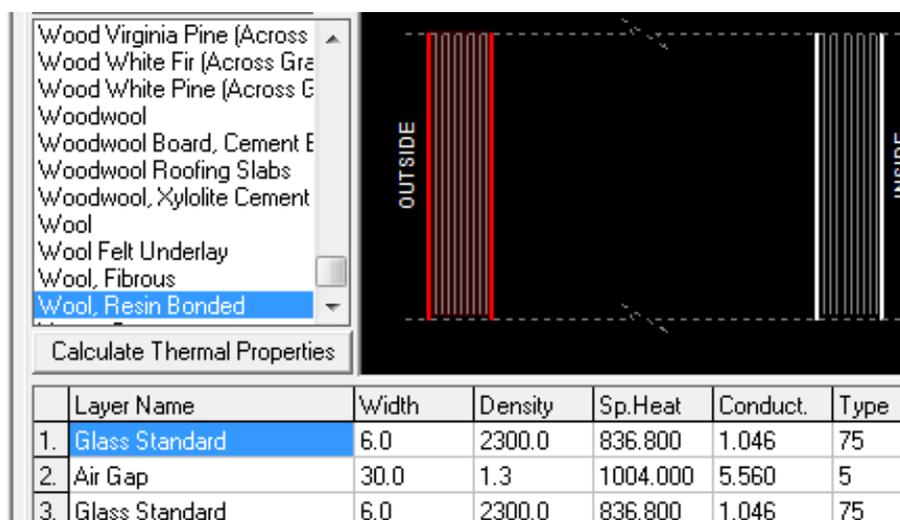
Berdasarkan perhitungan ecotect, waktu dengung pada eksperimen 5 adalah 0,95 detik. Nilai tersebut mempunyai selisih waktu 0,17 detik dari waktu dengung optimalnya.



Gambar 4.7 Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 5

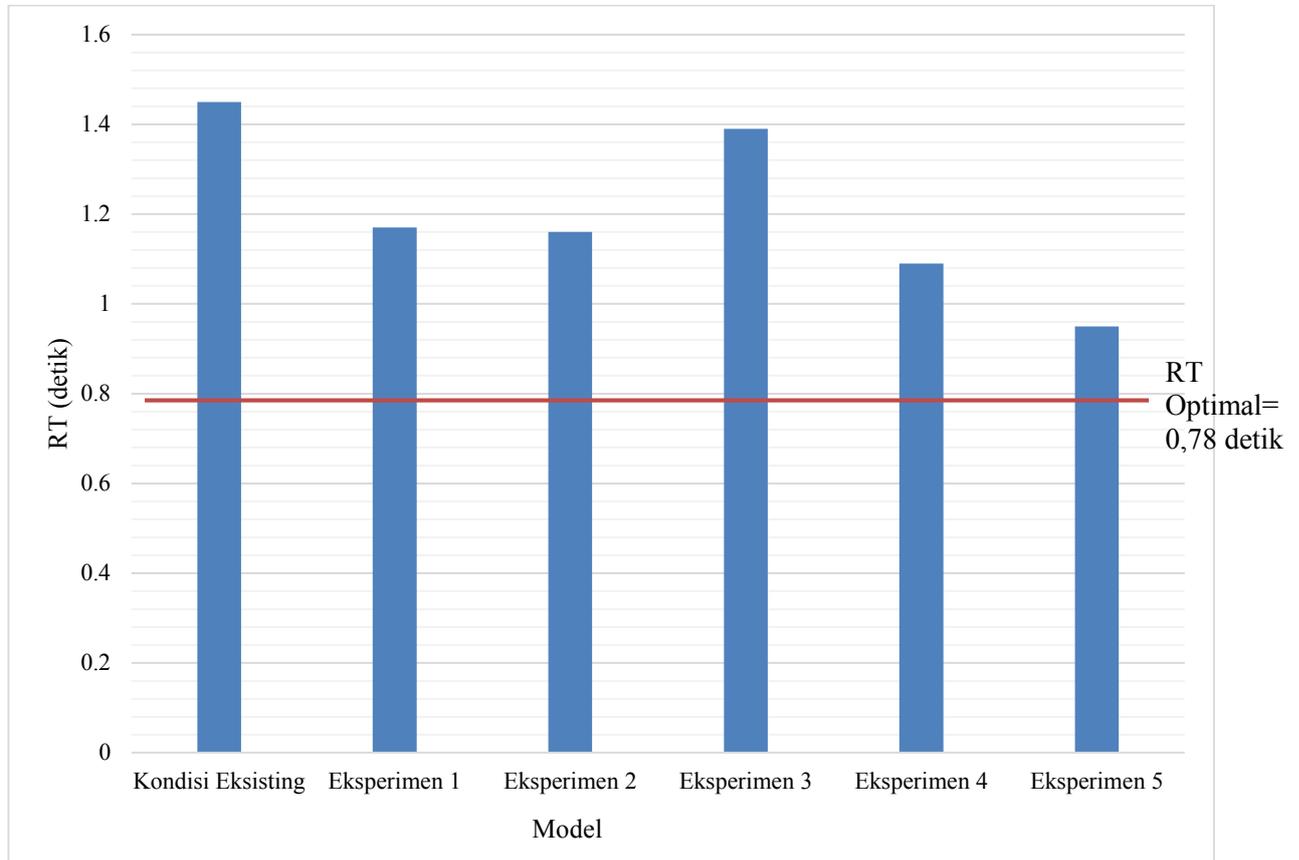
4.7 Perbandingan Waktu Dengung Hasil Eksperimen dan Kondisi Eksisting dengan Waktu Dengung Optimal

Berdasarkan perbandingan waktu dengung pada gambar 4.9 dan tabel 4.3, terjadi perbaikan waktu dengung pada semua eksperimen jika dibandingkan dengan kondisi eksisting. Dari 5 eksperimen yang dilakukan, eksperimen 5 mempunyai waktu dengung yang terbaik sedangkan eksperimen 3 mempunyai waktu dengung terburuk. Eksperimen 5 menggunakan model lantai karpet dengan panggung karpet setinggi 30 cm. Kaca jendela pada eksperimen 5 menggunakan kaca *double glazed-aluminium frame*. Model lantai panggung dapat memudahkan *audience* melihat pembicara dan materi presentasi. Penggunaan kaca jendela *double glazed* dapat mengurangi panas matahari yang masuk ke dalam ruangan dan mengurangi silau dari sinar matahari yang masuk melewati jendela. Kaca jendela *double glazed* mempunyai rongga udara (*air gap*) 3 cm yang terletak di antara 2 buah lapisan kaca 6 mm (Gambar 4.8).



Gambar 4.8 Spesifikasi Jendela *Double Glazed Aluminium Frame*
(Sumber: Ecotect, Mei 2020)

Pada eksperimen 3 digunakan model pola lantai horisontal yang disusun berselang-seling antara material keramik dan parket. Kaca jendela pada eksperimen 3 menggunakan kaca jendela *single glazed aluminium frame blinds* dengan luas jendela atas 50% dari kondisi eksisting. Pada eksperimen 3 ini material karpet tidak digunakan sehingga waktu dengung ruangan menjadi tinggi.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Waktu Dengung (*Reverberation Time/RT*)
(Sumber: Ecotect, Mei 2020)

Tabel 4.3 Perbandingan Waktu Dengung (RT) Kondisi Eksisting dan Eksperimen

No	Simulasi	Treatment	RT (Detik)	Selisih dengan Waktu Dengung Optimal	Peringkat
1	Kondisi Eksisting	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lantai: keramik ▪ Jendela: <i>single glazed aluminium frame</i> 	1,45	0,67 detik	6
2	Eksperimen 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lantai: pola kotak-kotak (karpet dan parket) ▪ Jendela: <i>double glazed aluminium frame</i> 	1,17	0,39 detik	4
3	Eksperimen 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lantai: pola vertikal (karpet dan keramik) ▪ Jendela: <i>double glazed low E aluminium frame</i> (jendela atas luas 50% dari eksisting) 	1,16	0,38 detik	3

No	Simulasi	Treatment	Waktu Dengung (Detik)	Selisih dengan Waktu Dengung Standard (0,78 detik)	Peringkat
4	Eksperimen 3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lantai: horizontal (keramik dan parket) ▪ Jendela: <i>single glazed aluminium frame blinds</i> (jendela atas luas 50% dari eksisting) 	1,39	0,61 detik	5
5	Eksperimen 4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lantai: karpet ▪ Jendela: <i>double glazed aluminium frame</i> (jendela atas luas 50% dari eksisting) 	1,09	0,31 detik	2
6	Eksperimen 5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lantai: karpet dan panggung ▪ Jendela: <i>double glazed aluminium frame</i> 	0,95	0,17 detik	1

Sumber: Perhitungan Ecotect, Mei 2020

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Perubahan lantai dan jendela mempengaruhi waktu dengung. Penggunaan material dengan koefisien absorpsi bunyi (α) yang tinggi dapat menurunkan waktu dengung sehingga mendekati waktu dengung optimal. Berdasarkan 5 eksperimen yang dilakukan, waktu dengung yang terbaik (paling mendekati waktu dengung optimal) adalah ruangan kuliah yang menggunakan lantai karpet dengan tambahan panggung karpet setinggi 30 cm pada bagian depan ruangan kuliah dan kaca jendela *double glazed-aluminium frame*. Nilai α pada karpet dan kaca jendela *double glazed-aluminium frame blinds* lebih tinggi daripada lantai keramik dan kaca jendela *single glazed-aluminium frame* sehingga penggunaan kedua material tersebut mampu menurunkan waktu dengung.

Saran penelitian selanjutnya adalah perbaikan waktu dengung untuk ruangan kuliah atau auditorium yang mempunyai lantai yang berundak (perbedaan ketinggian). Lantai yang berundak tersebut mempunyai ketinggian lantai yang semakin tinggi ke arah belakang. Lantai yang berundak mempunyai luasan lantai yang berbeda dengan lantai yang datar sehingga waktu dengung juga menjadi berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Buku:

- Doelle, L.L. (1986), "Akustika Lingkungan", Erlangga, Bekasi.
- Groat, Linda dan David, Wang, (2002), "Architectural Research Methods", Edisi kedua, John Wiley & Sons, Inc., United States of America
- McMullan, Randall. (2007), Environmental Science in Building, Edisi Keenam, Palgrave Macmillanm, UK.
- SNI 03-6368-2000. (2000). Spesifikasi Tingkat bunyi dan waktu dengung dalam bangunan gedung dan perumahan (Kriteria desain yang direkomendasikan). Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- Templeton Duncan. (1997), Acoustics Built Environment, Edisi Kedua, Architectural Press., Oxford.

Jurnal:

- Iswati, T.Y. (2016), "Evaluation of Reverberation Time in the Classroom (Case of Classroom at Department of Architecture, Universitas Sebelas Maret)", Jurnal Dimensi: Journal of Architecture and Build Environment, Volume 43, Nomor 2, Hal 93-100.
- Kurniasih Sri. (2018), "Analisis Waktu Dengung pada Gedung Balai Sarbini", Jurnal AGORA, Volume 16, Nomor 2, Hal 82-91.
- Ola, F.B. (2015), "Aplikasi Variabel Penyerap Bunyi Sederhana untuk Waktu dengung Frekuensi Menengah Atas pada Auditorium Fakultas Kedokteran UGM", Jurnal Arsitektur KOMPOSISI, Volume 11, Nomor 2, Hal 1-8.
- Ramadhan, A.N, Adhitama, M.S, Nugroho, A.M. (2017), "Optimalisasi Kenyamanan Akustik Ruang pada JX International Surabaya", Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur, Volume 5, Nomor 2. Hal 1-8.
- Runtulalo, A.J, Rahim, M.R, dan Kusno, A. (2018), "Reverberation Time dan Distribusi Bunyi dalam Ruang (Studi Kasus: Auditorium Lt.1 Fakultas Teknik Kampus Gowa)", Jurnal Penelitian Penelitian Engineering (JPE), Volume 22, Nomor 2, Hal 142-153.
- Sabtalistia, Y.A. (2020), "Perbaikan Waktu Dengung Ruang Kuliah dengan Optimalisasi Model Ruang dan Jenis Material", Jurnal Arsitektur PAWON, Volume IV, No.1, Hal 65-76.

Lampiran 1. Instrumen Penelitian

No	Nama Instrumen	Kegunaan
1	Autodesk Ecotect Analysis 2011	Membuat model (ruangan dan posisi sumber bunyi), penentuan kondisi batas, memasukkan data material (<i>koefisien absorbs bunyi/α</i>) sehingga diperoleh waktu dengung (RT) berdasarkan perhitungan Sabine pada frekuensi 500 Hz
2	Meteran laser	Mengukur dimensi ruang jarak jauh
3	Meteran gulung	Mengukur dimensi ruang jarak dekat

Lampiran 2. Susunan Personalia Peneliti

No	Nama	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Yunita Ardianti Sabtalistia, S.T., M.T (Ketua Peneliti-Dosen)	Untar	Arsitektur Lingkungan	(10 jam/minggu)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menyusun laporan penelitian dan luaran penelitian ▪ Mengkoordinir tim dan memberikan tugas sesuai jobdesk masing-masing ▪ Membuat simulasi Ecotect ▪ Survai lapangan
2	Sintia Dewi Wulanningrum, S.T., M.T (Anggota Peneliti-Dosen)	Untar	Perancangan Kota	(6 jam/minggu)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Membantu menyusun laporan penelitian dan luaran penelitian ▪ Survai lapangan
3	Ignatius Irwin Ismaya NIM: 315160194 (Anggota Peneliti-Mahasiswa)	Untar	Arsitektur	(3jam/minggu)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Survai lapangan ▪ Membuat model sampel penelitian

OPTIMALISASI MODEL LANTAI DAN JENDELA UNTUK PERBAIKAN WAKTU DENGUNG RUANG KULIAH

Yunita Ardianti Sabtalistia¹

Dosen Prodi S1 Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta
e-mail: yunitas@ft.untar.ac.id

Sintia Dewi Wulanningrum²

Dosen Prodi S1 Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta
e-mail: sintiaw@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

Ruang kuliah membutuhkan persyaratan akustik yang optimal agar kegiatan belajar-mengajar bisa berjalan dengan baik. Waktu dengung yang terlalu panjang menyebabkan suara dari dosen menjadi kurang jelas terdengar oleh mahasiswa. Kaca jendela mempunyai nilai α (koefisien absorpsi bunyi) yang rendah sehingga dapat memperpanjang waktu dengung. Lantai mempunyai luas permukaan dominan dalam suatu ruangan. Rendahnya nilai α kaca jendela dan luasnya permukaan lantai berpengaruh besar terhadap nilai waktu dengung. Tujuan penelitian ini adalah menemukan model lantai dan jendela di ruang kuliah yang paling optimal waktu dengungnya.

Ruang kuliah Wastu 1, Universitas Tarumanagara, Jakarta dijadikan sampel penelitian. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Ruang kuliah kondisi eksisting dan 5 model lantai dan jendela disimulasikan ke dalam Autodesk Ecotect Analysis 2011 untuk mengetahui perbandingan waktu dengungnya. Hasil penelitian membuktikan bahwa model ruangan yang menggunakan lantai karpet dan panggung karpet setinggi 30 cm dan jendela yang menggunakan double glazed aluminium frame mempunyai RT paling mendekati standard. Penggunaan karpet pada lantai dan double glazed aluminium frame pada jendela mampu menurunkan waktu dengung karena kedua material tersebut mempunyai nilai α yang cukup tinggi.

Kata kunci : Jendela, Jenis Material, Lantai, Ruang Kuliah, Waktu Dengung.

1. PENDAHULUAN

Kaca mempunyai nilai α yang cenderung rendah sehingga dapat meningkatkan waktu dengung. Salah satu jenis kaca yang sering digunakan pada selubung bangunan adalah kaca stopsol. Salah satu contoh penggunaan kaca stopsol yang menyebabkan waktu dengung menjadi tidak optimal adalah *hall* di Gedung JX International Surabaya. *Hall* gedung tersebut mempunyai waktu dengung terlalu tinggi jika dibandingkan dengan waktu dengung standard. Penyebabnya adalah terlalu banyak penggunaan kaca stopsol di selubung bangunannya. Standard waktu dengung untuk *hall* serbaguna adalah berkisar 1.4-2.1 detik (Ramadhan dkk, 2017). Waktu dengung kondisi eksisting adalah sebesar 2,87 detik. Dengan rekomendasi desain berupa pemasangan *ceiling*, dinding partisi dan bergerigi dapat mengurangi nilai RT60 menjadi 1,4 detik pada frekuensi 500 Hz dan 1,46 detik pada frekuensi 1000 Hz. Hal itu menunjukkan bahwa rekomendasi desain tersebut mampu menurunkan waktu dengung dari 2,87 detik menjadi 1,4 detik sehingga dapat memenuhi waktu dengung *hall* serbaguna (1.4-2.1 detik).

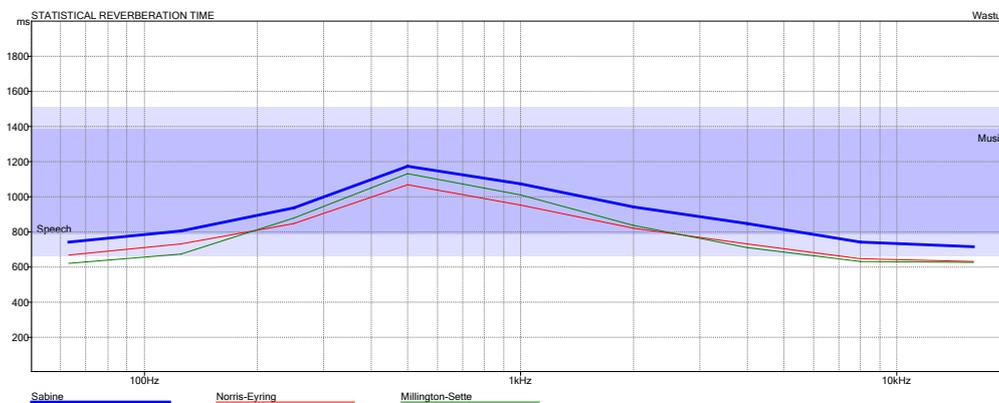
Bentuk elemen ruangan dan jenis material mempengaruhi waktu dengung. Dengan mengubah bentuk dan jenis material pada plafon dan dinding akan mempengaruhi waktu dengung. Pada penelitian Sabtalistia,2020 telah dibuktikan bahwa model plafon datar dengan

material *gypsum* dan *acoustic* dan penambahan lapisan *cork* pada kolom dan dinding paling mampu memperbaiki waktu dengung (Sabtalistia, 2020:76).

Ruang kuliah merupakan ruangan yang mempunyai aktivitas pembicaraan (*speech*). Waktu dengung untuk ruangan kuliah berkisar 0,6-0,8 detik (Doelle,1986:87). Agar pembicaraan dari dosen dapat terdengar jelas oleh mahasiswa maka perlu ada optimalisasi waktu dengung di ruang kuliah. Salah satu cara mengoptimalkan waktu dengung adalah mengubah bentuk dan jenis material lantai dan jendela.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perhitungan waktu dengung/RT dapat dilakukan dengan menggunakan Ecotect. Perhitungan RT di Ecotect berdasarkan 3 persamaan, yaitu: *Sabine*, *Norris-Eyring*, *Millington-Sette* (Gambar 1). Persamaan *Norris-Eyring* lebih cocok digunakan untuk koefisien absorpsi rata-rata dalam suatu ruangan lebih dari 0,1 atau ruangan yang sangat menyerap bunyi, seperti: ruang rekaman (Templeton,1997:143). Hasil perhitungan RT di dalam Ecotect dapat diketahui dari frekuensi 63 Hz sampai 16000 Hz.



Gambar. 1
Grafik RT di Ecotect
Sumber: Ecotect, Mei 2020

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan bantuan software *Autodesk Ecotect Analysis 2011*. Model lantai dan jendela divariasikan dengan Ecotect untuk mengetahui waktu dengung yang paling mendekati standard (waktu dengung optimal).



Gambar. 2
Ruang Wastu 1, Lantai 8, Blok K, Universitas Tarumanagara
Sumber: Survei, Agustus 2019



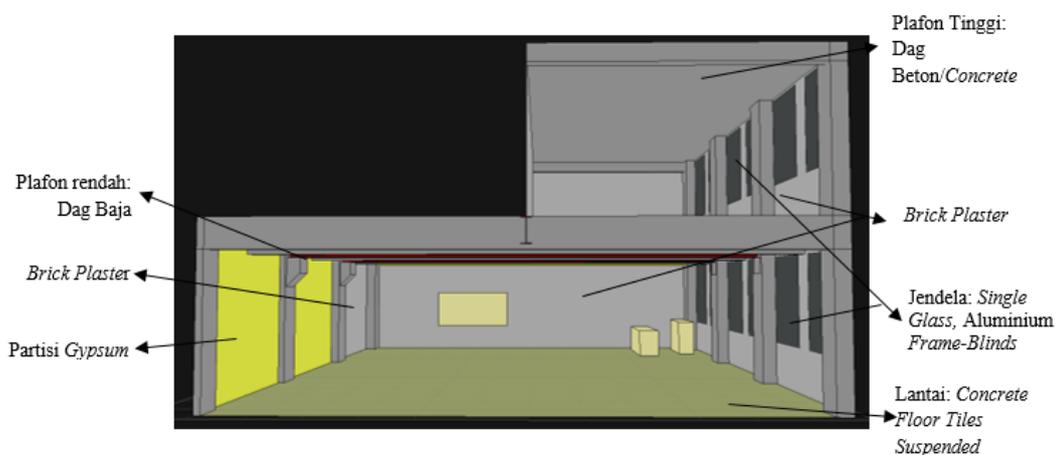
Gambar. 3
Kondisi Jendela di Ruang Wastu 1
Sumber: Sabtalistia.2020:68

Ruang Wastu 1 yang terletak di lantai 8, Blok K, Universitas Tarumanagara, Jakarta Barat dijadikan sampel penelitian. Ruang Wastu 1 mempunyai kapasitas 144 kursi dengan luas area 170,375 m² (Sabtalstia,2020:68). Ruang Wastu 1 mempunyai jendela atas dan jendela bawah dengan luasan yang cukup besar (Gambar 2 dan 3). Ruang wastu 1 dijadikan sampel penelitian karena volume ruangan yang besar dan banyak material keras dan licin yang mempunyai nilai α rendah, seperti: kaca jendela, dag beton, dan baja WF. Material-material tersebut ditambah lagi volume ruangan yang besar menyebabkan nilai RT menjadi terlalu tinggi. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa nilai RT kondisi eksisting ruang Wastu 1 adalah 1,45 detik padahal waktu dengung optimal ruangan tersebut mempunyai nilai sebesar 0,78 detik (Sabtalstia, 2020:71).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 KONDISI EKSISTING

Ruang Wastu 1 mempunyai kapasitas 144 kursi. Kursi yang berpenghuni diasumsikan 80% dan 20% tidak berpenghuni (kosong). Lantai menggunakan finishing keramik (Gambar 4 dan Tabel 1). Jendela menggunakan *single glass* dengan kusen aluminium dan *blinds*.



Gambar. 4
Kondisi Eksisting Sampel Penelitian
Sumber: Sabtalistia, 2020:70

Tabel 1.
Material Properties pada Kondisi Eksisting

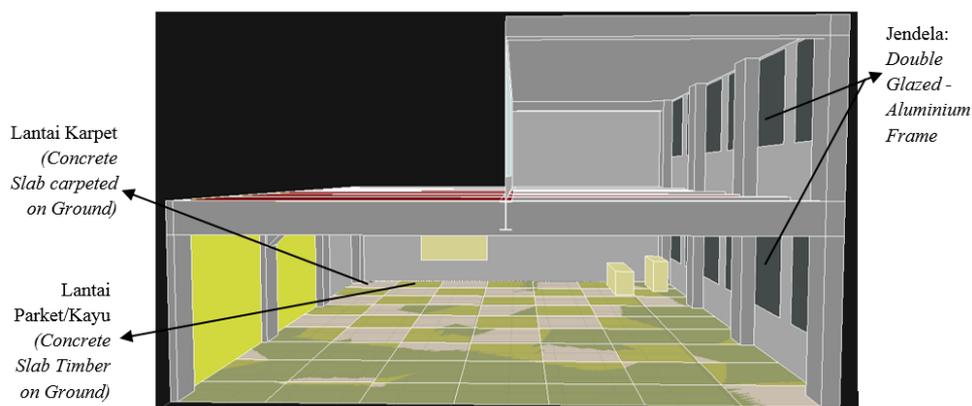
No	Elemen Bangunan	Jenis Material	α pada Frekuensi 500 Hz
1	Dinding 1	<i>Brick Plaster</i>	0,02
2	Dinding 2	<i>Framed Plasterboard Partition</i>	0,1
3	Kolom Beton	<i>Concrete Block Plaster</i>	0,01
4	Balok Beton	<i>Concrete Block Plaster</i>	0,01
5	Balok Baja	<i>Metal Deck</i>	0,1
6	Jendela	<i>Single Glazed Aluminium Frame Blinds</i>	0,02
7	Lantai	<i>Concrete Floor Tiles Suspended</i>	0,02
8	Plafon Tinggi	<i>Concrete Block Plaster</i>	0,01
9	Plafon Rendah	<i>Metal Deck</i>	0,1
10	Pintu	<i>Solid Core Pine Timber</i>	0,08
11	Papan tulis	<i>Plywood</i>	0,25
12	Lemari dan meja komputer	<i>Plywood</i>	0,25

Sumber: Sabtalistia, 2020:71

Waktu dengung kondisi eksisting adalah 1,45 detik. Nilai tersebut cukup tinggi jika dibandingkan dengan waktu dengung optimal untuk ruangan kuliah, yaitu sebesar 0,78 detik. Oleh karena itu perlu ada perbaikan waktu dengung dengan cara melakukan eksperimen berbagai model lantai dan jendela.

4.2 EKSPERIMEN 1

Pada eksperimen 1, lantai dibuat kotak-kotak yang disusun berselang-seling antara material dari karpet dan parket (Gambar 5). Ukuran kotak karpet dan parket tersebut adalah 1,68 m x 1,68 m. Jendela yang sebelumnya menggunakan kaca *single glazed aluminium frame blinds* diganti menjadi jendela *double glazed aluminium frame*. Lantai karpet mempunyai α yang cukup tinggi (0,21) jika dibandingkan α lantai keramik yang mempunyai nilai 0,02 (Tabel 1 dan Tabel 2). Dipasanginya karpet pada lantai dapat menurunkan waktu dengung. Waktu dengung pada eksperimen 1 adalah 1,17 detik. Waktu dengung optimal adalah 0,78 detik. Selisih waktu dengung eksperimen 1 dengan waktu dengung optimal adalah sebesar 0,39 detik.



Gambar. 5
Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 1

Sumber: Ecotect, Mei 2020

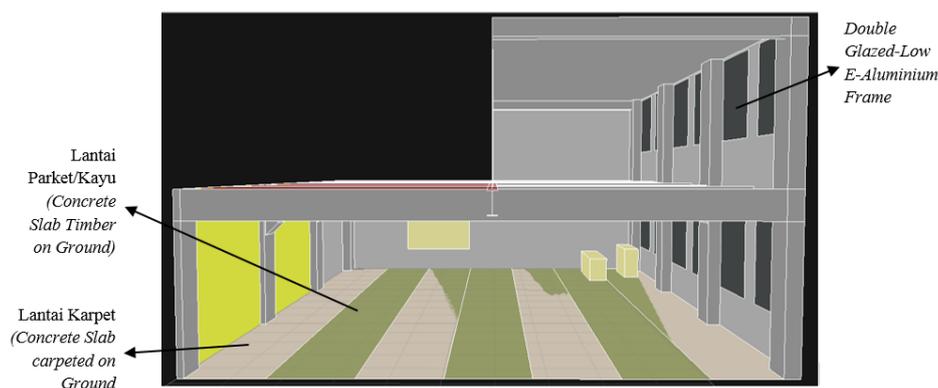
Tabel 2.
Material Properties pada Eksperimen 1

No	Elemen Bangunan	Jenis Material	Koefisien Absorpsi Bunyi (α) pada Frekuensi 500 Hz
1	Lantai karpet	Concrete Slab carpeted on Ground	0,21
2	Lantai parket	Concrete Slab Timber on Ground	0,09
3	Kaca jendela double glazed, kusen aluminium	Double Glazed Aluminium Frame	0,04

Sumber: Ecotect, Mei 2020

4.3 EKSPERIMEN 2

Lantai dibuat pola vertikal yang disusun berselang-seling dengan lebar 1,68 meter (Gambar 6). Kaca jendela diganti menjadi *double glazed-low E-aluminium frame*. Lapisan *Low-E* mampu menangkal panas matahari yang masuk ke dalam ruangan sehingga ruangan kuliah menjadi lebih dingin. Nilai α pada kaca jendela *double glazed-low E-aluminium frame* adalah 0,03. Nilai α tersebut lebih tinggi 0,01 dari nilai α kaca jendela *single glazed aluminium frame blinds* (kondisi eksisting). Waktu dengung eksperimen 2 adalah 1,16 detik. Nilai tersebut mempunyai selisih 0,38 detik dari waktu dengung optimal.

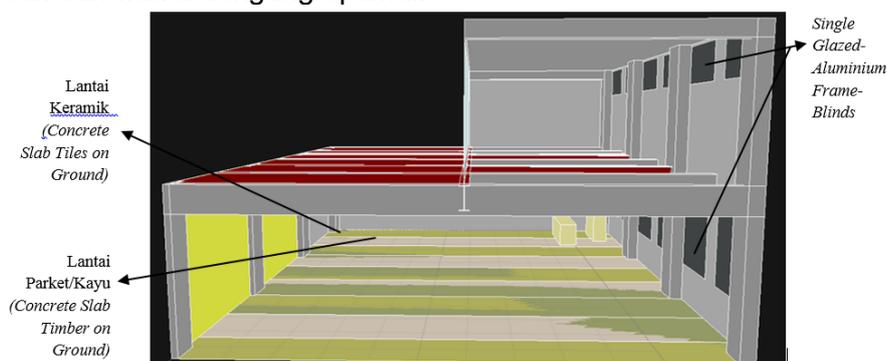


Gambar. 6
Model Ruangn Kuliah pada Eksperimen 2

Sumber: Ecotect, Mei 2020

4.4 EKSPERIMEN 3

Luasan jendela atas diubah menjadi separuh dari kondisi eksisting (Gambar 7). Kaca jendela menggunakan kaca *single glazed-aluminium frame-blinds* sesuai dengan kondisi eksisting. Pola lantai dibuat horisontal yang disusun berselang-seling antara material keramik dan parket. Waktu dengung pada eksperimen 3 adalah 1,39 detik. Nilai tersebut mempunyai selisih 0,61 detik dari waktu dengung optimal.

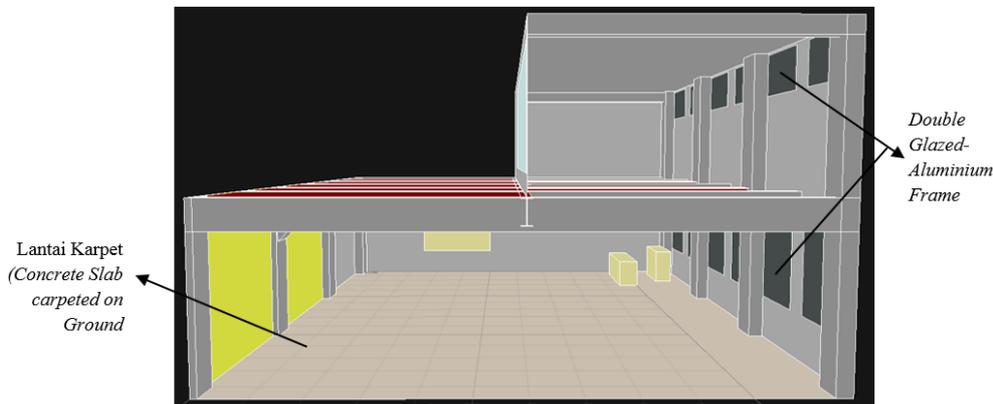


Gambar. 7
Model Ruangn Kuliah pada Eksperimen 3

Sumber: Ecotect, Mei 2020

4.5 EKSPERIMEN 4

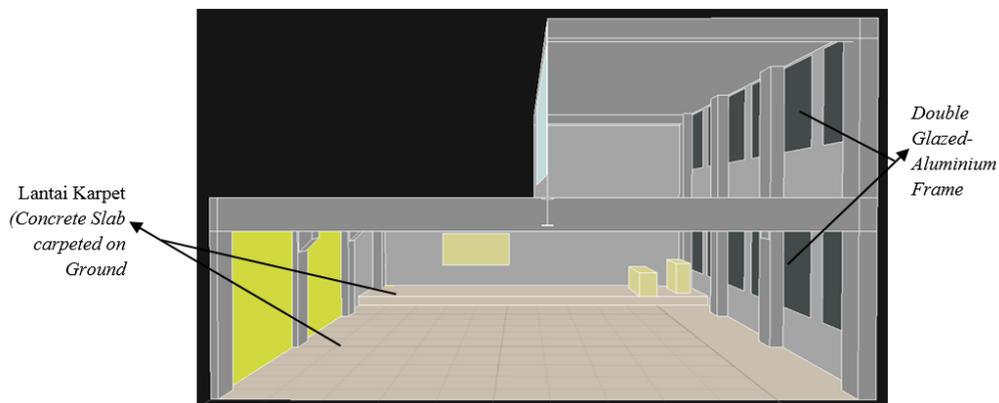
Lantai keramik seluruh ruangan diganti menjadi lantai karpet (Gambar 8). Lantai karpet mempunyai nilai α tinggi (0,21) jadi sangat baik menurunkan waktu dengung. Kaca jendela atas diubah ukurannya menjadi separuh dari kondisi eksisting. Material kaca jendela atas dan bawah diganti menjadi kaca *double glazed-aluminium frame*. Berdasarkan perhitungan Ecotect, waktu dengung eksperimen 4 adalah 1,09 detik. Nilai tersebut mempunyai selisih 0,31 detik dari waktu dengung optimalnya.



Gambar. 8
Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 4
Sumber: Ecotect, Mei 2020

4.6 EKSPERIMEN 5

Pada eksperimen 5, lantai keramik diganti menjadi karpet (Gambar 9). Pada bagian depan ruangan dipasang panggung dengan lebar 3,08 meter dan ketinggian 30 cm dari lantai ruangan. Panggung tersebut menggunakan material karpet juga.



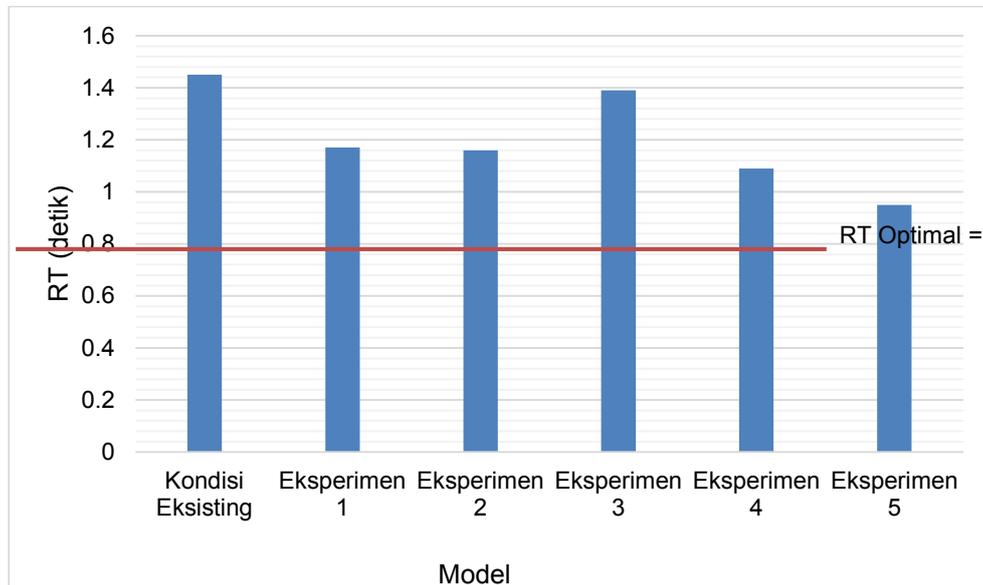
Gambar. 9
Model Ruang Kuliah pada Eksperimen 5
Sumber: Ecotect, Mei 2020

Kaca jendela menggunakan material *double glazed-aluminium frame* yang mempunyai nilai α lebih tinggi daripada kaca jendela eksisting. Berdasarkan perhitungan ecotect, waktu dengung pada eksperimen 5 adalah 0,95 detik. Nilai tersebut mempunyai selisih waktu 0,17 detik dari waktu dengung optimalnya.

5. PERBANDINGAN WAKTU DENGUNG KONDISI EKSTING DAN EKSPERIMEN

Berdasarkan perbandingan waktu dengung pada gambar 10 dan tabel 3, terjadi perbaikan waktu dengung pada semua eksperimen jika dibandingkan dengan kondisi eksisting. Dari 5 eksperimen yang dilakukan, eksperimen 5 mempunyai waktu dengung yang terbaik sedangkan eksperimen 3 mempunyai waktu dengung terburuk. Eksperimen 5 menggunakan model lantai

karpet dengan panggung karpet setinggi 30 cm. Kaca jendela pada eksperimen 5 menggunakan kaca *double glazed-aluminium frame*. Model lantai panggung dapat memudahkan *audience* melihat pembicara dan materi presentasi. Penggunaan kaca jendela *double glazed* dapat mengurangi panas matahari yang masuk ke dalam ruangan. Kaca jendela *double glazed* mempunyai rongga udara (*air gap*) sebesar 3 cm yang terletak di antara 2 buah lapisan kaca 6 mm (Gambar 11).



Gambar. 10
Grafik Perbandingan Waktu Dengung (Reverberation Time/RT)
Sumber: Ecotect, Mei 2020

Pada eksperimen 3 digunakan model pola lantai horisontal yang disusun berselang-seling antara material keramik dan parket. Kaca jendela pada eksperimen 3 menggunakan kaca jendela *single glazed aluminium frame blinds* dengan luas jendela atas 50% dari kondisi eksisting. Pada eksperimen 3 ini material karpet tidak digunakan sehingga waktu dengung ruangan menjadi tinggi.

Tabel 3.
Perbandingan Waktu Dengung (RT) Kondisi Eksisting dan Eksperimen

No	Model	RT (Detik) pada Frekuensi 500 Hz	Selisih dengan Waktu Dengung Optimal (0,78 detik)	Peringkat
1	Kondisi Eksisting	1,45	0,67 detik	6
2	Eksperimen 1	1,17	0,39 detik	4
3	Eksperimen 2	1,16	0,38 detik	3
4	Eksperimen 3	1,39	0,61 detik	5
5	Eksperimen 4	1,09	0,31 detik	2
6	Eksperimen 5	0,95	0,17 detik	1

Sumber: Perhitungan Ecotect, Mei 2020

Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1. Glass Standard	6.0	2300.0	836.800	1.046	75
2. Air Gap	30.0	1.3	1004.000	5.560	5
3. Glass Standard	6.0	2300.0	836.800	1.046	75

Gambar. 11
Spesifikasi Jendela *Double Glazed Aluminium Frame*
Sumber: Ecotect, Mei 2020

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Perubahan lantai dan jendela mempengaruhi waktu dengung. Penggunaan material dengan koefisien absorpsi bunyi (α) yang tinggi dapat menurunkan waktu dengung sehingga mendekati waktu dengung optimal. Berdasarkan 5 eksperimen yang dilakukan, waktu dengung yang terbaik (paling mendekati waktu dengung optimal) adalah ruangan kuliah yang menggunakan lantai karpet dengan tambahan panggung karpet setinggi 30 cm pada bagian depan ruangan kuliah dan kaca jendela *double glazed-aluminium frame*. Nilai α pada karpet dan kaca jendela *double glazed-aluminium frame* lebih tinggi daripada lantai keramik dan kaca jendela *single glazed aluminium frame blinds* sehingga penggunaan kedua material tersebut mampu menurunkan waktu dengung.

Saran penelitian selanjutnya adalah perbaikan waktu dengung untuk ruangan kuliah atau auditorium yang mempunyai lantai yang berundak (perbedaan ketinggian). Lantai yang berundak tersebut mempunyai ketinggian lantai yang semakin tinggi ke arah belakang. Lantai yang berundak mempunyai luasan lantai yang berbeda dengan lantai yang datar sehingga waktu dengung juga menjadi berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Doelle, L.L. (1986), "Akustika Lingkungan", Erlangga, Bekasi.
- Ramadhan, A.N, Adhitama, M.S, Nugroho,A.M. (2017), "*Optimalisasi Kenyamanan Akustik Ruang pada JX International Surabaya*", Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur, Volume 5, Nomor 2. Hal 1-8.
- Sabtalistia, Y.A. (2020), "*Perbaikan Waktu Dengung Ruang Kuliah dengan Optimalisasi Model Ruang dan Jenis Material*", Jurnal Arsitektur PAWON, Volume IV, No.1, Hal 65-76.
- Templeton Duncan. (1997), *Acoustics Built Environment*, Edisi Kedua, Architectural Press., Oxford.

Lampiran 4. Logbook

No	Tanggal	Pokok Pembahasan	Catatan/ kegiatan
1	15 Januari- 3 Februari 2020	Proposal	Penyusunan proposal penelitian
2	5 Februari 2020	Rapat koordinasi 1	Rapat koordinasi tim penelitian tentang pembahasan jadwal kerja dan pembagian <i>jobdesk</i>
3	10 Maret 2020	Rapat koordinasi 2	Pembahasan jadwal simulasi dan metode simulasi dengan Ecotect (penentuan model dan material lantai dan jendela)
4	11 Maret - 22 April 2020	Simulasi Ecotect	Simulasi kondisi eksisting dan 5 eksperimen dengan menggunakan Autodesk Ecotect Analysis 2011
5	23 April – 25 Mei 2020	Rapat koordinasi 3	Pembahasan hasil simulasi Ecotect (nilai RT)
6	28 Mei – 1 Juni 2020	Rapat koordinasi 4	Koordinasi penyusunan laporan kemajuan (hasil penelitian dan penarikan kesimpulan dan saran)
7	2 Juni – 18 Juni 2020	Penyusunan laporan kemajuan	Penyusunan laporan kemajuan (Hasil dan pembahasan, kesimpulan, saran, <i>draft</i> artikel ilmiah, dan <i>logbook</i>)
8	19 Juni – 26 Juni 2020	Penyusunan luaran penelitian	Penyusunan artikel jurnal Pawon vol IV, No.2 Tahun 2020.