

APLIKASI VARIABEL PENYERAP BUNYI SEDERHANA UNTUK WAKTU DENGUNG FREKUENSI MENENGAH ATAS PADA AUDITORIUM FAKULTAS KEDOKTERAN UGM

Frengky Benediktus Ola

Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta

e-mail: frengky.ola@gmail.com

Abstract: Multifunctional auditorium must accommodate two primary functions, namely speech and music performances. Both of these functions have different quality demands in order to satisfy the audience. On a multifunctional auditorium, the difference of user will affect the value of reverberation time. A simple absorbent made of curtain which opened and closed will use for extend or shortening the value of reverberation time, particularly middle-high frequency. The study was conducted by method of simulation using the CATT Acoustic software. Research results showed the influence of curtain on the stability value of middle-high frequency reverberation time related to the number of audience.

Keyword: Acoustic, auditorium, variable absorbency, simulation, substitution

Abstrak: Auditorium multifungsi harus mengakomodasi dua kelompok fungsi utama yaitu pidato dan pentas musik. Kedua fungsi tersebut memiliki tuntutan kualitas yang berbeda untuk memuaskan audien. Pada ruang auditorium multifungsi, perbedaan jumlah pengguna ruang akan mempengaruhi nilai waktu dengung. Penyerap bunyi sederhana akan memanfaatkan korden yang dibuka dan ditutup dan berakibat memperpanjang atau memperpendek nilai waktu dengung, khususnya frekuensi menengah atas. Penelitian dilakukan dengan metode simulasi berbantuan perangkat lunak CATT Acoustic. Hasil penelitian menegaskan, terdapat pengaruh penggunaan korden pada kestabilan nilai waktu dengung frekuensi menengah-atas berkaitan dengan jumlah audien.

Kata kunci: Akustika, auditorium, variabel penyerap, simulasi, substitusi

PENDAHULUAN

Keanekaragaman fungsi ruang menuntut perlakuan akustikal berbeda. Penyebab perbedaan adalah standar kebutuhan kualitas dan kuantitas bunyi yang diterima pendengar berbeda-beda. Ruang berfungsi akustik beragam dilakukan penyesuaian penggunaan elemen interior sesuai kebutuhan dan pemilihan sistem sumber bunyi buatan, aspek desain fisik Ruang selalu menjadi pertimbangan pertama (Barron, 2010). Secanggih dan semahal apapun peralatan tata bunyi elektronik yang dipasang di suatu bangunan, bila akustik bangunan tersebut buruk maka hal itu akan menjadikan kualitas bunyi dalam bangunan itu buruk juga (Satwiko, 2009).

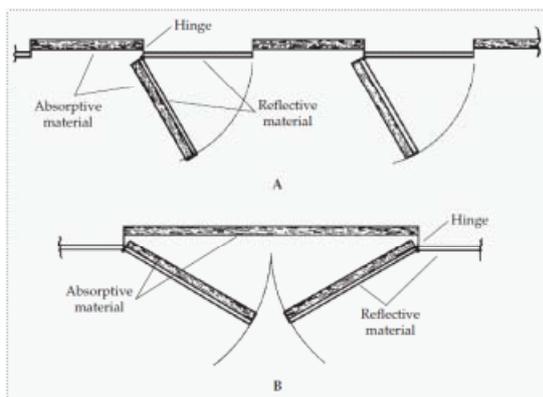
Variabel sistem akustik dalam bentuk fisik memiliki keunggulan karena tidak dibutuhkan tenaga ahli yang bertugas mengontrol dan merawat sistem.

Variabel fisik juga menghasilkan bunyi yang lebih natural yang tidak mampu dihasilkan dari sumber bunyi elektronik (Barron, 2010). Salah satu opsi untuk memberikan keragaman dalam kemampuan akustika sebuah ruang dapat dilakukan dengan variabel material penyerap bunyi (Orlowski, 2002. Barron, 2010). Penggunaan teknik variabel penyerap bunyi diaplikasikan dengan memanfaatkan partisi dan elemen ruang yang bisa dipindah-pindahkan dan dibuka-tutup. Pemindahan dan membuka elemen ruang merubah jenis material menjadi berbeda dengan material sebelumnya (Gambar 1). Perubahan material memberikan pengaruh pada kualitas akustik ruang. Perlu diperhatikan bahwa penggunaan material penyerap yang berlebihan dapat menghilangkan fungsi pemantul pada beberapa elemen ruang (Barron, 2010).

Auditorium FK- UGM dirancang untuk mewartakan kegiatan seminar, kuliah

umum, wisuda dan pada beberapa kesempatan digunakan untuk pentas musik skala kecil menggunakan instrumen sederhana. Rentang fungsi yang luas berdampak pada jumlah audian yang hadir. Pada acara resmi jumlah audian mencapai 80 – 100% kapasitas ruang, namun pada acara yang lain jumlah audian akan kurang dari 60%. Pengguna ruang dapat meningkatkan atau menurunkan kualitas bunyi. Properti akustik ruang juga dipengaruhi oleh audian, khususnya serapan bunyi yang dipengaruhi oleh manusia (Kuttruff, 2009). Pengaruh pengguna ruang cenderung berdampak pada bunyi frekuensi tinggi (Satwiko, 2009), karena pakaian manusia yang cenderung berpori.

Penggunaan variabel penyerap bunyi yang rumit pada objek studi tidak dapat dilakukan. Kondisi fisik bangunan dan konstruksi bangunan yang telah berdiri serta keinginan mempertahankan kapasitas maksimum audian menjadi kendala. Sistem “buka-tutup” material disebutkan sulit diterapkan dengan mendapatkan besaran bidang yang besar dan mencukupi, dan hanya dapat diaplikasikan pada dinding samping dan belakang ruang di mana bukan tempat yang efektif (Möller, 2008) sehingga pemanfaatan elemen ruang interior yang ada perlu diteliti.



Gambar 1: Penerapan variabel penyerap bunyi
Sumber: Everest, 2001

Salah satu elemen ruang yang dapat disesuaikan dari segi luas penampang adalah korden ruangan (Gambar 2). Korden yang menggunakan bahan fabric memiliki nilai serap energi bunyi pada rentang frekuensi 500Hz – 16kHz. Luasan korden yang dominan pada sisi kiri-kanan ruang dimanfaatkan sebagai variabel penyerap bunyi. Penyesuaian luasan korden

diharapkan membantu kestabilan nilai waktu dengung pada frekuensi menengah atas sebagai pengganti kekurangan material penyerap bunyi (audian).



Gambar 2: Kondisi korden eksisting
Sumber: Dokumen Penelitian, 2015

METODE PENELITIAN

Bahan dan Materi Penelitian

Dikarenakan objek studi berupa ruang fisik maka bahan dan materi yang terkait dengan penelitian berupa dokumentasi kondisi eksisting dan data akustika material eksisting. Dokumen desain yang dibutuhkan adalah; (1) bentuk dan ukuran objek studi yang lengkap dan jelas, (2) desain pola peletakan tempat duduk dan panggung, (3) jenis material ruang dalam, dan (4) data kualitas akustik dari material-material bangunan

Alat Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan *software Computer Aided Drawing (CAD)* pada umumnya untuk proses pendalaman data desain serta modeling. Pada perancangan akustik ruang akan digunakan *software CATT Acoustic* untuk mengetahui pengaruh kombinasi luasan korden dan jumlah audian terhadap kestabilan nilai RT_{60} pada frekuensi menengah atas.

Langkah Penelitian

Pengaruh substitusi fungsi akustika antara korden dengan audian akan diteliti. Diketahui bahwa kedua elemen memiliki nilai serapan pada frekuensi tengah dan atas. Namun karena nilai koefisien serap yang berbeda, kondisi substitusi tidak selalu sebanding. Audian memiliki nilai serapan lebih tinggi dibandingkan dengan korden.

Tabel 1: Langkah dan item simulasi

Simulasi korden tutup 100%, Audian 50%	Simulasi korden tutup 100%, Audian 75%	Simulasi korden tutup 100%, Audian 100%
KOMPARASI 1		
Simulasi korden tutup 0%, Audian 100%	Simulasi korden tutup 50%, Audian 100%	Simulasi korden tutup 100%, Audian 100%
KOMPARASI 2		
Simulasi korden tutup 0%, Audian 100%	Simulasi korden tutup 50%, Audian 75%	Simulasi korden tutup 100%, Audian 50%
KOMPARASI 3		
KESIMPULAN		

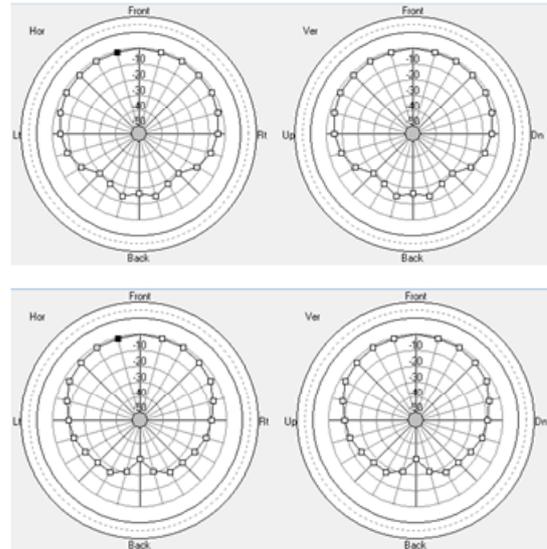
Sumber: Dokumen Penelitian, 2015

Penelitian dilakukan dalam 4 tahapan; (1) Simulasi dilakukan dengan setting sesuai kondisi eksisting, dengan kondisi jumlah audian berbeda-beda yaitu 100%, 75%, dan 50% terisi, (2) dilakukan dengan kemungkinan terbalik yaitu audian 100% dengan kombinasi korden 100%, 50% dan 0% (100% terbuka), (3) Membandingkan proporsi elemen audian dan korden untuk mengetahui kemungkinan pengaruh kemudian melakukan simulasi kombinasi substitusi jumlah audian dengan luas korden yang dibentangkan (4) hasil simulasi dikomparasi dengan tiga tahapan;

1. Komparasi variasi audian pada kondisi korden ditutup
2. Komparasi variasi korden dengan variasi jumlah audian
3. Komparasi substitusi jumlah audian dengan luas korden yang dibentangkan

Sumber Bunyi

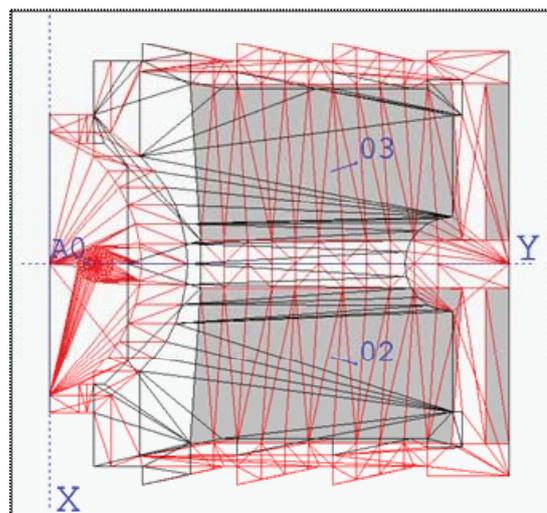
Fungsi auditorium diperuntukkan bagi kegiatan seminar (pidato) dan musik ringan tanpa penguat suara. Semua sumber bunyi berada di atas panggung. Dengan demikian pada simulasi, sumber suara ditempatkan pada tengah panggung pada ketinggian 1,6 meter setara dengan tinggi mulut rata-rata manusia. Kekuatan bunyi maximum sumber suara 90 dB setara dengan kekuatan maximum suara manusia (Kuttruff, 2009).



Gambar 3: Directivity sumber bunyi. Frekuensi 1kKz (atas) dan frekuensi 4kHz (bawah)
Sumber: CATT Acoustic v8

Titik Pengukuran

Titik pengukuran merupakan representasi dari pendengar dalam ruang. Terdapat 2 lokasi titik pengukuran. Titik pengukuran pertama berada pada titik tengah audian blok kiri, titik kedua pada titik tengah audian blok kanan. Tinggi titik pengukuran 1,15 meter setinggi telinga audian dalam posisi duduk. Arah pandang pengamat tertuju pada sumber suara atau tengah panggung. Hal ini berpengaruh pada posisi telinga terhadap sumber bunyi langsung atau bunyi pantul dari dinding dan langit-langit ruang.



Gambar 4: Posisi Speaker (A0), posisi Audian (02=audian 01, 03=audian 02)

Sumber: Model simulasi pada CATT Acoustic, 2015

Standar Nilai yang Ditinjau

Salah satu faktor utama penentu kualitas akustika ruang adalah waktu dengung ruang (RT_{60}). Waktu dengung adalah waktu yang diperlukan oleh bunyi untuk mengalami pengurangan nilai sebesar 60 dB, dan dihitung dalam satuan detik (Satwiko, 2009). Waktu dengung terlalu pendek akan menyebabkan ruangan ‘mati’, sebaliknya waktu dengung yang panjang akan memberikan suasana ‘hidup’ pada ruangan (Satwiko, 2009). Oleh karena itu standart nilai yang akan ditinjau adalah RT_{60} , meskipun dalam akustika ruang terdapat parameter ukur lainnya.

STUDI ELEMEN PEMBENTUK RUANG

Langit-langit

Auditorium tidak berbatasan langsung dengan atap, tetapi dengan lantai ruang di atasnya. Langit-langit didesain dengan bentuk flat dikombinasikan dengan *drop ceiling* dan berbahan gypsum. Langit-langit pada area panggung berbentuk datar sejajar dengan lantai sehingga menimbulkan *flutter echo* (bunyi seperti lecutan) pada sebagian kecil ruang panggung sebelah selatan. Terdapat ceruk di langit-langit panggung yang meniadakan *flutter* di area tengah.

Dinding

Dinding menggunakan pasangan bata merah dengan plester aci pada kedua sisi dan dibungkus dengan bahan penyerap bunyi di sebelah dalam ruang. Dinding depan menggunakan korden dengan sisi belakang korden berupa dinding partisi dilapisi karpet. Setengah tinggi dinding belakang menggunakan material akustik (Gambar 6) dan sisanya menggunakan karpet. Dinding kiri dan kanan didominasi jendela, sisi atas dan bawah jendela menggunakan karpet. Pada tonjolan kolom-kolom dalam ruang juga menggunakan material akustik.

Lantai

Lantai pada area audian menggunakan keramik. Secara akustika keramik merupakan pemantul bunyi. Pemilihan keramik sangat cocok untuk wilayah iklim tropis lembab karena mencegah risiko lembab dan jamur pada ruangan. Lantai panggung menggunakan

bahan parket sedangkan lantai sirkulasi antara panggung dan audian dilapisi karpet, demikian juga halnya dengan jalur antar antara blok audian kiri dan kanan menggunakan karpet.

Jendela

Bukaan berupa jendela lebar terdapat pada dua sisi bangunan, kiri dan kanan. Jendela kaca sebenarnya berpotensi untuk memasukkan cahaya alami namun pada kenyataannya lebih banyak ditutupi dengan korden kain. Tidak terdapat kait pada korden yang menandakan bahwa korden lebih sering dalam keadaan tertutup. Korden yang dapat dibuka tutup ini amat potensial untuk mengendalikan akustik bangunan, sesuai dengan kebutuhan.

Properti Akustika Material Eksisting

Dalam akustik dikenal 3 tipe material; penyerap (*absorber*), pemantul (*reflector*), dan penyebar (*diffuser*). Kombinasi ketiga material akan menghasilkan kualitas akustik ruang yang baik. Material *absorber* adalah material yang mampu merubah energi bunyi menjadi bentuk energi lainnya berupa panas atau energi mekanik. Kemampuan material tersebut diklasifikasikan dengan nilai koefisien serap bahan. Nilai 1,00 (satu) atau pada referensi lain menggunakan angka 100 mengindikasikan seluruh energi bunyi yang mengenai bidang bahan akan diserap sedangkan nilai 0,00 (nol) adalah kebalikannya. Dikarenakan ada perbedaan nilai koefisien serap, telinga manusia juga mampu mendeteksi perbedaan tersebut dengan cara yang subjektif (Tabel 2).



Gambar 5: Kondisi eksisting ruang
Sumber: Dokumen Penelitian, 2015



Gambar 6: Material akustik fabrikasi yang digunakan

Sumber: Dokumen Penelitian, 2015

Tabel 2: Evaluasi subjektif perbedaan koefisien serap oleh pendengaran manusia.

Perbedaan Koefisien Serap	Efek pada Pendengaran
< 0.10	Kecil, tak terasa
0.10 – 0.40	Terasa
> 0.40	Sangat terasa

Sumber: Egan, 1988

Pada jabaran sebelumnya telah diketahui jenis material yang terdapat dalam ruang. Luasan material dan koefisien serap dari masing masing material mempengaruhi nilai RT_{60} ruang pada kondisi eksisting. Luas dan koefisien material pada objek studi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Luasan dan koefisien serap material eksisting

No.	MATERIAL KOEFSIEN SERAP {125-250-500-1000-2000-4000}	LUAS (m ²)
1	Audience area, 1.5 persons / m ²	160
	22.00 33.00 71.00 95.00 99.00 99.00	
2	Brick walls, Plaster	11
	2.00 2.00 3.00 3.00 4.00 5.00	
3	Dinding Fas. Bata dilapis Karpas tebal	127
	2.00 6.00 14.00 37.00 60.00 65.00	
4	Fibre Acoustic Panel	65
	20.00 56.00 62.00 37.00 70.00 53.00	
5	Papan Gypsum 1/2" digantung	383
	15.00 10.00 5.00 4.00 7.00 9.00	
6	Kaca Jendela Biasa	1
	35.00 25.00 18.00 12.00 7.00 4.00	
7	Tirai sedang 0.48kg/m ² , dilipat (2 m ² menjadi 1 m ²)	30
	7.00 31.00 49.00 75.00 70.00 60.00	
8	Lantai Keramik	108
	1.00 1.00 1.00 1.00 2.00 2.00	
9	Karpas berat diatas beton	90
	2.00 6.00 14.00 37.00 60.00 65.00	
10	Lantai kayu diatas beton	36
	4.00 4.00 7.00 6.00 5.00 7.00	
11	Partisi dilapis keramik	15
	10.00 20.00 25.00 30.00 35.00 35.00	
12	Pintu Kayu solid 2"	13
	14.00 10.00 6.00 3.00 10.00 10.00	
13	Dinding Karpas podium	9
	2.00 6.00 14.00 37.00 60.00 65.00	

Sumber: Dokumen Penelitian, 2015

HASIL PEMBAHASAN

Proporsi Elemen

Berdasarkan Tabel 3, nilai selisih terkecil antara koefisien serap korden dan audian adalah 20 pada frekuensi 1kHz dan terbesar adalah 39 pada frekuensi 4kHz. Pada Tabel 2 perbedaan koefisien diatas masuk pada kategori terasa sehingga masih memberikan pengaruh pada nilai waktu dengung ruang.

Jika melihat dari proporsi luasan elemen korden 100%, 50% dan 0% dibandingkan dengan audian kombinasi 100%, 75%, dan 50% maka diasumsikan proporsi serapan energi bunyi juga saling menutupi. Luasan kombinasi dapat dilihat pada Tabel 4. Sehingga dapat diperkirakan kombinasi luasan korden akan membantu mempertahankan nilai waktu dengung di saat kondisi audian yang tidak penuh.

Tabel 4: Luasan audian dan korden pada model komparasi 3

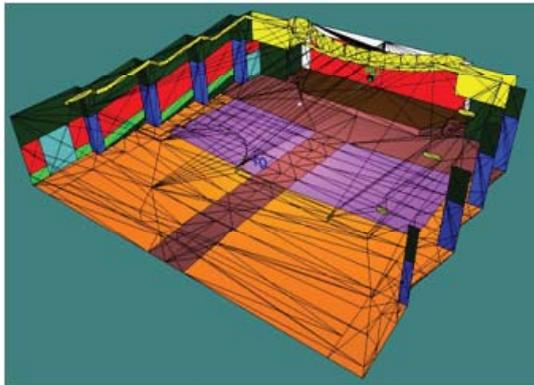
MODEL KOMPARASI 3	LUAS AUDIAN (m ²)	LUAS KORDEN (m ²)	TOTAL LUAS (m ²)
AUDIAN 50% KORDEN 100%	80	80	160
AUDIAN 75% KORDEN 50%	120	40	160
AUDIAN 100% KORDEN 0%	160	0	160

Sumber: Dokumen penelitian, 2015

Pengaruh Jumlah Audian Pada Nilai RT_{60}

Studi dilakukan pada tiga model dengan perbedaan prosentase jumlah audian. Tiga kondisi audian yaitu 100%, 75%, dan 50%. Jumlah ini direpresentasikan dalam luasan lantai yang digunakan audian dengan pendefinisian nilai koefisien serap. Pengurangan jumlah audian dimulai dari sisi belakang. Artinya pada kondisi 50% audian maka jumlah deret kursi yang ditempati adalah dari bangku terdepan hingga bangku baris tengah (Gambar 7). Kondisi elemen ruang lain sesuai dengan kebiasaan penggunaan ruang dengan korden 100% dibentangkan.

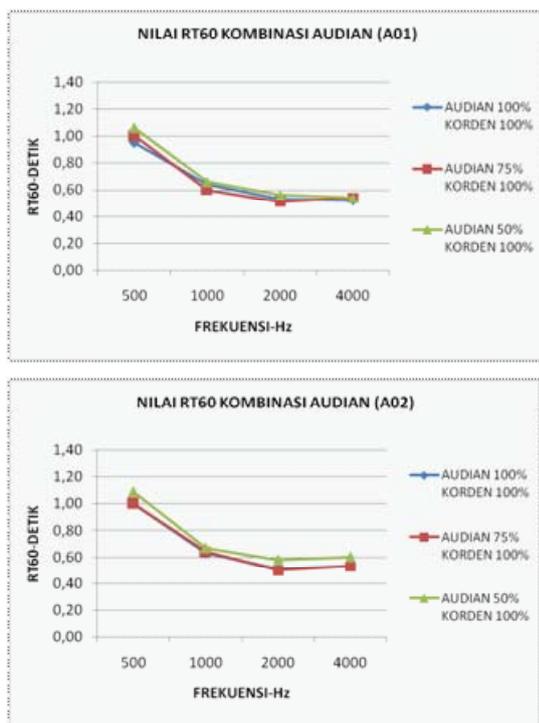
Pada Grafik 1 terlihat bahwa perubahan jumlah audian tidak menunjukkan pengaruh cukup besar terhadap perubahan nilai RT_{60} . Pada model dengan jumlah audian 75% peningkatan nilai waktu dengung pada audian 01 hanya sebesar maksimum 0,05 detik pada



Gambar 7: Modeling CATT dalam kondisi 50%, warna ungu adalah area audian
 Sumber: Model simulasi pada CATT Acoustic, 2015

frekuensi 500 Hz, sedangkan pada audian 02 maksimum 0,01 detik pada frekuensi 1kHz. Perubahan ini tidak dapat dirasakan efeknya bahkan oleh manusia dengan pendengaran yang masih sangat baik. Kondisi serupa juga terjadi pada model dengan jumlah audian 50%. Peningkatan nilai waktu dengung pada audian 01 hanya sebesar maksimum 0,11 detik pada frekuensi 500 Hz, sedangkan pada audian 02 maksimum 0,09 detik pada frekuensi 500 Hz.

Grafik 1: Perbandingan Nilai RT_{60} dengan variasi jumlah audian pada titik Audian 01 (atas) dan Audian 02 (bawah)

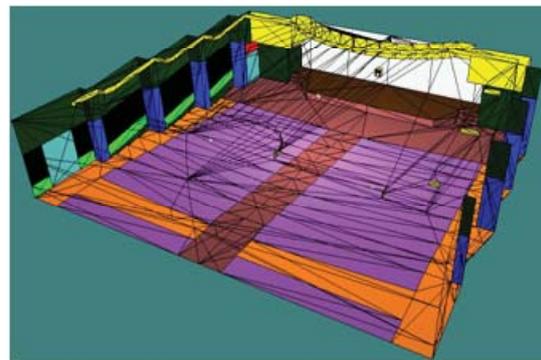


Sumber: Hasil Simulasi Penelitian, 2015

Pada Grafik 1 (atas) juga terlihat bahwa perubahan berada pada frekuensi 500 Hz sedangkan pada Grafik 1 (bawah) perubahan nilai RT_{60} terlihat pada frekuensi 500 Hz, 2kHz dan 4kHz. Hal tersebut tidak sejalan dan konsisten dengan besaran nilai koefisien serap Audian yang memiliki nilai tertinggi pada frekuensi 2 kHz dan 4kHz.

Pengaruh Perubahan Volume Korden pada Nilai RT_{60}

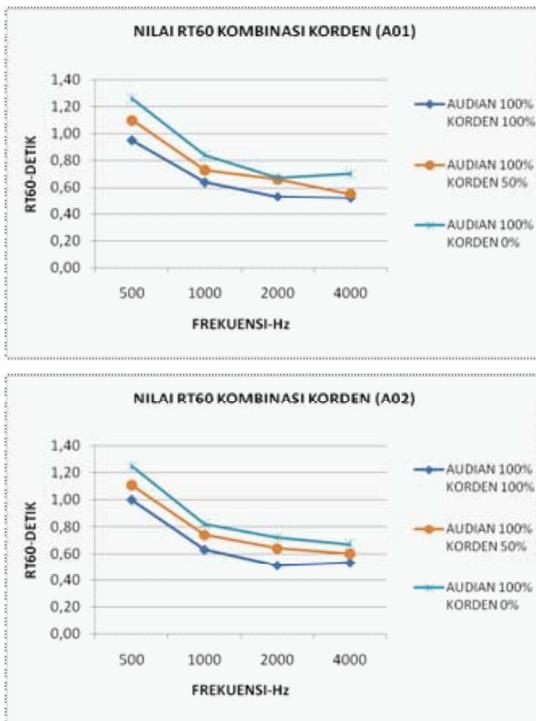
Studi kedua dilakukan pada variasi luasan korden, dengan jumlah audian yang sama yaitu 100%. Variasi luasan korden adalah 80 m² (100% dibentangkan), 40 m² (50% dibentangkan), dan 0 m² (100% tertutup). Pada Gambar 7 dapat dilihat model dengan kondisi korden 100% terbuka (merah), sedangkan pada Gambar 8 terlihat model dengan kondisi korden sepenuhnya tertutup.



Gambar 8: Model pada CATT dengan kondisi 100% audian dan 0% korden
 Sumber: Model simulasi pada CATT Acoustic, 2015

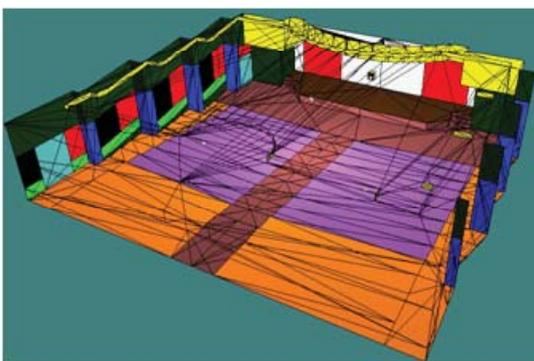
Pada Grafik 2 terlihat bahwa perubahan nilai waktu dengung terjadi dengan nilai yang cukup signifikan. Pada titik pengamatan audian 01 nilai rata-rata selisih kenaikan RT_{60} pada model korden 50% adalah 0,10 detik. Peningkatan tertinggi pada frekuensi 500 Hz sedangkan terendah pada frekuensi 4 kHz. Hal serupa juga terlihat pada titik pengamatan audian 02. Rata-rata peningkatan nilai waktu dengung sebesar 0,11 detik. Peningkatan terbesar pada frekuensi 2 kHz dan terendah pada frekuensi 4 kHz. Kedua kecenderungan diatas sejalan dengan model variasi audian namun dengan peningkatan nilai RT_{60} yang lebih signifikan.

Grafik 2: Perbandingan Nilai RT_{60} dengan variasi luas korden pada titik Audian 01 (atas) dan Audian 02 (bawah)



Sumber: Hasil Simulasi Penelitian, 2015

Kecenderungan yang sama juga teramati pada model korden terbuka 100%. Pada titik pengamatan audian 01 nilai rata-rata selisih kenaikan RT_{60} adalah 0,21 detik. Peningkatan tertinggi pada frekuensi 500 Hz sedangkan terendah pada frekuensi 4 kHz. Hal serupa juga terlihat pada titik pengamatan audian 02. Rata-rata peningkatan nilai waktu dengung sebesar 0,20 detik. Peningkatan terbesar pada frekuensi 500 Hz dan terendah pada frekuensi 4 kHz.



Gambar 9: Model pada CATT dengan kondisi 75% audian dan 50% korden

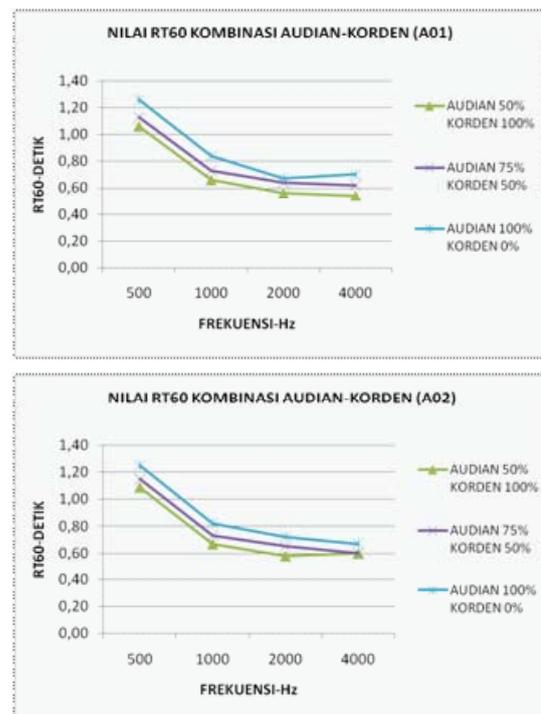
Sumber: Model simulasi pada CATT Acoustic, 2015

Kombinasi Substitusi Jumlah Audian Dengan Luas Korden

Studi ketiga dilakukan pada model dengan kombinasi substitusi pengurangan jumlah audian dengan penambahan luasan korden (Tabel 4). Model dengan kondisi audian 50% dan korden 100% terbuka dapat dilihat pada Gambar 7. Model kondisi audian 75% dan korden terbuka 50% dapat dilihat pada Gambar 9, sedangkan model dengan kondisi audian 100% terisi dan korden tidak dibentangkan dapat dilihat pada Gambar 8.

Pada Grafik 3 dapat dilihat perubahan nilai waktu dengung. Hal ini tidak sejalan dengan hipotesa awal yaitu substitusi peningkatan nilai RT_{60} karena berkurangnya jumlah audian dapat ditanggulangi dengan perubahan luasan elemen korden. Jika dibandingkan dengan model Audian 100% Korden 0% maka rata-rata perubahan nilai waktu dengung pada model Audian 75% Korden 50% sebesar 0,09 detik pada titik A01 dan 0,08 detik pada titik A02. Perubahan ini sangat tidak terasa bahkan untuk manusia dengan kondisi indra pendengaran yang masih sangat baik. Perubahan tersebut

Grafik 3: Perbandingan Nilai RT_{60} dengan variasi luas korden pada titik Audian 01 (atas) dan Audian 02 (bawah)



Sumber: Hasil Simulasi Penelitian, 2015

juga ditemui jika model Audian 75% korden 50% dibandingkan dengan model Audian 50% Korden 100%. Akan tetapi pada perbandingan pada model Audian 50% Korden 100%, selisih nilai waktu dengung sebesar rata-rata 0,16 detik pada A01 dan 0,13 detik pada A02 dapat dirasakan oleh manusia normal. Nilai selisih selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Selain menunjukkan perubahan yang tidak linear, juga terlihat pengaruh dari berkurangnya jumlah audian terhadap waktu dengung model kombinasi. Pada perbandingan dengan pengurangan jumlah audian sebesar 25% nilai waktu dengung masih cenderung stabil. Akan tetapi berbeda dengan pengurangan sebesar 50%. Hal tersebut sejalan dengan nilai koefisien serap yang lebih tinggi dibandingkan dengan koefisien serap korden. Meskipun rata-rata perubahan tertinggi sebesar 0,16 detik namun pada pendengaran normal masih dapat terdengar efeknya.

Tabel 5: Selisih nilai waktu dengung model kombinasi pada Audian 01

NO	MODEL	WAKTU DENGUNG A01				RATA-RATA SELISIH
		500	1000	2000	4000	
1	AUDIAN 100% KORDEN 0%	1.26	0.64	0.67	0.70	
	SELISIH NO 1 - NO 2	0.13	0.11	0.03	0.08	0.09
2	AUDIAN 75% KORDEN 50%	1.13	0.73	0.64	0.62	
	SELISIH NO 2 - NO 3	0.07	0.07	0.03	0.08	0.07
3	AUDIAN 50% KORDEN 100%	1.06	0.66	0.56	0.54	
	SELISIH NO 2 - NO 3	0.29	0.18	0.11	0.16	0.16

Sumber: Analisis Penelitian, 2015

Tabel 6: Selisih nilai waktu dengung model kombinasi pada Audian 02

NO	MODEL	WAKTU DENGUNG A02				RATA-RATA SELISIH
		500	1000	2000	4000	
1	AUDIAN 100% KORDEN 0%	1.15	0.64	0.72	0.67	
	SELISIH NO 1 - NO 2	0.19	0.09	0.07	0.07	0.08
2	AUDIAN 75% KORDEN 50%	1.15	0.73	0.55	0.60	
	SELISIH NO 2 - NO 3	0.06	0.06	0.07	0.00	0.05
3	AUDIAN 50% KORDEN 100%	1.09	0.67	0.48	0.60	
	SELISIH NO 1 - NO 3	0.16	0.15	0.14	0.07	0.13

Sumber: Analisis Penelitian, 2015

KESIMPULAN

Studi aplikasi variabel penyerap bunyi sederhana untuk RT_{60} frekuensi menengah atas dengan objek auditorium fakultas kedokteran UGM telah dilakukan. Diperoleh hasil bahwa (1) pengurangan jumlah audian tidak mempengaruhi signifikan (dapat dirasakan indra pendengaran) pada nilai RT_{60} meskipun koefisien serap audian tergolong sangat tinggi pada frekuensi 1 kHz sampai 4 kHz. (2) Variasi luasan korden memberikan pengaruh yang dapat dirasakan pendengaran, (3) kombinasi substitusi pengurangan jumlah audian dengan korden cukup berhasil pada pengurangan jumlah audian yang tidak signifikan. Berkurangnya jumlah audian yang tidak memberikan dampak signifikan perlu diteliti dengan menggunakan model yang lebih representatif yaitu posisi audian duduk atau berdiri untuk melihat efeknya. Proses substitusi tidak dapat dilakukan dengan hanya melihat koefisien serap dan luasan bidang yang akan didesain, pengaruh geometri ruang juga perlu diteliti. Variabel penyerap bunyi sederhana masih dapat diterapkan sejauh dengan volume substitusi yang tidak signifikan. Penerapan standar operasional (SOP) ruang juga perlu diberlakukan agar penggunaan variabel penyerap bunyi dapat berfungsi maksimal.

PUSTAKA

- Barron, M., 2010, *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, second edition, Spon Press, New York.
- Everest, A., Pohlmann, K., 2009, *Master Handbook of Acoustic*, Mc Graw Hill, New York
- Kuttruff, H., 2009, *Room Acoustics*, fifth edition, Spon Press, New York.
- Möller, H., Ruusuvoori, A., Salmensaari, O., Lindfors, O., 2008, *Designing Halls With Variable Acoustics*, Akukon Oy Consulting Engineers, Helsinki, Finland.
- Orlowski, R., 2002, *Multi-Purpose Halls and Variable Acoustics*, Arup Acoustics, St Giles Hall, Cambridge.
- Satwiko, P., 2009, *Fisika Bangunan*, edisi I, Andi, Yogyakarta.