

OPTIMASI DESAIN INTERIOR UNTUK PENINGKATAN KUALITAS AKUSTIK RUANG AUDITORIUM MULTI-FUNGSI (Studi kasus Auditorium Universitas Kristen Petra, Surabaya)

Hedy C. Indrani

Fakultas Seni dan Desain, Jurusan Desain Interior, Universitas Kristen Petra, Surabaya

Email: comelli@peter.petra.ac.id

Sri Nastiti N. Ekasiwi

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Email: nastiti@arch.its.ac.id

Wiratno A. Asmoro

Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Email: wiratno@ep.its.ac.id

ABSTRAK

Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa perancangan auditorium multi-fungsi seringkali dibuat tanpa melibatkan ahli akustik. Hal ini menyebabkan kondisi akustik tidak memadai sehingga tidak mampu menampilkan kualitas akustik (*Reverberation Time* dan *Early Decay Time*) yang baik, akibatnya penikmat merasa terganggu oleh dengung yang berlebihan dan *echo*. Hasil simulasi eksperimental menggunakan program ECOTECT v5.20, untuk meningkatkan kualitas akustik pada auditorium multi-fungsi Universitas Kristen Petra, menunjukkan bahwa penggunaan bahan absorbtif yang fleksibel dan mudah disesuaikan seperti *baffle* di plafon seluas 5% dan *drapery* di dinding seluas 25% mampu mengadaptasi karakter *speech*. Penurunan *baffle* dari plafon dan penyingkapan *drapery* di dinding serta penambahan bahan reflektif seluas 10% mampu mengadaptasi karakter *music*. Selain memenuhi kriteria desain dan akustik, kedua bahan akustik di atas dapat dipergunakan dengan praktis karena mampu mengadaptasi perubahan fungsi, memudahkan dalam pengerjaan, menghemat waktu dan tenaga kerja dalam pemasangan, terutama pada auditorium multi-fungsi yang sudah ada.

Kata kunci: auditorium multi-fungsi, optimasi desain interior, peningkatan kualitas akustik ruang.

ABSTRACT

Fields survey showed that multi-function auditorium design was done without involving acoustic expert. In this case, acoustic condition is not proper that cannot perform a good acoustic quality (*Reverberation Time* and *Early Decay Time*), as a result audiences are disturbed by over reverberation and echoes. The results of experimental simulation using the ECOTECT v5.20 program on multi-function auditorium at Petra Christian University showed that utilizing absorptive flexible material and easily adjusted such as *baffle* on the ceiling with 5% of covered area and *drapery* on the wall with 25% of covered area can adapt speech character. The dismantling of *baffle* from ceiling, the opening of *drapery* from the wall, and the adding of reflective material with 10% of covered area can adapt music character. Besides fulfilling design and acoustic criteria, both acoustic materials can be used practically for they can adapt functional changes and are also easily applied, short period and few labors consuming for implementation, mainly for existing multi-function auditorium.

Keywords: multi-function auditorium, interior design optimization, room acoustic quality.

PENDAHULUAN

Auditorium berasal dari kata *audiens* (penonton/penikmat) dan *rium* (tempat), sehingga auditorium dapat diartikan sebagai tempat berkumpul penonton untuk menyaksikan suatu pertunjukan tertentu (<http://encyclopedia.com>). Berdasarkan jenis aktivitas yang dapat berlangsung di dalamnya, maka suatu auditorium dapat dibedakan menjadi:

- Speech auditorium* yaitu auditorium mono-fungsi untuk pertemuan dengan aktivitas utama percakapan (*speech*) seperti seminar, konferensi, kuliah, dan seterusnya.
- Music Auditorium* yaitu auditorium mono-fungsi dengan aktivitas utama sajian kesenian seperti seni musik, seni tari, teater musikal, dan seterusnya. Secara akustik, jenis auditorium ini masih dapat dibedakan lagi menjadi auditorium yang menam-

pung aktivitas musik saja dan yang menampung aktivitas musik sekaligus gerak.

- c. Auditorium multi-fungsi, yaitu auditorium yang tidak dirancang secara khusus untuk fungsi percakapan atau musik saja, namun sengaja dirancang untuk mewadahi keduanya.

Adanya perbedaan aktivitas dalam setiap jenis auditorium menyebabkan tingkat pantulan bunyi untuk tiap-tiap jenis auditorium juga berbeda-beda, utamanya pada perhitungan waktu dengung. Waktu dengung (*Reverberation Time*) adalah waktu yang dibutuhkan energi bunyi untuk meluruh hingga tidak terdengar. Parameter waktu dengung (RT) auditorium berbeda-beda tergantung penggunaannya. RT yang terlalu pendek akan menyebabkan ruangan terasa ‘mati’ sebaliknya RT yang panjang akan memberikan suasana ‘hidup’ pada ruangan (Satwiko, 2004:91). RT untuk jenis *speech auditorium* disarankan berada pada 0,60-1,20 detik, sedangkan untuk *music auditorium* disarankan berada pada 1,00-1,70 detik (Egan, 1976:154). Bahan penutup bidang permukaan interior yang berkaitan dengan angka koefisien absorpsi dan refleksi, sangat berpengaruh dalam menentukan besaran RT suatu auditorium (Doelle, 1972:63).

Agar sebuah auditorium multi-fungsi dapat berfungsi maksimal bagi bermacam-macam aktivitas, maka auditorium tersebut harus memiliki bahan penutup bidang permukaan interior yang fleksibel (mudah berubah-ubah), agar selalu mampu menyajikan RT yang ideal bagi setiap aktivitas yang berbeda-beda. Bila hal ini tidak dapat terpenuhi, maka dapat dipastikan kualitas akustik bagi setiap aktivitas di dalam auditorium tidak akan optimal.

Adapun tatanan bahan penutup bidang permukaan interior yang fleksibel dapat ditempuh melalui penggunaan bahan-bahan pelapis (*finishing*) lantai, dinding, dan plafon yang secara mudah dapat diganti-ganti (fleksibel) antara yang memiliki kemampuan pantul cukup tinggi (bahan reflektif) dengan yang memiliki kemampuan pantul rendah (bahan absorbtif), atau sebaliknya. Hal ini akan menuntut desain inteior yang berbeda daripada auditorium mono-fungsi biasa.

Untuk mengoptimalkan penggunaan bahan-bahan pelapis yang telah dipilih, harus didukung pula dengan desain interior yang *adaptable* sehingga dapat mudah menyesuaikan dengan keanekaragaman aktivitas yang ada. Menurut Doelle (1972:48), sistem yang dapat dipergunakan antara lain sistem *sliding* (geser), *rolling* (gulung), buka-tutup, menggunakan plafon yang *movable*, panel berengsel, panel atau silinder yang dapat berputar, panel berlubang yang dapat bergeser, elemen segitiga yang dapat berputar, atau cara-cara penggantian mekanis lain, baik secara manual maupun elektrik.

Hasil pengamatan lapangan terhadap beberapa auditorium multi-fungsi di Surabaya memperlihatkan adanya fenomena bahwa perencanaan auditorium multi-fungsi dibuat tanpa melibatkan ahli akustik sehingga *acoustic performance* auditorium dapat dipastikan tidak mampu menampilkan kualitas akustik dengan baik, akibatnya penikmat merasa terganggu oleh dengung yang berlebihan dan *echo*. Agar *acoustic performance* tidak tampil seadanya, seharusnya auditorium memiliki bahan-bahan pelapis yang fleksibel dan desain interior yang *adaptable* dalam menghadapi keanekaragaman aktivitas. Kedua hal tersebut sangat berpengaruh terhadap perubahan kualitas akustik ruang auditorium multi-fungsi.



(a)

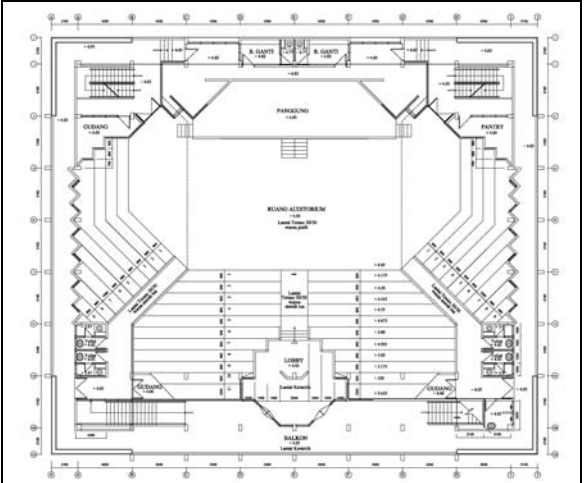


(b)

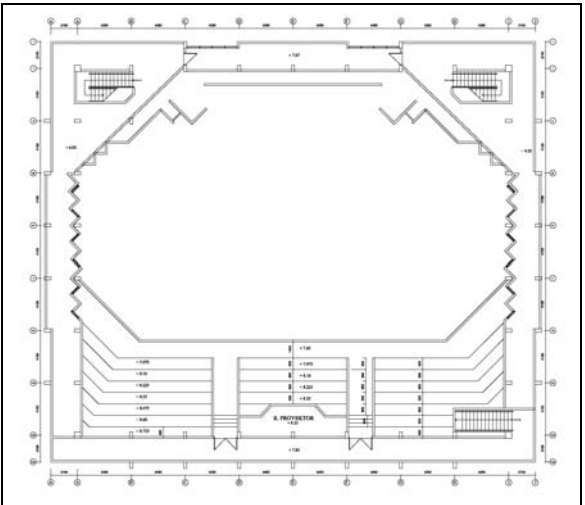
Gambar 1. Perspektif (a) dan interior ruang auditorium (b) Universitas Kristen Petra (sumber: penulis, 2006)

Fenomena yang ada dapat diamati pada Auditorium Universitas Kristen Petra, Jalan Siwalankerto 121-131, Surabaya. Pada mulanya, auditorium tersebut berfungsi untuk kegiatan-kegiatan pertemuan (*speech auditorium*), tetapi pada perkembangannya harus pula mewadahi berbagai macam aktivitas (multi-fungsi). Hall auditorium yang berbentuk

persegi panjang dan berkapasitas ± 1.300 penonton (*large auditorium*) tersebut seringkali dipergunakan untuk berbagai macam kegiatan kampus berkarakter *speech* seperti ujian penerimaan mahasiswa baru, seminar, konferensi, upacara seremonial wisuda sarjana, kuliah tamu, dan kegiatan mahasiswa berkarakter *music* seperti konser musik, kebaktian universitas, pertunjukan tarian modern, teater musikal, band kampus, paduan suara, dan sejenisnya.



(a)



(b)

Gambar 2. Denah lantai 2 (a) denah lantai 3/balkon dan (b) auditorium Universitas Kristen Petra. (sumber: penulis, 2006)

Masalah yang terjadi pada auditorium Universitas Kristen Petra adalah besaran kualitas akustik belum memenuhi persyaratan bagi sebuah auditorium multi-fungsi, karena penggunaan bahan dan desain interior yang tidak tepat, sehingga tidak mampu beradaptasi. Berdasarkan hasil penelitian awal yang telah dilakukan di lapangan, ditemukan banyak titik ukur dengan besaran RT rata-rata adalah 1,70 detik. Kondisi dengan besaran RT yang melebihi parameter

karakter *speech* (0,60-1,20 detik) dapat mempengaruhi keberlangsungan aktivitas yang berhubungan dengan *speech*, berupa dengung yang berlebihan.

Dengan adanya kasus pada auditorium Universitas Kristen Petra tersebut maka peneliti perlu meneliti permasalahan penggunaan bahan-bahan pelapis pada elemen interior (dinding, lantai, dan plafon) yang masih belum dapat memadai berbagai aktivitas yang ada, sehingga belum dapat mencapai persyaratan akustik ruang auditorium multi-fungsi. Peneliti perlu mencari solusi desain interior yang *adaptable* dengan memanfaatkan bahan-bahan pelapis bidang permukaan elemen interior (reflektif/absorbtif) untuk mengatasi setiap perbedaan jenis aktivitas yang diselenggarakan. Berdasarkan uraian di atas, maka masalah dalam penelitian adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh penggunaan bahan-bahan penutup bidang permukaan (reflektif/absorbtif) pada elemen interior seperti dinding, lantai, dan plafon terhadap kualitas akustik ruang auditorium multi-fungsi?
2. Bagaimanakah desain interior auditorium multi-fungsi yang *adaptable* sehingga dapat memadai setiap aktivitas yang berbeda-beda tetapi tetap dapat memenuhi persyaratan akustik ruang?

Untuk menjawab masalah tersebut maka dilakukan optimasi dengan perhitungan matematis dan simulasi menggunakan program ECOTECT v5.20 yang dikembangkan oleh SQUARE ONE Research Amerika, untuk mengadaptasikan auditorium mono-fungsi menjadi multi-fungsi melalui perancangan bahan-bahan pelapis yang fleksibel pada elemen interior. Selain itu, membuat rekomendasi desain interior yang *adaptable* bagi auditorium multi-fungsi sehingga dapat mengakomodasi setiap aktivitas yang berbeda-beda tetapi tetap dapat memenuhi persyaratan akustik ruang.

METODE PENELITIAN

Penelitian terdiri dari 2 (dua) tahap dengan metode yang berbeda, yaitu metode observasi (pengamatan) dan pengukuran di lapangan, sedangkan tahap kedua menggunakan metode eksperimental.

Pengamatan lapangan dilakukan terhadap beberapa auditorium multi-fungsi sejenis di Surabaya, yang mengalami fenomena perubahan fungsi dari mono-fungsi menjadi multi-fungsi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sejak semula pembangunan auditorium tidak melalui sebuah perencanaan yang baik karena ketidakterlibatan desainer akustik untuk mendesain akustik ruang auditorium. Tentu saja hal ini membuat auditorium tampil seadanya, sehingga tidak mampu melayani berbagai aktifitas dengan

optimal. Secara umum, hal ini dapat dilihat dari pemakaian bahan-bahan penutup (reflektif/absorbtif) pada elemen interior (dinding, lantai, maupun plafon) yang kurang menguntungkan. Selain itu, penampilan desain interior yang ada tidak mampu mengadaptasi aktivitas multi-fungsi sehingga berakibat tidak terpenuhinya kualitas akustik ruang dan dapat dipastikan berbagai aktivitas yang terjadi di dalam auditorium tidak dapat berlangsung dengan baik.

Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, maka dilakukan penelitian pada auditorium sejenis yaitu auditorium Universitas Kristen Petra dengan *occupancy* ruang ± 1.300 orang. Adapun spesifikasi dari auditorium tersebut yaitu auditorium tergolong tipe *large auditorium* (kapasitas >1.000 orang), menggunakan *reinforcement system* (sistem penguatan bunyi), jenis tempat duduk *hard-backed* (sandaran keras) dengan sistem *ramped/ranked seat* (tempat duduk bertingkat).

Pengukuran lapangan dilakukan melalui 3 (tiga) tahapan yaitu pengukuran *back ground noise* sebagai landasan aras pengukuran bagi distribusi suara (TTB), respon impuls berupa RT dan cacat akustik di dalam auditorium multi-fungsi. Pengukuran *background noise level* dilakukan pada waktu siang hari (*traffic peak hour*), dalam kondisi peralatan mekanikal/elektrikal ruang dioperasikan, dan *speaker* tidak digunakan. Hal tersebut dilakukan agar diperoleh *level* yang maksimal.

Pengukuran *background noise level* dilakukan pada 12 titik ukur (8 titik di lantai dasar dan 4 titik di lantai balkon). Penetapan ke-12 titik ukur didasarkan pada standar ISO 3382. Alat ukur yang digunakan adalah *Sound Level Meter* (SPL) merek Rion tipe NL-31. Hasil pengukuran *background noise level* berupa *Noise Criteria* (kriteria kebisingan) berguna sebagai dasar bagi pengukuran selanjutnya yaitu distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB).

Distribusi TTB diukur dengan menggunakan alat pembangkit suara buatan yaitu *Sound Power Source* tipe 4205 dan *Sound Source* HP 1001 yang telah ditentukan frekuensinya 125 Hz sampai dengan 4 kHz (1 oktaf), serta aras pengukurannya berdasarkan hasil pengukuran *background noise level* ruang. Suara yang dihasilkan *Sound Power Source* diukur dengan alat ukur *Sound Level Meter* merek Rion tipe NL-31 untuk mendapatkan TTB pada masing-masing titik ukur. Dari pengukuran TTB diketahui sejauh mana distribusi suara pada area tempat duduk penonton di lantai dasar maupun balkon dengan kondisi *background noise level* yang ada. Jika distribusi belum merata, perlu diberikan tambahan reflektor untuk menyempurnakannya.

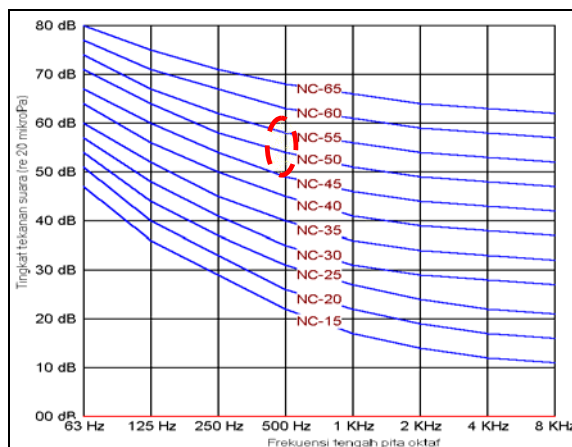
Pengukuran respon impuls ruang yaitu *Reverberation Time* (RT) diperoleh dengan cara memecahkan balon dengan standar besaran balon berdiameter 30 cm dan suara yang diterima oleh alat ukur *Sound Level Meter* merek Rion tipe NL-31

kemudian dipakai sebagai input ke dalam program komputer dengan *soundcard* untuk diperoleh RT pada tiap-tiap titik ukur (sebanyak 12 titik ukur) yang telah ditetapkan. Hasil sinyal rekaman berupa tampilan grafik respon impuls yang dianalisa lebih lanjut dengan menggunakan bantuan *software Adobe Audition 1.5* dan *Sample Champion ver 3.0*. Ada parameter respon impuls lain yang dihasilkan dari program ini selain RT, yaitu cacat akustik yang disimbolkan dengan besaran EDT, D50, C50, C80 dan TS. Parameter-parameter tersebut berguna untuk pengukuran karakter *speech* maupun *music*. Hasil pengamatan dan pengukuran ketiga parameter akustik ruang di atas (NC, TTB, dan respon impuls ruang) dapat dipergunakan sebagai landasan dalam melakukan pekerjaan eksperimen selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Lapangan

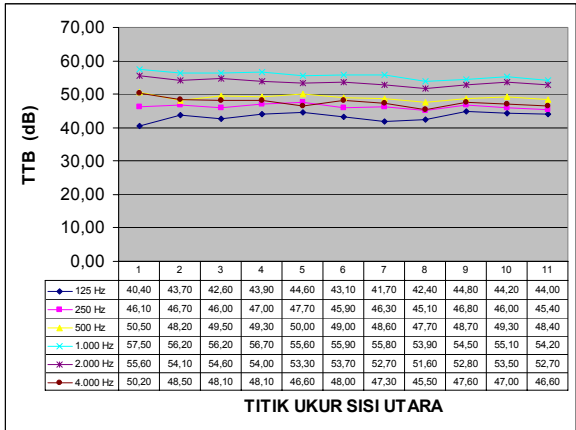
Berdasarkan hasil pengukuran parameter akustik ruang yaitu *back ground noise level*, Tingkat Tekanan Bunyi (TTB), dan respon impuls ruang maka dapat disimpulkan bahwa auditorium multi-fungsi Universitas Kristen Petra memiliki *ambient noise* (latar belakang kebisingan) pada *range* antara 51.9-59.2 dBA dan diperoleh nilai NCmid >45 . Adapun nilai standar NC untuk *large auditorium* adalah NC <25 (Baron, 1972).



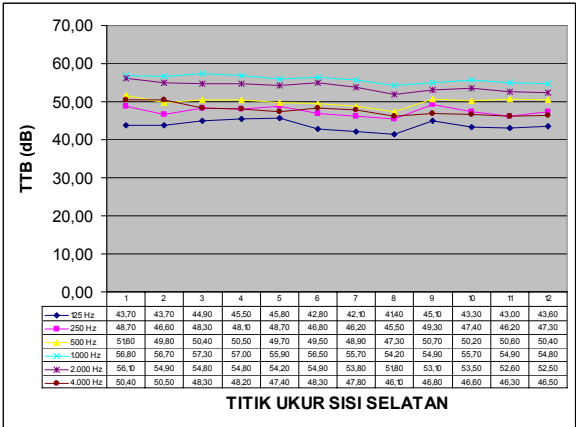
Gambar 3. Kurva Noise Criteria (NC) auditorium UK. Petra (sumber: analisis penulis, 2007)

Dengan demikian, kondisi tingkat kebisingan dalam auditorium multi-fungsi Universitas Kristen Petra belum dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai ruang pertunjukan, karena *background noise* (bising latar belakang) yang terlalu tinggi. Bising yang masuk ke dalam ruang berasal dari 12 unit *outdoor (condensing)* AC yang diletakkan di sisi dinding utara dan selatan lantai 3 (balkon).

Hasil pengukuran distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) pada ruang auditorium sudah *uniform* (merata), di mana perbedaan tingkat tekanan bunyi pada satu titik ukur dengan titik ukur yang terjauh kurang dari 6 dB (Asmoro, 2006). Hal tersebut dapat dilihat pada grafik hasil rekapitulasi distribusi TTB auditorium dengan mengambil titik ukur pada sisi utara maupun selatan menunjukkan garis yang stabil.



(a)



(b)

Gambar 4. Grafik rekapitulasi distribusi TTB auditorium U.K. Petra dengan mengambil titik ukur pada sisi utara (4a) dan sisi selatan (4b) (sumber: analisis penulis, 2006)

Berdasarkan tabel 1, hasil respon impuls ruang auditorium U.K. Petra terutama untuk aktivitas yang berkarakter *speech* masih belum dapat memenuhi persyaratan kenyamanan akustik. Hasil analisa pengukuran waktu dengung (RT) dan EDT rata-rata pada keseluruhan frekuensi sebesar 1,70 detik dinilai cukup ideal untuk mewadahi aktifitas berkarakter *music*, namun belum memenuhi karakter *speech*. Nilai D50 auditorium rata rata sebesar 35,69% pada rentang frekuensi 1/1 oktaf, masih di bawah nilai ideal dan memiliki nilai kejelasan pembicaraan yang dipahami pendengar (*Speech Intelligibility*) antara 80% – 90% termasuk kategori cukup. Hal ini disebabkan sedikitnya energi suara yang termanfaatkan. Energi suara yang berada dalam auditorium memerlukan waktu cukup sedikit untuk dapat meluruh sehingga nilai energi total yang terjadi dalam ruangan menjadi kecil. Untuk itu, perlu diusahakan guna meningkatkan karakter *speech* menjadi >90% (bagus/sangat bagus) dengan menambahkan bahan-bahan interior yang bersifat absorben.

Dilihat dari parameter *Clarity-C50*, didapatkan nilai rata-rata sebesar -2.691 dB sehingga kondisi percakapan (*speech*) yang ada juga dikategorikan kurang bagus karena belum memenuhi standar $C50 > 6$ dB (Ribeiro, 2002). Hal ini disebabkan energi suara yang ada setelah 50 ms masih cukup besar jika dibandingkan dengan energi suara sebelum 50 ms, akibatnya nilai *clarity* yang dihasilkan menjadi sangat kecil bahkan memiliki nilai negatif yang cukup besar, padahal tingkat kejelasan pembicaraan dapat bernilai baik jika $C50 > 6$ dB.

C80 sebesar -0,025 dB sudah dapat memenuhi standar kualitas akustik karakter *music* yaitu $-2 < C80 < +4$ (Ribeiro, 2002). Untuk parameter *Centre Time* (TS) memiliki nilai rata-rata sangat besar yaitu 127 ms dari nilai idealnya $TS < 80$ ms (Ribeiro, 2002) sehingga belum dapat memenuhi standar kenyamanan akustik baik karakter *speech* maupun *music* yang diinginkan.

Tabel 1. Penilaian Kinerja Ruang Auditorium ditinjau dari Parameter Objektif

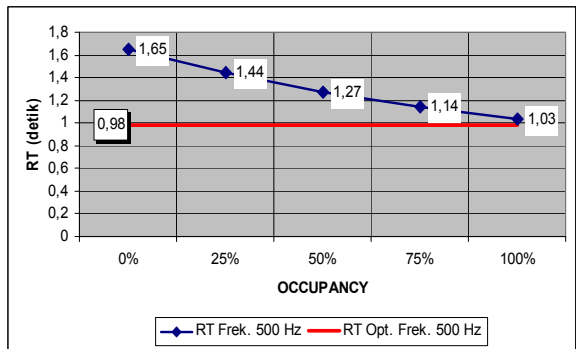
AUDITORIUM UNIVERSITAS KRISTEN PETRA			
Karakter <i>Speech</i>		Karakter <i>Music</i>	
RTmid = 1.679 detik	Belum memenuhi	RT mid = 1.679 detik	Sudah memenuhi
Standar: $0,85 < RTmid < 1,30$		Standar: $1,30 < RTmid < 1,83$	
EDTmid = 1.684 detik	Belum memenuhi	EDT mid audit = 1,684 detik	Sudah memenuhi
Standar: $0,648 < EDTmid \leq 0,81$		Standar: $1,04 < EDTmid \leq 1,76$	
Definition (D50) = 35,69%	Belum memenuhi	Clarity (C80) = -0,026 dB	Sudah memenuhi
Standar: $D50 \geq 70-80\%$		Standar: $-2 < C80 < +4$ dB	
Clarity (C50) = -2,691 dB	Belum memenuhi	Centre Time (TS) = 127 ms	Belum memenuhi
Standar: $C50 > 6$ dB		Standar: $TS < 80$	

Sumber: analisis penulis, 2007

Dengan melihat kondisi eksisting (tabel 1), auditorium U.K. Petra lebih memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai auditorium *music* daripada *speech*, walaupun sebenarnya belum bisa dikatakan ideal untuk suatu ruang konser dengan RT sebesar 2,2 detik. Dengan demikian, untuk pemecahan masalah desain akustik terutama peningkatan karakter *speech* perlu kembali memperhatikan *background noise level*, penggunaan bahan-bahan absorbtif, letak, dan luasan bahan pada bidang permukaan elemen interior yang memiliki luasan besar sehingga dapat meningkatkan kualitas RT dan EDT. Kedua parameter tersebut juga mempengaruhi kualitas parameter objektif D50, C50, dan TS. Untuk karakter *music*, jika standar yang digunakan hanya untuk drama musikal dan konser dengan RT sebesar 1,70 detik, maka tidak perlu dilakukan perlakuan khusus, karena RT di lapangan sudah cukup memenuhi. Namun, jika kualitas karakter *music* masih ingin ditingkatkan untuk aktivitas konser musik, paduan suara, band kampus, dan sejenisnya, maka kondisi RT dapat ditingkatkan menjadi 1,7-2,2 detik, dengan cara memodifikasi peletakan bahan absorptif/reflektif sehingga mudah dibongkar-pasang (*mobile*).

Hasil Simulasi Optimasi Akustik

Kondisi eksisting auditorium menunjukkan bahwa RT pada *occupancy* 0% (1,65 detik) hingga 100% (1,03 detik) belum dapat memenuhi persyaratan kualitas akustik untuk karakter *speech* ($0,85 \leq T_{mid} \leq 0,98$) sehingga terjadi dengung yang tidak diinginkan. Kondisi eksisting lebih mendekati persyaratan kualitas akustik karakter *music* ($1,70 \leq T_{mid} \leq 2,20$) karena dengung yang panjang berguna untuk karakter *music*.



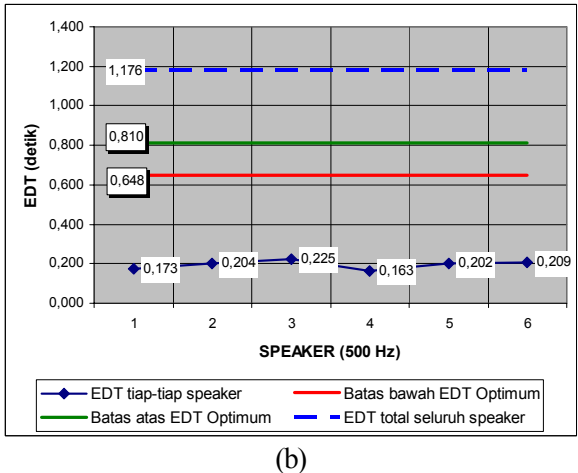
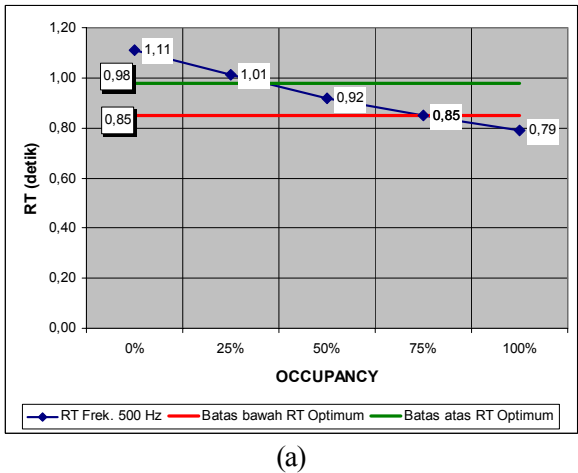
Gambar 5. Diagram hasil rekapitulasi simulasi awal RT eksisting untuk 5 (lima) macam *occupancy* (sumber: analisis penulis, 2007)

Perhitungan dan simulasi optimasi menggunakan program ECOTECT v5.20 menunjukkan bahwa peningkatan kualitas akustik (RT dan EDT) dapat dilakukan dengan membuat desain interior tertentu.

Adapun desain yang direkomendasikan meliputi jenis bahan, letak, dan luasan bahan pada elemen interior, serta *occupancy* ruang yang dapat mengoptimalkan kualitas akustik karakter *speech* maupun *music*.

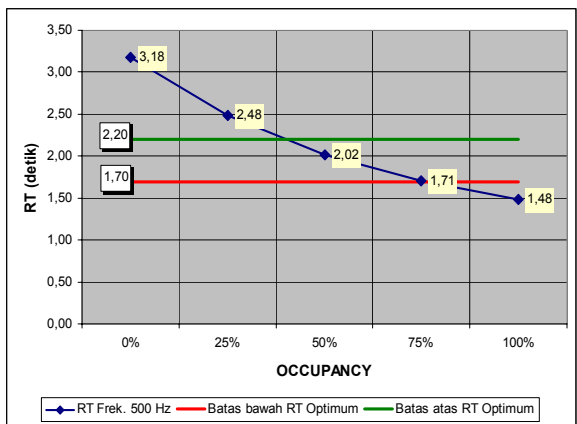
a. Jenis Bahan Interior

Dalam peningkatan kualitas akustik karakter *speech*, kombinasi penggunaan bahan-bahan absorber produk luar negeri dengan kualitas bahan yang lebih stabil dan terandalkan seperti *baffle* yang tidak dicat (*baffle*: 3” *unpainted* dengan $\alpha = 1,20$) dan tirai berat terlipat (*drapery*: 14 oz/yd², 476 g/m², *pleated* 50% dengan $\alpha = 0,49$) dapat menghasilkan total koefisien serapan ruang yang tinggi yaitu 0,281. Dengan koefisien serap tersebut, kualitas akustik yang dihasilkan adalah paling baik ($0,85 \leq T_{mid} \leq 0,98$ detik dan EDT = 1,176 detik) sehingga menunjukkan ketajaman *speech* dan dengung yang tidak berlebihan (gambar 6a dan 6b).

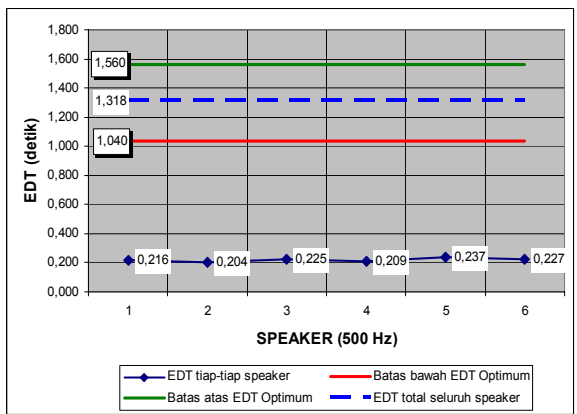


Gambar 6. Kurva RT (6a) dan EDT (6b) hasil kombinasi bahan absorber produk luar negeri berbentuk *baffle*: 3” *unpainted* ($\alpha = 1,20$) dan *drapery*: 14 oz/yd², 476 g/m², *pleated* 50% ($\alpha = 0,49$) menghasilkan peningkatan kualitas akustik karakter *speech* (sumber: analisis penulis, 2007)

Peningkatan kualitas akustik berkarakter *music* dilakukan dengan cara melepas kembali bahan-bahan absorber seperti *baffle* yang tidak dicat (*baffle*: 3'' *unpainted*) di plafon, menyingkap tirai berat terlipat (*drapery*: 14 oz/yd², 476 g/m², *pleated* 50%) di dinding, termasuk melepas tirai pada dinding panggung sehingga terlihat *framed plaster board* ($\alpha = 0,10$), melepas tirai jendela (lantai 2) sehingga terlihat *single glazed aluminium frame* ($\alpha = 0,03$), melepas tirai jendela (lantai 3) sehingga terlihat *double glazed aluminium frame* ($\alpha = 0,04$) dan melepas karpet pada wilayah 1/3 area tempat duduk penonton (lantai 2) sehingga terlihat *concrete floor tile suspended* ($\alpha = 0,02$).



(a)



(b)

Gambar 7. Kurva RT (7a) dan EDT (7b) hasil kombinasi bahan reflektif seluas 11,82% pada lantai dan dinding mampu menghasilkan peningkatan kualitas akustik karakter *music* (sumber: analisis penulis, 2007)

Perhitungan dengan kondisi tersebut menghasilkan koefisien serapan ruang sebesar 0,113 dan mampu menghasilkan kualitas akustik paling baik ($1,70 \leq T_{mid} \leq 2,20$ detik dan EDT = 1,318 detik), sehingga diperoleh dengung panjang yang dibutuhkan dan menghindari *echo* (gambar 7a dan 7b).

Hal ini sesuai dengan pendapat Doelle (1972) bahwa koefisien absorpsi bahan tertentu sangat menentukan perubahan kualitas akustik ruang. Bahan-bahan absorbtif dengan total koefisien penyerapan tinggi ($\alpha > 0,2$) dipergunakan untuk peningkatan kualitas akustik berkarakter *speech*, sedangkan bahan-bahan reflektif dengan total koefisien penyerapan rendah ($\alpha < 0,2$) dipergunakan untuk peningkatan kualitas akustik berkarakter *music*.

b. Letak dan Luasan Bahan Interior

Dalam peningkatan kualitas akustik berkarakter *speech* maupun *music*, peletakan bahan (absorbtif/ reflektif) pada luasan bidang permukaan elemen interior yang tepat juga perlu mendapat perhatian.

Untuk menghasilkan ketajaman *speech* dan dengung yang tidak berlebihan, bahan absorber berbentuk *baffle* yang tidak dicat (*baffle*: 3'' *unpainted* berukuran 0,60 x 1,20 m) yang dapat berfungsi bolak-balik harus ditempatkan pada lokasi 2/3 bagian plafon (di atas tempat duduk penonton) seluas 4,64% dan tirai berat terlipat (*drapery*: 14 oz/yd², 476 g/m², *pleated* 50%) di dinding seluas 25,86%.

Untuk memperoleh dengung yang cukup panjang dan menghindari *echo*, *baffle* yang tidak dicat (*baffle*: 3'' *unpainted*) dilepas dari plafon dan tirai berat terlipat (*drapery*: 14 oz/yd², 476 g/m², *pleated* 50%) disingkap dari dinding sekeliling tempat duduk penonton serta menambahkan luasan bidang-bidang reflektif sebesar 11,82% dengan cara melepas tirai pada dinding panggung, tirai jendela (lantai 2 dan 3), dan karpet pada wilayah 1/3 area tempat duduk penonton (lantai 2).

Hal ini sesuai dengan pendapat Doelle (1972) bahwa penempatan bahan-bahan absorbtif pada wilayah dinding sekeliling tempat duduk penonton, 2/3 wilayah lantai dan plafon area tempat duduk penonton dapat menghasilkan peningkatan kualitas akustik karakter *speech*, sedangkan penggunaan bahan-bahan reflektif pada wilayah dinding panggung yang mengarah ke penonton, serta 1/3 wilayah lantai dan plafon dapat menghasilkan peningkatan kualitas akustik karakter *music*.

c. Aplikasi Desain Interior

Mengingat hasil pengukuran *background noise* yang menghasilkan NC>45 (kriteria kebisingan tinggi) maka auditorium U.K. Petra harus menggunakan *reinforcement system* (sistem penguatan bunyi). Hal tersebut dimaksudkan agar suara tidak ‘teng-gelam’ ke dalam *ambient noise* (latar belakang kebisingan) yang relatif tinggi. Untuk itu, perlu didukung dengan aplikasi desain interior tertentu agar

dapat mengoptimalkan penggunaan bahan-bahan yang telah dipilih.

- Jika tidak mempertimbangkan biaya, jenis bahan absorber produk luar negeri merupakan bahan akustik dengan sistem modular yang dapat dipergunakan dengan praktis dan mudah beradaptasi dengan kebutuhan aktivitas yang berbeda-beda, sehingga dapat menghasilkan kualitas akustik paling baik
- Aplikasi desain bahan absorber berbentuk *baffle* dengan sistem gantung pada plafon menggunakan komponen *anchor eye*, *corkscrew hanger*, dan tali penggantung (senar berdiameter 1,5 mm) dengan komposisi *egg crate pattern*, dapat mengoptimalkan total koefisien penyerapan bahan. Hal ini sesuai dengan pendapat Egan (1988) dan Templeton (1993) melalui grafik perbandingan koefisien penyerapan bahan absorber berbentuk *baffle*, di mana pola *egg crate pattern* dipastikan menghasilkan total koefisien penyerapan bahan paling baik.
- Aplikasi desain bahan absorber berbentuk *drapery* dengan sistem gantung di dinding dan diberi jarak 20 cm dari dinding menghasilkan koefisien penyerapan bahan paling baik. Hal ini sesuai dengan pendapat Templeton (1993) bahwa penempatan *drapery* dengan diberi jarak ≥ 15 cm dari dinding dipastikan menghasilkan total koefisien penyerapan bahan paling baik.

Dengan demikian, pendapat Doelle (1972) yang menyatakan bahwa untuk mengubah koefisien penyerapan dapat menggunakan plafond yang *movable* (dapat dinaik-turunkan), panel berengsel, panel atau silinder yang dapat berputar, panel berlubang yang dapat bergeser, atau elemen segitiga yang dapat berputar, tidak dapat diaplikasikan ke dalam gedung auditorium multi-fungsi yang telah ada, karena sudah tidak efisien lagi dari segi biaya maupun pengerjaan di lapangan. Aplikasi desain tersebut dapat dilakukan jika auditorium multi-fungsi masih dalam tahap perancangan.

d. Occupancy Ruang

Selain bahan, letak, dan luasannya pada elemen interior, besaran *occupancy* ruang auditorium juga berpengaruh dalam peningkatan kualitas akustik ruang, baik untuk karakter *speech* maupun *music*.

Peningkatan kualitas akustik karakter *speech* terjadi melalui kombinasi penggunaan bahan absorber berbentuk *baffle* yang tidak dicat (*baffle*: 3" *unpainted*) pada plafon seluas 4,64% (64 *baffle*) dan tirai berat terlipat (*drapery*: 14 oz/yd², 476 g/m², *pleated* 50%) pada dinding Utara-Selatan dan Timur-Barat seluas 25,86% dengan *occupancy* ruang sebesar 35% – 75%. Ketajaman *speech* dan dengung yang tidak berlebihan dapat diperoleh dengan *occupancy* ruang antara 455 – 975 orang saja.

Peningkatan kualitas akustik karakter *music* terjadi dengan cara melepas *baffle* yang tidak dicat (*baffle*: 3" *unpainted*) dari plafon dan tirai berat terlipat (*drapery*: 14 oz/yd², 476 g/m², *pleated* 50%) dari dinding, serta menambahkan luasan bidang reflektif sebesar 11,82% dengan cara melepas tirai pada dinding panggung, jendela (lantai 2 dan 3), dan karpet pada lantai keramik wilayah 1/3 area tempat duduk penonton (lantai 2), serta *occupancy* ruang hanya sebesar 40% – 75%. Dengung panjang yang diinginkan dapat diperoleh jika *occupancy* ruang antara 520 – 975 orang saja. Selebihnya, akan terjadi penurunan kualitas akustik, karena ruangan terasa 'mati' akibat dengung yang terlalu pendek atau sebaliknya akan terjadi dengung yang berlebihan dan *echo*.

Hal ini sesuai dengan pendapat Doelle (1972) yang menyatakan bahwa batasan *occupancy* ruang untuk memenuhi kualitas akustik minimal 33%-50%. Di mana peningkatan *occupancy* ruang akan menurunkan waktu dengung disebabkan oleh koefisien penyerapan dari penonton bertambah besar sehingga dapat terjadi dengung yang terlalu pendek, sebaliknya pengurangan *occupancy* akan meningkatkan waktu dengung disebabkan oleh koefisien penyerapan dari penonton berkurang sehingga dapat terjadi dengung yang berlebihan.

KESIMPULAN

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa *back ground noise level* auditorium Universitas Kristen Petra memiliki kriteria kebisingan tinggi dengan NCmid >45. Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) pada ruang auditorium sudah *uniform* (merata). Respon impuls ruang menunjukkan bahwa auditorium lebih memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai auditorium *music* daripada *speech*, walaupun sebenarnya belum bisa dikatakan ideal untuk suatu ruang konser dengan waktu dengung (RT) sebesar 2,2 detik. Dengan demikian, perlu dilakukan penyesuaian untuk meningkatkan kualitas akustik, baik aktivitas berkarakter *speech* maupun *music*. Adapun kriteria desain yang dapat direkomendasikan untuk auditorium sejenis meliputi jenis bahan, letak, dan luasan bahan pada elemen interior, serta *occupancy* ruang, sedangkan bentuk (geometri ruang) dan volume ruang belum dapat direkomendasikan mengingat keterbatasan program ECOTECT v5.20.

Untuk mengadaptasi aktivitas berkarakter *speech*, auditorium harus mencapai nilai koefisien serapan ruang yang tinggi dengan cara memperluas bidang serapan pada elemen interior seoptimal mungkin. Untuk itu, kombinasi penggunaan bahan absorber berbentuk *baffle* dengan karakteristik bahan lembut, berpori, bertekstur, tidak berwarna, memiliki koefisien serapan tinggi, digantung di lokasi 2/3 bagian plafon (di atas tempat duduk penonton) seluas

5% dan *drapery* dengan karakteristik bahan tebal, berat, dan disusun terlipat 50%, di dinding sekeliling penonton seluas 25%, mampu meningkatkan ketajaman *speech* sebesar 75%-100% serta mereduksi *echo* sebesar 50%. Hal ini berlaku untuk *occupancy* ruang sebesar 35%-75% dengan tipe kursi eksisting yaitu *hard-backed seat*.

Sebaliknya, untuk mengadaptasi aktivitas ber-karakter *music* maka penurunan *baffle* di plafon dan penyingkapan *drapery* di dinding serta penambahan 10% bahan reflektif pada bidang permukaan elemen interior dapat meningkatkan dengung yang panjang sebesar 30% sehingga mencapai optimum serta mereduksi *echo* hingga 100%. Hal ini berlaku untuk *occupancy* ruang sebesar 40%-75% dengan tipe kursi eksisting *hard-backed seat*.

Selain memenuhi kriteria desain dan akustik, kedua bahan akustik di atas dapat dipergunakan dengan praktis karena mampu mengadaptasi perubahan fungsi (*adaptable*) serta memudahkan dalam pengerjaannya, menghemat waktu dan tenaga kerja di lapangan, utamanya bagi auditorium multi-fungsi yang sudah ada. Namun, pekerjaan bongkar/pasang bahan-bahan akustik ini tidak dapat dilakukan secara tiba-tiba ditengah-tengah acara/pertunjukan sedang berlangsung karena aplikasi desain tidak bersifat mekanik, sehingga diperlukan persiapan di awal kegiatan.

PERSEMBAHAN

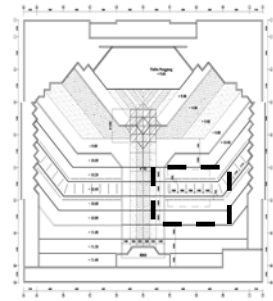
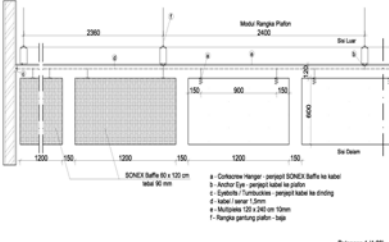
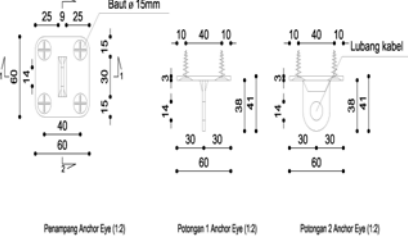
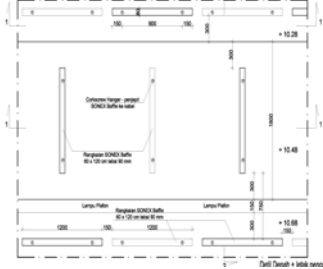
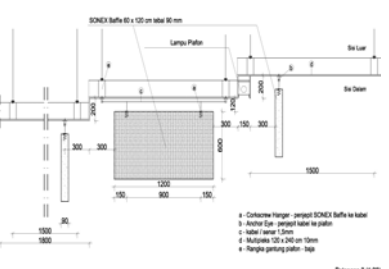
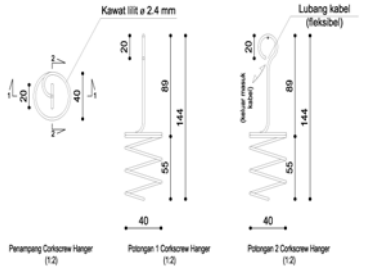
Tulisan ini didedikasikan untuk Prof. Ir. Mas Santosa, M.Sc., Ph.D., atas bimbingan dan masukan yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

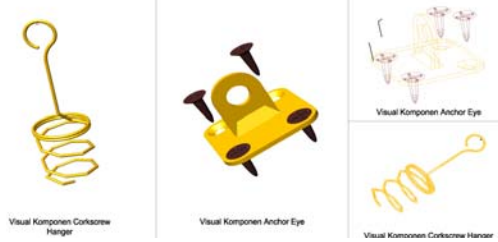
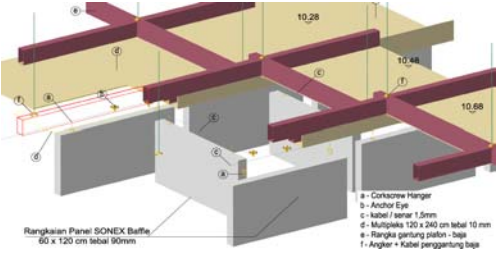
- Asmoro, W.A., Analisa Signal to Noise Ratio Berkaitan dengan Speech Intelligibility pada Ruang Auditorium, *Jurnal Teknik Fisika*, Vol. 1, Februari 2006. 2006, hal. 7-14.
- Baron, M., *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. E & FN Spon, London, 1972.
- Doelle, L.L., *Environtmental Acoustic*, McGraw-Hill Publishing Company, New York. 1972.
- Egan, M. D., *Concept in Architectural Acoustics*. McGraw Hill, Inc. United States of America, 1976.
- _____, *Architectural Acoustics*. McGraw-Hill Publishing Company, New York., 1988.
- Ribeiro, M.R.S., *Room Acoustic Quality of A Multi-purpose Hall: A Case Study*, Centro de Estudos do Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2002.
- Sieben, G.W., Gold, M.A., Ten Ways to Provide a High Quality Acoustical Environment in School. *Journal Acoustic Vol. 31*. 2000, pp. 376-384.
- Templeton, D., *Acoustics in The Built Environtment*. Butterworth-Heinemann Ltd. London, England. 1993.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Aplikasi desain interior menggunakan bahan absorber berbentuk *baffle*: 3'' *unpainted* di plafon

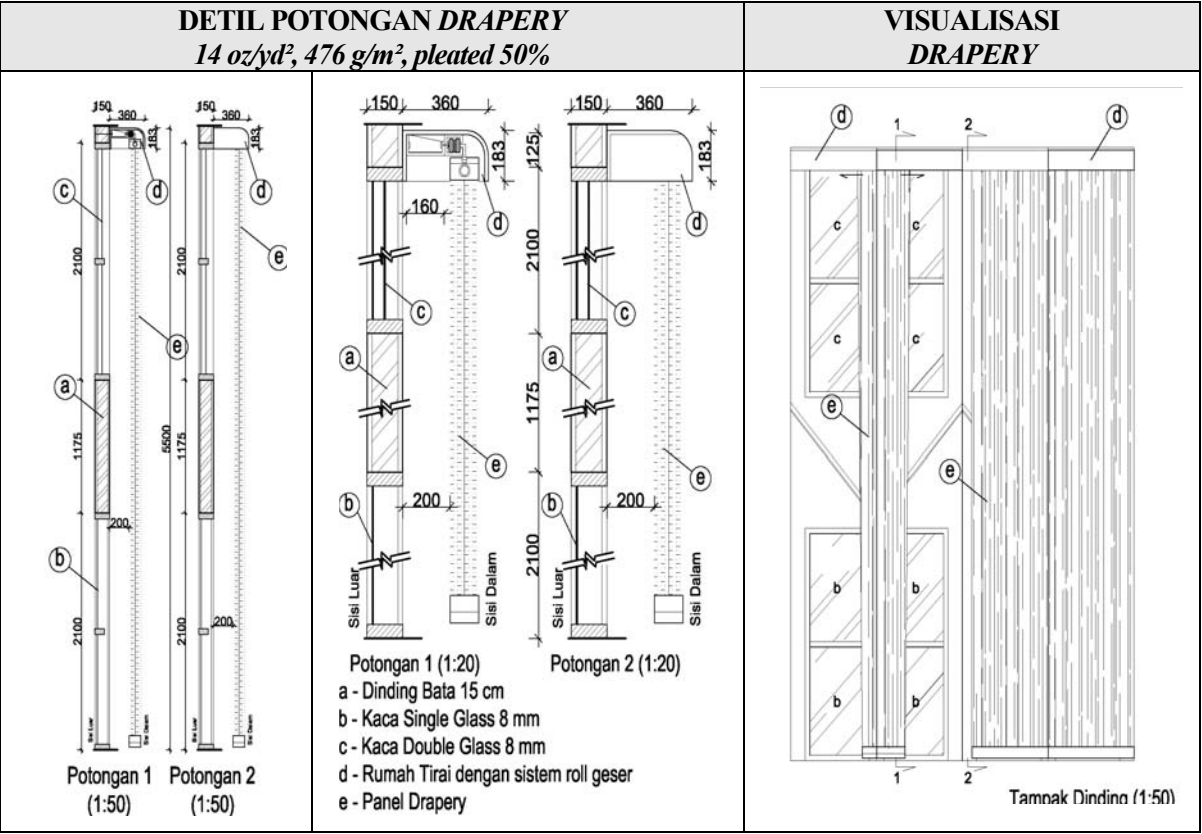
DENAH PLAFON	DETIL <i>BAFFLE</i>	DETIL KOMPONEN <i>BAFFLE</i>
 Denah Plafon dan Penempatan SONEX Baffle	 Potongan Utara-Selatan	 <i>Anchor Eye</i>
 <i>Egg Crate Pattern</i>	 Potongan Timur-Barat	 <i>Corkscrew Hanger</i>

Lampiran 2. Visualisasi bahan absorber berbentuk *baffle* di Plafon

VISUALISASI KOMPONEN <i>BAFFLE</i>	 Visual Komponen Corkscrew Hanger Visual Komponen Anchor Eye Visual Komponen Corkscrew Hanger	Detil <i>Anchor Eye</i> dan <i>Corkscrew Hanger</i>
VISUALISASI <i>BAFFLE</i> DI PLAFON	 Rangkaian Panel SONEX Baffle 60 x 120 cm tebal 90mm a - Corkscrew Hanger b - Anchor Eye c - kabel 1 seker 1,5mm d - Multiplex 120 x 240 cm tebal 10 mm e - Rangka gantung plafon - baja f - Angker - Kabel penggantung baja	Detil <i>Baffle</i> digantung pada plafon dengan <i>egg crate pattern</i>
VISUALISASI DESAIN INTERIOR		Perspektif penempatan <i>Baffle</i> digantung di plafon

(Sumber: penulis, 2007)

Lampiran 3. Aplikasi desain interior menggunakan bahan absorber *drapery*: 14 oz/yd², 476 g/m², *pleated 50%* di dinding



Sumber: penulis, 2007