ANALISIS KINERJA AKUSTIK PADA RUANG AUDITORIUM MULTIFUNGSI

Studi kasus: Auditorium Universitas Kristen Petra, Surabaya

Hedy C. Indrani
Jurusan Desain Interior, Fakultas Seni dan Desain,
Universitas Kristen Petra, Surabaya
E-mail: cornelli@peter.petra.ac.id

Sri Nastiti N. Ekasiwi
Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
e-mail: nastiti@arch.its.ac.id

Wiratno A. Asmoro
Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
e-mail: wiratno@ep.its.ac.id

ABSTRAK

Suatu pertunjukan dapat dinikmati dengan nyaman atau sebaliknya, sangat tergantung pada kualitas akustik ruang. Kinerja akustik ruang auditorium dapat dinilai berdasarkan parameter objektif yang meliputi bising latar belakang (*background noise*), distribusi tingkat tekanan bunyi dan respon impuls ruang terutama waktu dengung (*reverberation time*). Hasil pengukuran terhadap sebuah studi kasus menunjukkan bahwa auditorium yang mempunyai masalah pada tingkat bising latar belakang (*background noise level*) perlu memperhatikan desain ventilasi untuk menghindari tingkat gangguan bising yang berlebihan. Perhatian juga harus ditujukan pada peletakan *outdoor* (*condensing*) AC, sambungan *ducting,* dan bukaan, karena bunyi frekuensi rendah yang dihasilkan sangat mengganggu selama kegiatan berlangsung, utamanya bagi area penonton. Selanjutnya, untuk menghindari distribusi suara yang tidak merata dan waktu dengung (*reverberation time*) yang melebihi kriteria yang disyaratkan bagi auditorium multifungsi, maka analisis kinerja akustik menunjukkan beberapa faktor interior yang perlu mendapat perhatian seperti bentuk dan dimensi ruang, serta bahan *finishing* dan desain peletakannya pada elemen interior.

Kata kunci: parameter akustik ruang, tingkat bising latar belakang, distribusi tingkat tekanan bunyi, waktu dengung.

ABSTRACT

A performance can either be enjoyed or not depending on the acoustic system of the room. The quality of the acoustic system can be measured based on an objective parameter that includes background noise, sound pressure level distribution and reveberation time. The measuring result in a case study shows that an auditorium that has problems relating to background noise level has to consider its ventilation system to avoid high background noise levels. It is important to consider the position of outdoor condensers, ducting joints and openings because the resulted low sound frequency can truly be disturbing during performances, especially to the audiences. Observations drawn on the acoustical performance show that some factors in interior design have to be considered such as room shape and dimension, finishing material and its arrangement in interior elements, to avoid uneven sound distribution and reveberation time that exceeding the standard criteria multifungsional auditoriums.

Keywords: *room acoustic parameter, background noise level, sound pressure level distribution, reveberation time*

PENDAHULUAN

Auditorium merupakan tempat untuk menyaksikan suatu pertunjukan tertentu seperti teater dan musik. Desain akustik bagi pertunjukan teater harus dapat memberi kepuasan kepada setiap penonton di berbagai lokasi agar dapat mendengar dengan jelas artikulasi percakapan aktor, sehingga nuansa dan efek dramatis yang ditampilkan dapat ditangkap dan dicerna oleh penonton. Dalam pertunjukan musik, artikulasi musik dan mimik aktor bukan merupakan hal yang utama. Namun yang terpenting adalah penonton dari berbagai lokasi harus dapat mendengar dan menikmati musik tersebut dengan baik.

Kebanyakan auditorium mempunyai masalah pada *backgound noise level* melebihi kriteria kebisingan (*noise criteria*) yang disyaratkan

sehingga mempengaruhi kinerja akustik auditorium (Legoh, 1993). Performa kualitas akustik yang baik dalam suatu auditorium dipengaruhi pula oleh faktor-faktor subjektif dan objektif hasil desain interior bidang-bidang penutupnya (lantai, dinding pembatas, dan plafon) serta dimensi yang dipengaruhi oleh kapasitas maksimum penonton. Selain itu, penggunaan dan peletakan bahan-bahan pelapis bersifat absorbtif atau reflektif yang melingkupinya.

Tujuan penelitian ini untuk melakukan pengukuran dan analisis kinerja akustik pada sebuah studi kasus auditorium multifungsi untuk mengetahui kondisi *background noise level* dan kinerja akustik auditorium sehingga dapat dilakukan perbaikan yang diperlukan.

PARAMETER AKUSTIK RUANG

Kriteria yang biasa dipakai untuk mengukur kualitas akustik ruang auditorium adalah parameter subjektif dan objektif. Parameter subjektif lebih banyak ditentukan oleh persepsi individu, berupa penilaian terhadap seorang pembicara oleh pendengar dengan nilai indeks antara 0 sampai 10. Parameter subjektif meliputi *intimacy, spaciousness* atau *envelopment, fullness*, dan *overal impressions* yang biasanya dipakai untuk akustik teater dan *concert hall* (Legoh, 1993). Paramater ini memiliki banyak kelemahan karena persepsi masing-masing individu dapat memberikan penilaian yang berbeda-beda sesuai dengan latar belakang individu, sehingga diperlukan metoda pengukuran yang lebih objektif dan bersifat analitis seperti bising latar belakang (*background noise*), distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB), RT (*Reverberation Time*), EDT (*Early Decay Time*), D_{50} (*Deutlichkeit*), C_{50}, C_{80} (*Clarity*), dan TS (*Centre Time*).

Tingkat Bising Latar Belakang (*Background Noise Level*)

Dalam setiap ruangan, dirasakan atau tidak, akan selalu ada suara. Hal ini menjadi dasar pengertian tentang adanya bising latar belakang (*background noise*). Bising latar belakang dapat didefinisikan sebagai suara yang berasal bukan dari sumber suara utama atau suara yang tidak diinginkan. Dalam suatu ruangan tertutup seperti auditorium maka bising latar belakang dihasilkan oleh peralatan mekanikal atau elektrikal di dalam ruang seperti pendingin udara (*air conditioning*), kipas angin, dan seterusnya. Demikian pula, kebisingan yang datang dari luar ruangan, seperti bising lalu lintas di jalan raya, bising di area parkir kendaraan, dan seterusnya.

Bising latar belakang tidak dapat sepenuhnya dihilangkan, akan tetapi dapat dikurangi atau diturunkan melalui serangkaian perlakuan akustik terhadap ruangan. Besaran bising latar belakang ruang dapat diketahui melalui pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) di dalam ruangan pada rentang frekuensi tengah pita oktaf antara 63 Hz sampai dengan 8 kHz, dimana hasil pengukuran digunakan untuk menentukan kriteria kebisingan ruang dengan cara memetakannya pada kurva kriteria kebisingan (*Noise Criteria* – NC).

Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB)

Salah satu tujuan dalam mendesain ruang auditorium adalah mencapai suatu tingkat kejelasan yang tinggi sehingga diharapkan agar setiap pendengar pada semua posisi menerima tingkat tekanan bunyi yang sama. Suara yang dipancarkan oleh pembicara atau pemusik diupayakan dapat menyebar merata dalam auditorium, agar para pendengar dengan posisi yang berbeda-beda dalam auditorium tersebut memiliki penangkapan dan pemahaman yang sama akan informasi yang disampaikan oleh pembicara maupun pemusik.

Syarat agar pendengar dapat menangkap informasi yang disampaikan meskipun dalam posisi berbeda adalah selisih antara tingkat tekanan bunyi terjauh dan terdekat tidak lebih dari 6 dB. Jika dalam suatu ruangan yang relatif kecil di mana sumber bunyi dengan tingkat suara yang normal telah mampu menjangkau pendengar terjauh, maka hampir dapat dipastikan bahwa distribusi tingkat tekanan bunyi dalam ruangan tersebut telah merata.

Respon Impuls Ruang

a. Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Parameter yang sangat berpengaruh dalam desain akustik auditorium adalah waktu dengung (*Reverberation Time*). Hingga saat ini, waktu dengung tetap dianggap sebagai kriteria paling penting dalam menentukan kualitas akustik suatu auditorium. Dalam geometri akustik disebutkan bahwa bunyi juga mengalami pantulan jika mengenai permukaan yang keras, tegar, dan rata, seperti plesteran, batu bata, beton, atau kaca. Selain bunyi langsung, akan muncul pula bunyi yang berasal dari pantulan tersebut. Bunyi yang berkepanjangan akibat pemantulan permukaan yang berulang-ulang ini disebut dengung.

Waktu dengung adalah waktu yang dibutuhkan suatu energi suara untuk meluruh hingga sebesar sepersatujuta dari energi awalnya, yaitu sebesar 60 dB. Sabine (1993) mendefinisikan waktu dengung yaitu waktu lamanya terjadi dengung di dalam ruangan yang masih dapat didengar. Dalam perkembangannya, waktu dengung tidak hanya didasarkan pada peluruhan 60 dB saja, tetapi juga pada pengaruh suara langsung dan pantulan awal (EDT)

atau peluruhan-peluruhan yang terjadi kurang dari 60 dB, seperti 15 dB (RT_{15}), 20 dB (RT_{20}), dan 30 dB (RT_{30}).

Waktu dengung (*Reverberation Time*) sangat menentukan dalam mengukur tingkat kejelasan *speech*. Auditorium yang memiliki waktu dengung terlalu panjang akan menyebabkan penurunan *speech inteligibility*, karena suara langsung masih sangat dipengaruhi oleh suara pantulnya. Sedangkan auditorium dengan waktu dengung terlalu pendek akan mengesankan ruangan tersebut "mati".

b. EDT (*Early Decay Time*)

EDT atau *Early Decay Time* yang diperkenalkan oleh V. Jordan yaitu perhitungan waktu dengung (RT) yang didasarkan pada pengaruh bunyi awal yaitu bunyi langsung dan pantulan-pantulan awal yaitu waktu yang diperlukan Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) untuk meluruh sebesar 10 dB. Pengukuran EDT disarankan untuk menghitung parameter subjektif seperti *reverberance, clarity,* dan *impression.*

c. *Definition atau Deutlichkeit (a time window of 50 ms)*, D_{50}

Definition merupakan kemampuan pendengar membedakan suara dari masing-masing instrumen dalam sebuah pertunjukan musik dalam kondisi transien, nada dasar dan harmoniknya mulai membentuk sehingga kemungkinan terjadi variasi spektrum. *Definition* juga merupakan kriteria dalam penentuan kejelasan pembicaraan dalam suatu ruangan dengan cara memanfaatkan konsep perbandingan energi yang termanfaatkan dengan energi suara total dalam ruangan.

D_{50} merupakan rasio antara energi yang diterima pada 50 ms pertama dengan total energi yang diterima. Durasi 50 ms disebut juga batas kejelasan *speech* yang dapat diterima. Semakin besar nilai D_{50} maka semakin baik pula tingkat kejelasan pembicaraan, karena semakin banyak energi suara yang termanfaatkan dalam waktu 50 ms. Inteligibilitas atau kejelasan yang baik didapatkan untuk harga D_{50} >0%. Adapun kategori penilaian bagi *speech intelligibility* berdasarkan D_{50} dapat diukur seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori penilaian *Speech Intelligibility* berdasarkan D_{50}

D_{50} (%)	***SI (%)***	***Kategori***
0- 20	0-60	Sangat buruk
20-30	60-80	Buruk
30-45	80-90	Cukup/sedang
45-70	90-97,5	Bagus
70-80	97,5-100	Sangat bagus

d. *Clarity atau Klarheitsmass (C_{50} ; C_{80})*

Clarity diukur dengan membandingkan antara energi suara yang termanfaatkan (yang datang sekitar 0.05 – 0.08 detik pertama setelah suara langsung) dengan suara pantulan yang datang setelahnya, dengan mengacu pada asumsi bahwa suara yang ditangkap pendengar dalam percakapan adalah antara 50-80 ms dan suara yang datang sesudahnya dianggap suara yang merusak.

Semakin tinggi nilai C_{50}, maka semakin pendek waktu dengung, demikian pula sebaliknya. Tingkat kejelasan pembicaraan akan bernilai baik jika C_{50} lebih kecil atau sama dengan -2 dB. C_{80} merupakan rasio dalam dB antara energi yang diterima pada 80 ms pertama dari signal yang diterima dan energi yang diterima sesudahnya. Batas ini ditujukan untuk kejelasan pada musik. Nilai C_{80} adalah nilai parameter yang terukur lebih dari 80 ms, semakin tinggi nilai C_{80} maka suara akan semakin tidak bagus.

e. TS (*Centre Time*)

TS merupakan waktu tengah antara suara datang *(direct)* dan suara pantul *(early to late)*, semakin tinggi nilai TS maka kejernihan suara akan semakin buruk.

TS merupakan sebuah titik dimana energi diterima sebelum titik ini seimbang dengan energi yang diterima sesudah titik tersebut. TS sebagai pengukur sejauh mana kejelasan sebuah suara diterima oleh pendengar, di mana semakin rendah nilai TS semakin jelas suara yang diterima.

Menurut Ribeiro (2002), parameter objektif berupa respon impuls ruang yang meliputi waktu dengung (*Reverberation Time*), waktu peluruhan (*Early Decay Time*), D_{50} (*Definition*), C_{50}, C_{80} (*Clarity*) dan TS (*Centre Time*) memiliki standar besaran optimum tertentu yang perlu diperhatikan, pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Optimum Parameter Akustik Objektif Ruang Auditorium

Accoustical Parameters	***Conference***	***Music***
Reverberation Time (RTmid,s)	0.85<Rtmid<1.30	1.30<RTmid<1.83
Early Decay Time (EDT,s)	0.648<EDTmid≤0.81	1.04<EDTmid≤1.76
Definition (D,%)	≥65	-
Clarity (C_{50}, C_{80}, dB)	C_{50}>6	-2<C_{80}<4
Centre Time (TS, ms)	<80	<80

METODA PENGUKURAN KINERJA AKUSTIK

Kinerja akustik ruang auditorium menyatakan kemampuan auditorium tersebut untuk menjalankan fungsinya, yaitu bagaimana pendengar dapat menangkap dan memahami dengan baik dan utuh suara yang telah dipancarkan oleh pembicara atau pemusik. Ukuran kinerja akustik dari auditorium dinyatakan dengan tingkat bising latar belakang (*background noise level*), distribusi tingkat tekanan bunyi, dan respon impuls ruang. Untuk itu, pengukuran kualitas akustik ruang auditorium dilakukan melalui 3 (tiga) tahapan untuk mendapatkan 3 (tiga) parameter objektif ruang. Tahap pertama, pengukuran tingkat bising latar belakang (*background noise level*) untuk mengetahui besaran kriteria kebisingan (*Noise Criteria*) dalam ruang auditorium terhadap kondisi kebisingan lingkungan yang dari dalam atau luar gedung seperti area parkir, lalu lintas jalan raya maupun peralatan mekanikal atau elektrikal yang berada di dalam gedung seperti AC, *sound system*, dan sebagainya. Tahap kedua, pengukuran distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB), berguna untuk mengetahui distribusi suara di dalam ruang auditorium tersebut. Tahap ketiga, pengukuran respon impuls berupa waktu dengung (*Reverberation Time*), waktu peluruhan (*Early Decay Time*), D_{50} (*Definition*), C_{50} dan C_{80} (*Clarity*), serta TS (*Centre Time*). Pengukuran dilakukan pada auditorium multifungsi di Universitas Kristen Petra dengan mengacu standar yang telah diakui untuk pengukuran akustik ruang yaitu ISO-3382.

Alat Ukur

Untuk perakitan beberapa alat ukur yang dipergunakan dalam penelitian terhadap auditorium di Universitas Kristen Petra dijelaskan sebagai berikut:

a. Tingkat Bising Latar Belakang (*Background Noise Level*)

Untuk pengukuran tingkat bising latar belakang (*background noise level*) menggunakan perangkat *Sound Level Meter* merek Rion tipe NL-31 yang terhubung dengan mikrophon sebagai sensor untuk menangkap bunyi yang akan diukur dari suatu kondisi ruang.

Pengambilan *sample* untuk pengukuran *background noise level* dilakukan pada waktu siang hari (*traffic peak hour*) dan dalam kondisi peralatan mekanikal dan elektrikal ruang menyala supaya diperoleh *level* yang maksimal. Pengukuran menggunakan alat ukur *Sound Level Meter* merek Rion tipe NL-31 dilakukan pada tiap-tiap titik ukur yang telah ditetapkan (8 titik di lantai dasar dan 4 titik di lantai balkon). Hasil pengukuran *background noise level* akan diperoleh nilai kriteria kebisingan (*Noise Criteria*) dan berguna sebagai dasar pengukuran selanjutnya yaitu distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB).

b. Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB)

Pengukuran distribusi TTB menggunakan alat pembangkit suara buatan (*pink noise*) yaitu *Sound Power Source* B&K 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 yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran TTB untuk mengetahui sejauh mana distribusi suara pada area tempat duduk penonton di lantai 2 maupun lantai 3 (balkon) dapat dicapai jika berada pada kondisi *background noise level* yang ada saat ini. Apabila distribusi suara masih belum merata, perlu diberikan tambahan reflektor untuk menyempurnakannya.

c. Respon Impuls Ruang

Pengukuran respon impuls ruang dilakukan untuk mengetahui parameter akustik berupa waktu dengung atau *reverberation time* (RT, detik), waktu peluruhan (EDT, detik), *Definition* (D_{50}, %), *Clarity* (C_{50}, dB), *Clarity* (C_{80}, dB) dan *Centre Time* (TS, detik). Untuk pengukuran respon impuls ruang digunakan perangkat ukur dan sumber bunyi serta perangkat sistem audio yang sebagian besar sama dengan yang dibutuhkan dalam pengukuran distribusi TTB.

Untuk pengukuran respon impuls dalam ruang auditorium dipergunakan beberapa perangkat yaitu *Sound Level Meter* merek Rion tipe NL-31 sebagai alat *display* TTB yang terukur dalam ruang auditorium. Untuk sensor dilengkapi dengan mikropon *omni-directional* yang telah terhubung dengan perangkat tersebut; Seperangkat *Personal Computer* (PC) dengan spesifikasi CPU; *Software* berupa *Adobe Audition 1.5* untuk merekam suara letusan balon (*balloon burst*) dalam pengambilan data respon impuls ruang auditorium dan *Sample Champion Pro v3.0* digunakan untuk mengolah data suara yang telah direkam.

Pengukuran respon impuls diperoleh dengan cara meletuskan beberapa balon (metode *baloon burst*) dengan ukuran tertentu di atas panggung dan

respon suara dari ruang diterima oleh alat ukur *Sound Level Meter* merek Rion tipe NL-31 kemudian dimasukkan ke dalam program komputer dengan *soundcard* untuk diperoleh RT pada tiap-tiap titik ukur (sebanyak *sampling* 12 titik ukur) yang telah ditetapkan. Selain RT diperoleh pula parameter akustik lain seperti EDT, D_{50}, C_{50}, C_{80} dan TS yang berguna untuk pengukuran karakter *speech* maupun *music*.

ANALISIS KINERJA AKUSTIK

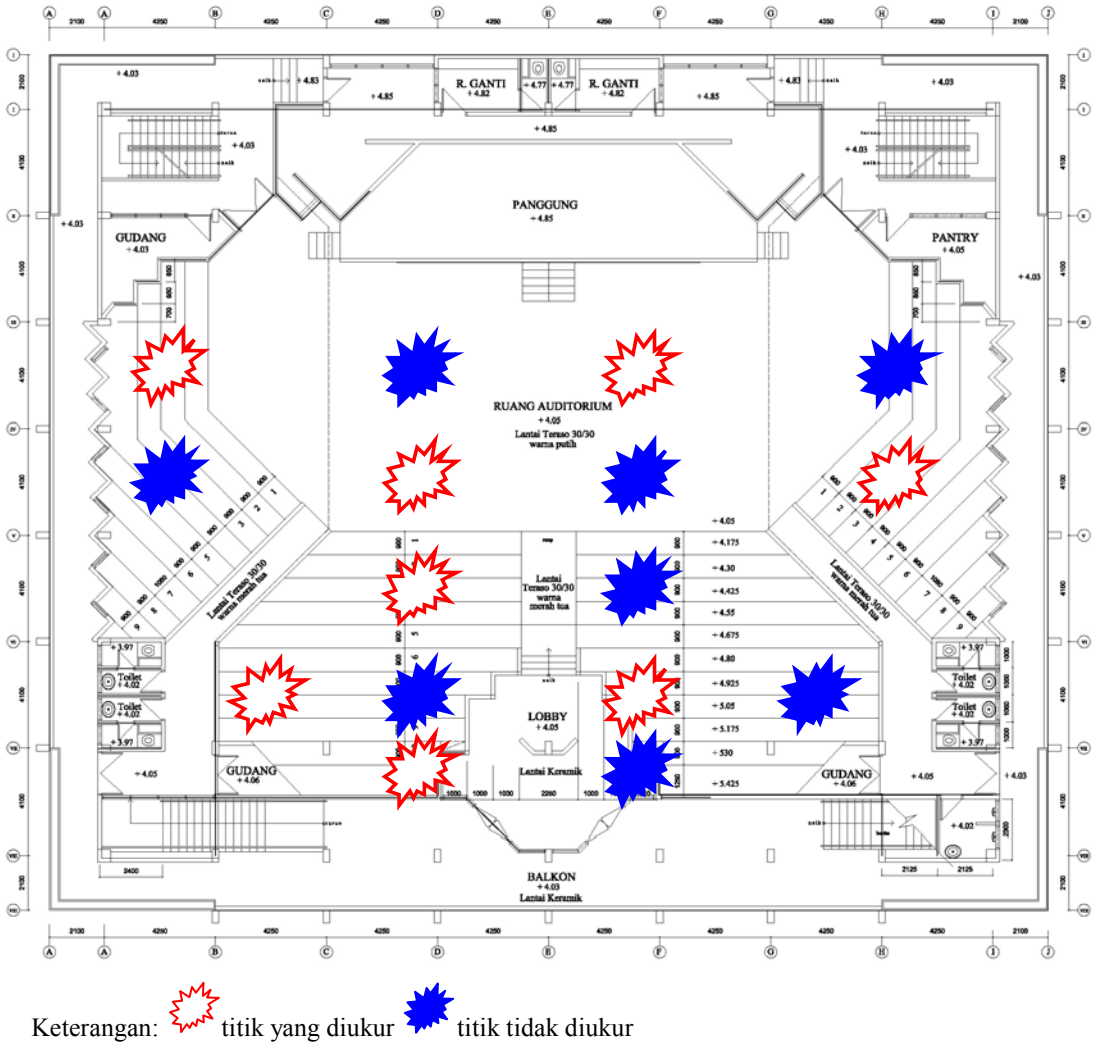
a. Kriteria Kebisingan (*Noise Criteria* - NC)

Pada tahun 1990, Tim Evaluasi Akustik melakukan evaluasi terhadap auditorium di Universitas Kristen Petra (*large auditorium*) dan hasilnya menyebutkan bahwa *outdoor (condensing)* unit AC merupakan salah satu sumber bising karena memiliki tingkat kebisingan tinggi yaitu 72-73 dBA per unit apabila diukur pada jarak 1 meter. Dengan adanya sumber bising ini tercatat bahwa *background noise level* auditorium rata-rata sebesar 49 - 57 dBA.

Saat ini, perlu dilakukan pengukuran kembali untuk mengetahui kondisi terakhir tingkat bising latar belakang auditorium. Pengambilan *sample* dilakukan pada waktu siang hari (*traffic peak hour*), dalam kondisi kosong tetapi semua peralatan mekanikal atau elektrikal ruang menyala, dan diusahakan mendekati kondisi yang sebenarnya supaya diperoleh *level* yang maksimal.

Pengukuran menggunakan alat ukur *Sound Level Meter* merek Rion tipe NL-31 dan dilakukan terhadap 12 titik ukur yang tersebar di seluruh area tempat duduk penonton (8 titik di lantai 2 dan 4 titik di lantai 3 atau balkon). Titik-titik ukur tersebut mewakili masing-masing bagian ruang auditorium pada tempat penonton berada dengan rentang frekuensi 1 oktaf (125 Hz sampai dengan 4 kHz).

Pengukuran ini dilakukan tanpa pemfilteran frekuensi oktaf atau dilakukan pada frekuensi *overall*



Keterangan: titik yang diukur titik tidak diukur

Gambar 1. Denah peletakan 8 titik ukur pada lantai 2 (hasil pengukuran, 19 Oktober 2006)

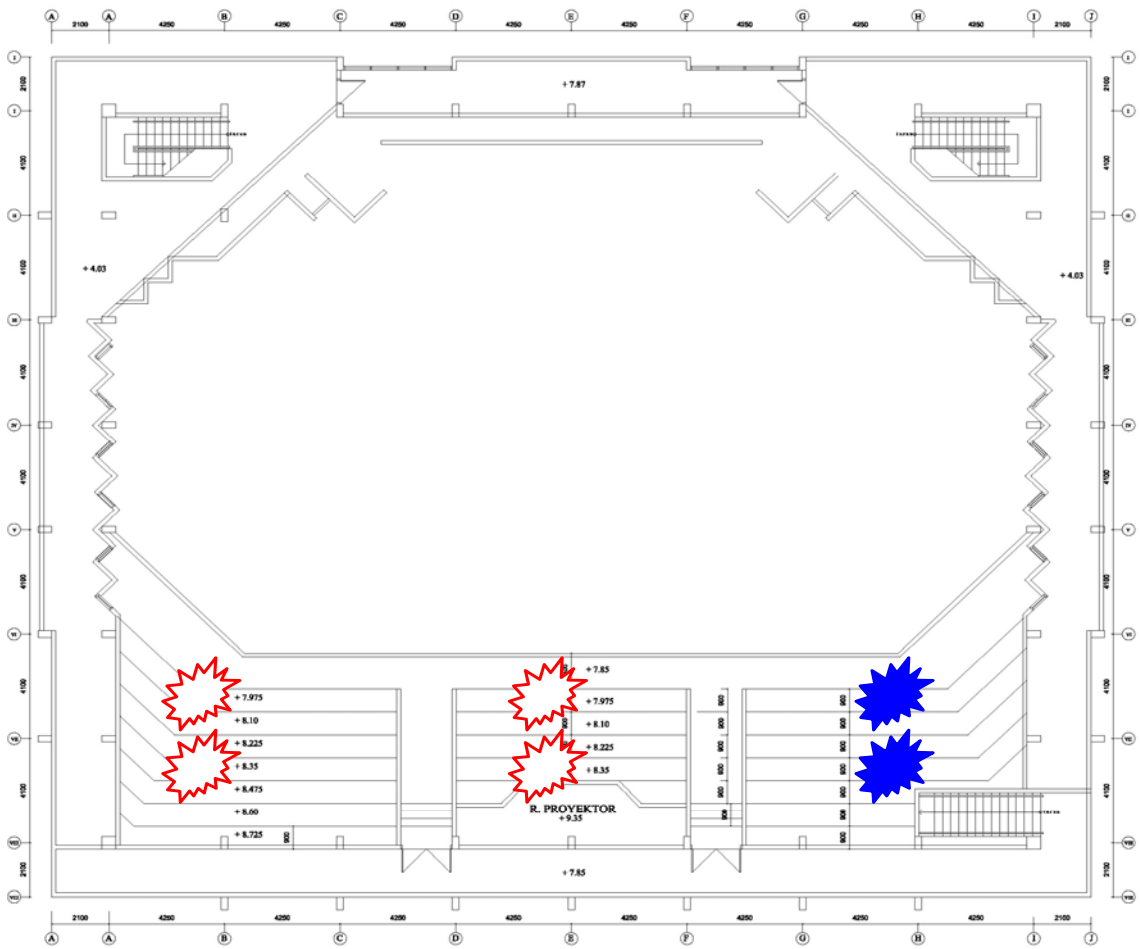
pada level dB, dimana fluktuasi nilai TTB yang terukur tidak terlampau besar. Untuk area panggung tidak dilakukan pengukuran karena dipakai sebagai tempat sumber suara. Sebelum melakukan pengukuran, alat ukur dikalibrasi terlebih dahulu agar dapat berfungsi dengan maksimal.

Pengukuran dilakukan dengan pembebanan pada 1/1 oktaf (125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 Hz), di mana ruangan diasumsikan simetris antara sebelah kiri dan kanan. Pengukuran bising latar belakang (*background noise*) pada lantai 2 menggunakan data *sampling* pada 8 titik ukur dan diperoleh hasil bahwa rata-rata tingkat bising latar belakang cukup tinggi, hingga mencapai 54,8 dB. Dasar teori menyatakan bahwa untuk sebuah auditorium sebaiknya memiliki tingkat kebisingan rata-rata 30-40 dB. Dengan demikian, kondisi lantai 2 dinilai masih belum memenuhi standar yang disyaratkan.

Pengukuran *background noise level* di lantai 3 atau balkon dengan melakukan data *sampling* pada 4 titik ukur yang ada (lihat denah peletakan titik ukur) maka diperoleh hasil bahwa kondisi ruangan auditorium bagian balkon memiliki rata-rata *background noise level* cukup tinggi yaitu sebesar 54.9-59.2 dB. Dengan demikian, lantai 3 atau balkon juga belum memenuhi standar *background noise level*, bahkan lebih tinggi dibandingkan lantai 2.

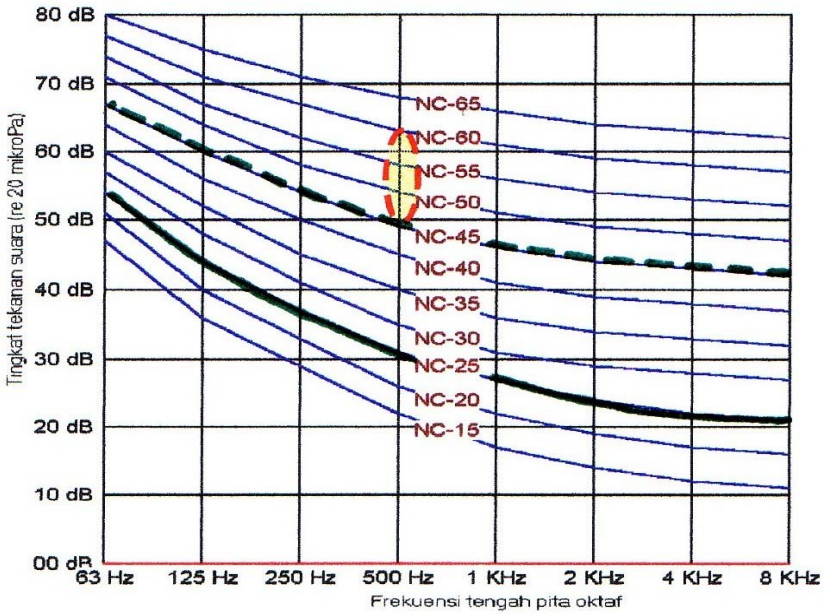
Adapun denah peletakan titik-titik ukur pada lantai 2 dan lantai 3 atau balkon dapat dilihat pada Gambar 1.

Keseluruhan hasil pengukuran yang diperoleh menunjukkan bahwa rata-rata tingkat kebisingan dalam auditorium masih tetap tinggi yaitu berkisar antara 51.9 - 59.2 dB.



Keterangan: titik yang diukur titik tidak diukur

Gambar 2. Denah peletakan 4 titik ukur pada lantai 3 atau balkon (hasil pengukuran, 19 Oktober 2006)



Gambar 3. *Noise Criteria* auditorium (analisis penulis, 2007)

Jika melihat tingkat kebisingan tersebut pada kurva NC diperoleh nilai NC_{mid}>45. Nilai standar NC untuk tipe *large auditorium* adalah NC<35. Dengan demikian, kondisi tingkat kebisingan dalam auditorium UK. Petra belum dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai ruang pertunjukan karena kriteria bising dalam ruang diatas standar yang disyaratkan.

Hal ini terjadi terutama pada lantai 3 (balkon) dimana peralatan *outdoor (condensing)* unit-unit AC tersebut berada sejajar. Jika membandingkan hasil pengukuran *background noise level* tahun 2006 dengan tahun 1990, ternyata hasilnya meningkat sebesar 2,2 dBA, hal ini disebabkan oleh kondisi peralatan *outdoor (condensing)* unit-unit AC yang sudah bertambah umur sehingga mengeluarkan tingkat kebisingan yang lebih tinggi lagi. Usaha penambahan penghalang (*barrier*) berupa *double glazing* yang ditempatkan pada sisi luar jendela ternyata masih belum dapat mengurangi tingkat kebisingan (*Noise Criteria*) secara signifikan.

b. Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB)

Kondisi peletakan *speaker* pada lantai 2 terletak simetri (kiri-kanan). *Speaker* utama depan tertanam pada dinding kiri-kanan baik di sisi atas maupun bawah, 2 (dua) *speaker portable* terletak di atas panggung menghadap pembicara dan 2 (dua) *speaker* tambahan di atas balkon untuk distribusi suara bagi penonton area balkon.

Pengukuran untuk mendapatkan distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) dalam ruang auditorium dilakukan dengan memanfaatkan sinyal suara yang dihasilkan dari *Sound Source Generator* B&K yang disertakan dalam sistem tata suara ruangan. Amplitudo sinyal diatur sedemikian rupa sehingga menghasilkan tingkat tekanan suara sebesar ± 25 dB di atas tingkat bising latar belakang (*background noise level*) yang telah diukur pada posisi pendengar terjauh dari sumber suara. Pengukuran untuk mendapatkan distribusi TTB diukur pada titik yang sama dengan titik pengukuran pada tingkat bising latar belakang (*background noise level*) yaitu pada ren-tang frekuensi 1/1 oktaf (125 Hz sampai dengan 4 kHz).

Seperti halnya pada pengukuran *background noise level*, pengukuran distribusi TTB dilakukan dengan meletakkan *Sound Level Meter* merek RION tipe NL-31 pada ketinggian 1,20 meter, yaitu ukuran dari atas lantai hingga ketinggian telinga pendengar saat duduk di dalam ruang auditorium. Sebelum pengukuran dilakukan, semua peralatan pengukuran dikalibrasi untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Gambar 6. menunjukkan bahwa distribusi TTB pada auditorium UK Petra telah tersebar secara merata. Hal ini dibuktikan dengan melihat perbedaan TTB antara titik terdekat sumber yakni di titik ukur 1 dan titik ukur terjauh yakni titik ukur 9 (lantai 2), maupun titik ukur 10 dan titik ukur 12 (lantai 3) tidak melebihi standar yang disyaratkan yaitu 6 dB.

c. Pengukuran Respon Impuls Ruang

Respon impuls ruang auditorium diukur dengan menggunakan metode *"balloon burst"*, yaitu metode pengukuran yang memanfaatkan letusan balon untuk membangkitkan suara impuls. Tujuannya untuk mendapatkan data pengukuran yang sesuai dengan kondisi penggunaan auditorium sehari-hari.

4a

4b

4c

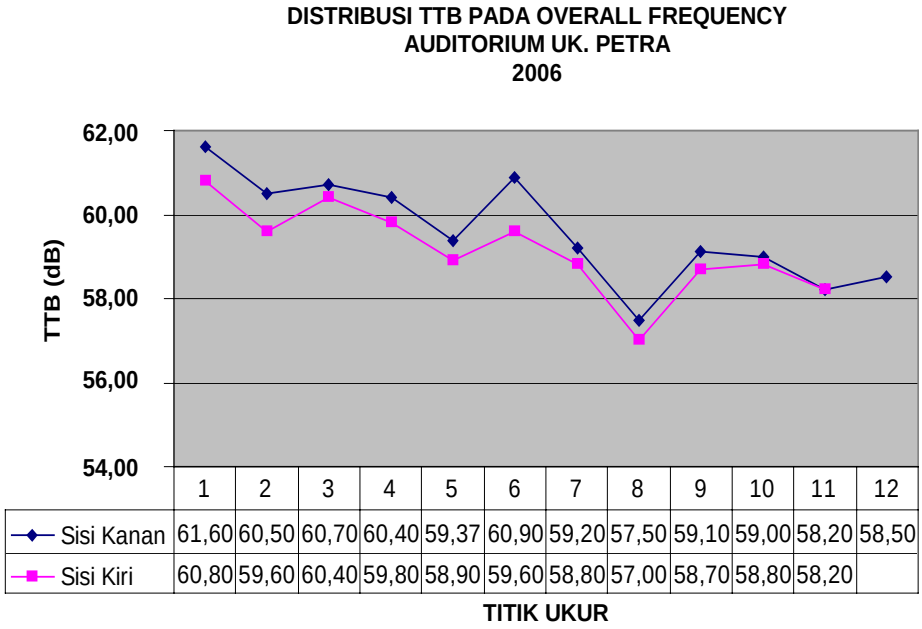
Gambar 4. Penghalang atau *barrier* (*double glazing*) (4a) dan *outdoor (condensing)* AC di sepanjang balkon sisi timur (4b, 4c) (dokumentasi pribadi, 2006)

Proses perekaman dimulai dari pertama kali balon diletuskan dan menimbulkan suara hingga suara tersebut meluruh dan tidak terdengar lagi karena *equal* dengan *background noise*. Hasil sinyal rekaman berupa tampilan grafik respon impuls yang kemudian akan dianalisa lebih lanjut dengan menggunakan bantuan *software Adobe Audition 1.5* dan *Sample Champion ver. 3.0*. Sebelum proses perekaman dimulai, terlebih dahulu dilakukan pengaturan pada volume *recording*, agar selama proses merekam tidak terjadi *clip* yang dapat mempengaruhi jalannya proses analisa.

Adapun rekapitulasi hasil pengukuran rata-rata respon impuls ruang yang meliputi RT, EDT, D_{50}, C_{50}, C_{80}, dan TS auditorium di Universitas Kristen Petra pada tanggal 18 November 2006 dijelaskan dalam tabel 3.

5a 5b

Gambar 5. Peletakan *speaker* utama (simetri) di lantai 2 dan 2 *speaker portable* di atas panggung (5a), peletakan 2 *speaker* tambahan di atas balkon (5b) (dokumentasi pribadi, 2006)



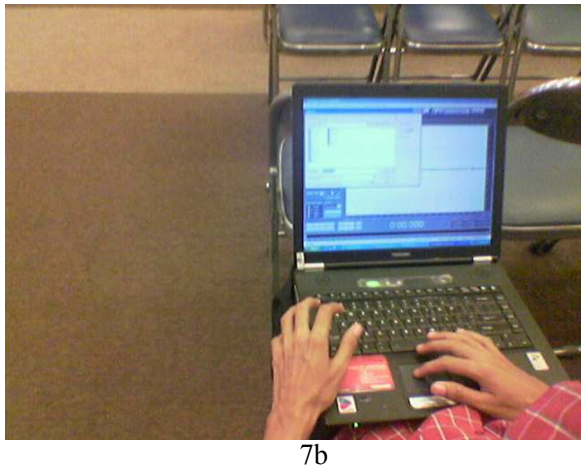
Gambar 6. Grafik Rekapitulasi Distribusi TTB Auditorium UK. Petra pada berbagai frekuensi (analisis penulis, 2007)

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengukuran Respon Impuls Ruang di Auditorium Universitas Kristen Petra

Parameter Objektif	Hasil Pengukuran Audit. UK. Petra		Parameter Objektif	Hasil Pengukuran Audit. UK. Petra	
RT_{15} (detik)	*Average*	**1.715**	**D_{50} (%)**	*Average*	**35.690**
	Stdev	0.166		*Stdev*	11.017
RT_{20} (detik)	*Average*	**1.694**	**C_{50} (dB)**	*Average*	**-2.691**
	Stdev	0.122		*Stdev*	2.183
RT_{30} (detik)	*Average*	**1.693**	**C_{80} (dB)**	*Average*	**-0.026**
	Stdev	0.182		*Stdev*	1.925
EDT (detik)	*Average*	**1.644**	**TS (detik)**	*Average*	**0.127**
	Stdev	0.186		*Stdev*	0.024

Pada auditorium multifungsi di Universitas Kristen Petra yang harus mewadahi berbagai kegiatan berkarakter *speech* maupun *music*, nilai RT_{15} rata-rata pada keseluruhan frekuensi adalah 1,715 detik dan RT_{15mid} sebesar 1,686 detik. Untuk nilai RT_{20} rata-rata pada keseluruhan frekuensi adalah 1,694 detik dan RT_{20mid} sebesar 1,659 detik. Sedangkan nilai RT_{30} rata-rata pada keseluruhan frekuensi adalah 1,693 detik dan RT_{30mid} sebesar 1,691 detik. Dengan demikian, RT rata-rata pada keseluruhan frekuensi sebesar 1,700 detik berada pada kisaran kurang bagus untuk kegiatan berkarakter *speech* sedangkan untuk karakter *music* relatif ideal.

7a



7b

Gambar 7. Persiapan balon untuk diletuskan (7a) dan PC untuk merekam sinyal suara letusan balon (7b) (dokumentasi pribadi, 2006)

Kondisi ini terutama disebabkan penggunaan bahan-bahan interior di dalam auditorium yang lebih dominan bersifat reflektif daripada bahan-bahan yang bersifat absorben, seperti 85,65% plafon dilapis dengan bahan multiplek yang mempunyai besaran koefisien absorpsi *mid.* 0,05, sedangkan 73,25% lantai dilapis dengan bahan keramik yang mempunyai besaran koefisien absorpsi *mid*. 0,02, dan 94,66% dinding plesteran di*finish* dengan cat yang mempunyai besaran koefisien absorpsi *mid.* 0,02 serta kursi penonton dimana 90% menggunakan kursi berbahan plastik dengan koefisien absorpsi *mid.* 0,26. Penggunaan bahan-bahan interior tersebut perlu mendapat perhatian dalam perbaikan peningkatan kualitas akustik karakter *speech* terutama pada elemen interior yang memiliki luasan bidang besar.

Hasil pengukuran EDT (pengaruh *first reflection* pada dinding) rata-rata pada tiap frekuensi sebesar 1,644 detik dan EDT*mid* sebesar 1,684 detik. Keadaan ini belum dapat menunjang aktifitas pada auditorium multifungsi terutama untuk pencapaian karakter *speech* dimana EDT seharusnya berada sekitar 0,648<EDTmid≤0,810 detik. Namun, hasil pengukuran EDT untuk aktifitas dengan karakter *music* sudah cukup memenuhi standar yaitu berada sekitar 1,04<EDTmid≤1,76 detik. Hal ini memperjelas perlunya dilakukan perlakuan (*treatment*) pada RT dan EDT untuk memperbaiki karakter *speech* pada auditorium dengan menambahkan bahan-bahan interior yang bersifat absorben, terutama pada bidang-bidang elemen interiornya.

Hasil pengukuran terhadap D_{50} rata-rata sebesar 35.69% dan terletak di antara nilai SI 80%–90%, sehingga tingkat kejelasan percakapan (*speech intelligibility*) masih termasuk kategori cukup bagus. Perlu diusahakan perbaikan RT dan EDT guna meningkatkan *speech intelligibility* menjadi >90% (bagus atau sangat bagus).

Clarity merupakan perbandingan energi suara awal yang datang pada selang waktu 0-50 ms dibandingkan dengan energi suara selanjutnya. C_{50} merupakan nilai kejernihan untuk karakter *speech*. Hasil pengukuran C_{50} rata-rata menunjukkan -2,69 dB, hal ini belum mencapai standar untuk karakter *speech* yaitu C_{50}>6 dB, maka penilaian *clarity* bagi auditorium UK. Petra masih kurang bagus. Kondisi ini memperkuat masalah perlunya *treatment* dalam desain interior auditorium guna meningkatkan karakter *speech* terutama parameter RT dan EDT dengan menambahkan bahan-bahan interior yang bersifat absorben pada bidang-bidang elemen interiornya.

C_{80} merupakan nilai kejernihan untuk karakter *music*, yang direkomendasikan berkisar antara -2<C_{80}<+4 dB (Ribeiro, 2000). Hasil pengukuran C_{80} rata-rata menunjukkan -0.025 dB maka dapat dikategorikan bagus, sehingga untuk karakter *music* sudah tidak perlu dilakukan *treatment* lagi.

Hasil pengukuran TS rata-rata sebesar 0.127 detik atau 127 ms, nilai ini relatif besar sehingga kejernihan suara dalam ruang auditorium dinilai masih kurang bagus. Nilai yang direkomendasikan adalah TS<80 ms (Ribeiro, 2000), baik untuk karakter *speech* maupun karakter *music*. Semakin rendah nilai TS maka semakin baik tingkat kejernihan suara dalam ruang.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis kinerja akustik ruang auditorium multifungsi di Universitas Kristen Petra dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

- Kondisi awal telah menunjukkan bahwa kriteria kebisingan auditorium UK. Petra (NC>45) belum dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai ruang pertunjukan (NC<35) karena adanya suara bising yang masuk ke dalam ruang berasal dari 12 unit *outdoor (condensing)* AC di sisi dinding timur dan barat lantai 3 (balkon). Kriteria kebisingan (*Noise Criteria*) pada ruang auditorium

masih bisa diturunkan ke batas yang direkomendasikan dengan menutup semua celah pada pintu dan jendela (bukaan), menggunakan *barrier*, dan bahan-bahan yang dapat meredam suara bising serta menanam lebih banyak pepohonan guna mereduksi kebisingan dari lalu lintas jalan raya.

- Distribusi tingkat tekanan bunyi (TTB) sudah merata karena kondisi bentuk dan dimensi ruang (2h/w) sudah memenuhi persyaratan bagi akustik ruang auditorium. Hal ini terlihat dari perbedaan tingkat tekanan bunyi pada satu titik ukur dengan titik ukur yang terjauh tidak lebih dari 6 dB, sehingga tidak perlu menambahkan reflektor dalam ruang.
- Hasil rekapitulasi respon impuls ruang menunjukkan auditorium belum dapat memenuhi persyaratan sebagai auditorium multifungsi karena lebih memenuhi persyaratan untuk kegiatan yang berkarakter *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 pelapis pada bidang permukaan elemen interior utamanya yang memiliki luasan terbesar, sehingga dapat meningkatkan kualitas RT dan EDT, karena perbaikan kualitas karakter *speech* untuk parameter objektif D_{50}, C_{50} dan TS sangat bergantung pada kedua hal tersebut. Untuk karakter *music*, jika standar yang digunakan hanya untuk kegiatan drama musikal dan konser biasa dengan RT sebesar 1,70 detik, maka tidak perlu perlakuan (*treatment*) khusus karena RT sudah memenuhi. Namun, jika kualitas karakter *music* masih ingin ditingkatkan untuk aktivitas musik jenis R&B dan semacamnya, maka kondisi RT harus ditingkatkan lagi menjadi 1,7-2,2 detik.

Untuk auditorium multifungsi di Universitas Kristen Petra yang mewadahi kegiatan berkarakter *speech* ($0.85<RT_{mid}<1.30$) seperti seminar, kuliah umum, dan seterusnya serta kegiatan berkarakter *music* ($1.30<RT_{mid}<1.83$) seperti kebaktian universitas, drama musikal, konser musik, dan seterusnya, maka desain interior auditorium harus mampu dengan mudah beradaptasi terhadap kedua karakter tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan cara memodifikasi desain peletakan bahan-bahan absorptif atau reflektif pada elemen interiornya sehingga mudah dibongkar-pasang (bersifat fleksibel).

PERSEMBAHAN

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

REFERENSI

Doelle, L.L. 1972. *Environtmental Acoustic*, McGraw-Hill Publishing Company, New York.

Doelle, L.L. dan Prasetio, L. 1993. *Akustik Lingkungan*. Erlangga, Indonesia.

Sabine, W.C. 1993. Design for Good Acoustics. *Collected Papers on Acoustics*, Trade Cloth ISBN 0-9321 Peninsula Publishing, Los Altos, U.S.

Sieben, G.W., Gold, M.A. 2000. Ten Ways to Provide a High Quality Acoustical Environment in School. *Journal Acoustic***,** Vol. 31. p. 376-384.

Ribeiro, M.R.S. 2002. *Room Acoustic Quality of A Multipurpose Hall: A Case Study,* Centro de Estudos do Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

http://ia.csic.es/sea/sevillaØ2/rbaØ2Ø13.pdf diakses tgl. 01 Oktober 2006.