

**SIMULASI REVERBRATION TIME SOUND SYSTEM PADA BANGUNAN SC
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**

Wahyu Fera Mufida Sari *
Novi Avisena **

Abstrak: Bangunan Student Center Universitas Islam Negeri Malang fleksibel untuk digunakan berbagai macam kegiatan (ruangan multi fungsi). Dengan frekuensi SC yang sering digunakan untuk berbagai aktivitas, seharusnya bangunan tersebut memberikan kenyamanan bagi para penggunanya. Kejelasan berpidato (*speech intelligibility*) sebagai kriteria utama desain akustik auditorium merupakan fungsi dari waktu dengung (RT60). Penyediaan RT60 yang optimal (0,5-1,0 detik) yang tersebar merata (*diffuse*) di dalam ruangan ditentukan oleh faktor serap bidang dan geometri ruang. Di sisi lain, musik akan terasa hidup di dalam ruangan dengan waktu dengung yang cukup panjang (1,0-2,0 detik). Tulisan ini memaparkan pemakaian *Delphi* sebagai program untuk merancang posisi dan penempatan *Sound system* dalam auditorium. Fasilitas kalkulasi RT60 secara statistic, serta penghitungan variable lain menjadikan *Delphi* sebagai program simulasi akustik yang cukup memadai guna menentukan penempatan sound system pada ruangan. Variabel ruang diambil dari cetak biru bangunan, variabel koefisien serap bahan berdasar konstanta yang telah ada. Hasil pengujian program *software* menunjukkan bahwa penerapan hasil penempatan jarak maksimal *sound system* terhadap penonton dapat diketahui, nilai waktu dengung pada masing-masing frekuensi, nilai Amplitudo dan Intensitas bunyi, bahkan *sound system* dapat dirubah sesuai dengan jumlah penonton. Pada pengujian dan perhitungan waktu dengung pada bangunan SC dapat diketahui bahwa RT rata-rata pada bangunan SC UIN Malang sebesar 2,001 yang mana waktu dengung tersebut cocok digunakan sebagai ruang konser, bukan sebagai ruang pertemuan.

Kata kunci: koefisien serap, simulasi komputer, waktu dengung

PENDAHULUAN

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang merupakan salah satu perguruan tinggi negeri di Malang yang melengkapi dirinya dengan fasilitas penunjang guna mendukung kegiatan belajar mengajar, lapangan olah raga, gedung serba guna, serta beberapa fasilitas penunjang lainnya. Gedung serba guna yang dikenal dengan sebutan Student Center (SC) merupakan sebuah bangunan bertingkat, dimana di bangunan bawah berbentuk kolom-kolom yang digunakan sebagai ruang UKM, serta ruangan staf kemahasiswaan dan pada lantai dua bangunan berbentuk bentang lebar dengan tribun di samping kiri-kanannya.

Auditorium dengan kapasitas besar dengan sistem penghawaan alami adalah tipikal auditorium yang dibangun di wilayah tropis dengan dana terbatas. Sebagai ruang pidato, auditorium menuntut penyediaan waktu dengung yang cukup pendek (0,5- 1,0 detik) untuk mengatasi penurunan kejelasan pengucapan (*speech intelligibility*).

Di sisi lain, musik akan terasa hidup di dalam ruangan dengan waktu dengung yang cukup panjang. Kedua persyaratan ini tentunya, menciptakan kondisi yang saling berlawanan, sehingga apa yang dibutuhkan di dalam mendesain ruang akustik sebuah auditorium adalah dengan melakukan satu pilihan penekanan fungsi akustik (untuk pidato saja) sebagaimana yang dilakukan pada studi ini (Agustinus Djoko Istiadji, 2007).

Dari pernyataan teori tersebut di atas maka akan diteliti berapa besar nilai waktu dengung, intensitas bunyi yang mempengaruhi penerimaan suara, sehingga judul penelitian ini nantinya **"Simulasi Reverberation Time Sound System Efektif Pada Bangunan Gedung SC Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang"**. Karena

(*)Pemerhati Fisika

(**)Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

penempatan Sound System yang tidak sesuai standar, akan berpengaruh terhadap kenyamanan penerimaan informasi pengguna bangunan tersebut.

Penggunaan program komputer untuk simulasi akustik merupakan alternatif metode analisis akustik yang hemat waktu, biaya dan tenaga. Delphi sebagai program *computational building performance simulation* menyediakan fasilitas untuk pendekatan desain akustik. Dengan *graphic user interface* yang dilakukan di bawah platform windows, program ini menjadi *designer-friendly*. Kelebihan ini memberi peluang bagi perancangan ruang akustik untuk memanfaatkan kecepatan dan ketepatan di dalam memperhitungkan dan memvisualisasikan hasil analisa, yang tentu akan berguna untuk mendukung pengambilan keputusan desain akustik ruang. Dari penelitian tersebut, diharapkan dapat dihasilkan data-data yang bermanfaat bagi perencanaan dan perancangan bangunan pada Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang selanjutnya.

KAJIAN TEORI

Auditorium multi fungsi

Auditorium berasal dari kata '*audiens*' (penonton/penikmat) dan '*rium*' (tempat), sehingga auditorium dapat diartikan sebagai tempat berkumpul penonton untuk menyaksikan suatu pertunjukan tertentu (kamus besar bahasa indonesia: 1983). Berdasarkan jenis aktivitas yang dapat berlangsung di dalamnya, maka suatu auditorium dapat dibedakan menjadi:

- a. *Speech auditorium*
- b. *Music auditorium*
- c. Auditorium multi-fungsi

Bunyi

Bunyi mempunyai dua definisi:

1. Secara fisis
2. Secara fisiologis

Secara umum bunyi menyatakan sensasi pendengaran yang lewat telinga dan timbul karena penyimpangan tekanan udara.

Gelombang Bunyi

Sama halnya dengan gelombang lainnya, gelombang bunyi dapat diukur dalam satuan panjang gelombang, frekuensi dan kecepatan rambat. Panjang gelombang dinotasikan dengan lambang λ , adalah jarak antara dua titik pada posisi yang sama yang saling berurutan, misalnya jarak antara dua puncak gunung, atau jarak antara dua lembah. Frekuensi adalah banyaknya gelombang sinus (satu set kurva sinus terdiri dari satu gunung dan satu lembah setiap detik. Sesuai dengan nama penemunya, frekuensi dihitung dalam satuan *Hertz* (Hz). Kecepatan rambat gelombang bunyi dapat menyebabkan cacat akustik seperti gaung (pantulan yang berkepanjangan), gema dan dengung yang berlebihan.

Intensitas Bunyi

Intensitas didefinisikan sebagai energi yang dibawa sebuah gelombang per satuan waktu melalui satuan luas dan sebanding dengan kuadrat amplitudo gelombang.

$$I = \frac{P_{rata-rata}}{4\pi r^2}$$

Telinga manusia dapat mendeteksi bunyi dengan intensitas serendah 10^{-12}W/m^2 dan setinggi 1W/m^2 (dan bahkan lebih tinggi, walaupun di atas ini akan menyakitkan. Ini

merupakan jangkauan intensitas yang luar biasa, mencakup faktor satu triliyun (10^{12}) dari yang paling rendah sampai paling tinggi. Mungkin karena disebabkan oleh jangkauan yang lebar ini, kita menganggap kenyaringan tidak sebanding dengan intensitas. Untuk menghasilkan bunyi yang terdengar dua kali lebih keras dibutuhkan gelombang bunyi yang intensitasnya 10 kali lipat.

Telinga Manusia

Telinga manusia, merupakan detektor bunyi yang sangat sensitif. Fungsi telinga adalah untuk secara efisien merubah energi getaran dari gelombang menjadi sinyal listrik yang dibawa ke otak melalui saraf.

Telinga dibagi menjadi tiga bagian utama dengan baik sekali:

- a. Telinga luar
- b. Telinga tengah
- c. Telinga dalam

Penyerapan Bunyi

Penyerapan bunyi adalah perubahan energi bunyi menjadi suatu bentuk lain, biasanya panas, ketika melewati suatu bahan atau ketika menumbuk suatu permukaan.

Dalam akustik unsur-unsur yang dapat menunjang penyerapan bunyi:

1. Lapisan permukaan dinding, lantai dan atap.
2. Isi ruangan seperti penonton, bahan tirai, tempat duduk dengan lapisan lunak dan karpet.
3. Udara dalam ruangan.

Efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu dinyatakan oleh koefisien penyerapan bunyi. Koefisien penyerapan bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi datang yang diserap, atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Koefisien ini dinyatakan dalam *huruf greek* α . Nilai α dapat berada diantara 0 dan 1. Koefisien penyerapan bunyi berubah dengan sudut datang gelombang bunyi pada bahan dan dengan frekuensi.

Difusi Bunyi

Difusi atau difus adalah gejala terjadinya pemantulan yang menyebar. Karena gelombang bunyi menerpa permukaan yang tidak rata. Gejala ini dipakai untuk menghilangkan terjadinya *flutter echoes* atau pemantulan berulang-ulang

Difusi dapat diciptakan dengan berbagai cara:

1. Pemakaian permukaan dan elemen penyebar yang tidak teratur dalam jumlah yang banyak sekali, seperti pilaster, pier, balok-balok telanjang, langit-langit yang terkotak-kotak, pagar balkon yang dipahat dan dinding yang bergerigi.
2. Penggunaan lapisan permukaan pemantul bunyi dan penyerap bunyi secara bergantian.
3. Distribusi lapisan penyerap bunyi yang berbeda secara tidak teratur dan acak.

Difraksi Bunyi

Difraksi adalah peristiwa menerusnya atau membeloknya perambatan gelombang bunyi akibat ketidakmampuan penghalang berdimensi kecil untuk menahannya. Pengalaman memberikan banyak bukti bahwa balkon yang dalam mengakibatkan suatu bayangan akustik bagi penonton di bawahnya, dan dengan jelas menyebabkan hilangnya bunyi frekuensi tinggi (panjang gelombang pendek) yang tidak membelok sekitar tepi balkon yang menonjol. Hal ini menciptakan keadaan mendengar yang jelek di bawah

balkon. Namun difraksi mengurangi cacat akustik ini, walaupun hanya untuk jangkauan frekuensi audio di bagian tengah.

Waktu Dengung

Bila bunyi tunak (*steady*) dihasilkan dalam suatu ruang, tekanan bunyi membesar secara bertahap, dan dibutuhkan berapa waktu (dalam kebanyakan ruang sekitar 1 sekon) bagi bunyi untuk mencapai nilai keadaan tunaknya. Pentingnya pengendalian dengung dalam rancangan akustik auditorium telah mengharuskan masuknya besaran standar yang relevan, yaitu waktu dengung atau *reverberation time (RT)*. Ini adalah waktu agar TTB (*Tingkat Tekanan Bunyi*) dalam ruang berkurang 60 dB setelah bunyi dihentikan. Atau dengan kata lain *waktu dengung* adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu sumber bunyi yang dihentikan seketika untuk turun intensitasnya sebanyak 60 dB dari intensitas awal.

Waktu dengung pada sebuah ruangan akan bergantung pada : Volume ruangan, luas permukaan bidang-bidang pembentuk ruangan, tingkat penyerapan permukaan bidang, dan frekuensi bunyi yang muncul dalam ruangan. Waktu dengung dapat dihitung langsung pada suatu ruangan yang telah dipergunkaan dengan memakai bantuan *Sound Level Meter (SLM)* dan *stop watch*. Adapun formula sabine berwujud sebagai berikut:

$$RT = \frac{0.15V}{A + xV}$$

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan penelitian

Penelitian ini akan dilakukan simulasi penempatan *sound system* pada bangunan SC yang mana variabel yang mempengaruhi adalah sebagai berikut:

1. Panjang, lebar, luas dan volume ruangan yang di ukur sesuai dengan *blue print* bangunan gedung.
2. Luasan permukaan permasing-masing bahan (dinding, lantai, atap, dan tribun)
3. Nilai serap bahan pada permukaan di ambil menurut koefisien penyerapan bunyi bahan-bahan bangunan, bahan akustik, dan isi ruang yang telah ada.
4. Waktu dengung diukur berdasar nilai koefisien serap yang ada, bukan menggunakan *Sound Level Meter (SLM)*.
5. Waktu dengung dihitung dengan menggunakan rumus *Sabine*, $RT = \frac{0.16V}{A + xV}$.
6. Frekuensi yang digunakan sesuai dengan frekuensi wakil dari jangkauan frekuensi audio, yakni pada frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz.
7. Pada amplitudo, kecepatan rambat udara diasumsikan pada suhu 27°C yakni sebesar 47.6 m/s.
8. Sistem ekualisasi (*equalization*) diasumsikan normal, karena merupakan efek subjektif pada setiap audiens.

Hubungan antara jarak *loudspeaker*, audiens dan waktu dengung dihitung dengan rumus:

$$d = 0.18 \times \left(\frac{QV}{RT} \right).$$

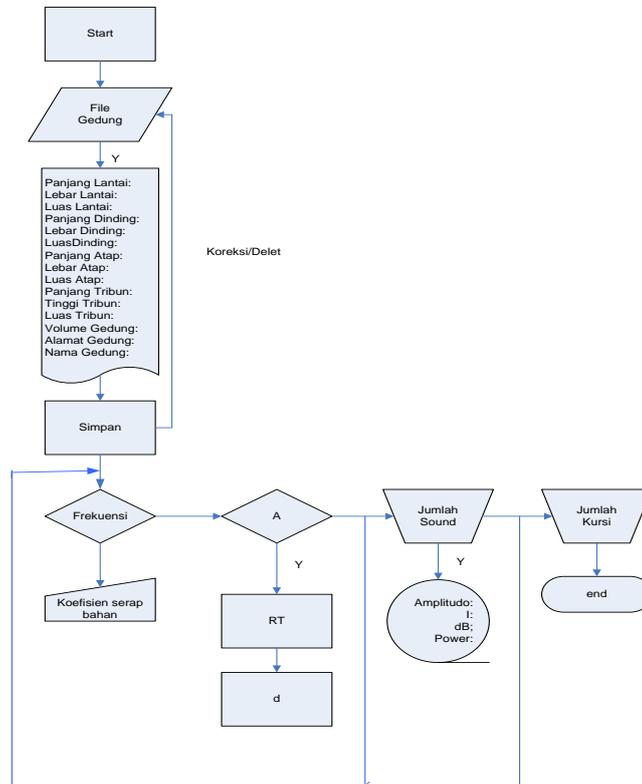
METODE PENELITIAN

Untuk menganalisis masalah bunyi *sound system* pada bangunan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, maka terdapat langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mempetakan bangunan menjadi bentuk persegi panjang.

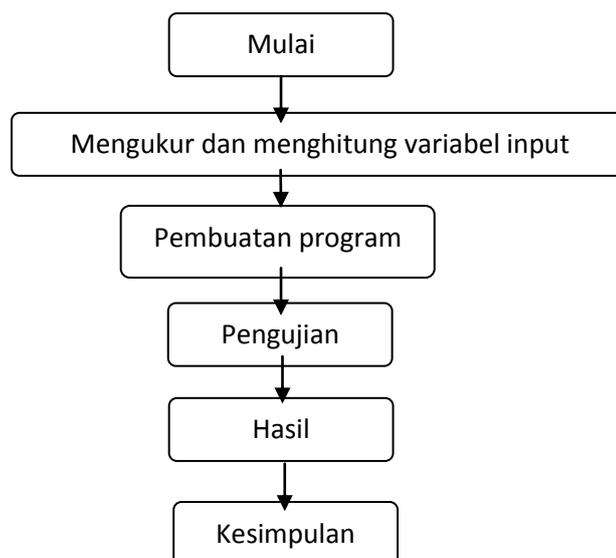
2. Mengukur setiap luasan bahan dinding, lantai dan atap.
 3. Mengukur volume ruang.
 4. Menentukan bahan yang digunakan pada tiap luasan dinding, lantai dan atap.
- Menghitung waktu dengung, intensitas bunyi, amplitudo dan jarak penempatan loudspeaker ke audiens.

Perancangan Software



Gambar 1. Perancangan software

Diagram alir penelitian



Gambar 2. Alur penelitian

Berdasarkan diagram diatas penelitian ini dapat didiskripsikan sebagai berikut:

1. Penelitian dimulai dengan studi literatur yaitu mempelajari materi-materi yang berhubungan dengan bunyi dan akustik bangunan.
2. Menghitung nilai input-an.
3. Membuat program pemodelan akustik dengan menggunakan program Delphi.
4. Menguji program dengan memberikan masukan pada panjang, lebar, tinggi, koefisien serap bahan, dan daya yang digunakan.
5. Menganalisis hasil dari program pemodelan dengan membandingkan hasil yang di lapangan dengan hasil simulasi.
6. Menyimpulkan hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penghitungan

Tabel 1. Penghitungan Volume Ruang

Atap		Dinding		Lantai		Tribun	
Pnj	65 m	Pnj	60 m	Pnj	49 m	Pnj/alas	40 m
Lbr	45 m	Lbr	40 m	Lbr	28 m	Lbr	5 m
Luas	2925 m ²	Luas	2400 m ²	Luas	1372 m ²	Luas	100 m ²

Panjang	60
Lebar	40
Tinggi	10
Volume	24000 m ³

Tabel 2. Penghitungan Waktu Dengung

f	A (penyerapan ruangan total)	RT (sekon)
125	2336	1,54
250	887,35	4,057
500	616,4	5,84
1000	453,44	0,47
2000	420	0,16
4000	697,95	0,06

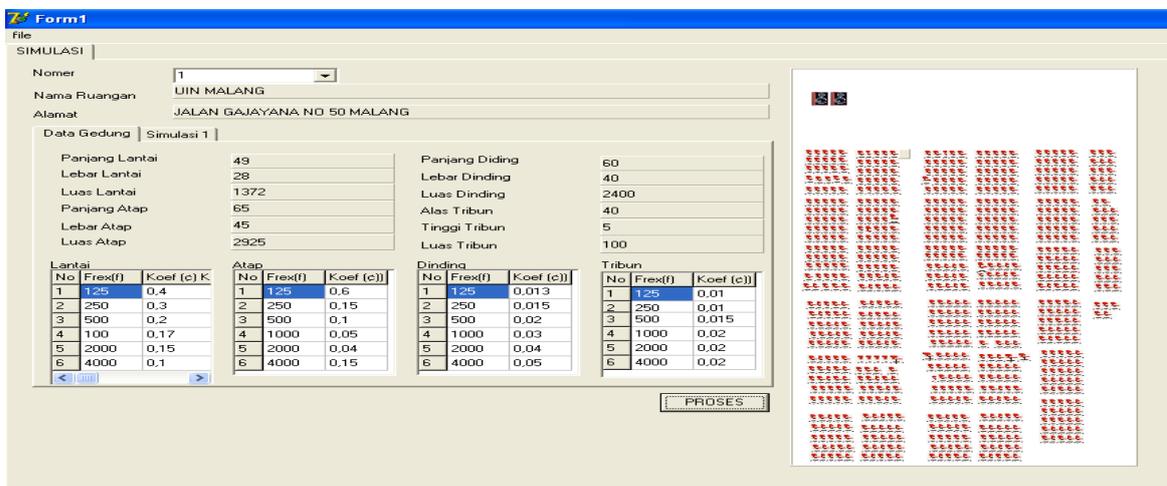
Tabel 3. Penghitungan Amplitudo

f	A (Amplitudo / m)
125	5,293 x 10 ⁻⁶
250	2,65 x 10 ⁻⁵
500	1,32 x 10 ⁻⁵
1000	6,624 x 10 ⁻⁶
2000	3,312 x 10 ⁻⁶
4000	1,656 x 10 ⁻⁶

Hasil Simulasi

Adapun hasil simulasi software pemodelan penempatan sound system ini terbagi menjadi dua bagian kontrol dalam satu form, yakni kontrol data gedung dan kontrol simulasi. Software ini tidak hanya dapat digunakan fokus pada bangunan gedung SC Universitas Islam Negeri Malang, namun juga dapat digunakan pada bangunan lainnya, dengan mengubah entri masukan dengan cara:

- Klik kiri mouse pada file
- Klik data gedung
- Klik laporan/delet pada menu yang telah disediakan
- Klik kanan pada menu ruangan/alamat
- Pilih menu edit untuk mengedit, atau menu delet untuk menghapus masukan data
- Masukkan data pada tabel yang telah tersedia
- Tangkai terakhir klik simpan



Gambar 1. Tampilan hasilprogram

PEMBAHASAN

Hasil perhitungan menunjukkan RT60 rata-rata pada frekuensi 125-4000 Hz berkisar antara 2,001 yang mana pada interval tersebut sesuai untuk jenis *music auditorium* ($1 \leq RT60 \leq 2$), yang di fokuskan untuk konser musik, parade band, dan sejenisnya. Dengan nilai RT rata-rata 2,001 bangunan gedung SC UIN Malang belum memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai ruang seminar, ruang rapat jenis-jenis kegiatan formal lainnya karena RT yang terlalu tinggi, adapun RT yang disyaratkan untuk ruang seminar sebesar $0,5 \leq RT60 \leq 1$.

Apabila bangunan tersebut akan di gunakan sebagai ruangan konferensi/auditorium multi-fungsi maka hendaknya dilakukan pemasangan/penambahan/penggantian bidang serap yang telah ada pada bagian-bagian tertentu berdasarkan perilaku energi suara terhadap geometri ruang guna menghasilkan nilai RT60 yang optimum terurama untuk frekuensi tinggi. Nilai RT60 untuk bangunan tersebut sebenarnya masih dalam jangkauan nilai optimum untuk pertunjukan musik. Namun apabila hasil perhitungan dibaca lebih detail maka nilai tersebut kurang memenuhi syarat, perlu adanya pengurangan bidang serap dengan mengkaji ulang analisa akustiknya secara lebih mendetail.

Penentuan bidang serap yang akan dipasang didasarkan pada dua pertimbangan. Pertama, mengurangi panjang perjalanan suara dengan meredam energinya sehingga garis

suara yang memiliki kemungkinan terputus berulang-ulang karena dua bidang pantul yang rapat (ruang dengan bentuk empat persegi panjang) akan diserap guna mengurangi efek gaung atau gema. kedua, suara pantul diharapkan tiba pada pendengar selambat-lambatnya dengan waktu tempuh kurang dari 20 ms (*mili second, mili detik, seperseribu detik*) untuk bunyi pantulan dan telah melemah energinya guna meningkatkan *speech level* dan *speech intelligibility* serta mengurangi ketegangan suara, hasil saling bertabrakan maupun pengaburan suara (*blur*).

Rekomendasi Untuk Pengelola SC

Melihat data yang telah ada di atas, maka penulis merekomendasikan beberapa hal terkait dengan bangunan SC Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang:

1. Sebaiknya bangunan SC di desain dan di bangun ulang dengan melibatkan ahli akustik pada pembangunan selanjutnya.
2. Dalam meningkatkan kualitas akustik berkarakter *speech* maupun *music*, peletakan bahan (absorbtif/reflektif) pada luasan bidang permukaan elemen interior juga perlu mendapat perhatian.
3. Untuk meningkatkan ketajaman *speech* guna menghasilkan 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: 476 g/m, pleated 50%*) di dinding seluas 25,86%.
4. Untuk memperoleh dengung yang cukup panjang dan *echo, baffle* yang tidak dicat (*baffle: 3" unpainted*) dilepas dari plafon dan tirai berat berlipat (*drapery: 476 g/m, 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 dan karpet absorber pada wilayah 1/3 area tempat duduk penonton.
5. 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.

Hal ini sesuai dengan pendapat Doelle, yang menyatakan bahwa koefisien absorpsi bahan tertentu sangat menentukan perubahan kualitas suara akustik ruang. Bahan-bahan absorptif 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 musik.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang simulasi *reverberation time sound system* efektif pada bangunan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah diuraikan di atas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. RT rata-rata pada bangunan SC UIN Malang sebesar 2,001 yang mana waktu dengung tersebut cocok digunakan sebagai ruang konser.
2. Perangkat lunak dari sistem yang dibuat (Bahasa Delphi) dapat menghitung nilai I, RT, d, A dan menentukan jumlah kursi serta sound system yang di kehendaki oleh operator.
3. Software pemodelan yang dibuat dapat bekerja sebagaimana mestinya setelah didukung oleh perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

DAFTAR PUSTAKA

- C. Indrani, Hedy. 2006. *Dimensi teknik Arsitektur Vol. 35*, Univ. Petra: Surabaya.
- Doelle, Lessie L. 1972. *Akustik Lingkungan*, Erlangga: Jakarta.
- Giancolli, Douglas C. 1998. *Fisika*, Jakarta: Erlangga.
- Kinsler, Lawrence E., Frey, Austin R., Coppens, Alan B., Sanders. 2000. James V., *Fundamental of Acoustic*. USA: John Willey and Sons. Inc.
- Mediastika, Eviustami Christina. 2005. *Akustika Bangunan Prinsip-Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*, Jakarta: Erlangga.
- Satwiko, Prasasto. 2008. *Fisika Bangunan*, Andi: Yogyakarta.
- Tipler, Paul A. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*, Jakarta: Erlangga.