

AKUSTIK RUANG AULA/SERBA GUNA, STUDI KASUS GEDUNG AULA DR. Ir. SOEKARNO UNIVERSITAS BUNG KARNO DI JAKARTA

Budiarjono¹

¹Dosen Fakultas Teknik Universitas Bung Karno.

Abstraksi

Seperti kita ketahui, fungsi utama “Gedung Aula DR. Ir. Soekarno” adalah sebagai auditorium yang serba guna yang dimiliki oleh Universitas Bung Karno di Jakarta. Suatu gedung auditorium harus memenuhi kondisi akustik yang baik supaya dapat dipergunakan berbagai jenis kegiatan-kegiatan seperti sebagai tempat untuk mengadakan seminar, kuliah umum, tempat pementasan seni / music, bahkan saat ini digunakan untuk pelaksanaan ibadah jumat dan juga beberapa kegiatan pertemuan yang bernuansakan keilmuan. Karena fungsinya yang sangat penting maka aspek kenyamanan secara akustik pun perlu untuk diperhatikan, secara subjektif maka ruangan ini dapat dikatakan nyaman secara akustik karena suara dapat didengar dengan baik dari berbagai titik pada ruangan. Untuk mengetahui efektivitas akustik “Gedung Aula DR. Ir. Soekarno”, maka penulis akan memberikan penilaian secara subjektif. Sebagai informasi dimensi ruangan ini dengan panjang 20 meter, lebar sekitar 15 meter dan tinggi plafon 4 meter, sedangkan denah berbentuk segiempat. Pengolahan data dilakukan secara subjektif dan melalui rekaman suara yang direkam menggunakan handphone untuk mendengarkan kejelasan artikulasi dan pola dengung yang terjadi. Berdasarkan data rekaman maka ruangan ini memiliki suatu rentang waktu dengung yang relatif pendek. Secara subjektif dari penilaian pengamat maka ruangan ini telah cukup bagus meskipun masih adan suara dengung. Makalah ini akan membahas berbagai macam aspek akustik ruangan tersebut, mencakup Direct Arrival, Reverberation Time, Warmth, Intimacy, Diffusion, Noise dll. Selain itu “Gedung Aula DR. Ir. Soekarno” juga memiliki masalah pada kebisingan atau noise yang diakibatkan oleh lingkungan sekitar. Biasanya sumber bising disebabkan oleh kendaraan yang parkir di sisi samping dan depan gedung tersebut.

Kata Kunci: Waktu dengung, Penyerapan Suara, Tingkat Kejelasan Suara

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gedung serbaguna ini digunakan sebagai tempat untuk mengadakan seminar, kuliah umum, tempat pementasan seni / music, bahkan saat ini digunakan untuk pelaksanaan ibadah jumat dan juga beberapa kegiatan pertemuan yang bernuansakan keilmuan. Dalam konteks ini maka perlu dihindari adanya cacat akustik seperti echo, resonansi, waktu dengung yang terlalu panjang ataupun masalah kebisingan yang berasal dari luar ruangan. Waktu dengung yang terlalu panjang akan menyebabkan suara yang didengar tidak terlalu jelas. Hal ini kemudian akan mempengaruhi terhadap kejelasan informasi yang didapatkan oleh pendengar.

Untuk dimensi ruangan yang berbeda maka akan ada perlakuan dan gejala akustik yang berbeda, hal ini pun terkait dengan fungsi ruangan. Seperti yang dijelaskan sebelumnya ruangan ini digunakan untuk kegiatan seminar dan pertemuan ilmiah yang bisa digolongkan sebagai ruang pidato yang mempunyai sifat penyampaian informasi visual ataupun akustik. Maka untuk itu nilai fungsi tersebut perlu diperhatikan beberapa faktor seperti tingkat kebisingan, waktu dengung ruangan, geometri ruangan dan sistem tata suara. Geometri ruangan ini akan berpengaruh pada pantulan suara, echo dan difusi suara yang terjadi pada ruangan.

II. TUJUAN PENELITIAN

Mengetahui kondisi akustik ruangan *Gedung Aula DR. Ir. Soekarno* secara subjektif seperti kriteria kebisingan dan waktu dengung. Serta mengetahui dampak dari bahan pembentuk ruangan dan penempatan posisi tata suara terhadap tingkat kejelasan suara yang didengar.

III. METODE PENELITIAN

Metode yang dipergunakan adalah metode kuantitatif dengan pengamatan dan membandingkan dengan analisa.

Lokasi penelitian ” GEDUNG AULA DR. IR. SOEKARNO “ JAKARTA

PENGUMPULAN DATA

Data penunjang maka diperlukan sejumlah data baik data primer maupun data sekunder.

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari sumbernya, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari literatur/ pustaka.

Data primer yang dibutuhkan adalah pengamatan langsung (observasi) ke lokasi Universitas Bung Karno jalan kimia no 20 Jakarta pusat, khususnya pengamatan fisik bangunan “Gedung Aula DR. Ir. Soekarno” secara akustik interior dan akustik lingkungan (bising).

Data tersebut diolah untuk mendapatkan besaran obyektif dan subyektif dari parameter sifat akustik didalam ruang seperti waktu dengung (*Reverberation Time*), suara langsung (*Direct arrivals*), suara difuse, keakraban (*Intimacy*), kehangatan (*Warmth*) dan kebisingan (*noise*).

IV. TINJAUAN PUSTAKA :

Kriteria Penilaian Subjektif

Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Yaitu parameter yang sangat berpengaruh dalam desain akustik ruangan 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 atau peluruhan-peluruhan yang terjadi kurang dari 60 dB, seperti 15 dB, 20 dB dan 30 dB. Waktu dengung (*Reverberation Time*) sangat menentukan dalam mengukur tingkat kejelasan *bicara*. Ruangan yang memiliki waktu dengung terlalu panjang akan menyebabkan penurunan kejelasan pembicaraan (*speech intelligibility*), karena suara langsung masih sangat dipengaruhi oleh suara pantulnya. Sedangkan ruangan dengan waktu dengung terlalu pendek akan mengesankan ruangan tersebut “mati”. Sifat Ruangan yang diperuntukan acara musik, biasanya berkaitan dengan waktu dengung yang panjang, dan ruangan yang diperuntukan pidato berkaitan dengan waktu dengung yang pendek. Panjang pendeknya waktu dengung yang diperlukan untuk sebuah ruangan, tentu saja akan bergantung pada fungsi ruangan tersebut.

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 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*)

Keakraban (*Intimacy*)

Kriteria ini menunjukkan persepsi seberapa intim kita mendengar suara yang dibunyikan dalam ruangan tersebut. Ruangan dikatakan intim secara akustik bila ketika sumber suara mengeluarkan suara maka akan timbul kesan bahwa pendengar berada pada ruang yang kecil artinya kita merasakan suara cukup intim. Secara objektif, kriteria ini berkaitan dengan waktu tunda (beda waktu) datangnya suara langsung dengan suara pantulan awal yang datang ke suatu posisi pendengar dalam ruangan. Makin pendek waktu tunda ini, makin intim medan suara didengar oleh pendengar. Beberapa penelitian menunjukkan harga waktu tunda yang disarankan adalah antara 15 – 35 ms. Kondisi ruangan yang akrab akan menjadikan intimacy ruangan tersebut maka pendengar akan merasa semakin dekat dengan para pemain/pelaku. Sensasi seperti ini dapat memberikan kesan mendalam yang dapat menyebabkan bulu kuduk berdiri.

Kehangatan (*Warmth*)

Kedua kriteria ini ditunjukkan oleh spektrum waktu dengung ruangan. Apabila waktu dengung ruangan pada frekuensi-frekuensi rendah lebih besar daripada frekuensi tengah dan frekuensi atas, maka ruangan akan lebih terasa hangat (*warmth*). Waktu dengung yang lebih tinggi di daerah frekuensi rendah biasanya lebih disarankan untuk ruangan yang digunakan untuk kegiatan bermusik. Untuk ruangan yang digunakan untuk aktifitas *pembicaraan*, lebih disarankan waktu dengung yang flat untuk frekuensi rendah-tengah-tinggi, *warmth* dapat diukur dengan menggunakan bass ratio.

Suara Langsung (*Direct arrivals*)

Adalah suara langsung yang dapat di dengar oleh audience atau orang yang berada di dalam ruangan tanpa mengalami pantulan. Secara subjektif agar suara yang didengar dapat lebih maksimal maka suara langsung harus cukup besar dibandingkan suara pantul. Hal ini karena apabila suara pantul lebih besar maka noise dari penonton dan suara dengung dapat mengganggu suara yang dipancarkan sumber suara. Hal ini dipengaruhi oleh penempatan barang-barang pada ruangan tersebut. Dengan meminimalisasikan barang-barang yang ada pada suatu ruangan, akan menyebabkan suara yang dikeluarkan oleh sumber akan dapat langsung didengar oleh audience tanpa pantulan.

Kejernihan dan kesempurnaan**(*Clarity and Fullness*)**

Adalah ukuran yang bermanfaat untuk melakukan penilaian kualitas suara yang terjadi didalam ruang auditorium berupa suara musik dan percakapan, ada beberapa faktor yang mempengaruhi clarity antara lain

- a. Initial Time Delay / waktu tunda suara harus cukup pendek antara suara langsung dan suara pantul pertama agar tidak terjadi pelemahan gelombang suara
- b. Suara langsung harus cukup keras untuk tiap posisi pada ruangan
- c. Suara dengung tidak terlalu keras untuk menutupi suara langsung

Penyebaran Suara. (*Diffusion*)

Adalah penyebaran suara di setiap titik ruangan. Difusi yang baik adalah setiap titik di ruangan akan mendengar sama jelasnya, baik di bagian depan maupun belakang. Dapat pula merupakan kondisi ketika suara datang ketelinga dari berbagai arah, hal ini dapat dicapai ketika ruangan mempunyai ketidakteraturan (*irregularity*) pada bagian dinding samping dan atau belakang ataupun pada bagian langit-langit. Jadi merupakan pola sebaran gelombang suara yang memantul secara merata dari suatu penghalang yang terdapat dielemen ruang (dinding, langit-langit dan lantai) secara random keberbagai arah. Suara Difusi akan memberikan sensasi suara berbeda yang memberikan kesan tersendiri.

Keseimbangan Dan Campuran Suara (*Balance dan Blend*)

Balance terkait dengan penerimaan suara secara berimbang untuk semua frekuensi suara. Sedangkan kriteria blend terkait dengan campuran suara yang dari instrument yang bervariasi terasa harmonis didengar oleh pendengar

Waktu Tunda (*Initial Time Delay*)

Merupakan beda waktu antara suara langsung dengan suara pantul pertama

1. Waktu dengung (reverberation time)

Merupakan waktu yang diperlukan oleh energi suara dalam suatu ruangan untuk meluruh atau tereduksi sampai dengan 60dB setelah sumber dimatikan

2. Pembelokan suara (Difraksi)

Suatu gejala akustik yang menyebabkan gelombang suara dibelokkan pada sekitar penghalang. Suara bising luar ruang dapat masuk melalui celah-celah jendela ataupun pintu ruangan. Sifat difraksi suara ini mengakibatkan penanganan system isolasi suara menjadi kompleks.

Sensasi Suara Didalam Ruang (*Liveness*)

Ruangan dikatakan hidup (live) apabila ruangan memiliki waktu dengung yang relative, untuk keperluan mendengarkan/penyampaian informasi diperlukan ruangan dengan waktu dengung yang singkat, sedangkan untuk keperluan mendengarkan suara music diperlukan ruangan dengan waktu dengung yang panjang secara subjektif faktor ini sangat dipengaruhi oleh waktu dengung atau *reverberation time*.

Sistem Tata Suara

Fungsi dari sistem tata suara adalah sebagai berikut:

1. Memperkuat suara yang sampai kepada pendengar, baik yang berada didalam ruangan maupun pada area koridor dan sekitarnya. Hal ini juga dimaksudkan untuk mengatasi pengaruh bising lingkungan untuk memperbesar nilai ratio sinyal terhadap noise (S/N ratio)
2. Mendistribusikan suara dengan merata keseluruh ruangan dan ruangan sekitarnya.

Secara keseluruhan maka selain faktor subjektif penilaian terhadap akustik ruangan juga memperhatikan beberapa hal terkait antara lain:

1. Bentuk ruangan
2. Posisi dan sumber suara
3. Bahan pembentuk ruangan

V. PEMBAHASAN, ANALISA DAN PENILAIAN.

Penilaian secara Subjektif

Penilaian yang dilakukan oleh pengamat dilakukan secara subjektif dengan mendengarkan langsung ketika mengadakan seminar, kuliah umum dan juga ketika menghadiri beberapa pertemuan yang diadakan di. "Gedung Aula DR. Ir. Soekarno" Data juga diamati melalui rekaman yang direkam ketika kuliah umum.

Berikut adalah foto dari ruangan “Gedung Aula DR. Ir. Soekarno”
“Gedung Aula DR. Ir. Soekarno” ini berukuran kira-kira 15m x 20m.



Main entrance aula



Sisi dalam main entrance



Side entrance aula



Drop Ceiling Aula DR.Ir.Soekarno.



Bagian panggung



Sisi dalam side entrance



Sisi dalam side entrance



Sisi kanan panggung

Dimensi ruangan:

Ruangan berbentuk segi empat dengan adanya dinding sejajar pada arah yang berhadapan. Pada dinding sebelah timur dibentuk dari semen dengan plesteran cat berwarna putih dan juga memiliki permukaan kaca yang cukup luas. Pada dinding sebelah barat juga berupa dinding dari semen dan terdapat dua buah pintu pada sisi sebelah barat ini.

Pada bagian luar dari dinding sebelah timur terdapat beberapa pohon yang cukup tinggi dan rindang. Loudspeaker diletakkan pada bagian tengah ruangan dan pada bagian sekitar panggung. Bagian lantai selain panggung terbuat dari keramik, sedangkan lantai pada bagian panggung dilapisi dengan karpet. Pada bagian atap terdapat difuser yang memiliki celah-celah dengan jarak yang teratur. Pada bagian ini juga digunakan eternit atau kayu lapis dengan cat berwarna putih.

Penilaian atau judgement subjektif yang dilakukan pengamat dengan menggunakan indera pendengaran dan menggunakan alat perekam suara dan gambar dari handphone lalu memberikan penilaian akustik sebagai berikut:

a. Keakraban (Intimacy)

Dengan mendengarkan suara langsung maka pada vonem pengucapan tertentu terdengar adanya dengung, dengung ini cukup membuat suara yang ditransmisikan sumber (dalam hal ini loudspeaker yang terdapat pada bagian tengah dan pada bagian panggung) terganggu. Kondisi dengung ini terjadi pada saat audience memenuhi ruangan. Hasil suara yang terdengar terasa cukup "dekat" dengan penonton. Bunyi yang terdengar oleh penonton saat pembicara berpidato terdengar cukup jelas, walaupun yang berbicara tidak mengeluarkan suara yang keras atau berteriak.

Aspek bising dari lingkungan sekitar ruangan.

Letak ruangan "*Gedung Aula DR. Ir. Soekarno*" jauh dari jalan raya yang menyebabkan bising atau noise yang berasal dari luar ruangan bisa dikatakan tidak ada, terdapat parkir kendaraan disamping dan depan gedung, kondisi ini akan menjadi potensi gangguan bising parkir.

b. Suara Langsung

Ruangan Aula DR. Ir. Soekarno memiliki direct arrival dirancang dengan baik. Hal ini dinilai dari desain panggung yang terlihat jelas dari titik manapun di ruangan dengan podium berbentuk procenium. Berdasarkan data yang direkam maka tidak terdengar adanya perbedaan waktu yang signifikan antara suara langsung dengan suara pantul, sehingga suara masih dapat terdengar walaupun permasalahannya adalah waktu

dengung ruangan yang mengakibatkan energi suara didalam ruangan meluruh dengan waktu yang relative lama. Distribusi suara yang didengarkan cukup baik karena adanya penempatan loudspeaker pada beberapa tempat didalam aula ikut membantu dalam perataan tekanan suara yang dapat didengarkan. Setelah dilakukan beberapa kali pengambilan suara di ruangan ini, suara yang terdengar di berbagai titik cukup jelas. Namun jika sumber suara makin jauh, makin kurang jelas terdengar, dikarenakan didalam ruangan ini sangat banyak terdapat berbagai macam peralatan drama mahaguru, sehingga cukup mengganggu suara langsung dari sumber sehingga terjadi pantulan suara, jadi kadang suara tidak terdengar dengan jelas.

c. Kehangatan (Warmth)

Kriteria ini menggambarkan kualitas dengung yang berasal dari sumber suara pada frekuensi rendah. Apabila waktu dengung yang terjadi pada frekuensi rendah lebih panjang daripada pada waktu frekuensi tinggi maka bisa dikatakan ruangan tersebut warmth.

Paramater ini mendapatkan bahwa pada saat ceramah ilmiah maka dengung dapat terdengar lebih lama dibandingkan ketika adanya bunyi frekuensi tinggi (berdenging) yang berasal dari loudspeaker. Artinya ruangan ini memiliki tingkat warmth yang relative baik. Kejelasan dari suara diruangan ini cukup baik. hal ini disimpulkan berdasarkan kejelasan sumber suara berbicara. Pada penilaian warmth, dicoba juga dengan cara berbicara di tengah panggung dan didengarkan dari kursi penonton, dengan tepukan tangan, dan injakan kaki di lantai. Dan hasil yang didapat, waktu dengung dari tepukan tangan (high frequency) terdengar lebih cepat dibanding suara pembicara (mid frequency) dan suara injakan kaki di lantai (low frequency) terdengar memiliki waktu dengung yang lebih tinggi daripada suara pembicara. Keakraban mudah diperkirakan karena ruangnya tidak terlalu besar (namun cukup untuk kapasitas 150 orang) sehingga suara pantulnya tidak terlalu panjang.

Kejernihan Dan Kesempurnaan. (Clarity dan Fullness)

Clarity (Kejernihan) adalah ukuran yang bermanfaat untuk melakukan penilaian kualitas suara musik dan percakapan, ada beberapa faktor yang mempengaruhi clarity antara lain

Initial Time Delay, initial time delay harus cukup pendek antara suara langsung dan suara pantul pertama agar tidak terjadi pelemahan gelombang suara

Suara langsung harus cukup keras untuk tiap posisi pada ruangan

Suara dengung tidak terlalu keras untuk menutupi suara langsung

Berdasarkan parameter diatas maka initial time delay dari ruangan ini cukup pendek sehingga mengakibatkan adanya dominansi suara langsung yang cukup besar dibandingkan dengan suara pantul, lalu penyebaran suara pada tiap posisi didalam ruangan pun cukup merata karena adanya sistem tata suara yang membantu dalam pendistribusian tekanan suara namun suara dengung masih dapat dirasakan walaupun tidak terlalu keras sehingga dapat menutupi suara langsung.

Jadi secara keseluruhan maka dapat dikatakan ruangan ini cukup jernih walaupun tidak bisa dikatakan sangat baik namun mencukupi untuk nilai fungsi ruangan yang dapat dikategorikan sebagai *ruang pidato*.

d. Penyebaran Suara. (Diffusion)

Suara Difus disini tidak dapat dirasakan secara subjektif melalui sebaran suara pada berbagai posisi, hal ini dikarenakan seluruh permukaan dinding (empat sisinya berupa

tembok bata plaster dan difinis dengan cat tembok. Penyebaran suara pada ruangan ini kurang merata disetiap titik. hal ini bisa karena bentuk geometri ruangan dan jenis bahan dinding yang licin sehingga pantulan suara tidak merata

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, ruangan ini cukup baik secara akustik sesuai dengan fungsinya sebagai ruang multifungsi bagi anggota unit paduan suara jika anggota melakukan latihan perkusi didalam ruangan tersebut, suara yang dihasilkan tidak terlalu bergema atau bisa dikatakan waktu dengungnya tidak terlalu besar. Namun dikarenakan banyaknya peralatan perkusi dan drama lainnya yang diletakkan diruangan, akan memperbanyak bidang pantul suara sehingga suara tidak tersebar secara merata.

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

Tingkat Bising Latar Belakang ruangan ini cukup besar karena gangguan dari suara luar, hal ini wajar karena ruangan ini sangat dekat dengan halaman parkir, sehingga jika ada kegiatan parkir akan terdengar yang masuk kedalam ruang melalui celah jendela dan pintu. Gangguan dari dalam pun cukup besar karena banyak alat-alat perkusi dan simbal yang diletakkan dalam ruangan tersebut

f. Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Waktu dengung dari ruang Aula DR. Ir. Soekarno dinilai dengan menggunakan tepukan tangan. Untuk ruangan sebesar ini (20 x 15 M²), waktu dengung dari ruangan ini cukup. Cukup lama terdengar dengungan dari tepukan tangan yang dilakukan di tengah panggung,

Alat pengukuran yang dipakai adalah menggunakan stopwatch dan sumber suara tepukan tangan direkam dengan handphone, dengan hasil pengukuran didapat waktu dengungnya sekitar 0.8 detik yang masih dibawah nilai referensi untuk ruang pidato/conference room yang standarnya 0,7-1 detik.

VI. KESIMPULAN

Secara garis besar, akustik "*Gedung Serba Guna Ir. Soekarno*" ini sudah cukup baik dengan adanya tingkat kejelasan suara yang merata pada berbagai posisi, pada bagian waktu dengung masih terdapat jeda relative lama, sementara initial time delay telah relative pendek dan memenuhi untuk nilai fungsi pidato atau pembicaraan yang akibatnya dominansi suara langsung masih lebih besar dibandingkan suara pantul. Hal ini juga membuat suara yang didengar dapat diterima cukup jelas.

Pada bagian intimacy dan suasana dalam pendengaran memang ada permasalahan ketika loudspeaker diletakan pada bagian samping dan belakang ruangan namun hal ini tidak mempengaruhi tingkat kejelasan suara.

Untuk memperbaiki kekurangan dari ruangan ini secara akustik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, misalnya ventilasi yang terlalu banyak akan membuat noise dari luar menjadi lebih besar. oleh karena itu disarankan ventilasi didesain supaya mempunyai kondisi automatic dapat dibuka dan ditutup secara manual atau semi otomatis.

Dan peralatan-peralatan yang banyak tersebar di dalam ruangan alangkah baiknya di kumpulkan di satu tempat. Disamping bisa mengurangi banyaknya bidang pantul, ruangan juga lebih rapi. Untuk memperbagus penyebaran suara, dinding-dinding ruangan dibuat agar berpermukaan kasar sehingga penyebaran suara lebih merata.

Untuk meningkatkan warmth, kita harus meningkatkan frekuensi rendah RT dengan tetap menjaga atau menurunkan frekuensi tinggi ke pertengahan. Salah satu cara untuk melakukan ini adalah dengan menambahkan bahan dalam ruang yang menyerap energi pada frekuensi tinggi lebih baik dari pada frekuensi rendah. Namun, keseimbangan antara warmth dan brilliance harus selalu diperhatikan; penyerapan frekuensi tinggi yang berlebihan akan mengurangi brilliance dan itu kurang baik.

VII. DAFTAR PUSTAKA

1. Doelle, L.L. dan Prasetio, L. 1993. *Akustik Lingkungan*. Erlangga, Indonesia
2. Baron, M., *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. E & FN Spon, London, 1972.
3. Egan, M. D., *Concept in Architectural Acoustics*. McGraw Hill, Inc. United States of America,. 1976.
4. Ribeiro, M.R.S., *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, 2002.
5. 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.
6. Templeton, D., *Acoustics in The Built Environment*. Butterworth-Heinemann Ltd. London, England. 1993.
7. Prasasto Satwiko, *Fisika Bangunan 1*, Penerbit Andi Yogyakarta, Yogyakarta, 2004.