BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Akustik Ruang dan Kenyamanan Audial

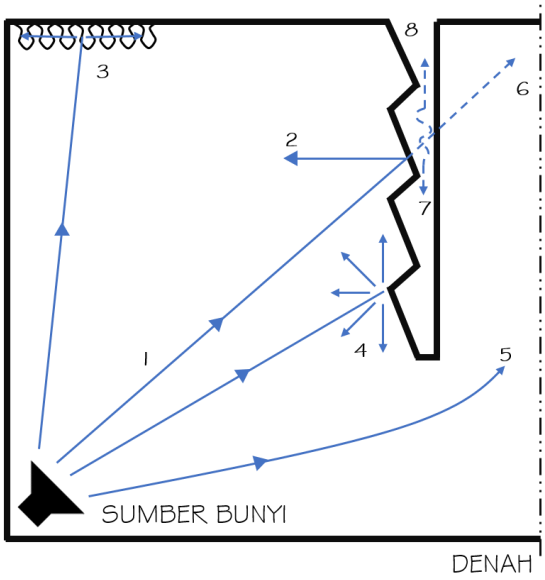
Akustik adalah hal-hal yang berhubungan dengan suara dan pendengaran. Terdapat tiga elemen utama akustik yaitu sumber bunyi (yang diinginkan atau tidak diinginkan), jejak atau perambatan buyi, dan penerima (yang ingin atau tidak ingin mendengar). Tahapan terdengarnya suatu bunyi berasal dari bunyi yang diproduksi oleh sumbernya, kemudian merambat melalui penghantar suara, sampai dapat diterima oleh pendengar bunyi tersebut. Sumber suara dapat berjumlah lebih dari satu dan merambat pada medium yang bermacam-macam. Agar tercipta kondisi mendengarkan yang menguntungkan atau *good listening*, maka sumber bunyi harus diproduksi secara kuat, membuat jejak perambatan yang efektif dengan memperkuat reflektor bunyi, serta dapat juga dengan memposisikan pendengar sedekat mungkin dengan sumber bunyi. Selain itu, suara yang tidak diinginkan atau bising harus dihindarkan dari pendengaran karena dapat mengganggu dan mengalihkan perhatian (Doelle, 1986).

Secara arsitektural pengendalian bunyi disebut sebagai akustik lingkungan atau perancangan akustik yang dapat mengendalikan bunyi baik di dalam maupun luar ruangan. Bunyi yang diinginkan harus diproduksi oleh sumber bunyi lebih kuat, dirambatkan atau dipantulkan kepada pendengar dengan baik serta menghindarkan bunyi dari bising atau bunyi yang tidak diinginkan. Bunyi yang tidak diinginkan harus diredam pada proses perambatannya sehingga bunyi tersebut tidak mengganggu pendengar. Bunyi yang dapat dikelola dengan baik akan menciptakan kenyamanan audial atau *good listening* bagi penerima bunyi (Doelle, 1986).

Gambar 2.1 Tahapan pendengaran.
Sumber: Doelle, 1986

2.1.1 Akustik ruang

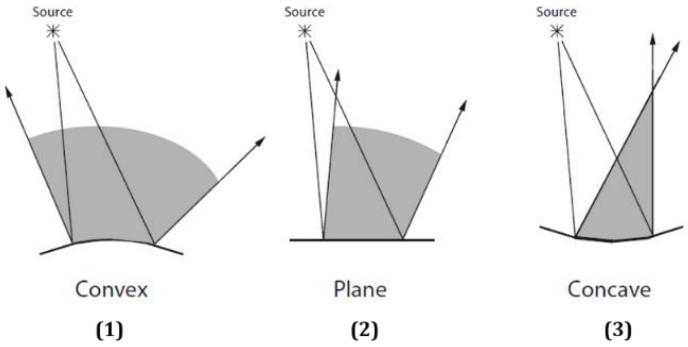
Dalam merancang akustik ruang terlebih dahulu dikenali sifat-sifat bunyi. Bunyi dapat dipantulkan (refleksi), diserap (absorpsi), dibelokkan (difraksi), ditransmisikan (transmisi), hilang dalam struktur bangunan, dan dirambatkan (difusi). Perpanjangan bunyi atau dengung adalah suara pantul yang terdengar setelah bunyi asli. Dengung harus diatur dengan baik waktunya agar penerima bunyi dapat mendengar dengan nyaman dan jelas. Pemantulan bunyi atau refleksi dan penyerapan bunyi atau absopsi dipengaruhi oleh material bidang pantul. Penyerapan bunyi ditentukan oleh koefisien penyerapan bunyi oleh suatu material (Doelle, 1986).



Gambar 2.2 Kelakuan bunyi dalam ruangan tertutup: bunyi datang atau bunyi langsung (1), bunyi pantul (2), bunyi yang diserap oleh lapisan permukaan (3), bunyi difus atau bunyi yang disebar (4), bunyi difraksi atau bunyi yang dibelokkan (5), bunyi yang ditransmisi.
Sumber: Doelle, 1986

1. Refleksi

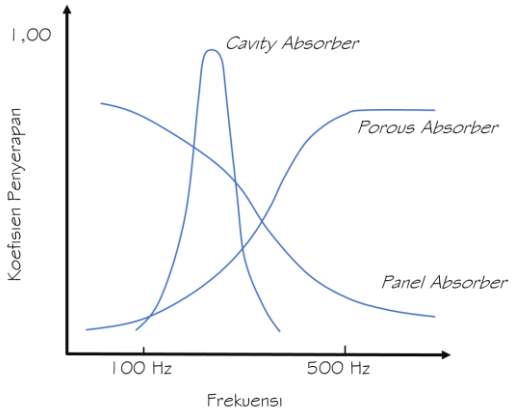
   Refleksi adalah pemantulan bunyi. Pemantulan suatu bunyi terjadi sesuai dengan hukum sudut datang sama dengan sudut pantul namun hukum ini berlaku apabila panjang gelombang bunyi lebih kecil dari luas permukaan bidang pantul atau reflektor. Reflektor juga berpengaruh terhadap hasil pemantulan suara. Reflektor cembung menyebabkan penyebaran gelombang bunyi, reflektor cekung menyebabkan pengumpulan gelombang bunyi, sedangkan reflektor datar meratakan pemantulan (Doelle, 1986).



Gambar 2.3 Pemantulan bunyi pada permukaan (1) cembung, (2) datar, (3) cekung.
Sumber: Barron, 1993

2. Absorpsi

Penyerapan suatu bunyi sangat bergantung pada jenis material penyerap (absorber) dan koefisien penyerapannya. Penyerapan bunyi terjadi akibat penurunan energi bunyi yang mengenai suatu bidang absorber. Koefisien absorpsi (α) adalah jumlah dari energi bunyi yang mampu diserap oleh suatu absorber. Koefisien absorpsi suatu absorber dapat berubah sesuai dengan frekuensi bunyi yang diserapnya. Nilai (α) maksimal adalah 1 untuk penyerapan sempurna dan 0 untuk pemantulan sempurna. Adapun jenis-jenis adalah material berpori untuk menyerap frekuensi tinggi, panel penyerap untuk menyerap frekuensi rendah, dan rongga penyerap (*cavity absorber*) untuk menyerap frekuensi khusus (Mediastika, 2005).



Gambar 2.4 Efektifitas kemampuan absorpsi menurut frekuensi absorber.
Sumber: Mediastika, 2005

3. Difraksi

Difraksi adalah kondisi di mana perambatan gelombang bunyi membelok atau menghambur setelah mengenai suatu bidang penghalang seperti sudut, kolom, tembok, atau balok (Doelle, 1986).

4. Difusi

   Difusi adalah kondisi di mana gelombang bunyi merambat ke segala arah akibat permukaan atau penataan bidang pantul yang tidak rata. Difusi dibutuhkan untuk jenis ruang yang membutuhkan bunyi yang merata ke seluruh ruangan. Difusi dapat tercapai dengan memasang elemen pemantul yang disebar secara tidak teratur dalam jumlah yang banyak, memasang bidang pemantul dan penyerap secara bergantian, atau peletakan reflektor secara acak. Reflektor yang disebar setidaknya ditonjolkan sepertujuh dari panjang gelombang bunyi yang akan didifusikan (Doelle, 1986).

5. Dengung

   Dengung atau *reverberation* adalah kondisi di mana saat tiba-tiba sumber bunyi berhenti, bunyi di seluruh ruangan tidak langsung ikut berhenti. Bunyi yang ada setelah bunyi dari sumber atau bunyi asli berhenti adalah perpanjangan bunyi dari pemantulan oleh bidang reflektor. *Reverberation* terjadi sangat cepat sehingga bunyi asli dan dengungnya sulit dibedakan. Pengukuran *reverberation* menggunakan waktu dengung atau *reverberation time* (RT). RT adalah waktu yang dibutuhkan suatu bunyi untuk menurunkan intensitasnya sebesar 60 dB setelah dihentikan. RT sangat penting dalam menentukan kualitas akustik sebuah ruangan karena RT sebuah ruang akan berbeda dengan yang lain sesuai dengan aktivitas yang diwadahinya. Pengukuran RT dapat dilakukan dengan bermacam-macam cara. Salah satunya dengan menghitung menggunakan rumus Sabine. Rumus Sabine adalah,

$$RT = \frac{0.16\,V}{A} \qquad (2\text{-}1)$$

dengan RT = waktu dengung (detik)

V = volume ruangan (m^3)

A = total penyerapan ruang (m^2 sabin)

A = $\Sigma\, S\alpha = S_1\alpha_1+S_2\alpha_2+S_3\alpha_3+\ldots+S_n\alpha_n$

S = luas masing-masing permukaan penyerapan (m^2)

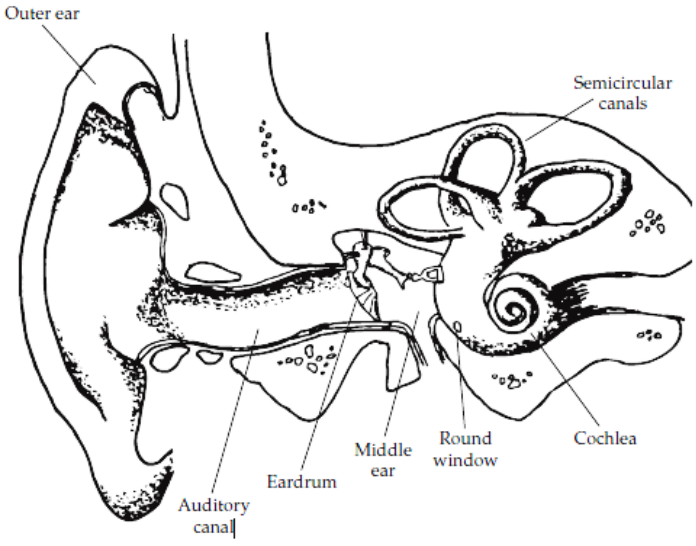
α = koefisien absorpsi (Doelle, 1986)

6. Transmisi

   Transmisi adalah kondisi di mana bidang pembatas antar ruang dapat meneruskan gelombang bunyi dari satu ruangan ke ruangan yang lain. Transmisi dapat terjadi akibat cacat material, ketipisan, atau tidak permanennya bidang pembatas (Mediastika, 2005).

2.1.2 Kenyamanan audial

Manusia dianugerahi sepasang telinga untuk mendengar. Telinga adalah organ tubuh manusia yang sangat sensitif dan terdiri dari susunan yang kompleks. Proses suara agar dapat terdengar oleh telinga manusia bermula dari sebuah sumber bunyi yang menghasilkan gelombang bunyi kemudian bunyi tersebut merambat melalui media secara langsung, dipantulkan, atau ditransmisikan, lalu sampai ke daun telinga atau *pinna* dan diteruskan ke bagian *auditory canal*. Setelah itu, gelombang bunyi akan menggetarkan gendang telinga dan menuju koklea. Koklea mengolah energi bunyi menjadi impuls elektrik yang kemudian dapat diterima oleh otak manusia sebagai suatu informasi (Everest & Pohlmann, 2009).



Gambar 2.5 Anatomi telinga manusia.
Sumber: Everest & Pohlmann, 2009

Manusia dengan pendengaran normal mampu mendengarkan suara sampai rentang 10 oktaf atau pada rentang frekuensi audio yaitu 20 sampai 20.000 Hz (Long, 2006). Seiring bertambahnya usia, kemampuan pendengaran oleh telinga manusia akan menurun. Bunyi di bawah frekuensi audio disebut *infra sound* sedangkan untuk bunyi di atas frekuensi audio disebut *ultra sound*. Bunyi yang merambat melalui udara disebut *airborne sound* sedangkan bunyi yang merambat melalui struktur bangungan disebut *structural sound*.

1. Faktor-faktor yang memengaruhi kenyamanan audial

   a. Loudness

   Loudness adalah keras lembutnya suara yang didengar oleh manusia. *Loudness* dinilai secara kualitatif dengan menggunakan skala sangat keras, keras, cukup keras, lembut, sangat lembut atau dalam notasi musik sering disebut *fortissimo* (ff), *forte* (f), *mezzoforte* (mf), *piano* (p), *pianissimo* (pp). Penilaian *loudness* tersebut tergantung pada ketajaman dan kebiasaan mendengarkan manusia. Keras lembutnya suara yang didengar oleh manusia tergantung dari jumlah impuls suara yang diterima otak (Long, 2006).

   b. Clarity

   Clarity atau kejelasan diukur dalam satuan dB. *Clarity* dapat diartikan sebagai perbedaan antara bunyi asli dan bunyi yang dipantulkan setelah 80 mdetik pertama (C_{80}) (Everest & Pohlmann, 2009). Penilaian *clarity* secara kualitatif bertujuan untuk mengukur kedetilan suara yang memenuhi persyaratan untuk didengar oleh telinga manusia (Long, 2006).

   c. Intimacy

   Intimacy diukur untuk mengetahui keakraban secara fisik antara pendengar dan grup penampil biasanya untuk mengukur penampilan musik. Sebuah ruang umumnya dinilai memiliki keakraban ketika RT pertama terdengar dalam waktu sekitar 20 milidetik dari suara langsung (Berg, 2011).

   d. Directionality

   Directionality adalah kesan pendengaran bahwa bunyi langsung berasal dari sumbu sumber bunyi. *Directionality* diukur secara kualitatif berdasarkan skala sangat buruk sampai sangat baik (Carvalho, 2000).

   e. Envelopment

   Envelopment adalah rasa tenggelam dalam bunyi atau diselimuti oleh bunyi tersebut dipengaruhi oleh bidang reflektor. *Envelopment* diukur secara kualitatif berdasarkan skala sama sekali tidak terselimuti sampai sangat terselimuti (Carvalho, 2000).

   f. Balance

   Balance atau keseimbangan sangat penting bagi ruang dengan fungsi musik. Apabila musik dimainkan secara profesional oleh musisi maka akan terjadi keharmonisan yang menandakan tercepainya keseimbangan bunyi. Secara

arsitektural keseimbangan dapat dicapai dengan cara mengaplikasikan bidang reflektif dan difusif di dekat sumber bunyi (Doelle, 1986).

g. Echoes

Echoes atau gaung adalah pemantulan suara yang berkepanjangan yang dapat didengar dengan jelas. Penilaian *echoes* secara kualitatif menggunakan skala tidak terdeteksi sampai terdengar jelas.

h. Noise

Noise adalah bunyi yang tidak diingikan atau mengganggu pendengaran. Gangguan ini nampak tidak berpengaruh pada fisik pendengar namun lebih pada syaraf pendengarannya. Kriteria kebisingan atau *Noice Criteria* (NC) ada tingat bising minimal yang dapat diterima suatu ruangan sesuai dengan fungsinya. Pengurangan kebisingan atau *Noice Reduction* (NR) adalah usaha dalam mengurangi kebisingan dengan cara menurunkan kekuatan bunyi dalam dB. Kriteria pengurangan bunyi atau *Noice Reduction Criteria* (NRC) adalah perhitungan rata-rata pengurangan kekuatan bunyi (Satwiko, 2004).

Tabel 2.1 Rekomendasi nilai *Noise Criteria* (NC) untuk fungsi bangunan tertentu

Fungsi bangunan/ruang	**Nilai NC yang disarankan**	**Identik dengan tingkat kebisingan (dBA)**
Ruang konser, opera, studio rekam dan ruang lain dengan tingkat akustik yang sangat detail	NC 15 – NC 20	25 s.d. 30
Rumah sakit, dan ruang tidur/istirahat pada rumah tinggal, apartemen, motel, hotel, dan ruang lain untuk istirahat/tidur	NC 20 – NC 30	30 s.d. 40
Auditorium multi fungsi, studio radio/televisi, ruang konferensi, dan ruang lain dengan tingkat akustik yang baik	NC 20 – NC 30	30 s.d. 40
Kantor, kelas, ruang baca, perpustakaan, dan ruang lain dengan tingkat akustik yang baik	NC 30 – NC 35	40 s.d. 45
Kantor dengan penggunaan ruang bersama, kafetaria, tempat olahraga, dan ruang lain dengan tingkat akustik yang cukup	NC 35 – NC 40	45 s.d. 50
Lobi, koridor, ruang bengkel kerja, dan ruang lain yang tidak memerlukan tingkat akustik yang cermat	NC 40 – NC 45	50 s.d. 55
Dapur, ruang cuci, garasi, pabrik, pertokoan	NC 45 – NC 55	55 s.d. 65

Sumber: Mediastika, 2005.

Jenis-jenis bising menurut sumbernya adalah *background noise* adalah bising yang berasal dari latar belakang suatu ruangan dan berlangsung secara terus-menerus, *noise* adalah bising yang berlangsung tidak terus-menerus, dan *ambient noise* adalah gabungan dari *background noise* dan *noise* (Mediastika, 2005).

i. Overall Impressions

Overall impressions adalah keseluruhan penialaian terhadap kualitas akustik pada sebuah ruangan (Carvalho, 2000).

2. Pengukuran bunyi

Pengukuran bunyi secara kuantitatif pada lapangan dapat dilakukan dengan cara menggunakan sebuah alat bernama *Sound Level Meter* (SLM). Alat ini dapat mengukur tingkat kekuatan atau kekerasan bunyi dalam satuan decibel (dB). Langkah-langkah pengukuran tingkat kekuatan atau kekerasan bunyi menggunakan SLM adalah,

a. Tekan tombol "*on*" pada alat SLM.
b. Letakkan SLM pada lingkungan kerja. SLM dapat dipasang pada sebuah *tripod* agar pengukuran stabil. Posisi operator juga perlu diperhatikan. Operator setidaknya berdiri 0,5 m dari alat SLM untuk menghindari pemantulan bunyi. Sebaiknya SLM diletakkan pada 1,2 m dari permukaan lantai, 1 m dari dinding-dinding pembentuk ruangan, dan 1,5 m terhadap jendela bila mungkin. Pengukuran dengan SLM sebaiknya dilakukan pada beberapa titik dalam ruangan (minimal tiga titik) dengan jarak setiap titiknya lebih dari 0,5 m. SLM sebaiknya dipasang pada posisi yang *slow response*.
c. Diamkan SLM selama beberapa menit sampai angka pada layar berhenti.
d. Catat hasil yang tertera pada layar.
e. Matikan alat dengan menggeser tombol "*on"* menjadi "*off*" (Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2011).

2.2 Tata Akustik Fleksibel Auditorium Multifungsi

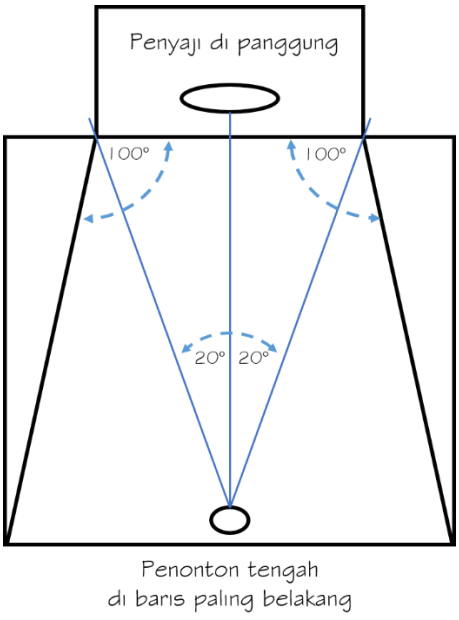
Sumber atau sinyal suara dibagi menjadi dua jenis yaitu *speech* dan *music*. Suatu ruangan dapat mewadahi salah satu sinyal suara tersebut namun ada pula yang dapat mewadahi keduanya secara fleksibel. Perancangan akustik adalah salah satu faktor penting dalam merancang sebuah ruang disamping faktor estetika, fungsional, teknik, seni, dan lain-

lain. Perancangan akustik untuk auditorium erat kaitannya dengan jumlah pendengarnya. Pendengar berhak atas kenyamanan audial dari bunyi yang diterimanya selama berada dalam ruangan tersebut. Oleh karena itu, persyaratan akustik untuk kondisi mendengar yang baik dalam auditorium adalah kekerasan (*loudness*), difusi bunyi, pengendalian dengung, dan eliminasi cacat akustik (Doelle, 1986).

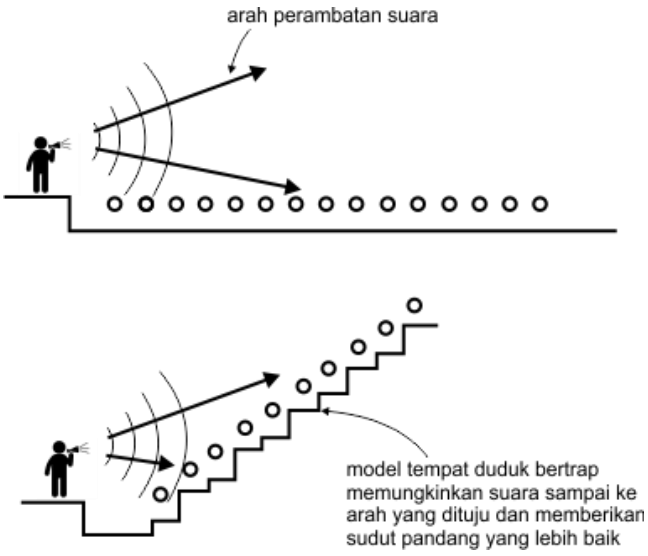
2.2.1 Kekerasan (*loudness*) yang cukup

Tidak kerasnya suara yang diterima oleh pendengar disebabkan oleh menurunya energi suara pada perambatan gelombang bunyi. Masalah ini dapat diatasi dengan cara sebagai berikut,

1. Tempat duduk harus ditata sedekat mungkin dengan sumber bunyi sehingga tercapai kenyamanan audial. Tidak hanya secara audio tetapi kenyamanan visual juga perlu terpenuhi sehingga bentuk area penonton sangat mempengaruhi dua aspek kenyamanan tersebut. Tercapainya kenyamanan audial dan visual dapat mendukung penonton menikmati acara dan mengerti tujuan dari acara dalam ruangan auditorium.

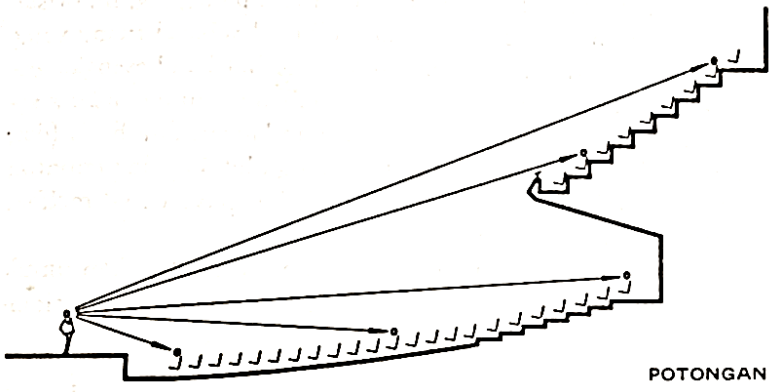


Gambar 2.6 Menentukan lebar panggung dengan penontong tengah baris paling belakang sebagai acuan.
Sumber: Mediastika, 2005

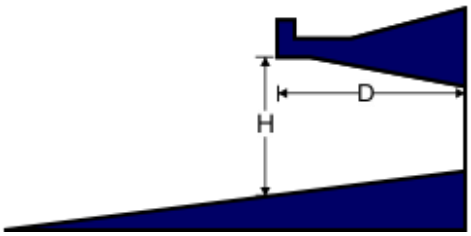


Gambar 2.7 Pengolahan lantai pada area penonton.
Sumber: Mediastika, 2005

2. Apabila auditorium berukuran besar maka penggunaan balkon sangat disarankan karena dapat membuat tempat duduk lebih dekat dengan sumber bunyi. Sumber bunyi harus dinaikan sehingga gelombang bunyi langsung mengarah ke pendengar. Lantai balkon sebaiknya bertrap agar tercapai kenyamanan visual bagi penonton di tempat duduk paling belakang. Sudut pandang penonton pada area balkon yang disarankan adalah 30°. Baris balkon biasanya dibatasi sampai dua belas baris. Untuk desain langit-langit dibawah balkon sebaiknya didesain miring dan terbuka ke arah panggung dengan tujuan pemantulan bunyi dan kenyamanan visual penonton di bawah balkon supaya maksimal.

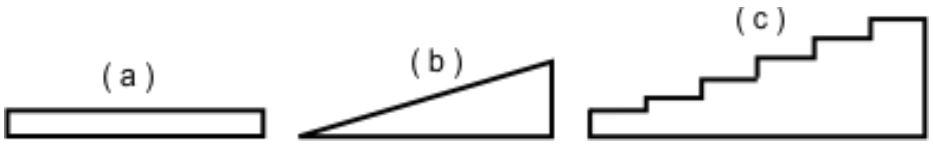


Gambar 2.8 Penggunaan balkon dapat mendekatkan tempat duduk penonton ke sumber suara yang menguntungkan untuk kekerasan.
Sumber: Doelle, 1986



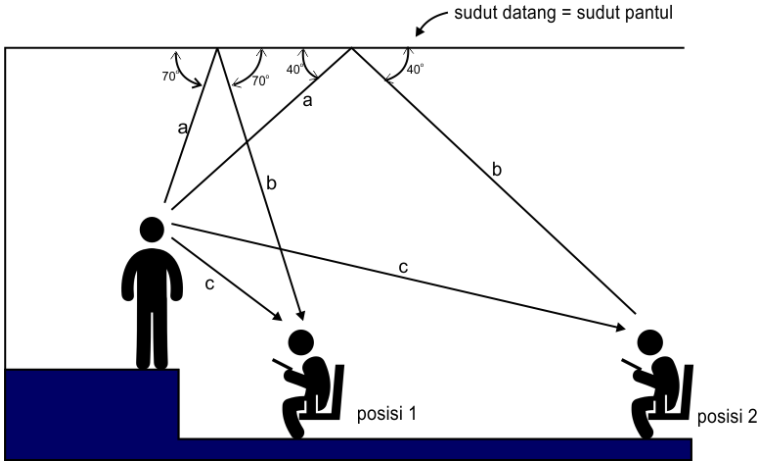
Gambar 2.9 Perbandingan kedalaman balkon dan tinggi langit-langit ruang di bawahnya disesuaikan dengan aktivitas auditorium. Untuk konser D≤H, opera D≤2H, bioskop D≤3H. Untuk pertimbangan lain sebaiknya D≤3H sebisa mungkin dihindari.
Sumber: Mediastika, 2005

3. Lantai penonton harus dibuat miring atau bertangga sebab apabila lantai auditorium dibuat datar akan mengurangi kenyamanan audial dan visual pada saat banyak pengguna di area penonton. Umumnya, lantai bertangga lebih banyak dipakai karena penataan perabotnya mudah. Tinggi setiap tangga berkisar antara 15 sampai 25 cm atau lebih dari ukuran tersebut untuk auditorium khusus. Jumlah baris pada lantai auditorium berkisar antara dua belas sampai lima belas baris dengan jarak antar baris sekitar 115 cm agar penonton dapat lewat dengan mudah saat penonton lain sedang duduk di tempatnya masing-masing.



Gambar 2.10 Jenis-jenis pengolahan lantai pada auditorium: (a) datar, (b) miring atau *sloped* dan (c) bertrap atau *inclined*.
Sumber: Mediastika, 2005

4. Sumber bunyi harus dikelilingi oleh bidang-bidang reflektor untuk menambah energi suara supaya sampai ke telinga pendengar khususnya pada tempat-tempat terjauh dari sumber suara. Aplikasi bidang-bidang reflektor dapat dipasang pada lantai, dinding, maupun langit-langit.



Gambar 2.11 Pengolahan reflektor pada langit-langit.
Sumber: Mediastika, 2005

Jarak penonton terhadap panggung mempengaruhi kenyamanan audial. Penonton yang berjarak 12 m dari panggung dapat mendengar dengan baik sedangkan yang lebih dari 12 m memerlukan reflektor untuk dapat menerima bunyi asli lebih jelas. Reflektor dapat berupa langit-langit bergerigi yang dihadapkan ke arah penonton sedangkan yang menghadap ke arah panggung dapat diberi bidang absorpsi.

Tabel 2.2 Pengaruh jarak tempuh bunyi terhadap kualitas pemantulan

Selisih jarak tempuh bunyi	Kualitas pemantulan
Kurang dari 8,5 m	Baik untuk percakapan dan musik
8,5 sampai 12,2 m	Baik untuk percakapan tapi kurang baik untuk musik
12,2 sampai 15,2 m	Kurang baik bagi keduanya
15,2 sampai 20,7 m	Tidak baik
Lebih dari 20,7 m	Muncul *echo* yang membaurkan bunyi asli dengan bunyi pantul

Sumber: Mediastika, 2005

5. Luas lantai dan volume harus seminimal mungkin agar perjalanan gelombang bunyi tidak terlalu panjang.
6. Bila terdapat sumber bunyi pendukung bunyi utama, maka di mana posisi bunyi pendukung tersebut juga harus ditempatkan bidang-bidang reflektor. Energi bunyi yang dihasilkan oleh sumber-sumber bunyi harus bisa dipancarkan ke semua daerah penerima bunyi.
7. Reflektor tidak hanya diperlukan untuk memantulkan suara dari sumbernya ke penonton namun juga dikembalikan ke pementas khususnya untuk ruangan dengan fungsi *music*. Energi suara yang dikuatkan oleh bidang-bidang reflektor dapat menciptakan efek ruang atau *space effect*. *Space effect* dapat tercapai bila penerima bunyi dapat mendengar bunyi dari segala arah di dalam ruangan.

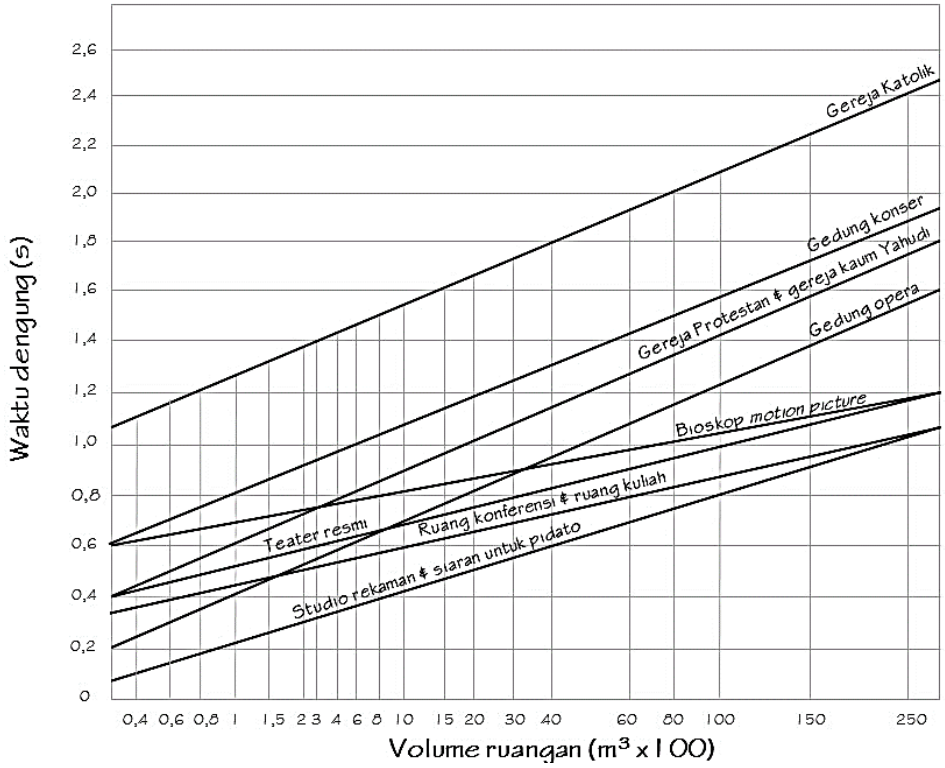
Penataan *loudness* akan efektif apabila disertai dengan penggunaan ruang secara tepat seperti cara bicara pembicara yang mudah dipahami.

2.2.2 Difusi bunyi

Difusi akustik sangat penting dalam merancang akustik ruang dalam auditorium. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah permukaan elemen ruang dalam yang tidak teratur dan dimensinya yang harus besar. Elemen reflektor yang tidak teratur dan berukuran besar pada auditorium dapat membantu memperbaiki kondisi mendengarkan.

2.2.3 Pengendalian dengung

Agar bunyi dari sumbernya tidak cepat kehilangan energi maka auditorium harus dapat memperpanjang gelombang bunyi yang dipancarkan oleh sumber. Seperti yang dibahas pada sub bab sebelumnya perpanjangan ini dinamakan dengan dengung. Dengung diakibatkan oleh proses pemantulan bunyi berulang-ulang oleh reflektor. Pengendalian dengung sangat penting untuk ruang auditorium. RT untuk beberapa fungsi ruangan tertentu dapat digambarkan dengan kurva pada Gambar 2.12. Kurva ini berlaku untuk bunyi berfrekuensi audio. Menurut kurva, RT untuk gereja Protestan adalah 0,4 sampai 1,8 detik.



Gambar 2.12 Waktu dengung untuk bermacam-macam volume dan fungsi pada frekuensi audial.
Sumber: Doelle, 1986

Pengendalian dengung dapat dilakukan dengan perhitungan menggunakan rumus Sabine seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Rumus Sabine menyatakan,

1. Semakin besar volume ruang maka RT semakin panjang.
2. Semakin banyak penyerapan maka RT semakin rendah.
3. RT dalam auditorium dapat diubah dengan cara mengurangi atau menambah volume ruang, misalnya dengan permainan langit-langit atau dengan penyerap.

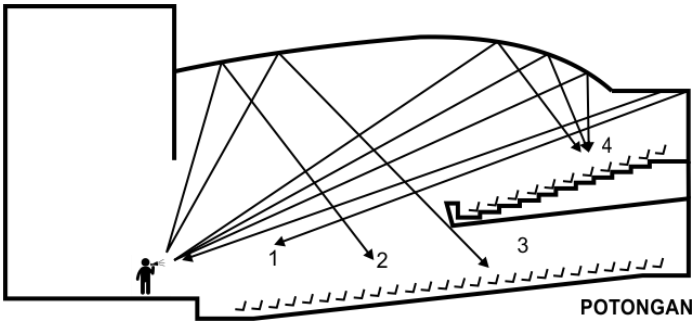
Tabel 2.3 Kesesuaian waktu dengung menurut fungsi ruangan

Fungsi ruangan	Volume ruang (m^3)	Waktu dengung (detik)
Kantor	30	0,5
	100	0,75
Ruang konferensi	100	0,5
	1000	0,8
Studio musik	500	0,9
	5000	1,5
Gereja	500	1,5
	5000	1,8

Sumber: Mediastika, 2005

2.2.4 Eliminasi cacat akustik ruang

Perancangan akustik yang baik saja tidak cukup. Akustik sebuah ruang sebaiknya didesain sedemikian rupa sehingga dapat mereduksi segala potensi cacat akustik yang mungkin terjadi. Cacat akustik dalam sebuah ruang bermacam-macam jenisnya adalah sebagai berikut,



Gambar 2.13 Cacat akustik dalam auditorium gema (1), pemantulan dengan waktu tunda yang panjang (2), bayang-bayang bunyi (3), dan pemusatan bunyi (4).
Sumber: Doelle, 1986

1. Gema

   Gema adalah bunyi asli yang direfleksikan oleh bidang pantul dan tertunda cukup lama untuk bisa didengarkan oleh penerima bunyi. Gema sangat tidak menguntungkan berbeda dengan dengung. Gema dapat diatasi dengan pengolahan bidang absorpsi pada dinding yang berhadapan langsung dengan

area panggung atau sumber bunyi, atau dengan mengatur kedalaman ruang dibawah balkon (Doelle, 1986).

2. Pemantulan yang berkepanjangan (*long-delayed*)

   Long delayed hampir sama dengan gejala gema namun penundaan bunyinya lebih singkat (Doelle, 1986).

3. Gaung

   Gaung adalah kumpulan gema-gema kecil. Gaung bisa berasal dari tepukan tangan atau tembakan. Gaung dapat diatasi dengan cara mengeliminasi permukaan-permukaan reflektor yang berhadapan dan sejajar (Doelle, 1986).

4. Pemusatan bunyi

   Pemusatan bunyi atau '*hot spots*' disebabkan oleh adanya bidang pemantul dengan permukaan cekung (Gambar 2.3). Pemusatan bunyi ini menghasilkan bunyi yang sangat keras pada area yang menerima bunyi hasil pemantulannya sedangkan area lain mengalami '*dead spots*' atau buruknya suara yang diterima sehingga terjadi ketidakmerataan distribusi suara dalam ruangan. Penyelesaian pemusatan bunyi dapat dilakukan dengan cara melapisi bidang cekung tersebut dengan material absorpsi. Selain itu peletakkan alat-alat pengeras suara yang tepat dapat membantu mengatasi cacat akustik yang terjadi (Doelle, 1986).

5. Ruang gandeng (*coupled space*)

   Ruang gandeng atau *coupled spaces* dapat mengakibatkan dengung dari ruang lain masuk ke dalam ruang auditorium begitu pula sebaliknya. Efek yang tidak diinginkan akibat ruang gandeng ini dapat dieliminasi dengan cara menyamakan atau menurunkan RT kedua ruangan (Doelle, 1986).

6. Distorsi

   Distorsi adalah perubahan bunyi menjadi bunyi yang tidak diinginkan akibat ketidak seimbangan penyerapan bunyi tersebut oleh material absorpsi. Distorsi dapat dihindari dengan cara menyeimbangkan bidang-bidang absorpsi pada berbagai frekuensi (Doelle, 1986).

7. Resonansi

   Resonansi ruang terjadi karena bunyi tertentu cenderung lebih keras dibandingkan dengan bunyi lain. Resonansi ruang biasanya terjadi pada ruang-ruang kecil (Doelle, 1986).

8. Bayangan bunyi

   Bayangan bunyi biasanya terjadi pada ruang di bawah balkon yang terlalu menjorok ke belakang karena penonton pada area tersebut tidak dapat menerima bunyi asli maupun bunyi pantul dengan jelas (Doelle, 1986).

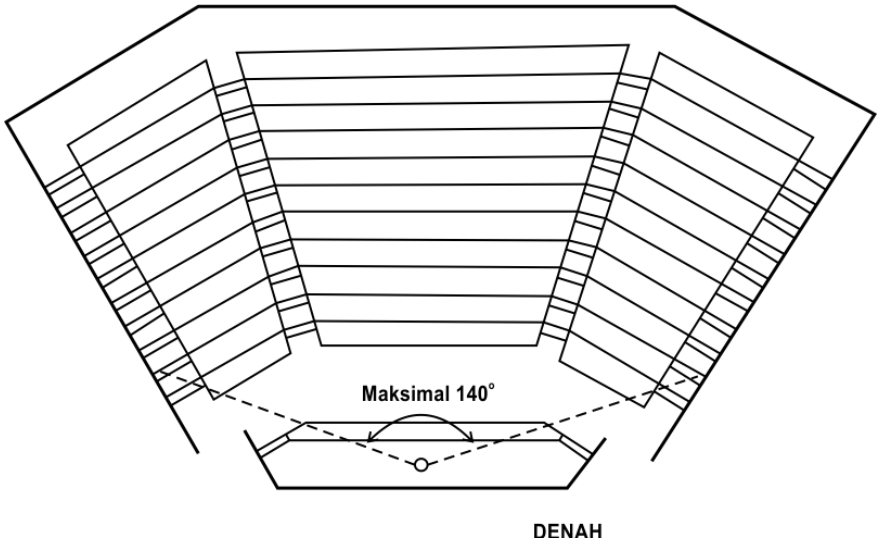
9. Serambi bisikan (*whispering gallery*)

   Serambi bisikan sering terjadi pada kasus-kasus auditorium dengan konstruksi kubah. Pada atap jenis kubah suara bisikan akan dapat terdengar. Suara bisikan ini dapat menyenangkan dan sifatnya tidak merusak tetapi tetap tidak baik bagi akustik ruang auditorium (Doelle, 1986).

2.2.5 Tata akustik untuk fungsi *speech*

Pesyaratan ruang dengan fungsi *speech* dimaksudkan agar pengguna mendapatkan *intelligibility* atau kejelasan suara yang diucapkan oleh pembicara. Persyaratan tersebut antara lain adalah,

1. Bentuk ruang harus didesain seringkas mungkin agar jejak gelombang bunyi menjadi pendek. Jarak yang pendek anatar sumber bunyi dan penerimanya akan meminimalisir hilangnya energi bunyi.
2. Bunyi langsung tanpa pengeras suara hanya dapat diterima di bawah 9 sampai 12 m sehingga reflektor dapat dihadirkan setelah jarak tersebut.
3. Tempat duduk harus berada dalam sudut 140° dengan posisi pembicara sebagai acuan. Pengolahan ini dimaksudkan agar bunyi tidak kehilangan energinya. Elemen-elemen penghalang seperti kolom atau dalamnya ruang di dalam balkon harus dihindari.
4. RT auditorium harus diatur seideal mungkin namun RT yang pendek tidak menjamin *intelligibility* suara yang sampai ke pendengar khususnya untuk fungsi *speech.*
5. Pengendalian bising sangat penting bagi ruang dengan fungsi *speech*. Tingkat *background noise* disesuaikan menurut jenis ruangnya. Khusus untuk bangunan gereja atau tempat ibadat *background noise* yang diijinkan adalah 30 sampai 40 dBA (Doelle, 1986).



Gambar 2.14 Tempat duduk berada pada sudut 140° dari posisi S.
Sumber: Doelle, 1986

2.2.6 Tata akustik untuk fungsi *music*

Berbeda dengan tata akustik dengan fungsi *speech* yang dapat dinilai secara objektif untuk mencapai kejelasannya (*intelligibility*), maka untuk fungsi musik, penilaiannya lebih dilakukan secara subjektif oleh pemusik, dirigen, pecinta musik, guru-guru musik, dan lain sebagainya karena menyangkut kenikmatan pendengaran. Pada auditorium dengan fungsi *music* perlu diperhatikan beberapa hal yang dapat mempengaruhi kenyamanan audial pendengarnya (Doelle, 1986).

1. Keakraban akustik (*intimacy acoustical*)

   Keakraban akustik (*intimacy acoustical*) berhubungan dengan hidup matinya ruang akustik. *Intimacy acoustical* dapat tercapai apabila kesenjangan *time delay* lebih pendek dari 20 mdetik dengan jarak 70 m.Volume auditorium yang besar dengan dinding-dinding reflektor akan menghidupkan ruang dengan fungsi ini karena RT relatif lebih panjang dan kepenuhan nada (*fullness of tone*) pada frekuensi sedang maupun tinggi. Sebaliknya, apabila volume auditorium kecil dan terdapat dinding-dinding absorber maka ruang akan terasa mati atau kering karena RT pendek. Bunyi musik akan terasa tidak menarik atau membosankan. RT yang panjang pada frekuensi di bawah 250 Hz akan menambah keakraban karena kaya akan suara bas.

2. Kepenuhan nada (*fullness of tone*)

   RT yang dikendalikan dengan benar sepanjang jangkauan frekuensi audio (20 sampai 20.000 Hz) akan menghasilkan *fullness of tone* namun *fullness of tone* yang berlebihan akan mengakibatkan bunyi kabur dan tidak nyaman didengar.

3. Kekerasan (*loudness*)

   Apabila volume auditorium tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar, lantainya dimiringkan atau bertrap, bunyi langsung dan bunyi pantul memuaskan, RT ideal, maka akan menciptakan *loudness* yang menguntungkan.

4. Ketegasan atau kejelasan (*definitions of clarity*)

   Apabila sumber bunyi (instrument musik dan/atau suara penyanyi) dibunyikan secara serentak lalu pendengar dapat dengan mudah membedakan bunyi dari tiap-tiap sumbernya maka tercapai ketegasan atau kejelasan bunyi (*definitions of clarity*). *Definitions* didukung oleh refleksi dengan waktu tunda pendek, volume ruang yang relatif kecil dengan RT pendek, dan jarak yang dekat antara sumber bunyi dan pendengar. *Definition* tidak berbanding lurus dengan *fullness of tone*. Ruangan *high definition* mempunyai RT pendek dan sebaliknya.

5. Difusi

   Gelombang bunyi pantul menuju pendengar dari tiap arah dalam jumlah yang hampir sama disebut difusi. Difusi dapat dihasilkan melalui RT yang relatif panjang dan dinding-dinding reflektor yang diacak dan luas.

6. *Balance*

   Balance dapat dicapai dengan cara memperbanyak bidang reflektor dan permukaan difusi di sekeliling sumber bunyi.

7. Keharmonisan

   Bunyi musik yang terkomposisi dengan baik sebelum sampai ke telinga pendengar menghasilkan bunyi yang harmonis. Keharmonisan dapat dicapai dengan menambahkan dinding-dinding ruang musik yang reflektif dan difusif.

8. *Ensemble*

   Kemampuan pemain musik menyatukan musiknya sesuai dengan komposisi disebut ansembel atau *ensemble*. *Ensemble* dapat diperkuat dengan lantai panggung yang dibagi dengan baik dan dimiringkan dan dinding-dinding panggung yang mengarahkan bunyi ke sisi lain.

9. Kebebasan bising

Pengeliminasian bising baik dari bising interior maupun eksterior dan kebebasan yang sempurna dari cacat akustik dapat menciptakan kenyamanan audial.

Pertimbangan-pertimbangan akustik dalam rancangan auditorium musik adalah sebagai berkut ini,

1. RT harus dikendalikan secara teliti agar tercapai *fullness of tone, loudness, definitions,* dan difusi, tidak hanya berdasarkan RT ideal.
2. *Definitions* akan memuaskan apabila *time delay* tidak lebih dari 20 mdetik, bunyi langsung harus lebih lebih keras dari bunyi dengung, area pendengar harus dekat dengan sumber bunyi, dan tidak ada gema.
3. Distribusi nada harus merata bahkan pada ruang dengan kapasitas 2.500 tempat duduk karena nada dasar beberapa instrument-instrumen musik relatif lemah dan hanya harmonisasinya saja yang terdengar.
4. Balkon tidak boleh menonjol terlalu dalam ke rongga udara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9.
5. RT yang semakin panjang dapat menghindari terjadinya gema.
6. Frekuensi bunyi untuk fungsi *music* lebih besar dari fungsi *speech* yaitu sekitar 30 sampai 12.000 Hz tergantung ciri-ciri beberapa instrumen musik.
7. Eliminasi bising pada ruang musik sangat dianjurkan. Ruangan dengan fungsi musik harus dihindarkan dari bising oleh sistem HVAC, ruang-ruang lain yang berdekatan, ruang mekanik dan listrik, dan transportasi (Doelle, 1986).

Selain daripada pertimbangan-pertimbangan akustik di atas, bentuk lantai juga sangat mempengaruhi kualitas akustik ruang musik (Doelle, 1986).

1. Bentuk lantai menghasilkan *fullness of tone* akibat pemantulan dinding-dinding sejajar.
2. Bentuk lantai kipas membuat pendengar lebih dekat dengan sumber bunyi. Bentuk ini biasanya dilengkapi dengan balkon. Dinding belakang dan bagian depan balkon sebaiknya dihindarkan dari bentuk lengkung agar tidak terjadi gema dan pemusatan bunyi.
3. Bentuk lantai tapak kuda menghasilkan RT pendek. Bentuk lantai seperti ini cocok untuk ruangan opera Eropa.
4. Bentuk lantai melengkung berhubungan dengan atap kubah yang tinggi. Bentuk ini dapat menghasilkan gema, pemantulan dengan waktu tunda yang panjang, pemusatan bunyi, dan RT yang sangat panjang.

5. Bentuk lantai yang tidak teratur membuat pendengar lebih dekat dengan sumber bunyi. Bentuk ini juga menjamin *intimacy* dan *definitions* karena absorber dan reflektornya sering kali disusun secara acak.

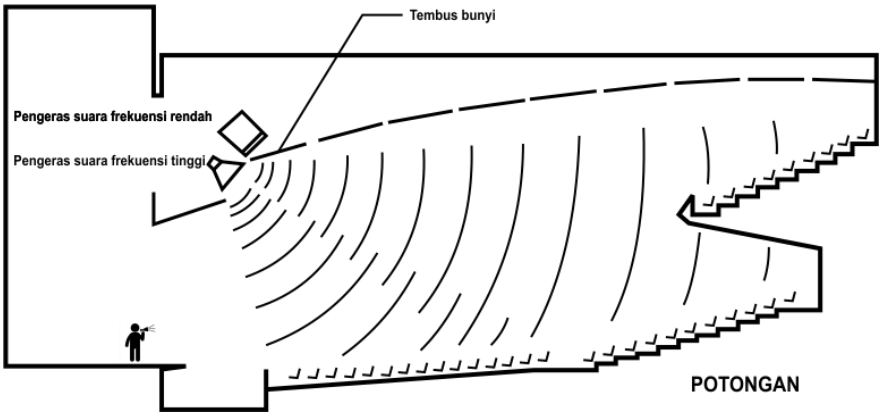
2.2.7 Sistem pengeras suara

Sistem pengeras suara adalah suatu sistem untuk mengolah gelombang bunyi dengan cara menggunakan peralatan elektronik. Peletakan alat-alat pengeras suara dalam sebuah ruangan memiliki tujuan yang bermacam-macam.

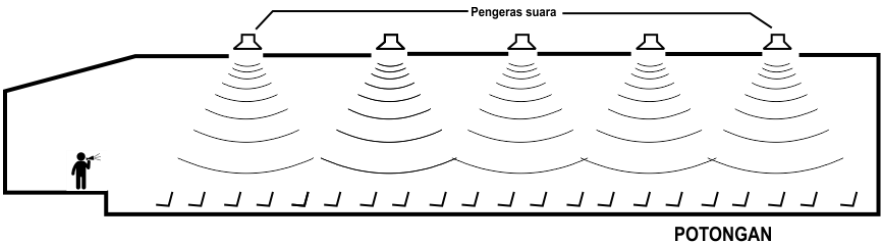
1. Meningkatkan intensitas bunyi agar dapat didistribusikan ke seluruh bagian ruangan terutama apabila jumlah pendengar sangat banyak (lebih dari seribu pendengar) atau terdapat ruangan terpisah yang juga membutuhkan informasi dari ruangan utama (Mediastika, 2005).
2. Menyediakan bunyi yang lebih jelas dan berkualitas bagi pelaku bunyi di panggung maupun pendengar (Mediastika, 2005).
3. Menyediakan sarana elektro-akustik agar dapat menghasilkan efek-efek suara yang diinginkan dalam suatu ruang (Doelle, 1986).
4. Mereduksi bising dalam ruangan (Doelle, 1986).

Sistem pengeras suara tergolong menjadi tigas jenis yaitu sistem terpusat, sistem terdistribusi, dan sistem stereofonik.

1. Sistem terpusat adalah sistem di mana pengeras suara diletakkan di atas sumber bunyi secara *cluster*. Bunyi yang diperkuat datang dari arah yang sama dengan keluarnya bunyi asli sehingga suara yang didengar oleh pendengar maksimal.
2. Sistem distribusi adalah sistem di mana pengeras suara diletakkan di atas di seluruh ruangan. Sistem ini dapat digunakan pada beberapa keadaan tertentu seperti jika langit-langit ruangan terlalu rendah, pendengar tidak memiliki visual yang baik ke arah pengeras suara, jumlah pendengar melimpah, ruangan dan tingkat *background noise* terlau besar, atau terdapat pembagian ruangan-ruangan yang lebih kecil.
3. Sistem stereofonik adalah sistem di mana terdapat dua *cluster* atau lebih pengeras suara di sekitar panggung atau sumber suara. Sistem ini menggunakan dua atau lebih mikrofon yang disambungkan ke beberapa *loudspeaker* bersangkutan. Sistem ini dapat memberi kesan bunyi seperti didengar dari bunyi asal tanpa perkuatan karena intensitas bunyi sebanding dengan yang disalurkan oleh sumber ke mikrofon (Doelle, 1986).



Gambar 2.15 Sistem pegeras suara terpusat
Sumber: Doelle, 1986



Gambar 2.16 Sistem pengeras suara terdistribusi.
Sumber: Doelle, 1986

Komponen utama dalam sistem pengeras suara ada tiga macam yaitu mikrofon, penguat (*amplifier*), dan pengeras suara (*loudspeaker*). Mikrofon menerima energi bunyi dari sumber suara yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Energi listrik diperkuat oleh penguat (*amplifier*) atau kontrol kemudian diteruskan ke pengeras suara (*loudspeaker*) untuk diubah menjadi gelombang bunyi yang dapat didengarkan (Doelle, 1986).

1. Mikrofon

   Mikrofon adalah alat elektronik pertama yang digunakan dari serangkaian penggunaan alat-alat pengeras suara. Guna mikrofon adalah untuk merekam energi bunyi yang ditimbulkan oleh sumber suara. Kualitas mikrofon dilihat dari berbagai aspek diantaranya adalah model, kepekaan, dan teknik peletakkannya. Mikrofon terdiri dari tiga jenis.

   a. *Dynamic microphone* yaitu mikrofon yang cocok untuk digunakan di luar ruangan atau pertunjukan langsung karena tahan terhadap gerakan dan perubahan suhu maupun tekanan udara.
   b. *Ribbon microphone* yaitu mikrofon yang fungsinya hampir sama dengan *dynamic microphone* namun lebih mudah rusak.

c. *Condenser microphone* yaitu mikrofon yang lebih cocok digunakan di dalam ruangan dan sangat mudah rusak.

Peletakkan mikrofon tergantung pada kebutuhan acara atau penggunanya. Mengatur letak mikrofon ini bertujuan untuk menghindari *feedback* sehingga biasanya mikrofon tidak diletakkan pada jangkauan distribusi *speaker*. Peletakkan mikrofon terdiri dari tiga cara.

a. Statis yaitu peletakkan mikrofon yang kurang terjangkau oleh manusia misalnya seperti digantung pada langit-langit. Mikrofon yang diletakkan statis tidak dapat dipindah-pindah. Mikrofon ini cocok digunakan untuk pertunjukan dengan banyak penyaji seperti paduan suara.
b. Semi statis yaitu peletakkan mikrofon yang dibantu dengan penyangga atau *stand*. Mikrofon semi statis cukup stabil dalam merekam bunyi dan dapat dipindah-pindah sesuai kebutuhan.
c. Dinamis yaitu peletakkan mikrofon yang mudah dipindahkan atau bisa dibawa-bawa sesuai keperluan penyaji. Jenis mikrofon yang digunakan biasanya adalah mikrofon tanpa kabel (*wireless*) atau disematkan pada baju (*handsfree microphone*) (Mediastika, 2005).

Dalam ISO 3382-1 2009 *standard* poin A.4 dikatakan bahwa sebuah mikrofon sebaiknya diletakkan 1 m dari permukaan reflektor termasuk lantai. Pada ruangan dengan fungsi akustik campuran seperti gereja posisi mikrofon hendaknya berada 1,2 m dari permukaan lantai. Selain itu jumlah mikrofon dalam sebuah ruangan dapat diatur sesuai dengan jumlah tempat duduk dalam suatu ruangan.

Tabel 2.4 Penelitian terdahulu

Jumlah tempat duduk	Jumlah minimum posisi mikrofon
500	6
1.000	8
2.000	10

Sumber: ISO 3382-1 *standard*, 2009

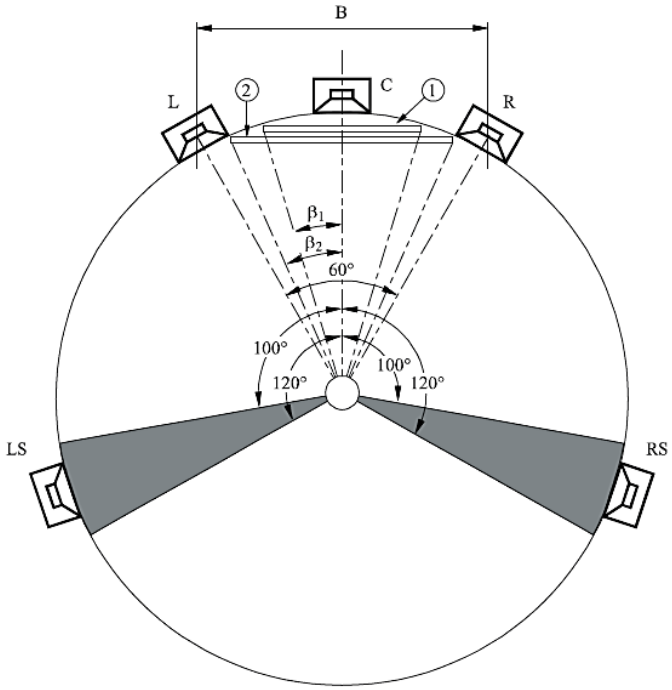
2. *Amplifier* (penguat)

Amplifier adalah perangkat kedua dalam serangkaian alat-alat pengeras suara. Alat ini berguna untuk menerima energi listrik dari mikrofon untuk kemudian dikuatkan intensitasnya. *Amplifier* ini biasanya tidak bekerja sendirian. Alat ini biasanya dikombinasi dengan perangkat *equalizer* agar suara *output* yang dihasilkan lebih berkualitas atau sesuai dengan kebutuhan pendengaran suatu

ruangan. Hal-hal yang dapat diperbaiki dengan menambahkan *equalizer* adalah suara kurang jernih, kurang kuat, terlalu '*treble'* atau 'nge-*bass*', atau suara tidak tersebar merata.

3. *Loudspeaker*

Loudspeaker adalah bagian terakhir dari serangkaian alat-alat pengeras suara. Peletakkannya terhadap pendengaran manusia sangat besar pengaruhnya terhadap kualitas bunyi yang diterima oleh telinga. Dalam sebuah kotak *loudspeaker* terdapat beberapa komponen yaitu *tweeter* sebagai pengolah bunyi berfrekuensi tinggi, *woofer* sebagai pengolah bunyi berfrekuensi rendah, dan ada juga yang biasanya terletak terpisah yaitu *sub woofer* sebagai pengolah bunyi berfrekuensi sangat rendah (Mediastika, 2005). Peletakkan *loudspeaker* terhadap pendengaran manusia sangat besar pengaruhnya terhadap kualitas bunyi yang diterima oleh telinga. Peletakkan *loudspeaker* tergantung ukuran dan bentuk ruangan. Dalam ITU-R BS7775-2 *standards*, *speaker stereo* sebaiknya diletakkan pada '*sweet spots'* atau berada pada area 30° di depan pendengar. Selain itu, speaker sentral sebaiknya berada 0° terhadap pendengar, speaker kanan dan kiri pada 30° terhadap pendengar, dan *surround speaker* pada 110°-120° terhadap pendengar (ITU-R, 2010). FOH *speaker* (*Front of House*) sebaiknya diletakkan setinggi telinga pada saat pendengar duduk atau pada posisi mendengarkan. *Surround speaker* sebaiknya diletakkan 2/3 kaki di atas tinggi telinga saat duduk. Sedangkan *sub woofer* diletakkan tergantung akustik ruang dan posisi mendengarkan dalam ruang. Biasanya *sub woofer* diletakkan di pojok ruangan untuk menyediakan *bass* yang maksimal (Everest & Pohlmann, 2009).



Gambar 2.17 Peletakkan *loudspeaker*.
Sumber: ITU-R, 2010

2.3 Gereja

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai gereja secara fisik khususnya gereja denominasi Kristen dan aktivitas dalam gereja.

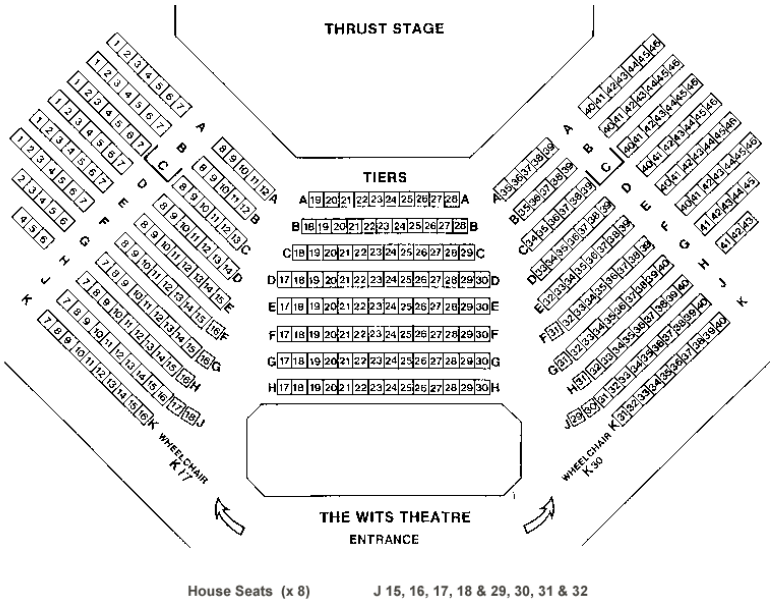
2.3.1 Gereja secara umum

Secara fisik, gereja merupakan tempat beribadah dan berkumpul umat Kristiani. Bangunan gereja kemudian dapat dibedakan menurut tata acara ibadah (liturgi) dan berbagai denominasi. Arsitek ditantang untuk merancang gereja bukan hanya untuk menyesuaikan dengan lingkungan dan memberikan kenyamanan untuk aktivitas jemaat namun juga untuk membuat ibadah menjadi berarti.

Pemilihan lokasi untuk mendirikan gereja sangat penting guna mendukung aktivitas jemaatnya. Gereja yang terletak di area *sub-urban* biasanya memiliki volume yang besar sedangkan yang berada di tengah kota cenderung memiliki lahan yang terbatas. Area parkir sangat diperlukan dan harus mudah dicapai dari jalan masuk. Gereja lebih baik menyediakan ruang untuk aktivitas di luar ruangan atau *outdoor* yang sama baiknya dengan aktivitas di dalam ruangan.

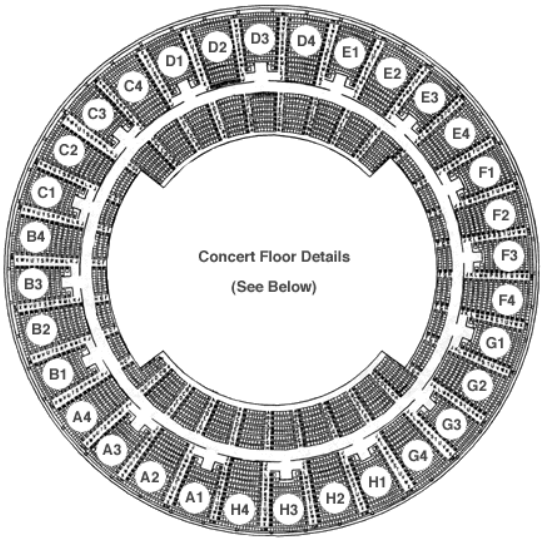
1. Denah

Denah gereja dibagi menjadi area mimbar dan area jemaat. Pada saat ibadah berlangsung biasanya terjadi interaksi antara jemaat dan pemimpin ibadah sehingga terjadi komunikasi dua arah. Tipe auditorium sangat disarankan untuk merancang gereja namun jenis auditorium dengan denah *proscenium* tidak dianjurkan. *Proscenium* adalah tipe panggung auditorium yang hanya dapat memperlihatkan pemimpin ibadah dari arah depan saja. Denah seperti ini lebih cocok digunakan untuk teater seni (Mediastika, 2005). Bentuk arena juga tidak bisa dijadikan solusi untuk mengganti denah *proscenium* ini karena pemimpin ibadah harus dapat menjaga kontak mata dengan jemaat. Denah gereja harus dihindarkan dari keberadaan kolom dan pilar karena berpengaruh terhadap kenyamanan visual jemaat maupun pemimpin ibadah.



Gambar 2.18 Denah *procenium* pada teater Universitas Wits, Johannesburg, Afrika Selatan.

Sumber: https://www.wits.ac.za/site-assets/footer/facilities-and-venues/wits-theatre/. (diakses 5 Januari 2017)



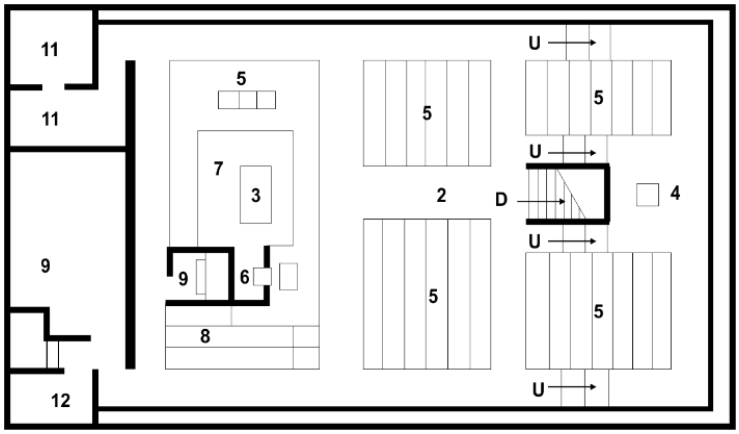
Gambar 2.19 Denah arena pada *Nashville Municipal Auditorium*, Tennesee, Amerika Serikat.
Sumber: http://www.nashvilleauditorium.com/imgs/diagrams/concert-full.asp. (diakses 5 Januari 2017)

Persyaratan liturgi tidak membahas penyediaan tempat duduk untuk jemaat namun tempat duduk sangat perlu untuk dipertimbangkan keberadaannya. Tempat duduk yang dipilih sebaiknya merupakan jenis yang sederhana dan tersusun rapi. Tempat duduk yang fleksibel seperti kursi lipat, membutuhkan besaran ruang per orang yang lebih besar. Jenis tempat duduk juga menentukan kegiatan non-ibadah yang diwadahi gereja. Tempat duduk yang fleksibel juga menandakan keterbukaan gereja terhadap inovasi (Chiara, 1973).

Tipe-tipe denah untuk bangunan gereja adalah sebagai berikut,

a. Segi empat

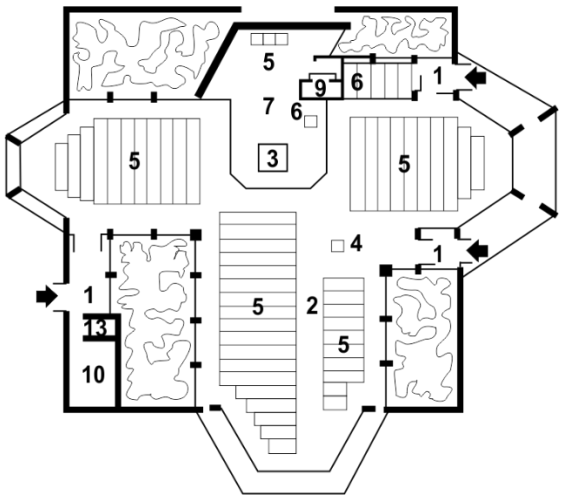
   Tipe *rectangular* adalah denah gereja dengan mimbar yang terletak pada sebuah ujung dan tempat duduk jemaat disusun berbaris menghadap ke arah mimbar tersebut. Permasalahan utama pada bentuk ini apabila kapasitas ruangan lebih dari 500 tempat duduk karena dapat menyebabkan gangguan pada kenyamanan visual dan menurunnya minat ibadah jemaat pada area depan.



Gambar 2.20 Denah segi empat.
Sumber: Chiara, 1973

b. Salib

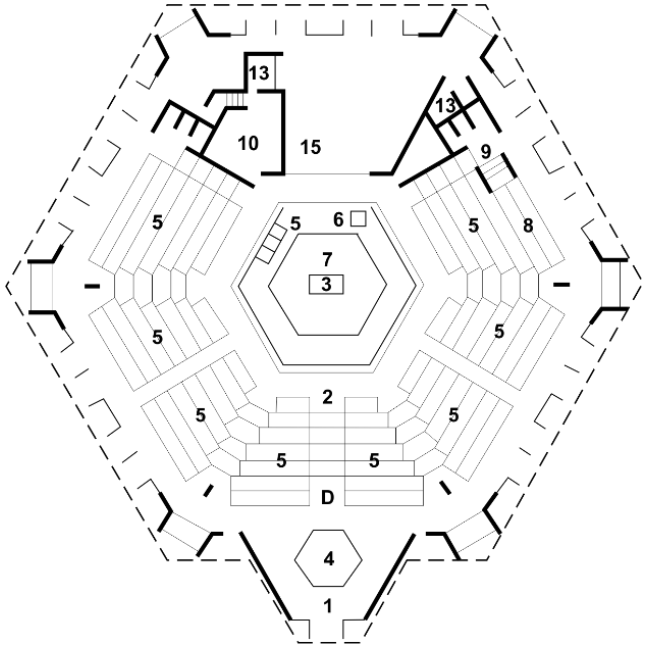
Pemilihan denah berbentuk ‘salib’ biasanya diambil karena merupakan simbol Kristen. Area mimbar biasanya terletak pada bagian kepala atau pada perpotongan salib. Area jemaat yang terletak pada lengan-lengan salib menyebabkan kurangnya kesatuan diantara jemaat pada saat beribadah.



Gambar 2.21 Denah salib.
Sumber: Chiara, 1973

c. Terpusat

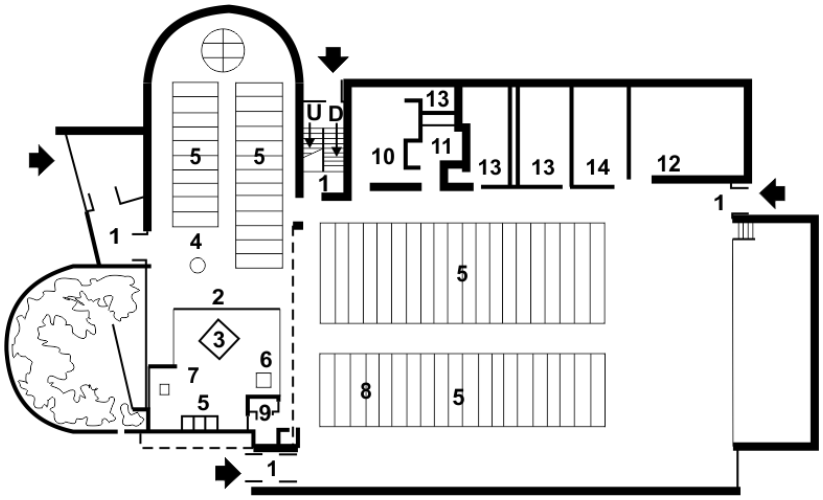
Bentuk denah terpusat memiliki kemiripan dengan auditorium dengan tipe denah arena. Tipe ini dipilih karena gereja juga dapat dipakai untuk kegiatan non religius. Kekurangan denah tipe ini adalah lemahnya kontak mata antara pemimpin ibadah dan jemaat karena sudut pandang pemimpin ibadah hanya sebatas 270°. Kekurangan tersebut menyebabkan ketidaknyamanan visual jemaat. Kelebihan denah ini adalah *intimacy* yang kuat



Gambar 2.22 Denah terpusat.
Sumber: Chiara, 1973

d. “L” atau “T” yang diperluas

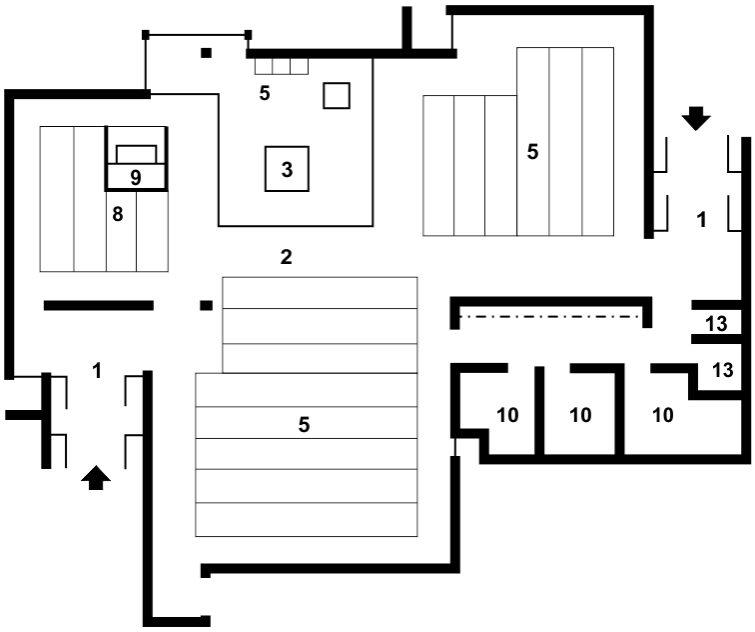
Denah bentuk L atau T merupakan denah yang fleksibel karena dapat diperluas atau dikembangkan. Kapasitas gereja dapat disesuaikan dengan jemaat yang datang pada saat ibadah. Kelemahan penambahan jumlah tempat duduk dapat menyebabkan jemaat yang berada pada area tambahan merasa terasingkan sehingga pengaturan ketinggian langit-langit, lantai, *finishing* dinding, dan *lighting* pada tempat hasil penambahan tersebut harus sangat diperhatikan.



Gambar 2.23 Denah L.
Sumber: Chiara, 1973

e. *Multiform*

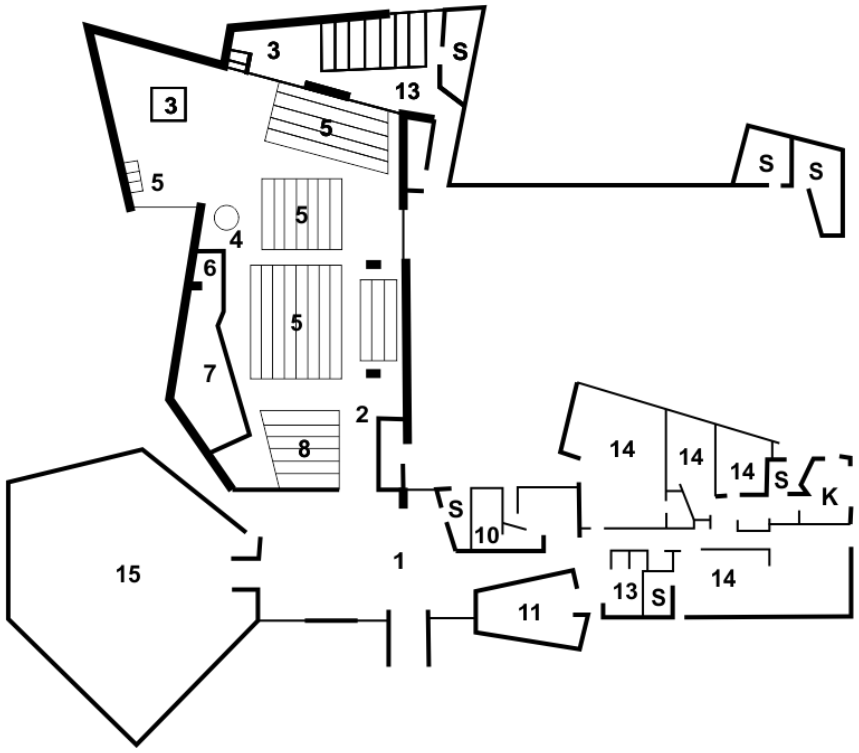
Denah *multiform* menyebarkan area jemaat mengelilingi area mimbar. Denah keseluruhan gereja mengikuti persebaran tempat duduk jemaatnya. Denah ini merupakan bentuk yang tidak kaku atau informal sehingga memungkinkan inovasi pada area jemaat yang dapat dipindah-pindahkan.



Gambar 2.24 Denah *multiform*.
Sumber: Chiara, 1973

f. *Multifocus*

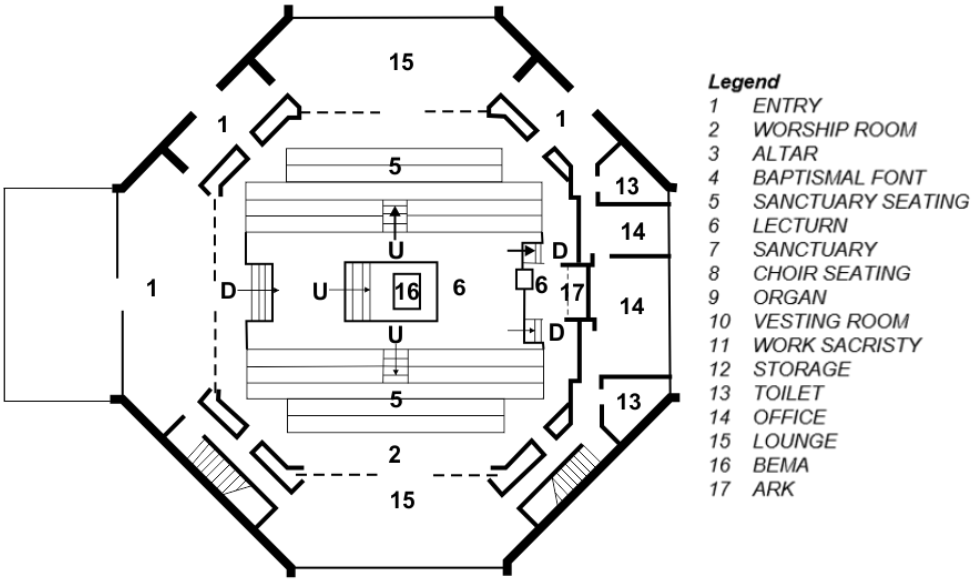
Denah *multifocus* memungkinkan jemaat dapat melihat lebih dari satu titik fokus. Tempat duduk yang tetap atau *fixed seating* sangat tidak cocok untuk denah bentuk ini. Denah ini biasanya dipilih untuk menampung jemaat dalam jumlah besar.



Gambar 2.25 Denah *mutifocus.*
Sumber: Chiara, 1973

g. Tempat duduk paralel

Tempat duduk paralel atau *parallel seating* adalah denah yang sangat tidak umum. Denah ini dipilih untuk mengatasi permasalahan tertentu yang dijumpai pada gereja.



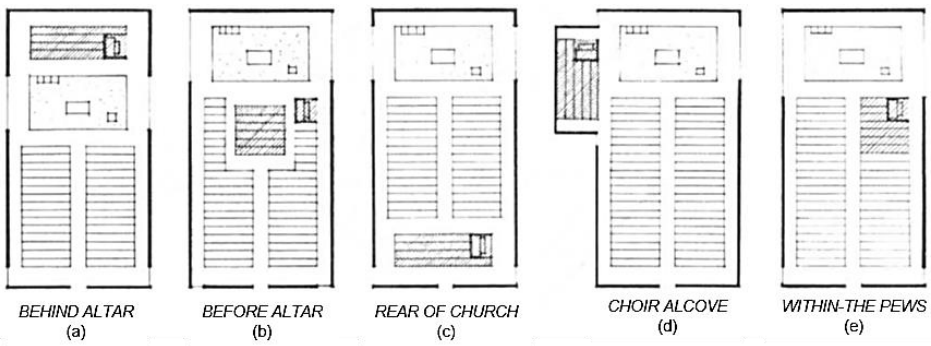
Gambar 2.26 Denah *parallel seating*.
Sumber: Chiara, 1973

2. Posisi pemusik dan paduan suara

Posisi paduan suara sudah dipertimbangkan keberadaannya bertahun-tahun lalu. Posisi paduan suara dapat terletak pada altar maupun pada area khusus dalam gereja. Paduan suara lebih berperan untuk memimpin jemaat memuji Tuhan daripada sekedar penampilan sehingga tidak mengurangi kualitas ibadah. Hubungan paduan suara dan jemaat menjadi sangat erat sehingga perlu pertimbangan di mana area paduan suara ditempatkan secara tepat. Alternatif penempatan area paduan suara pada gereja adalah sebagai berikut,

a. Belakang mimbar, paduan suara susah untuk terlihat namum masih dapat didengarkan suaranya. Anggota paduan suara bukan bagian dari jemaat sehingga mengakibatkan kurangnya kesempatan untuk beribadah dan mendengarkan khotbah secara khusyuk.
b. Depan mimbar, area paduan suara tersendiri namun masih menjadi bagian dari jemaat.
c. Belakang gereja, paduan suara menjadi bagian dari jemaat namun tidak berbeda jauh dari penempatan paduan suara pada loteng gereja.
d. Ruang paduan suara, paduan suara ditempatkan pada suatu bagian tertentu dalam ruang gereja. Penaatan seperti ini bisa jadi sangat efektif.

Di tengah tempat duduk jemaat, paduan suara berada diantara tempat duduk jemaat. Posisi ini merupakan bentuk yang lebih sederhana dari area paduan suara di depan mimbar. Posisi terbaik untuk peletakan pemusik adalah pada area di mana pemusik dapat melihat area mimbar dengan jelas sehingga dapat melihat pemimpin ibadah memberikan sinyal. Pemusik bisa menjadi salah satu pengalih fokus pada saat ibadah sehingga dapat diatasi dengan cara merendahkan dindingnya.



Gambar 2.27 Posisi paduan suara.
Sumber: Chiara, 1973

3. Akustik

   Gereja dengan kapasitas kecil sangat jarang memiliki permasalahan akustik kecuali pada keakraban yang menjadikan suasana ibadah menjadi hidup. Permasalahan lain disebabkan oleh pengaplikasian absorber yang berlebihan. Gaung dan *dead spots* harus sangat dihindari untuk gereja berkapasitas lebih dari 600 jemaat. Pembicara yang terlatih biasanya dapat didengar dengan baik. Pembicara yang tidak terlatih sebaiknya dibantu pengeras suara yang diatur sedemikian rupa sehingga dapat menggunakan mimbar dengan baik. Apabila musik memiliki peran penting dalam liturgi gereja maka diperlukan konsultasi kepada ahli.

4. Pengkondisian udara

   Pengkondisian udara dapat dipertimbangkan untuk menjaga kenyamanan termal jemaat saat ibadah berlangsung. Faktor-faktor yang menyebabkan penambahan perangkat pengkondisian udara adalah iklim, durasi ibadah, dan antisipasi jumlah jemaat. Pemasangan perangkat pengkondisian udara juga perlu diperhatikan kebisingan yang dihasilkannya sehingga kenyamanan ibadah terjamin.

5. Tata pencahayaan (*lighting*)

   Pencahayaan alami dapat menjadi ciri khas sebuah rancangan gereja namun dapat menyebabkan ketidaknyamanan visual apabila cahaya matahari yang masuk ke dalam gedung gereja dapat menyilaukan dan membuat siluet akibat *backlight*. Gereja dengan pencahayaan alami biasanya melaksanakan ibadahnya di pagi hari untuk menghindari cahaya matahari Barat pada sore hari. Pencahayaan buatan yang dipasang pada langit-langit secara tergantung mudah mengalihkan fokus jemaat apabila terlalu banyak jumlahnya dan terlalu dekoratif. Penataan lampu sangat penting mengingat kegiatan yang dilakukan di luar ibadah. Pencahayaan *outdoor* sangat penting untuk gereja yang melaksanaan ibadah pada malam hari terutama pada sepanjang akses menuju gedung.

6. Ukuran

   Besaran ruang untuk gereja berkisar antara 3 sampai 3,5 m^2 per tempat duduk termasuk mimbar, ruang persiapan, dan lobi. Besaran tempat duduk sendiri adalah sekitar 2,4 m^2 per tempat duduk.

7. Tempat duduk

   Ukuran tempat duduk jemaat hendaknya memiliki lebar 45 cm namun biasanya bisa mencapai 55 sampai 60 cm. Panjang tempat duduk bisa mencapai 90 cm atau minimal 83 cm. Tempat duduk disarankan memiliki tempat untuk meletakkan barang bawaan jemaat seperti tas atau kitab suci baik dibawah maupun dibelakang tempat duduk. Pada lorong disela-sela tempat duduk sebaiknya diberi ruang yang untuk jalur peti pemakaman. Lorong di tengah tidak kurang dari 1,5 m dan untuk lorong di samping tidak kurang dari 90 cm.

8. Mimbar

   Mimbar adalah poin utama sebuah gedung gereja. Panjang mimbar berkisar antara 1,7 sampai 2,5 m, lebar 8,5 sampai 14,6 m, dan tinggi 1 m. Bentuk mimbar tidak harus segi empat. Penambahan podium disarankan memiliki tinggi antara 10 sampai 15 m. Mimbar dilengkapi dengan podium sebagai tempat pendeta menyampaikan khotbah. Podium terdiri dari alas untuk kitab suci, rak dibawahnya untuk meletakkan alat tulis atau minuman, alat penerangan, dan tempat untuk mikrofon. Desain podium disesuaikan dengan sifat kemuliaan dan kekuatan. Pada mimbar dapat ditempatkan sebuah meja untuk meletakkan perlengkapan perjamuan suci.

9. Ruang administrasi

   Ruang administrasi dapat disesuaikan kebutuhannya sesuai dengan standar ruang untuk administrasi dan kebutuhan pengguna. Setidaknya ruang ini memiliki meja, rak buku, dan toilet.

10. Ruang kelas

    Ruang kelas tidak kurang dari 70 m^2. Ruang kelas untuk anak-anak atau sekolah minggu tidak kurang dari 9 m^2 per murid. Pencahayaan alami sangat disarankan untuk ruang kelas ini.

11. Tempat parkir

    Tempat parkir diperuntukan bagi 5 jemaat per satuan parkir.

12. Lansekap

    Lansekap harus dirancang secara khusus dan disesuaikan dengan bagian dalam bangunan.

2.3.2 Aktivitas pengguna di GPdI Lembah Dieng

Berdasarkan hasil observasi pada objek studi yaitu GPdI Lembah Dieng Malang, aktivitas dalam gereja bermacam-macam. Aktivitas utama adalah ibadah yang mengikuti tata cara ibadah atau liturginya. Ibadah biasanya diadakah setiap hari minggu (pada gereja denominasi Kristen Protestan atau Pantekosta). Ibadah dipimpin oleh seorang pemimpin pujian atau *worship leader* yang dibantu oleh *singer* dan paduan suara. Pada sesi khotbah, Firman Tuhan disampaikan oleh seorang pendeta. Selama ibadah berlangsung lagu-lagu pujian dan penyembahan yang dinyanyikan, diiringi dengan musik oleh pemusik. Liturgi gereja bermacam-macam sesuai dengan keputusan pengurus gereja masing-masing. Liturgi, khususnya pada gereja Pantekosta terdiri dari urut-urutan sebagai berikut

1. Penyembahan dan doa pembukaan

   Tepat pada jam ibadah dimulai, *worship leader*, *singer*, dan paduan suara naik ke atas mimbar dan menyapa jemaat. Ibadah dimulai dengan sebuah lagu penyembahan serta doa pembukaan. Lagu penyembahan biasanya bertempo lambat. Dalam sesi pujian ini nampak keterlibatan jemaat yakni menyanyi dan memuji Tuhan.
2. Pujian

   Setelah lagu penyembahan dan doa pembukaan, ibadah dilanjutkan dengan pujian. Pujian adalah sesi di mana seluruh peserta ibadah menyanyikan lagu-lagu pujian. Lagu-lagu pujian biasanya bertempo cepat. Dalam sesi pujian ini nampak keterlibatan jemaat yakni bertepuk tangan, bernyanyi, dan terjadi interaksi antara jemaat dan *worship leader*.
3. Pengumuman

   Worship leader membacakan pengumuman penting untuk sepanjang satu minggu ke depan. Selain secara langsung, pengumuman juga ditayangkan pada layar LCD melalui tulisan atau media video.
4. Persembahan oleh jemaat

   Sementara kantong persembahan diedarkan oleh petugas, *worship leader* mengajak jemaat menyanyikan sebuah lagu pujian.
5. Persembahan pujian

   Persembahan pujian biasanya dilakukan oleh paduan suara, grup vokal, atau penyanyi solo. Persembahan pujian diiringi musik langsung atau dengan rekaman musik yang diputar.

6. Penyembahan dan doa sebelum Firman Tuhan

   Sesi pujian dan penyembahan ditutup dengan lagu penyembahan dan doa sebelum Firman Tuhan sementara pendeta naik ke atas mimbar dan pelayan ibadah dan paduan suara turun dari mimbar.

7. Penyampaian Firman Tuhan atau khotbah

   Khotbah dilakukan oleh seorang pendeta sementara jemaat mendengarkan. Pada sesi ini biasanya jemaat tidak hanya mendengarkan tapi juga berperan membacakan ayat-ayat dalam alkitab. Kejelasan penyampaian materi khotbah sangat penting agar jemaat pulang dengan membawa pesan dari ibadah.

8. Perjamuan suci

   Perjamuan suci tidak dilakukan setiap hari Minggu atau pada saat ibadah. Pengadaan perjamuan suci tergantung keputusan pengurus gereja misalnya satu bulan sekali atau pada saat ibadah insidental. Perjamuan suci adalah saat di mana umat Kristen memakan roti dan minum anggur sebagai peringatan akan kematian Tuhan Yesus Kristus di kayu salib dan menantikan kedatangan-Nya yang kedua kali (Terjemahan Baru, 1 Korintus 11:23-26). Roti dan anggur disediakan oleh pengurus gereja dan sebelum ibadah berlangsung diletakkan di atas meja di depan mimbar. Roti dan anggur dibagikan kepada jemaat oleh petugas setelah seluruh peserta ibadah berdoa. Pada sesi ini biasanya pendeta dan jemaat menyanyikan lagu-lagu penyembahan.

9. Doa penutupan dan doa berkat

   Doa penutupan dipimpin oleh pendeta diawali dengan menyanyikan lagu penyembahan kemudian berdoa kemudian jemaat dipersilahkan untuk pulang.

Urut-urutan ibadah ini dapat berubah pada saat ibadah insidental seperti ibadah untuk memperingati hari Natal, Paskah, ulang tahun gereja, KKR (Kebaktian Kebangunan Rohani), dan lain-lain. Beberapa hari sebelum ibadah berlangsung, seluruh pelayan ibadah wajib melakukan latihan dan *check sound* agar pelayanan pada hari ibadah berjalan dengan lancar.

Aktivitas lainnya yang perlu diwadahi dalam sebuah gereja adalah sekolah Minggu untuk anak-anak, ibadah tunas remaja, dan ibadah remaja. Ruang pelengkap juga diperlukan dalam mendukung aktivitas gereja yaitu ruang administrasi, perpustakaan, ruang teknis dan pemeliharaan, kantin, toilet, dan lain sebagainya.

2.3.3 Tata akustik gereja

Gereja memiliki tata akustik yang memiliki tujuan ganda yaitu *speech* dan *music*. Seiring berkembangnya gaya musik gereja dan pola liturgi dalam ibadah, tata akustik gereja juga disesuaikan dengan aktivitas peribadatan. Sebuah peribadatan dalam gereja masa kini menciptakan interaksi antara pelayan dengan jemaat sebagai contoh adalah pada saat menyanyi jemaat ikut menyanyi atau bertepuk tangan. Adanya interaksi ini membuat gereja harus dirancang untuk memenuhi kebutuhan interaksi tersebut baik secara arsitektur maupun akustik. Selain itu ruang-ruang dalam gereja juga berdampingan dengan ruang lain seperti ruang persiapan, ruang kantor, dan lain-lain. Oleh karena itu, rancangan akustik untuk gereja harus memperhatikan beberapa persyaratan berikut,

1. Mimbar harus dinaikkan dan diberi elemen-elemen refleksi untuk memproyesikan pembicaraan ke area jemaat.
2. Area musik dan paduan suara harus dikelilingi bidang-bidang reflektor yang terhindar dari terciptanya gema, gaung, dan pemusatan bunyi.
3. Setiap area jemaat harus mendapatkan kenyamanan audial yang sama baiknya sehingga dibutuhkan jumlah lapisan akustik untuk mengendalikan RT.
4. Ruang-ruang yang berdampingan dengan ruang ibadah utama membutuhkan pengendalian dengung sendiri agar tidak bertentangan dengan ruang utama.
5. Eliminasi bising sangat diperlukan karena fungsi awal sebuah gereja adalah tempat untuk berdoa (Doelle, 1986).

Perancangan akustik gereja menjumpai banyak permasalahan. Volume gereja yang besar dan melengkung disertai dengan atap kubah akan menimbulkan cacat akustik yang serius yaitu gema, pemusatan bunyi, pemantulan bunyi yang sangat lama, dan distribusi bunyi yang tidak rata. Permasalahan ini dapat diatasi dengan cara mengaplikasikan bidang absorber pada bagian-bagian rawan atau dengan memisahkan bagian-bagian melengkung dari bunyi datang dengan reflektor-reflektor besar yang digantung sebagai penghambur (*diffuser*).

RT optimum sangat tergantung pada fungsi yang dianggap sebagai prioritas dalam ruang ibadah, entah fungsi musik atau *speech*. Penyediaan akustik yang sempurnya bagi kedua fungsi dalam satu waktu sangat jarang. RT yang ideal untuk jenis-jenis gereja dapat dilihat pada Gambar 2.12. Pengendalian RT dalam gereja yang hanya memperhatikan fungsi musik akan menghilangkan minat pendengar untuk memperhatikan khotbah. Dewasa ini, permasalahan yang demikian dapat diatasi dengan *reverberator* elektronik. RT dapat

diperpendek untuk mencapai *intelligibility* yang tinggi dan dapat diperpanjang pada saat musik berbunyi. Gereja juga seringkali terinterverensi oleh bising baik dari dalam maupun luar gereja sehingga dengan alat tersebut dan pengeras suara maka penguatan bunyi pada saat khotbah dapat diatur (Doelle, 1986).

Cacat akustik pada gereja dapat diatasi dengan beberapa cara,

1. Aplikasi reflektor berupa dinding bata di sekeliling ruang auditorium.
2. Aplikasi absorber berlapis semprotan *limpet-asbestos* pada permukaan interior kubah. *Limpet-asbestos* adalah lapisan insulasi yang dapat diaplikasikan pada atap, khususnya material beton, dengan cara disemprot. Cairan ini sangat berbahaya karena mengandung 85% *asbestos* (mineral alam yang beracun dan dapat mengakibatkan penyakit paru-paru). Oleh karena itu pengaplikasiannya harus dilakukan oleh pekerja dengan sertifikat (AEDT, 2014).
3. Penggabungan elemen difusif yang besar dan acak berupa beton untuk rangka kubah.
4. *Sound system* sebagai penguat fungsi yang terarah dan berkualitas tinggi (Doelle, 1986).

2.4 Studi Komparasi

Studi komparasi dilakukan dengan membandingkan tata akustik pada beberapa objek komparasi yaitu pada Gereja Katolik Santa Maria Tak Bercela Surabaya, *Porto's Clerigo Church* Portugal, dan Gereja *Santa Maria delle Grazie* di Angri, Italia.

1. Tata akustik di Gereja Katolik Santa Maria Tak Bercela Surabaya
   Latar belakang pengambilan tema ini adalah akustik gereja memiliki keunikan yaitu dapat mewadahi dua fungsi sekaligus yaitu *speech* dan *music*. Gereja tersebut memiliki luas 243, 01 m^2 dengan ketinggian langit-langit 9 m. Daya tampungya mencapai 1.500 jemaat terdiri dari area jemaat utama dan area jemaat balkon. Melihat kapasitas tempat duduk jemaat yang lebih dari 500 kursi maka penambahan balkon sangat tepat untuk mendekatkan jarak tempat duduk jemaat sebagai penerima bunyi dengan mimbar sebagai area sumber bunyi.

Gambar 2.28 Tampak depan Gereja Santa Maria Tak Bercela Surabaya.
Sumber: Lisayana, 2013

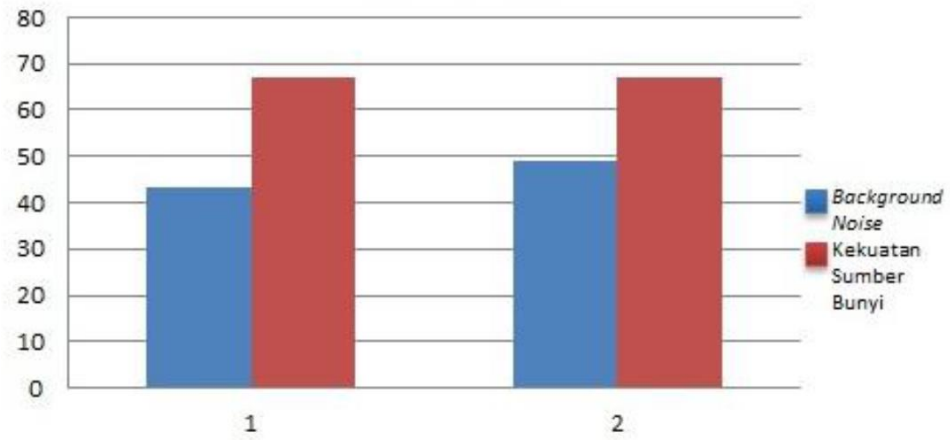
Gambar 2.29 Tampak belakang Gereja Santa Maria Tak Bercela Surabaya.
Sumber: Lisayana, 2013

Permasalahan yang muncul pada objek yang diteliti adalah *background noise* yang tinggi, waktu dengung (RT) yang tidak memenuhi standar, adanya kebocoran suara pada dari dalam ke luar gereja. *Background noise* yang tinggi diakibatkan oleh letak gereja yang berada di lingkungan Sekolah Santa Clara Surabaya. Untuk mengukur kebisingan dari luar digunakan alat *Sound Level Meter* (SLM). Selain itu, permasalah RT yang tidak standar didata dengan menggunakan perhitungan manual dengan menggunakan rumus Sabine dan diperkuat dengan perhitungan dengan komputer yaitu dengan program *Autodesk Ecotect Analysis 2011*.

Analisa yang dilakukan berdasarkan data-data numerik yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan untuk mengetahui tingkat kebisingan dan RT

pada objek yang diteliti. Setelah dianalisis menggunaan perhitungan manual dan komputer, maka diperoleh hasil sebagai berikut

a. *Background noise* mencapai 43,5 dB sampai 48,8 dB jauh dari *noise* yang diijinkan untuk bangunan gereja yaitu 35-40 dB (Satwiko, 2004). *Background noise* terjadi pada saat jam-jam aktif sekolah dan semakin meningkat pada saat siswa masuk, beristirahat, dan pulang sekolah.
b. RT mencapai 0.88 detik pada perhitungan manual dan 0.79 detik pada perhitungan komputer. Untuk kondisi *speech* gereja sudah memenuhi standar yang dianjurkan yaitu 0-5-1,4 detik namun untuk kondisi musik belum bisa memenuhi standar yaitu 1,4-2,6 detik (Satwiko, 2004).
c. Kebocoran suara di lapangan diukur melalui survei langsung. Hasil dari pengukuran tersebut menunjukkan bahwa jarak antara *background noise* dan kekuatan sumber bunyi cukup besar sehingga kebocoran yang terjadi besar. Kebocoran diakibatkan oleh banyaknya celah elemen-elemen ruang dalam gereja.

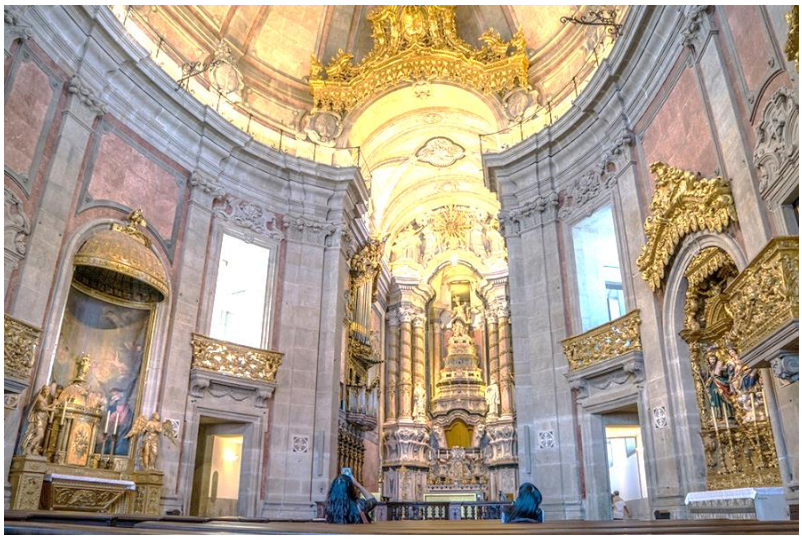


Gambar 2.30 Selisih *background noise* dan kekuatan sumber bunyi.
Sumber: Lisayana, 2013

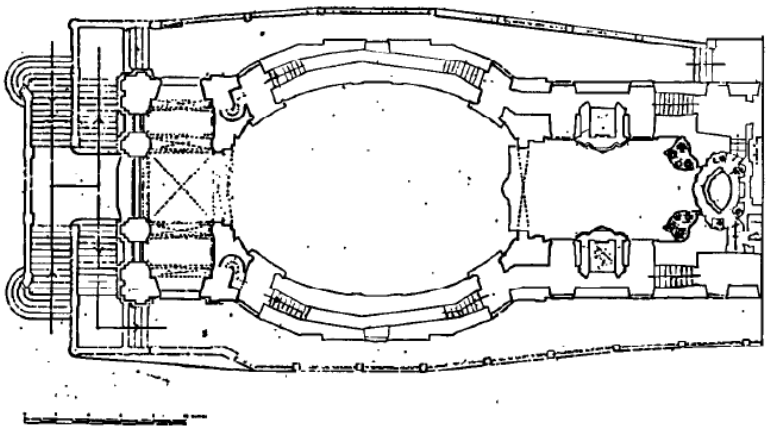
Usaha optimalisasi disarankan untuk mereduksi *background noise*, mengoptimalkan waktu dengung, dan mengatasi kebocoran yang terjadi dengan insulasi suara pada elemen-elemen ruang. Pengoptimalan yang disarankan berupa penambahan dinding akustik, mengubah material pintu gudang menjadi kayu biasa, penggantian kaca bening menjadi kaca halus ber-*sealant*, pengurangan kursi pada mimbar, kursi paduan suara, meja di kanan-kiri ruangan, dan *speaker* yang sudah tidak difungsikan, serta menambahkan gorden pada pintu-pintu utama.

2. Tata akustik di *Porto's Clerigo Church* Portugal

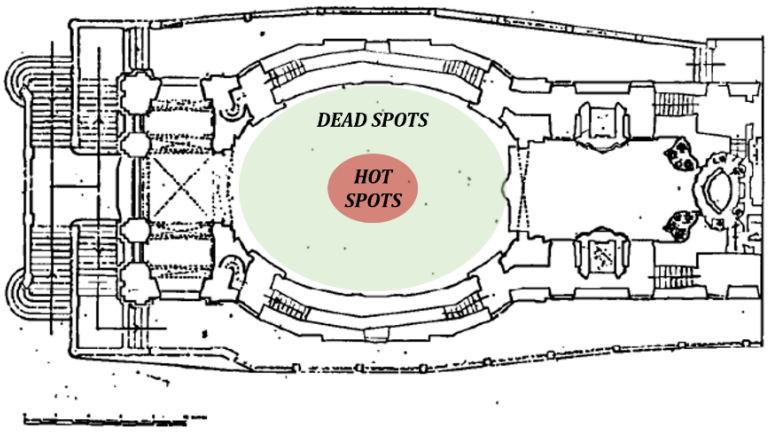
Objek studi kedua adalah *Porto's Clerigo Church* oleh António Carvalho. Kajian sebelumnya dilakukan oleh seorang laborat akustik di Fakultas Teknik, University of Porto, Rua dos Bragas, Portugal. Gereja *Porto's Clerigo* memiliki arsitektur gaya *baroque* dan dibangun antara tahun 1735 dan 1748. Gereja ini memiliki menara setinggi 76 m. Kapasitas tempat duduk jemaat mencapai 169 kursi. Denah area jemaatnya berbentuk elips. Denah bentuk ini dapat memantulkan suara dan mengakibatkan pemusatan suara di tengah-tengah area jemaat atau terciptanya *hot spot* pada area tengah dan *dead spot* pada area pinggir sehingga distribusi suara tidak merata.



Gambar 2.31 Interior ruang ibadah dengan langit-langit berbentuk kubah.
Sumber: http://sunsetsandsuitcases.com/wp-content/uploads/2015/10/porto-02.jpg, diakses pada 15 Januari 2017



Gambar 2.32 Denah Porto's Clerigo Church, Portugal.
Sumber: Carvalho, 2000



Gambar 2.33 *Hot spot* dan *dead spots* akibat atap kubah.
Sumber: Carvalho, 2000

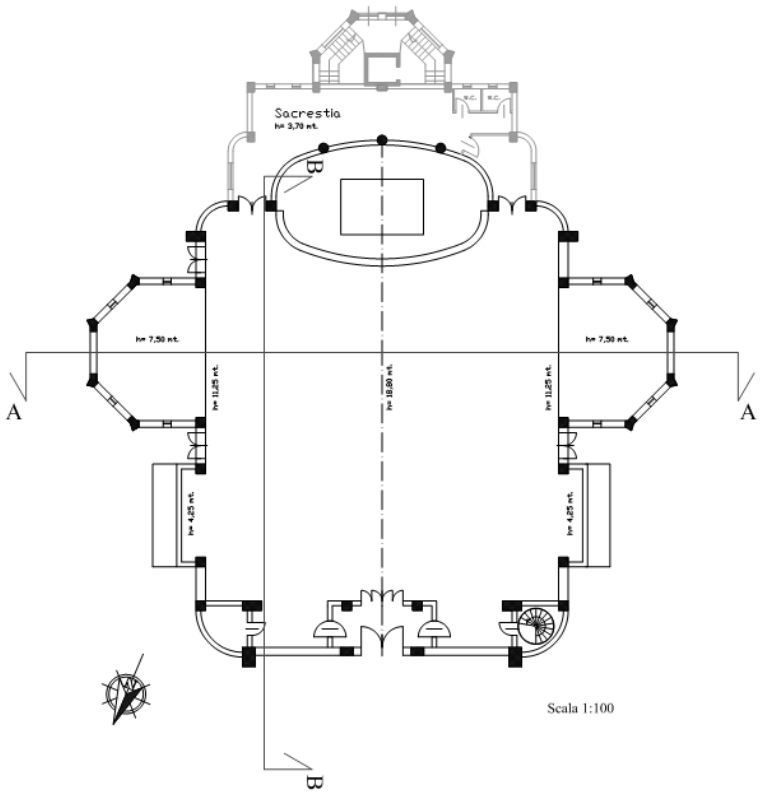
Analisis akustik pada gereja ini menggunakan tiga parameter utama yaitu kualitas *speech* (*intelligibility*), kualitas *music*, dan kualitas distribusi suara ke seluruh ruangan. Pengukuran objektif dilakukan untuk mengetahui nilai-nilai akustikal pada beberapa titik area penerima menggunakan dua posisi sumber suara yaitu altar dan area jemaat. Kualitas akustik dinilai secara subjektif yaitu melalui wawancara dengan jemaat setempat dan secara objektif yaitu melalui perhitungan RASTI.

Pengukuran objektif dilakukan dengan perhitungan RASTI untuk mengetahui tingkat ketepatan akustik gereja tersebut dalam memenuhi persyaratan akustik untuk gereja. Parameter yang diukur dalam penilaian objektif ini adalah RT, *Early Decay Time* (EDT), *clarity*, definisi, *center time* (TS), dan kekerasan (L). Pengukuran subjektif dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada responden yang adalah mahasiswa sekolah musik dan seni pertunjukan untuk mengetahui kualitas *music* dan *speech* gereja tersebut. Penilaian kenyamanan audial secara objektif dan subjektif sangat efektif dan dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya. Penelitian objektif dan subjektif dapat menggunakan parameter-parameter sesuai dengan permasalahan yang dijumpai.

3. Tata akustik di Gereja *Santa Maria delle Grazie* di Angri, Italia

   Objek studi ketiga yaitu Gereja *Santa Maria delle Grazie*. Penelitian terdahulu dilakukan oleh Joseph Quartieri, et al, dari Fakultas Teknik, University of Salerno, Via Ponte don Melillo, Angri SA, Italia. Gereja *Santa Maria delle Grazie* memiliki denah berbentuk salib. Mimbar terletak di kepala salib sedangkan area jemaat berada di lengan-lengan salib. Kelemahan gereja dengan denah tipe ini adalah

kurangnya kesatuan antar jemaat pada saat beribadah. Volume gereja sekitar 7.000 m^3 dengan permukaan dalam seluas 4.300 m^2.



Gambar 2.34 Denah Gereja Santa Maria delle Grazie, Angri, Italia.
Sumber: Quarteieri, 2010

Pengukuran RT dilakukan untuk mengetahui kualitas suara. Hasil yang dicapai dari pengukuran ini adalah *intelligibility of signal* dan jumlah energi yang terefleksikan. Rumus Sabine digunakan dalam mengukur dan mengevaluasi RT. Selain mengukur RT, dapat juga diidentifikasi sumber-sumber suara yang berpengaruh terhadap kualitas akustik ruang.

Nilai RT pada Gereja *Santa Maria delle Grazie* di Italia terlalu tinggi sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan akustik gereja khusunya untuk fungsi *speech*. RT yang tinggi akan menurunkan kualitas kejernihan suara. Rekomendasi diusulkan oleh penulis untuk mengoptimalisasi kualitas akustik yaitu dengan memastikan jumlah *loudspeaker*, mengatur material reflektif, dan menambah material peredam sehingga nilai RT dapat dikurangi.

Dari penelitian ini dapat digunakan *ISO 3382 International Standart* sebagai acuan perhitungan jarak mikrofon terhadap beberapa elemen. Perhitungan menggunakan

rumus Sabine untuk mengevaluasi RT eksisting dan memecahkan permasalahan RT yang tidak maksimal.

Berdasarkan pembahasan tata akustik gereja dan pengukurannya dapat diketahui standar-standar sistem akustik gereja dan parameter pengukuran kenyamanan audial secara objektif dan subjektif. Secara objektif, tata akustik gereja dapat diukur menggunakan rumus Sabine untuk perhitungan RT, parameter tata akustik, dan standar ISO 3382. Penilaian kenyamanan audial tidak harus menggunakan sistem komputerisasi namun juga melalui penilaian secara subjektif dengan cara mengisi kuesioner oleh pengguna ruangan untuk mengetahui perasaan pengguna ruang yang sebenarnya.

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ditujukan untuk memberi tambahan teori dan gambaran hasil yang dicapai pada setiap penelitian yang terpilih. Penelitian terdahulu diperoleh dari beberapa jurnal nasional maupun internasional.

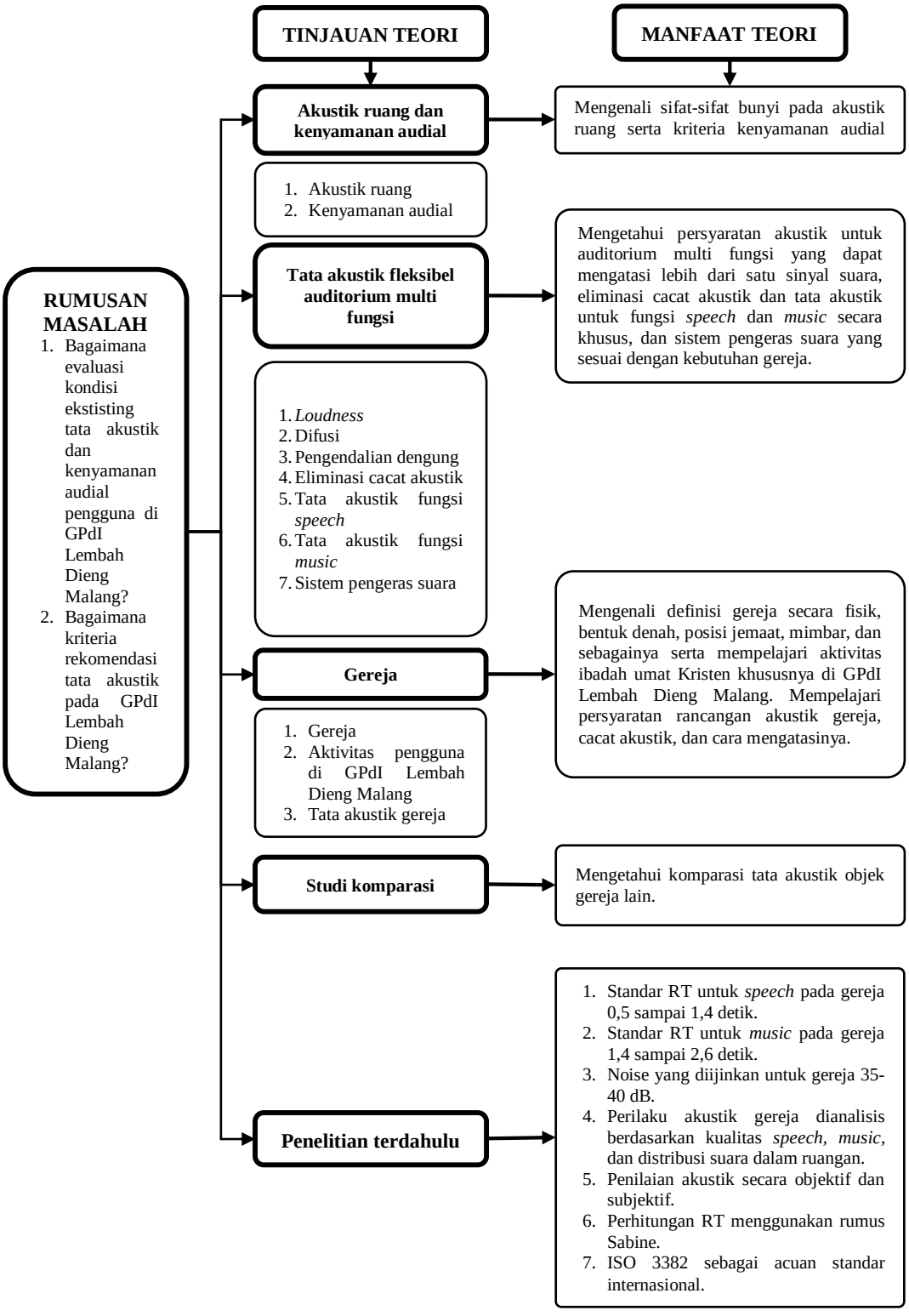
Tabel 2.5 Penelitian terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Teori	Hasil
1.	Lisayana dan Hedy C. Indrani	Studi Sistem Akustik pada Gereja Katolik Santa Maria Tak Bercela Surabaya (Jurnal Intra Vol. 1 No. 2 tahun 2013 1-7)	a. Perhitungan *reverberation time* (RT) menggunakan rumus Sabine (Doelle) didukung dengan tabel mengenai pemilihan material dan koefisien serap bunyi (Satwiko dan Doelle). RT yang diijinkan untuk fungsi *speech* pada gereja adalah 0,5 sampai 1,4 detik dan untuk fungsi *music* adalah 1,4 sampai 2,6 detik (Satwiko). b. Noise yang diijinkan untuk bangunan gereja adalah 35-40 dB (Satwiko).	RT yang kurang standar pada objek penelitian disarankan mengganti material eksisting dengan yang koefisien absorpsinya lebih besar untuk menaikkan RT supaya tercipta kondisi *music* yang optimal. Penambahan material insulasi pada elemen-elemen ruang supaya mencegah kebocoran suara dari dalam ke luar gereja.
2.	António P. O. Carvalho	*Acoustical Measures in Churches Porto's Clérigos Church, A Comprehensive Example* (4-7 Juli 2000)	a. Perilaku akustik gereja dianalisis berdasarkan 3 hal yaitu kualitas *speech* (*intelligibility*), kualitas *music*, dan kualitas distribusi suara dalam ruangan. b. Penilaian akustik secara objectif mendeskripsikan fungsi ganda akustik gereja melalui RT, *Early Decay Time* (EDT), *clarity*, definisi (D_{50}), *center time* (TS), dan *loudness* atau kekerasan (L). Perhitungan ini dilakukan pada area jemaat (*nave*) dan area altar (*altar*) dengan variasi frekuensi. c. Penilaian akustik secara subjektif dilakukan dengan metode survei yaitu menyebarkan kuesioner pada	Hasilnya berupa deskripsi perhitungan yang disajikan berupa tabel hasil pengukuran dan survei di lapangan.

No.	Peneliti	Judul	Teori	Hasil
			sekelompok mahasiswa dari sekolah musik dan seni pertunjukan untuk menilai *loudness, clarity, reverberance, intimacy, directionaly, envelopment, balance, echoes, background noise,* dan *overall impressions*.	
3.	Joseph Quartieri, Nikos E. Mastorakis, Claudio Guarnaccia, Gerardo Iannone	*Church Acoustics Measurements and Analysis* (13-15 Juni 2010)	a. Perhitungan RT secara manual menggunakan rumus Sabine. b. Eksperimen dengan menggunakan acuan standar internasional yaitu ISO 3382 tentang akustik-pengukuran RT ruang dan parameter akustik lainnya. Parameter yang diukur berupa sumber bising, RT, serta peralatan akustik.	Hasil penelitian ini menunjukkan gereja yang dijadikan sebagai objek penelitian memiliki koefisien absorpsi yang cukup baik. Simulasi digital yang dilakukan sebagai pendukung pengukuran RT sangat membantu dalam memberi solusi optimalisasi RT dengan menambah material absorpsi khusunya untuk waktu tunda suara. Pengurangan RT berdampak buruk bagi fungsi *music* karena gereja ini berliturgi Kristen di mana pujian merupakan bagian dari sebuah ibadah.

Sumber: Lisayana (2013), Carvalho (2000), Quartieri (2010)

2.6 Kerangka Teori



Gambar 2.35 Kerangka teori.