

Gambar 2.8. Situasi Tapak

bunyi. Telinga manusia dapat menangkap tekanan bunyi pada jangkauan yang sangat lebar meskipun tekanannya sendiri kecil. Karena jangkauan yang sangat lebar inilah - untuk memudahkan perhitungan - tekanan bunyi diukur pada dalam skala logaritmik yang disebut skala decibel (dB). Satuan skala decibel ini adalah sama dengan perubahan terkecil dalam tekanan bunyi yang dapat dideteksi oleh telinga pada umumnya.

Laju energi bunyi rata-rata yang di pancarkan pada suatu arah melewati satu titik pada satu satuan luasan yang tegak lurus arah tersebut disebut Intensitas bunyi (I). Untuk tujuan praktis dalam pengendalian bising lingkungan, tingkat tekanan bunyi sama dengan tingkat intensitas bunyi.

3.1.2. Sifat-Sifat Bunyi

- Keterarahan bunyi (*directionality*)

Sumber bunyi memancarkan gelombang bunyi kesegala arah, pada daerah yang bebas dari permukaan pemantul. Tetapi bunyi yang dipancarkan pada satu arah tertentu, intensitas bunyi pada arah tersebut akan menjadi lebih kuat.

- Penyelubungan bunyi (*masking*)

Penyelubungan bunyi dapat terjadi karena saraf pendengaran manusia tidak dapat membawa semua impuls ke otak pada saat itu. Penyelubungan yang paling efektif terjadi bila bunyi selubung mempunyai frekuensi yang hampir sama dengan bunyi yang diselubungi.

- Reduksi bunyi oleh jarak

Pada daerah yang bebas dari permukaan pemantul, gelombang bunyi dipancarkan oleh sumber bunyi dengan muka gelombang

BAB III

TINJAUAN KHUSUS

3.1. BUNYI ¹

3.1.1. Pengertian Bunyi

Bunyi mempunyai dua definisi bila dipandang secara fisis dan secara fisiologis . Secara fisis yaitu: bunyi adalah getaran partikel dalam suatu medium yang disebut bunyi obyektif, dan secara fisiologis: bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan oleh penyimpangan fisis (getaran partikel) diatas yang disebut bunyi subyektif.

Perambatan gelombang bunyi disebabkan oleh lapisan perapatan dan peregangan partikel-partikel udara yang bergerak kearah luar karena adanya getaran suatu partikel. Kecepatan rambat gelombang bunyi pada temperatur ruang 20°C adalah sekitar 344 meter per detik.

Jumlah getaran yang dilakukan sebuah partikel dalam 1 detik disebut frekuensi (f). Satu getaran yang lengkap disebut satu saikel (cycle). Satuan frekuensi adalah Hertz (Hz), yang nilainya sama dengan saikel per detik (cps). Telinga manusia dapat menangkap bunyi yang mempunyai frekuensi antara 20 sampai 20.000 Hz. Jarak yang ditempuh gelombang bunyi dalam satu saikel lengkap disebut panjang gelombang (λ).

Penyimpangan dalam tekanan atmosfir yang disebabkan oleh getaran partikel udara karena adanya gelombang bunyi disebut tekanan

¹ Leslie L. Doelle, *Environmental Acoustics*, (New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1972), halaman 14 - 22.

berbentuk bola. Karena luas suatu bola sebanding dengan kuadrat jari-jarinya maka intensitas bunyi disetiap titik berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumber bunyi ketitik tersebut. Hal ini dikenal sebagai Hukum Invers Kuadrat.

- Pemantulan bunyi

Pemantulan bunyi dapat terjadi pada permukaan yang keras, padat, dan rata karena permukaan tersebut akan memantulkan hampir semua energi bunyi yang jatuh pada permukaannya. Arah bunyi datang dan arah pantulnya terletak pada satu bidang datar, tegak lurus bidang pemantul. Besar sudut bunyi datang sama dengan besar sudut pantulnya.

- Penyerapan bunyi

Penyerapan bunyi adalah perubahan energi bunyi menjadi suatu bentuk energi lain ketika melewati suatu material atau menumbuk suatu permukaan.

- Difusi bunyi

Difusi bunyi adalah penyebaran gelombang bunyi kesegala arah. Difusi bunyi dapat terjadi karena gelombang bunyi jatuh pada permukaan dan elemen penyebar yang sangat banyak dan tak teratur. Difusi bunyi ini terjadi pada ruang tertutup.

- Difraksi bunyi

Difraksi bunyi adalah pembelokan dan penghamburan gelombang bunyi di sekeliling penghalang. Difraksi bunyi pada frekuensi rendah lebih kuat daripada difraksi bunyi pada frekuensi tinggi.

- Dengung

Dengung adalah bunyi berkepanjangan yang terjadi akibat pemantulan yang beturut-turut, terutama pada ruang tertutup.

Dengung merupakan gangguan terhadap suatu sistem akustik atau disebut juga cacat akustik.

- *Resonansi*

Resonansi adalah getaran yang terjadi pada suatu partikel karena adanya getaran pada suatu partikel lain. Resonansi dapat terjadi pada bunyi apabila suatu partikel bergetar dan menyebabkan partikel udara pada suatu tempat turut bergetar sehingga menimbulkan bunyi.

3.2. KEBISINGAN ²

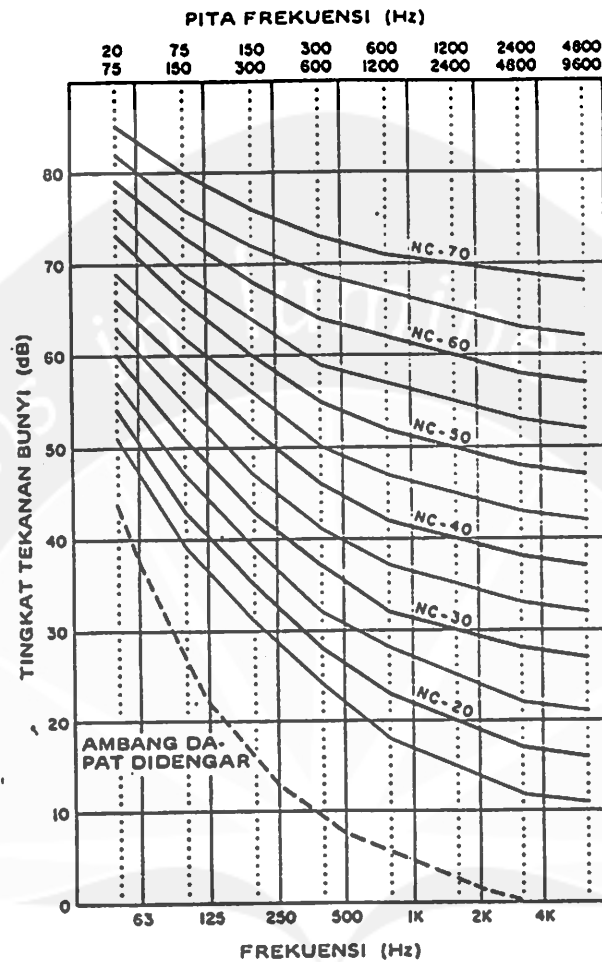
3.2.1. Pengertian Bising

Bising adalah semua bunyi yang mengalihkan perhatian, mengganggu, dan berbahaya bagi kegiatan sehari-hari. Setiap bunyi yang tidak diinginkan oleh penerima dianggap sebagai bising. Bunyi yang diinginkan atau tidak oleh penerima tergantung dari kekerasan bunyi, frekuensi, kesinambungan, waktu terjadinya, isi informasi, keadaan pikiran penerima, dan temperamen penerima.

3.2.2. Kriteria Bising

Tingkat kebisingan maksimum yang diijinkan pada suatu ruang dinyatakan dalam kurva kriteria bising (Noise Criterion / NC), yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Kurva kriteria bising ini tidak berlaku untuk bising subyektif, yaitu kesan bising yang berasal dari subyek penerima seperti keadaan pikiran dan temperamen penerima. Tabel 3.1. menyatakan kriteria bising maksimum untuk ruang-ruang tertentu.

² Ibid hal.1, halaman 149-150.



Gambar 3.1. Kurva Noise-Criterion (NC)

3.2.3. Akibat Kebisingan

Kebisingan yang cukup tinggi diatas sekitar 70 dB dapat menyebabkan kegelisahan, kurang enak badan, kejenuhan mendengar, sakit lambung, dan masalah peredaran darah. Kebisingan yang tinggi diatas 85 dB dapat menyebabkan kemunduran yang serius pada kondisi kesehatan penerima, dan dapat menyebabkan ketulian. Tingkat bising

yang sangat tinggi yaitu sekitar 140 dB sampai 150 dB dapat menyebabkan kerusakan pendengaran secara langsung.

Tabel 3.1. Kriteria Bising Yang Diijinkan Pada Ruang-Ruang

Jenis Ruang	Bilangan NC
Ruang konser	15 - 20
Panggung sandiwara	20 - 25
Tempat ibadat	25 - 30
Hotel	25 - 35
Perpustakaan	30 - 35
Kantor bisnis	35 - 45
Ruang olah raga	45 - 50

3.3. METODE PENGENDALIAN BISING LINGKUNGAN ³

3.3.1. Penekanan Bising Pada Sumbernya

Pengendalian bising yang paling ekonomis adalah menekan bising tepat pada sumbernya yaitu dengan memilih mesin-mesin dan peralatan yang relatif tenang dan penggunaan metoda kerja yang tidak menyebabkan tingkat bising yang mengganggu. Untuk lingkungan bandar udara, hal ini dapat diterapkan melalui pemilihan jenis pesawat yang relatif tenang yang dapat singgah di bandar udara. Tetapi solusi ini sulit diterapkan pada bandar udara komersial karena semua jenis

³ Ibid hal. 1, halaman 157-171.

pesawat dari berbagai maskapai penerbangan dapat singgah di bandar udara tersebut.

3.3.2. Perencanaan Kawasan

Pertumbuhan transportasi darat dan udara yang cepat menyebabkan kebisingan menjadi suatu masalah yang sangat penting. Oleh karena itu pemerintah perlu mengeluarkan peraturan atau undang-undang yang mengatur tentang perencanaan kawasan melalui Rencana Tata Guna Tanah.

Untuk meramalkan kebisingan yang terjadi perlu diadakan pengkajian, penelitian, dan percobaan sehingga diperoleh kontur kebisingan (noise contour) di lingkungan bandar udara. Kontur kebisingan ini nantinya dipakai sebagai pedoman dalam menyusun Rencana Tata Guna Tanah di lingkungan bandar udara. Dengan mengacu pada ramalan kebisingan "Contour of Equal ICAO Index", Rencana Tata Guna Tanah tersebut dibagi menjadi 4 zona yaitu:

- *zona dengan kebisingan sangat tinggi,*
tidak diperuntukkan sebagai daerah pemukiman.
- *zona dengan kebisingan tinggi,*
dapat dimanfaatkan untuk tempat hunian yang dilengkapi isolasi suara.
- *zona dengan kebisingan sedang,*
layak untuk tempat hunian namun tidak layak untuk bangunan pendidikan dan rumah sakit.
- *zona dengan kebisingan rendah,*
tidak ada pembatasan untuk peruntukan apapun.

3.3.3. Perencanaan Tapak

Perancangan tapak ditujukan untuk memperoleh elemen tapak, gubahan massa, dan orientasi bangunan yang paling sesuai untuk pengendalian kebisingan. Yang perlu diperhatikan adalah perlakuan terhadap kebisingan oleh massa dan elemen tapak dengan memperhatikan sifat-sifat bunyi.

Berikut beberapa solusi yang dapat diterapkan sebagai masukan pada perencanaan tapak:

- Sangat dianjurkan untuk menempatkan suatu bangunan membelakangi sumber bising untuk memanfaatkan pengaruh jarak antara sumber bising dan deretan bangunan. Bila jarak yang cukup antara bangunan dengan sumber bising tidak dapat disediakan, maka ruang-ruang yang memiliki permukaan pengisolasi bunyi harus diletakkan menghadap sumber bising.
- Bangunan yang tidak mudah ditembus bising dapat dipakai sebagai penahan bising (noise barriers) dan dapat diletakkan antara sumber bising dan daerah yang membutuhkan ketenangan.
- Tempat parkir harus dikumpulkan dibagian yang tersembunyi dari tempat tersebut
- Bangunan yang linier harus diletakkan sedemikian rupa sehingga menghindari penembusan bising kedaerah yang oposisi dengan sumber bising.
- Elemen tapak dan penghalang diluar bangunan (Outdoor Barriers) dapat dipakai untuk mereduksi bising lingkungan karena adanya sifat keterarahan bunyi (directionality). Tetapi penghalang ini hanya efektif diterapkan untuk arah gerak sumber kebisingan yang horisontal saja yaitu bising yang disebabkan oleh kendaraan bermotor. Mengenai hal ini akan dibahas lebih lanjut pada poin 3.6.

3.3.4. Perancangan Bangunan

Rancangan bangunan yang memperhatikan kebutuhan akan pengendalian bunyi merupakan pendekatan yang paling ekonomis dalam mengendalikan bising pada suatu bangunan. Rancangan bangunan tersebut meliputi rancangan bentuk bangunan, penataan ruang-ruang tertentu sebagai isolator bising bagi ruang yang membutuhkan privasi akustik, dan pemakaian organisasi ruang untuk mendapatkan zoning yang mendukung pengendalian kebisingan.

Berikut beberapa solusi yang dapat diterapkan pada perancangan bangunan:

- Ruang yang menampung kegiatan yang bising harus diisolasi secara vertikal dan horisontal dari ruang-ruang yang membutuhkan privasi akustik.
- Ruang yang membutuhkan ketenangan harus diletakkan dibagian yang paling tenang dari tapak atau bangunan, kecuali apabila ruang tersebut memiliki perlindungan akustik.
- Ruang yang tidak begitu membutuhkan privasi akustik dapat diletakkan sedemikian hingga berfungsi sebagai penghalang daerah yang bising dengan daerah yang tenang.
- Ruang-ruang dapat dikelompokkan dalam kelompok-kelompok menurut tingkat privasi akustiknya untuk mengefektifkan pengendalian bising.
- Penerapan prinsip pemisahan atau pengisolasian ruang yang berbeda privasi akustiknya akan menghemat kebutuhan bahan bangunan atau material pengisolasi bunyi.

3.3.5. Perancangan Tata Ruang Dalam

Perancangan tata ruang dalam dimaksudkan untuk memperoleh tata ruang dalam yang paling sesuai untuk pengendalian kebisingan. Yang termasuk perancangan tata ruang dalam tersebut antara lain perancangan elemen pembatas ruang dan elemen bukaan ruang yang diselesaikan melalui material dan konstruksi pengisolasi bunyi. Untuk detailnya akan diuraikan pada poin 3.4. berikut ini.

3.4. PENGISOLASIAN BUNYI (Sound Isolation)

3.4.1. Dasar-Dasar Pengisolasian Bunyi ⁴

Karena suatu hal, pengendalian bising lingkungan melalui penekanan sumber, perencanaan kawasan, perencanaan tapak, dan perancangan bangunan tidak dapat diterapkan atau tidak dapat mengisolasi bising secara efektif, maka transmisi bising harus dicegat dengan menggunakan dinding, lantai, langit-langit, pintu, dan jendela sebagai pengisolasi bunyi.

Material yang berat dan tebal dapat digunakan sebagai isolator bunyi yang efektif. Tetapi pada bangunan yang efisien penggunaan material tersebut sangat dihindari agar diperoleh lebih banyak ruang, penghematan beban konstruksi, pengurangan biaya bangunan, mempercepat waktu konstruksi, dan fleksibilitas perancangan. Karena itu pemakaian material dan konstruksi yang ringan, tipis, siap pakai, dan fleksibel tetapi tetap memiliki nilai akustik tinggi harus diterapkan pada bangunan yang mengutamakan efisiensi dan pengendalian bising yang

⁴ Ibid hal.1, halaman 173.

efektif. Nilai akustik tinggi dalam konteks ini berarti kebisingan harus dapat diisolasi secara efektif.

3.4.2. Rugi Transmisi Bunyi (Sound Transmission Loss / TL)⁵

Rugi transmisi bunyi (TL) suatu partisi adalah ukuran isolasi bunyi oleh suatu partisi, dinyatakan dalam decibel (dB). TL adalah sama dengan jumlah decibel berkurangnya energi bunyi datang bila melewati suatu partisi. Nilai numerik TL hanya tergantung pada material dan konstruksi partisi tetapi tidak tergantung pada sifat akustik ruang. TL partisi ditentukan dari perbedaan antara tingkat bunyi yang diukur di kedua sisi partisi tersebut. Dari pengertian tersebut diperoleh rumus:

$$TL = L_1 - L_2$$

TL = rugi transmisi bunyi (dB)

L₁ = tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber (dB)

L₂ = tingkat tekanan bunyi pada ruang penerima (dB)

Perbandingan antara energi bunyi yang ditransmisikan oleh partisi dengan energi bunyi asal dinyatakan dengan simbol (τ). Sehingga diperoleh rumus:

$$TL = 10 \log (1 / \tau)$$

TL = rugi transmisi bunyi (dB)

τ = koefisien rugi transmisi (tanpa satuan)

⁵ M. David Egan, *Architectural Acoustics*, (New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1988), halaman 175-191.

a. TL pada partisi tunggal

TL pada partisi tunggal yang homogen tergantung pada berat permukaan partisi dan frekuensi bunyi yang ditransmisi. TL partisi ini dapat ditentukan dengan kurva hukum massa. Kurva ini menganggap bahwa bunyi jatuh pada partisi secara seragam dari segala arah. Untuk mencapai TL yang efektif, partisi harus kaku terhadap aliran udara, relatif tebal, dan sangat kaku. Untuk kebisingan yang mempunyai frekuensi sebesar 500 Hz, TL pada partisi tunggal dapat dihitung dengan memakai rumus:

$$TL = 20 + 20 \log G$$

TL = rugi transmisi pada 500 Hz (dB)

G = berat partisi (lb / ft²)

b. TL pada partisi ganda

Partisi ganda memberikan TL yang lebih tinggi dibandingkan berat totalnya, terutama pada frekuensi yang sangat tinggi. Tetapi untuk penggunaan partisi ganda perlu diperhatikan hal-hal berikut:

- material yang dipakai sesuai dengan standar
- pemisahan antar lembaran telah dipastikan dengan teliti
- jarak maksimum antar lembaran telah ditetapkan
- lapisan kontinyu dipasang pada ruang udara
- lembaran dipasang dari bahan berbeda atau dari bahan yang sama tetapi dengan ketebalan yang berbeda
- lembaran dipasang dengan bantalan pada tiang atau satu di atas yang lainnya
- isolasi bising juga dilakukan pada sekeliling tepi

c. TL pada partisi komposit

Bila sebuah bukaan ruang digabungkan pada dinding, maka isolasi bunyi secara keseluruhan terutama ditentukan oleh elemen terlemah. TL pada partisi komposit dapat dihitung dengan rumus:

$$TL_{comp.} = 10 \log (\Sigma S / \Sigma \tau S)$$

$TL_{comp.}$ = TL pada partisi komposit (dB)

S = luas permukaan (ft^2)

τ = koefisien rugi transmisi (tanpa satuan)

3.4.3. Kelas Transmisi Bunyi (Sound Transmission Class / STC)⁶

Pada percobaan material di laboratorium, hasil perhitungan TL berupa rata-rata aritmatika. Cara penilaian ini mudah tetapi dapat menyesatkan karena memberi arti yang sama untuk semua frekuensi percobaan. Artinya bahwa nilai TL yang sangat tinggi pada frekuensi tertentu dapat mengkompensasi nilai TL yang rendah pada frekuensi yang lain.

Untuk menghindari nilai TL rata-rata yang menyesatkan tersebut dan untuk menyediakan sebuah standar yang dapat diandalkan, ASTM E 90-66T telah menyetujui sistem penilaian dengan sistem kelas transmisi bunyi (Sound Transmission Class / STC). Menurut prosedur ini, SCT suatu partisi dapat ditentukan dengan membandingkan ke-16 frekuensi kurva TL dengan kontur acuan standar yaitu kontur kelas transmisi bunyi (Sound Transmission Class Contour).

⁶ Ibid hal. 8, halaman 199-201.

3.4.4. Reduksi Bising (Noise Reduction / NR)⁷

Reduksi bising (Noise Reduction / NR) menyatakan nilai isolasi bunyi antar ruang. NR dapat dihitung dengan memakai rumus:

$$NR = L_1 - L_2$$

NR = reduksi bising (dB)

L₁ = tingkat tekanan bunyi pada ruang sumber (dB)

L₂ = tingkat tekanan bunyi pada ruang penerima (dB)

atau

$$NR = TL + 10 \log (A_2 / S)$$

NR = reduksi bising (dB)

TL = rugi transmisi (dB)

A₂ = penyerapan total ruang penerima (sabin ft persegi)

S = luas partisi (ft persegi)

Dengan menambah luas partisi, diperoleh transmisi bising yang lebih besar, dan dengan penambahan penyerapan bunyi terjadi transmisi bising yang lebih kecil pada ruang penerima. Bila seluruh permukaan pembatas ruang penerima menyerap secara sempurna, NR akan lebih besar 5 dB dari TL (NR = TL + 5 dB).

3.4.5. Material Konstruksi Pengisolasi Bunyi⁸

Daftar material konstruksi pengisolasi bunyi ditampilkan pada Tabel 3.2. yang diambil dari standar ASTM E 90. Daftar material konstruksi pengisolasi bunyi ini disajikan dalam standar TL dan STC. Untuk standar TL diambil pada frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz.

⁷ Ibid hal. 8, halaman 192-196.

⁸ Ibid hal. 8, halaman 204-206.

Daftar material konstruksi ini dibagi menjadi material dinding (walls), material lantai dan langit-langit (floor-ceilings), material atap (roofs), material pintu (doors), dan material jendela (glass).

3.4.6. Konstruksi Pengisolasi Bunyi⁹

a. Konstruksi dinding

Sebuah dinding dapat mengisolasi bising secara efektif apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Dinding harus mempunyai massa yang cukup dan terdistribusi merata pada seluruh luasannya.
2. Dinding harus dibangun secara horisontal dan vertikal sebagai penghalang penuh yang tak terputus.
3. Dinding harus tertutup secara efektif sekeliling tepinya, antara elemen-elemennya, dan sekeliling bukaan.
4. Dinding harus dibangun dari papan struktural ke papan struktural.
5. Penutup (sealant) harus merupakan campuran dempul yang lunak dan tidak mengelupas.
6. Sambungan dengan adukan semen yang encer dan kosong harus dihindari agar tidak terjadi kebocoran bising.
7. Penggunaan partisi pelapis dinding sangat dianjurkan.
8. Berat partisi lembaran tunggal perlu digandakan agar terjadi perbaikan pada nilai STC.

⁹ M. David Egan, *Architectural Acoustics*, (New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1988), halaman 208-226.

Tabel 3.2. Daftar Material Pengisolasi Bunyi

Building Construction	Transmission Loss (dB)						S.T.C. Rating
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
Walls							
<i>Monolithic :</i>							
1. 3/8-in plywood (1 lb/ft ²)	14	18	22	20	21	26	22
2. 26-gauge sheet metal (1.5 lb/ft ²)	12	14	15	21	21	25	20
3. 1/2-in gypsum board (2 lb/ft ²)	15	20	25	31	33	27	28
4. 2 layers 1/2-in gypsum board, laminated with joint compound (4 lb/ft ²)	19	26	30	32	29	37	31
5. 1/32-in sheed lead (2 lb/ft ²)	15	21	27	33	39	45	31
6. Glass-fiber roof fabric (37.5 oz/yd ²)	6	9	11	16	20	25	16
<i>Interior :</i>							
7. 2 by 4 wood studs 16 in oc with 1/2-in gypsum board both sides (5 lb/ft ²)	17	31	33	40	38	36	33
8. Constr. no.7 with 2-in glass-fiber insulation in cavity	15	30	34	44	46	41	37
9. 2 by 4 staggered wood studs 16 in oc each side with 1/2-in gypsum board both sides (8 lb/ft ²)	23	28	39	46	54	44	39
10. Constr. no. 9 with 2 1/2-in glass-fiber insulation in cavity	29	38	45	52	58	50	48
11. 2 by 4 wood studs 16 in oc with 5/8-in gypsum board both sides, one side screwed to resilient channels 3-in glass-fiber insulation in cavity (4 lb/ft ²)	32	42	52	58	53	54	52
12. Double row of 2 by 4 wood studs 16 in oc with 3/8-in gypsum board on both sides of construction. 9-in glass-fiber insulation in cavity (4 lb/ft ²)	31	44	55	62	67	65	54
13. 6-in dense concrete block, 3 cells, painted (34 lb/ft ²)	37	36	42	49	55	58	45
14. 8-in lightweight concrete block, 3 cells, painted (38 lb/ft ²)	34	40	44	49	59	64	49
15. Constr. no. 14 with expanded mineral loose fill in cells	34	40	46	52	60	66	51
16. 6-in lightweight concrete block with 1/2-in gypsum board supported by resilient metal channels on one side, other side painted (26 lb/ft ²)	35	42	50	64	67	65	53
17. 2 1/2-in steel channel studs 24 in oc with 5/8-in gypsum board both sides (6 lb/ft ²)	22	27	43	47	37	46	39
18. Constr. no. 17 with 2-in glass-fiber insulation in cavity	26	41	52	54	45	51	45
19. 3 5/8-in steel channel studs 16 in oc with 1/2-in gypsum board both sides (5 lb/ft ²)	26	36	43	51	48	43	43
20. Constr. No. 19 with 3-in mineral-fiber insulation in cavity	28	45	54	55	47	54	48
21. 2 1/2-in steel channel studs 24 in oc with two layers 5/8-in gypsum board one side, one layer other side (8 lb/ft ²)	28	31	46	51	53	47	44
22. Constr. no. 21 with 2-in glass-fiber insulation in cavity	31	43	55	58	61	51	51
23. 3 5/8-in steel channel studs 24 in oc with two layers 5/8-in gypsum board both sides (11 lb/ft ²)	34	41	51	54	46	52	48

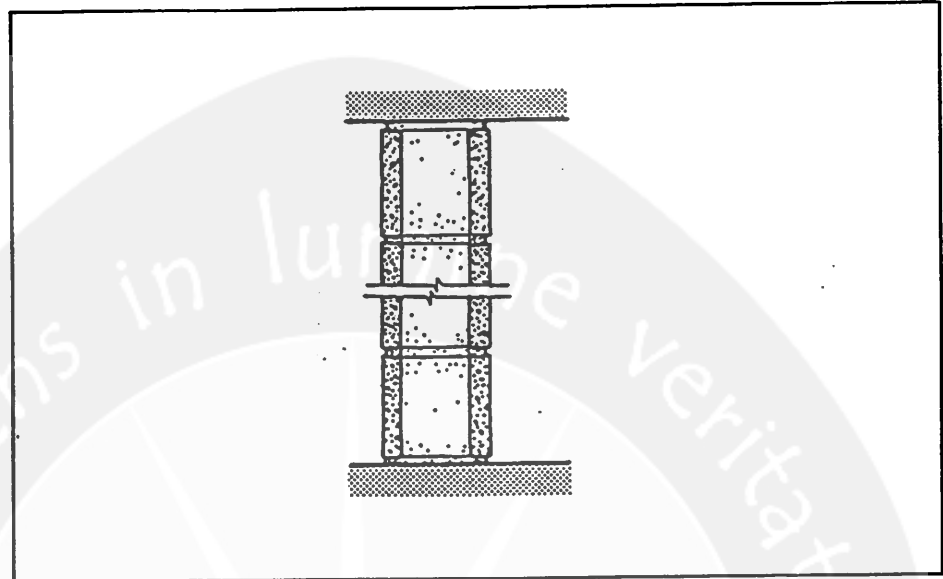
24	Constr. no. 23 with 3-in mineral-fiber insulation in cavity	38	52	59	60	56	62	57
<i>Exterior:</i>								
25	4 ½-in face brick (50 lb/ft ²)	32	34	40	47	55	61	45
26	Two wythes of 4 ½-in face brick, 2-in airspace with metal ties (100 lb/ft ²)	37	37	47	55	62	67	50
27	Two wythes of plastered 4 ½-in brick, 2-in airspace with glass-fiber insulation in cavity	43	50	52	51	73	78	59
28	2 by 4 wood studs 16 in oc with 1-in stucco on metal lath on outside and ½-in gypsum board on inside (8 lb/ft ²)	21	33	41	46	47	51	42
29	6-in solid concrete with ½-in plaster both sides (80 lb/ft ²)	29	42	50	58	64	67	53
<i>Floor-Ceilings</i>								
30	1 ½-in x 2-in wood joists each 16 in with ½-in plywood subfloor under 25/32-in oak on floor side, and 5/8-in gypsum board nailed to joists on ceiling side (10 lb/ft ²)	23	32	36	45	49	56	37
31	Constr. no. 30 with 5/8-in gypsum board screwed to resilient channels	30	35	44	50	54	60	47
32	Constr. no. 31 with 3-in glass-fiber insulation in cavity	36	40	45	52	58	64	49
33	4-in precast concrete slab (54 lb/ft ²)	48	42	45	56	57	66	44
34	14-in precast concrete tees with 2-in concrete topping on 2-in slab (75 lb/ft ²)	39	45	50	52	60	68	54
35	6-in reinforced concrete slab (75 lb/ft ²)	38	43	52	59	67	72	55
36	6-in reinforced concrete slab with ½-in T&G wood flooring on 1 ½ by 2 wooden battens floated on 1-in glass-fiber (83 lb/ft ²)	38	44	52	55	60	65	55
37	18-in steel joists 16 in oc with 1 5/8-in concrete on 5/8-in plywood under heavy carpet laid on pad, and 5/8-in gypsum board attached to joists on ceiling side (20 lb/ft ²)	27	37	45	54	60	65	47
<i>Roofs</i>								
38	3 by 8 wood beams 32 in oc with 2 by 6 T&G planks, asphalt felt built-up roofing, and gravel topping	29	33	37	44	55	63	43
39	Constr. no. 38 with 2 by 4s 16 in oc between beams, ½-in gypsum board supported by metal channels on ceiling side with 4-in glass-fiber insulation in cavity	35	42	49	62	67	79	53
40	Corrugated steel, 24 gauge with 1 3/8-in sprayed cellulose insulation on ceiling side (1.8 lb/ft ²)	17	22	26	30	35	41	30
41	2 ½-in sand and gravel concrete (148 lb/ft ²) on 28 gauge corrugated steel supported by 14-in deep steel bar joists with ½-in gypsum plaster on metal lath attached to metal furring channels 13 ½ in oc ceiling side (41 lb/ft ²)	32	46	45	50	57	61	49
<i>Doors</i>								
42	Louvered door, 25 to 30 % open	10	12	12	12	12	11	12

43	1 3/4-in hollow-core wood door, no gaskets, 1/2-in air gap at still (1.5 lb/ft ²)	14	19	23	18	17	21	19
44	Constr. no. 3 with gaskets and drop seal	19	22	25	19	20	29	21
45	1 3/4-in solid core wood door with gaskets and drop seal (4.5 lb/ft ²)	29	31	31	31	39	43	34
46	1 3/4-in hollow core wood door, glass-fibre filled, with gaskets and drop seal (7 lb/ft ²)	23	28	36	41	39	44	42
Glass								
47	1/8-in monolithic float glass (1.4 lb/ft ²)	18	21	26	31	33	22	26
48	1/2-in monolithic float glass (2.9 lb/ft ²)	25	28	31	34	30	37	31
49	1/2-in insulated glass: 1/8- + 1/8-in double glass with 1/4-in airspace (3.3 lb/ft ²)	21	26	24	33	44	34	28
50	1/2- + 1/8-in double glass with 2-in airspace	18	31	35	42	44	44	39
51	Constr. no. 50 with 4-in airspace	21	32	42	48	48	44	43
52	1/2-in laminated glass (3.6 lb/ft ²)	25	28	32	35	36	43	35
53	Double glass : 1/2-in laminated glass + 3/16-in monolithic glass with 2-in airspace (5.9 lb/ft ²)	25	34	44	47	48	55	45 ✓
54	Double glass : 1/2-in laminated + 3/16-in monolithic glass with 4-in air space (5.9 lb/ft ²)	36	37	48	51	50	58	48
55	Double glass : 1/2-in laminated + 1/4-in laminated with 1/2-in airspace (7.2 lb/ft ²)	21	30	40	44	46	57	42

Sumber : " Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss Building Partitions," ASTM E 90, Philadelphia, 1916.

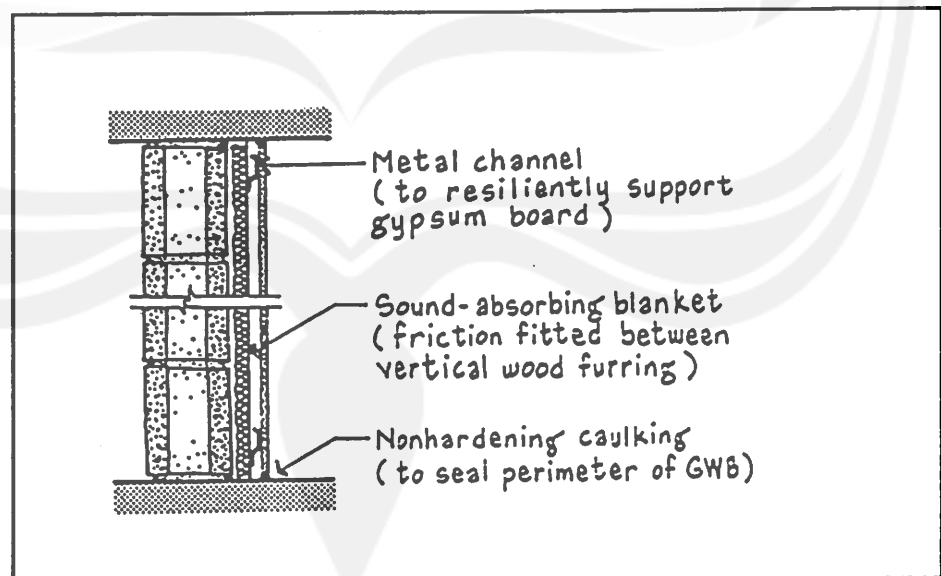
Berikut ini adalah detail standar konstruksi dinding pengisolasi bunyi:

1) Detail standar konstruksi dinding partisi tunggal



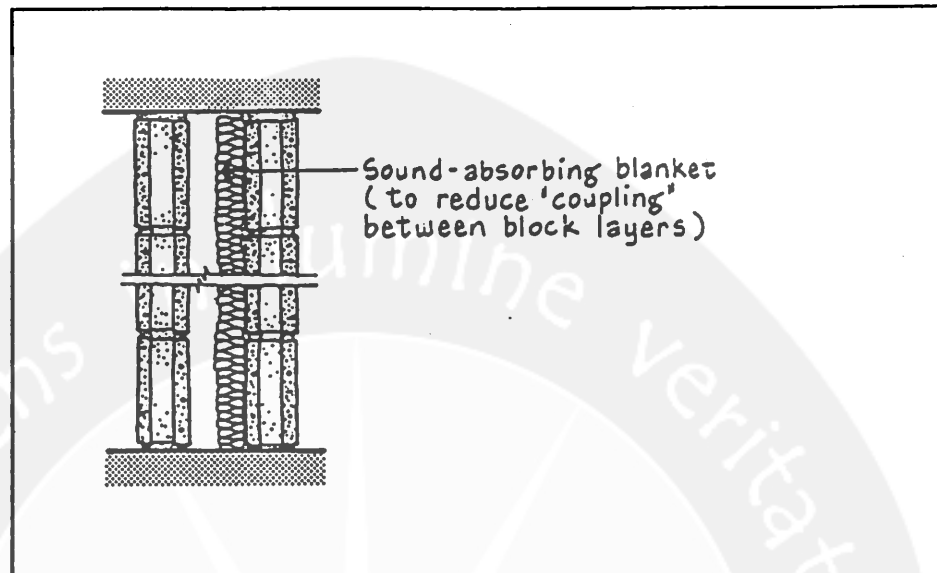
Gambar 3.2.

2) Detail standar konstruksi dinding partisi tunggal dengan elemen pelapis ruang



Gambar 3.3.

3) Detail standar konstruksi dinding partisi ganda



Gambar 3.4.

b. Konstruksi lantai

Isolasi bising secara efektif oleh lantai dapat diperoleh dengan cara berikut:

1. Permukaan lantai dan langit-langit yang elastis, lunak dan lembut.
2. Lantai mengambang yang ditunjang dengan material akustik.
3. Penyangga lantai mengambang harus berada pada balok struktural
4. Kontak tegar antara lantai mengambang dengan dinding sekelilingnya harus dihindari.
5. Pemakaian selimut akustik dibawah lantai mengambang.

Isolasi bising oleh lantai lebih efektif untuk diterapkan pada penanggulangan kebisingan karena benturan (impact).

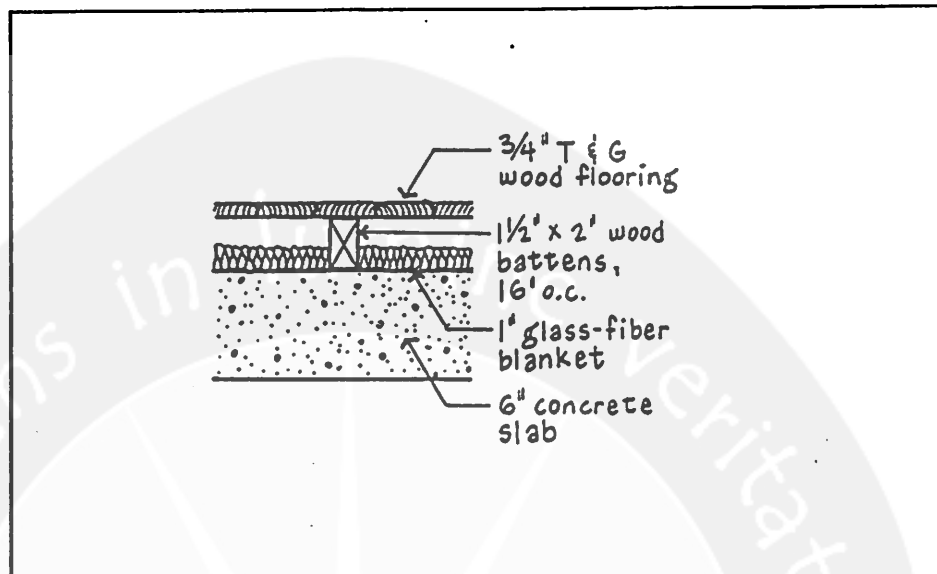
c. Konstruksi langit-langit

Langit-langit yang tergantung pada lantai struktural (langit-langit gantung) dapat menjadi isolator bising yang baik. Agar diperoleh isolasi bising yang efektif konstruksi langit-langit harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Berat minimal selaput langit-langit tanpa selimut akustik adalah 5 lb / ft
2. Selaput langit-langit tidak boleh terlampau tegak ($<15^\circ$ terhadap garis horisontal).
3. Transmisi bising lewat langit-langit harus dihindari dengan memakai selaput yang padat dan kedap udara.
4. Celah antara langit-langit dan bangunan atau struktur bangunan harus ditutup untuk mengisolasi bising yang lewat udara.
5. Ruang antara langit-langit dan lantai struktural di atasnya harus diberi selimut akustik.
6. Jumlah titik gantung harus dibuat seminimal mungkin
7. Penggantung elastik lebih baik daripada penggantung tegar.
8. Sambungan antar selaput langit-langit harus ditutup secara rapat.

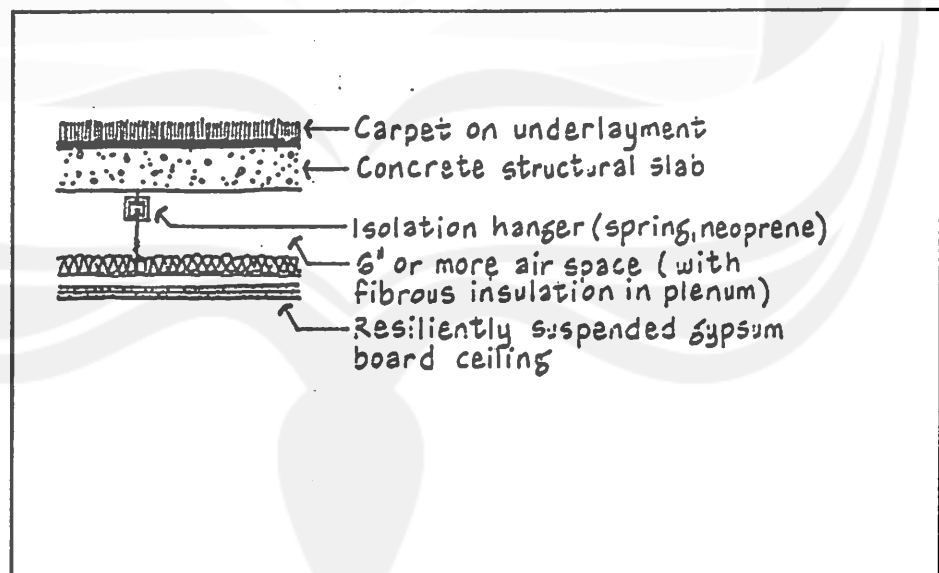
Langit-langit gantung yang dipasang pada lantai struktural dapat mengisolasi bising di udara maupun bising karena benturan. Berikut ini adalah detail standar konstruksi lantai dan langit-langit pengisolasi bunyi:

1) Detail standar konstruksi lantai mengambang



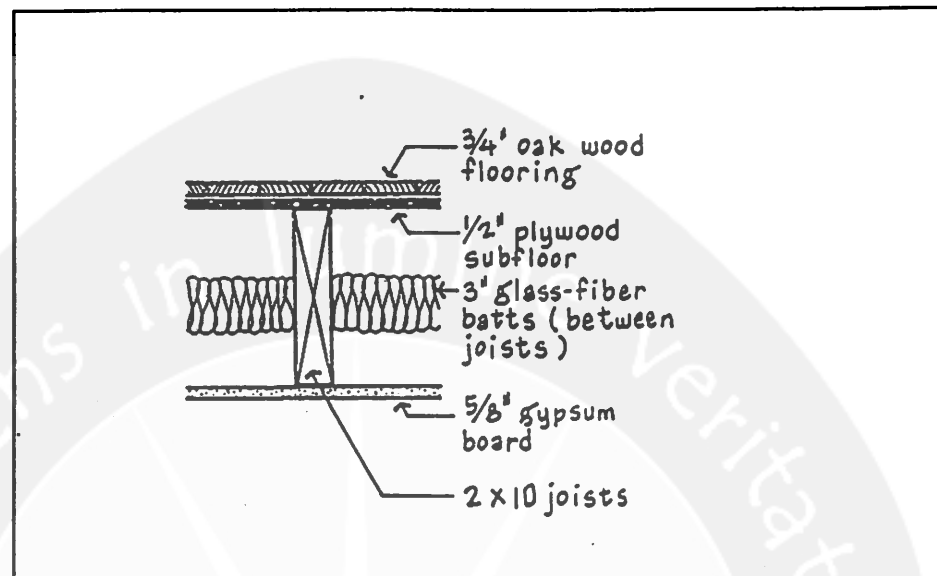
Gambar 3.5.

2) Detail standar konstruksi langit-langit



Gambar 3.6.

3) Detail standar konstruksi lantai-plafon



Gambar 3.7.

d. Konstruksi pintu

Secara akustik, pintu merupakan isolator bising yang lemah karena berat permukaannya biasanya lebih kecil daripada berat dinding dimana pintu tersebut dipasang, celah pada tiap tepinya merupakan jalan yang mudah bagi transmisi bising, dan dimensinya yang jauh lebih kecil dari dimensi partisi rata-rata sehingga resonansi frekuensi rendahnya terjadi pada jangkauan spektrum frekuensi audio yang kritis. Oleh karena itu kualitas akustik pintu sebagai isolator bunyi harus ditingkatkan.

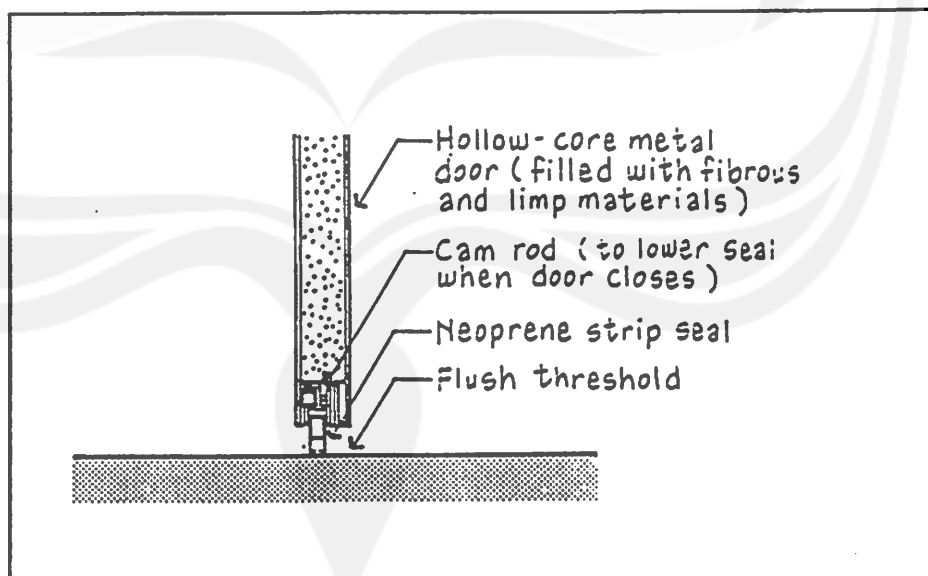
Peningkatan kualitas akustik pintu dapat dilakukan dengan memenuhi persyaratan berikut:

1. Pintu sebagai isolator bunyi harus mempunyai konstruksi inti yang padat dan berat.

2. Tiap tepi pintu dan celah antar pintu harus ditutup dengan material penutup (sealant).
3. Sedapat mungkin pintu mempunyai permukaan yang tidak terputus dari tepi ke tepi.
4. Perbedaan antara TL pintu dan TL dinding tidak boleh lebih dari 10 dB karena bukaan pada dinding akan mengurangi TL permukaan secara keseluruhan.
5. Untuk memperoleh privasi akustik yang tinggi, dapat diterapkan sistem pengunci bunyi (sound lock) dengan lapisan penyerap bunyi pada seluruh permukaan ruang pengunci bunyi.

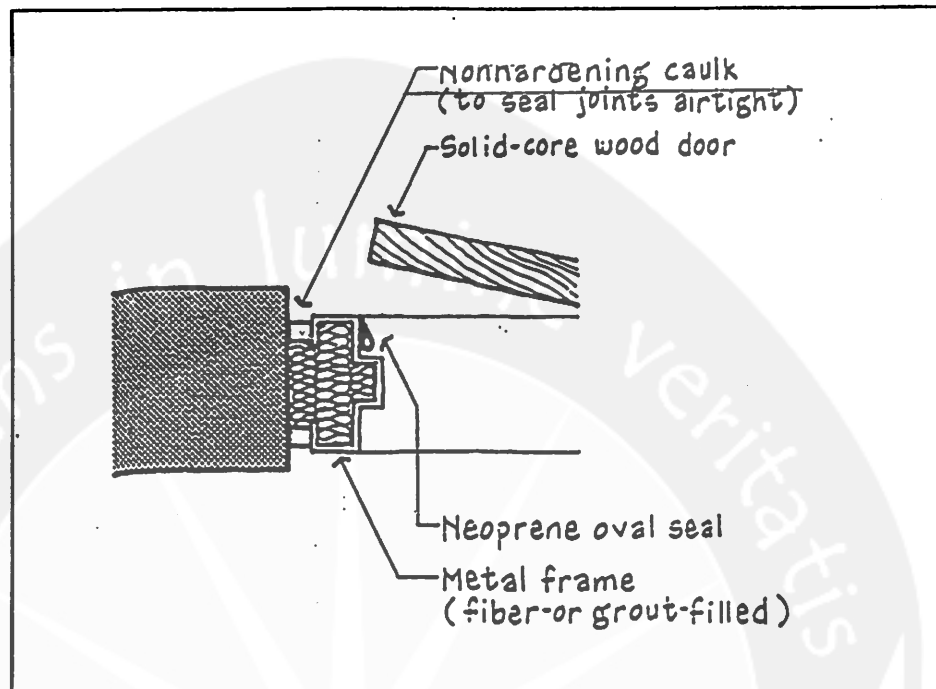
Berikut adalah detail standar konstruksi pintu pengisolasi bunyi:

1) Detail standar konstruksi potongan pintu



Gambar 3.8.

2) Detail standar konstruksi denah pintu



Gambar 3.9.

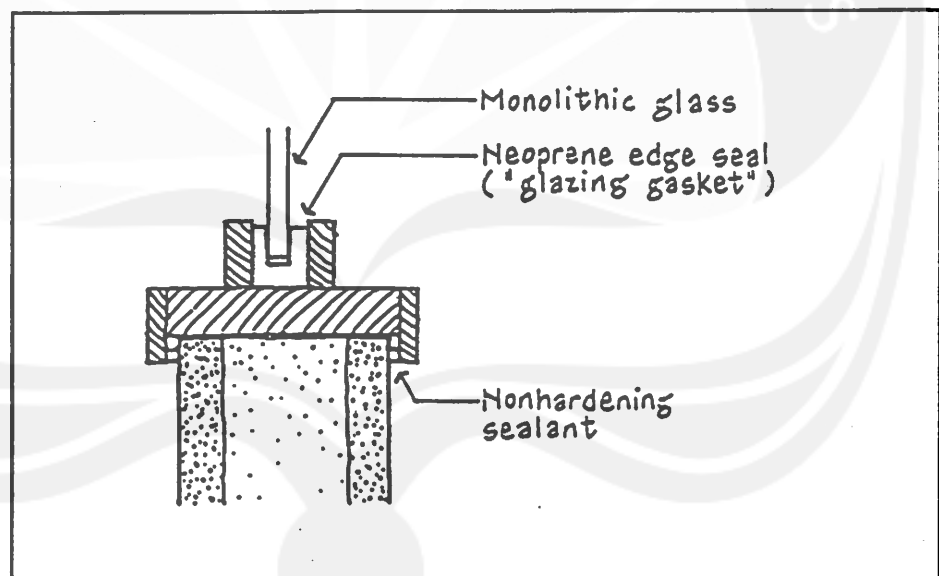
e. Konstruksi jendela

Jendela juga merupakan isolator bising yang lemah, seperti pada pintu. TL jendela tergantung pada jumlah, tebal dan posisi relatif jendela, dan pada sambungan tepinya pada tembok. Untuk memperoleh tingkat isolasi bising yang tinggi pada jendela maka harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Pemakaian kaca rangkap dapat memberikan tingkat isolasi bising yang lebih tinggi. Jarak antar kaca mempunyai pengaruh terhadap TL - terutama pada frekuensi rendah -, dan nilai TL bertambah sejajar dengan bertambahnya jarak antar kaca.

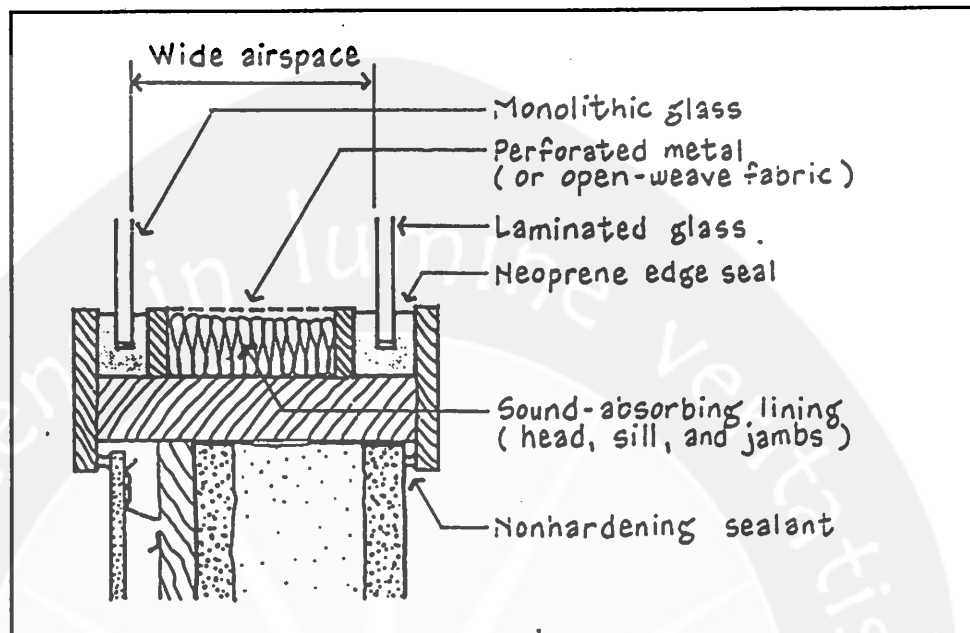
2. Jika jarak antar kaca yang cukup tidak mungkin diadakan, maka dapat diatasi dengan menambah ketebalan kaca.
 3. Tiap tepi jendela harus ditutup dengan material penutup (sealant).
 4. Sedapat mungkin jendela mempunyai permukaan yang tidak terputus dari tepi ke tepi.
 5. Perbedaan antara TL jendela dan TL dinding tidak boleh lebih dari 10 dB karena bukaan pada dinding akan mengurangi TL permukaan secara keseluruhan.
- Berikut adalah detail standar konstruksi jendela pengisolasi bunyi:

1) Detail standar konstruksi jendela dengan kaca tunggal



Gambar 3.10.

2) Detail standar konstruksi jendela dengan kaca ganda



Gambar 3.11.

3.5. Outdoor Barriers ¹⁰

3.5.1. Thin-wall Barriers

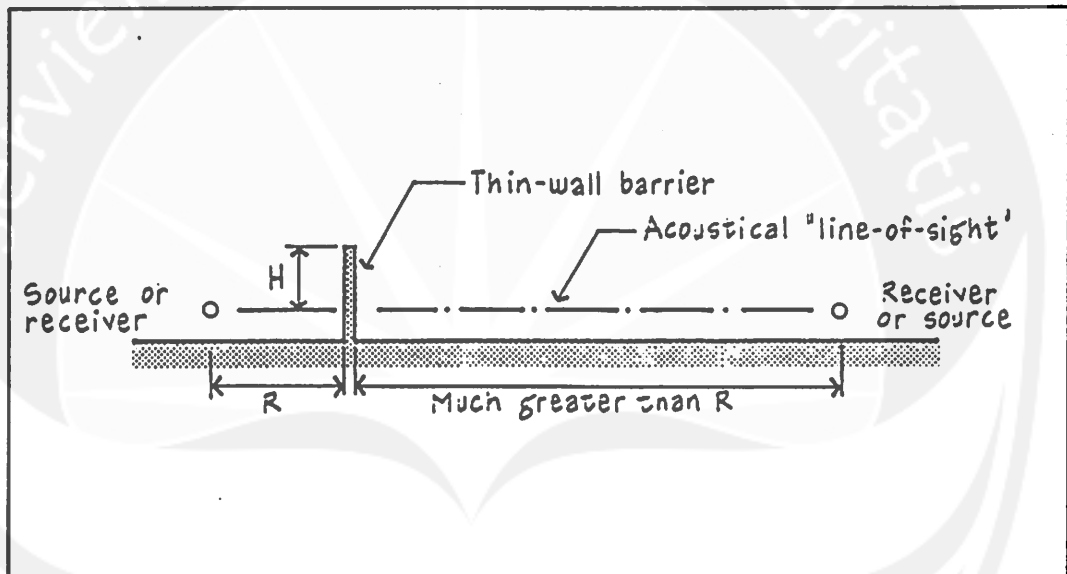
Thin-wall Barriers atau dinding penghalang bising dapat dipakai untuk mereduksi bising lingkungan, khususnya untuk kebisingan yang mempunyai frekuensi tinggi. Bahkan bangunan sendiri dapat berlaku sebagai penghalang (barrier) bagi daerah atau lingkungan yang oposisi terhadap sumber bising.

Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi agar penghalang dapat bekerja secara efektif:

- Penghalang harus diletakkan diantara sumber bunyi dan penerima.

¹⁰ M. David Egan, *Architectural Acoustics*, (New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1988), halaman 253 -256.

- Penghalang harus mempunyai ketinggian yang cukup untuk menghalangi jejak bunyi diterima oleh penerima.
- Penghalang harus merupakan material yang padat, berat (diatas 4 lb/ft²) dan kedap udara.
- Untuk menghindari efek difraksi bunyi maka jarak penerima dengan penghalang tidak boleh lebih besar dari empat kali jarak penghalang dengan sumber bunyi ($R' < 4R$).

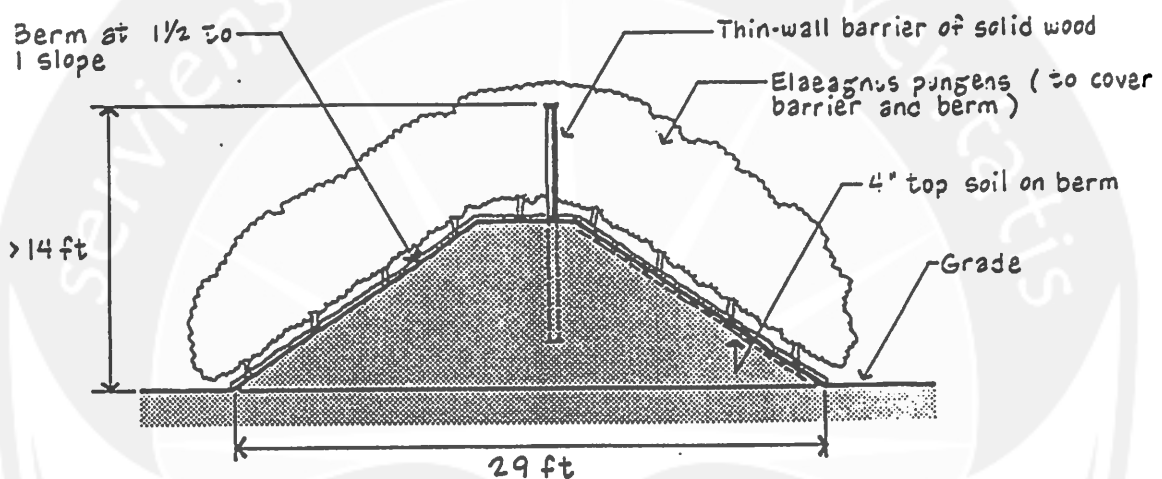


Gambar 3.12. Thin-wall Barriers

Daerah yang berada dibelakang penghalang (oposisi dengan sumber bising) disebut *daerah bayangan bunyi* (sound shadow zone). Jika penghalang dianggap kedap bunyi maka daerah bayangan bunyi mendapat reduksi bunyi sebesar 5 - 10 dB dari bunyi asal.

3.5.2. Earth Berms

Earth Berms adalah gundukan tanah yang dipakai sebagai penghalang kebisingan. Earth Berms ini lebih efektif jika dilapisi dengan semak atau rumput pada permukaannya dan dapat mereduksi kebisingan hingga 5 - 10 dB, sama efektifnya dengan Thin-wall Barriers.

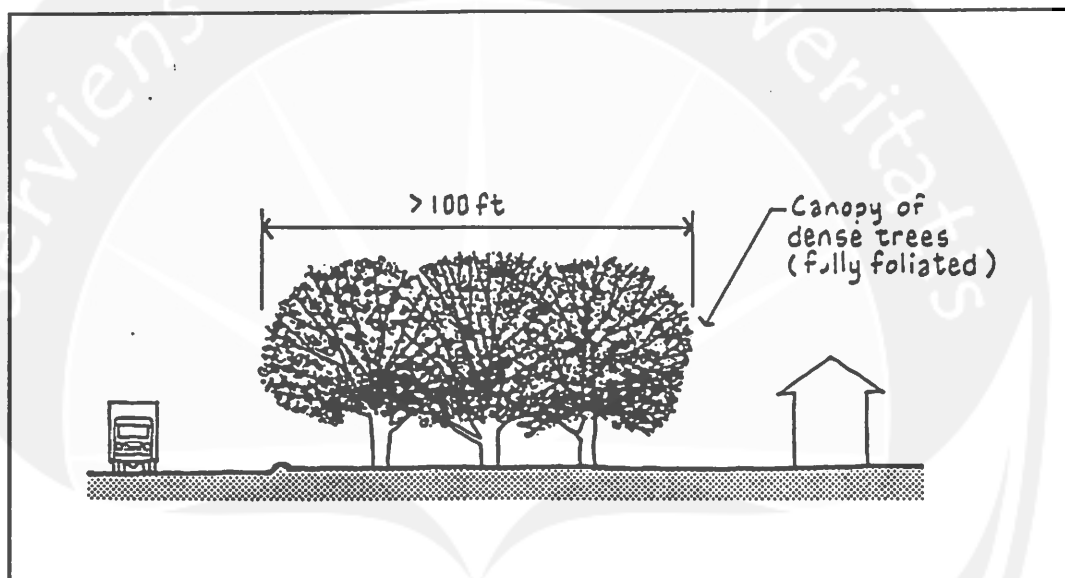


Gambar 3.13. Earth Berms

3.5.3. Vegetasi

Pada umumnya pepohonan dan vegetasi tidak dapat dipakai sebagai pengendali bising yang efektif. Hal ini disebabkan karena cabang dan daun yang terutama dibutuhkan terletak cukup jauh diatas tanah. Sehingga bunyi yang merambat diatas tanah tidak dapat direduksi dengan baik. Kerontokan alami juga merupakan hambatan yang tidak mungkin dihindari.

Tata letak pepohonan rindang yang terdiri dari beberapa banjar dapat memberikan pengendalian bising yang lebih berarti. Hal ini berlaku untuk kondisi sumber bising, vegetasi, dan penerima terletak dalam satu garis lurus. Untuk perhitungan desain, setiap lebar banjaran pohon mencapai 100 ft (30 meter) diperoleh reduksi bising sebesar 10 dB.



Gambar 3.14. Vegetasi sebagai pengendali kebisingan.