

BAB 4. PENGUKURAN KEBISINGAN DAN PERATURANANNYA

4.1 PENDAHULUAN

Kebisingan Metrik adalah usaha untuk meniru cara di mana manusia menanggapi suara. Mereka memungkinkan kita untuk memprediksi dampak dari suara yang diberikan pada orang kebanyakan. Mereka banyak digunakan untuk memprediksi kenyaringan, jengkel dan potensi mendengar rugi. Masing-masing instansi pemerintah tampaknya memiliki motivasi sendiri dan metode untuk mengukur kebisingan. The Federal Highway Administration (FHWA), Federal Aviation Administration (FAA), OSHA dan EPA semua memiliki metode yang berbeda untuk menilai kebisingan.

Berbagai deskriptor dan prosedur perhitungan yang digunakan. Metode ini mencoba mengukur karakteristik kompleks pendengaran manusia dan psikologi manusia. Sementara mereka semua didasarkan pada skala desibel (dB), tidak ada kesepakatan mengenai ukuran terbaik tunggal. Prosedur yang berbeda telah dikembangkan untuk aplikasi yang berbeda, seperti suara pesawat, lalu lintas, pabrik dan masyarakat.

Tujuan bagian ini:

Bagian ini menjelaskan berbagai metode yang umum digunakan dan akan membantu Anda untuk menavigasi melalui sup alfabet metrik kebisingan. Pembaca akan memahami metrik kebisingan dasar, aplikasi mereka, perhitungan dan keterbatasan.

References:

Books:

1. *Acoustic Noise Measurements*, Bruel and Kjaer, 1979.
2. *Handbook of Noise Measurements*, A. P. Peterson, 9th Edition, General Radio Inc., 1980.
3. *Engineering Noise Control*, D.A. Bies and C. H. Hansen, Unwin Hyman Ltd, 1988.
4. *Industrial Noise Control*, L. H. Bell and D. H. Bell, 2nd Edition, Marcel Dekker, 1994.
5. *Noise Control for Engineers*, H. Lord, W. Gatley and H. Evensen, Robert Krieger Publishing Co., 1987.

6. *Effects of Noise on Man*, K. Kryter, 2nd Ed., Academic Press, 1985.

7. *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control*, C.M. Harris, 3rd Edition, McGraw-Hill, 1991.

Papers:

8. H. Fletcher and W. Munson, "Loudness, its definition, measurement and calculation", *JASA*, 5(2), October 1933, pp82-108.

9. D. W. Robinson and R. Dadson, "A re-determination of the equal loudness relations for pure tones", *Bri J of Appl Phys*, Vol 7, May 1956, pp 166-181.

10. S.S. Stevens, "Perceived level of noise by Mark VII and Decibels(E)", *JASA*, 51(2) part 2, Feb. 1972, pp 575-601.

11. S.S. Stevens, "Procedure for calculating loudness, Mark VI", *JASA*, 33(11), Nov 1961, pp 1577-1585.

12. E. Zwicker, H. Fastl and C. Dallmayr, "Basic program for calculating the loudness of sounds from their 1/3 octave band spectra according to ISO532B", *Acustica* vol 55, 1984, pp 63-67.

13. R. Hellman and E. Zwicker, "Why can a decrease in dB(A) produce an increase in loudness?", *JASA*, 82(5), November 1987, pp 1700-1705.

14. T. J. Schultz, "Synthesis of social surveys on noise annoyance", *JASA* 64(2), August 1978, pp377-405.

15. *Protective Noise Levels: Condensed Version of EPA Levels Document*, Rep. EPA- 550/9-79-100, Nov. 1978. (Available from NTIS as PB82 138 827).

4.2. PEMBOBOTAN BUNYI

Pembobotan bunyi (diimplementasikan dengan filter elektronik) yang dibangun ke dalam meter tingkat suara untuk memberikan respon meter yang mencoba untuk mendekati telinga cara merespon kenyaringan nada murni. Kurva ini pembobotan secara langsung berasal dari Fletcher / Munson kontur kenyaringan sama.

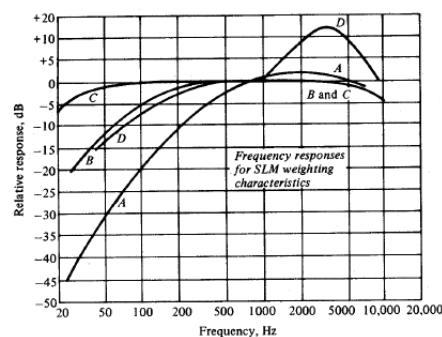


Figure 1.12 Frequency characteristics of the A, B, C, and D weighting networks.

Gambar 22 Grafik pembobotan Bunyi (ref. ara 1,12 tuan, gatley dan Evenson)

Pembobotan paling umum adalah:

A - perkiraan 40 baris phon (de-emphasize low frequencies)

B - "70 baris phon

C - "100 phon line (hampir rata)

D - dikembangkan untuk kebisingan pesawat terbang layang (penalizes frekuensi tinggi)

Jenis Pembobotan A adalah yang paling umum:

- Berkorelasi cukup baik dengan kerusakan pendengaran
- Mudah diimplementasikan dalam jaringan penyaring (*filter network*)
- Mudah dalam pengukurannya, tingkat keseluruhan level adalah hanya satu angka pengukuran
- Banyak digunakan dalam berbagai peraturan

Sebuah pertimbangan tingkat suara yang diperoleh dengan mengambil output dari mikrofon berkualitas tinggi dan melewatkannya melalui sebuah filter elektronik yang mencoba meniru kepekaan telinga manusia. Sebuah mikrofon yang baik akan memiliki respon frekuensi datar, yang berarti akan menghasilkan tingkat output yang sama listrik, untuk setiap frekuensi masukan suara. Telinga manusia namun lebih sensitif terhadap suara di daerah frekuensi tengah (sekitar 1000 Hz) dan jauh kurang sensitif terhadap suara frekuensi rendah seperti terlihat pada Gambar 22. Angka ini menunjukkan kontur kenyaringan yang sama bagi telinga manusia, yaitu hubungan antara kenyaringan subyektif (kurva padat) dan amplitudo suara diukur (sumbu vertikal) sebagai fungsi dari frekuensi. Semua suara bersama suara kurva sama seperti keras, sedangkan amplitudo yang sebenarnya (seperti yang akan diukur dengan sound level meter) bervariasi dengan frekuensi. Perhatikan bagaimana suara frekuensi rendah harus memiliki amplitudo yang lebih tinggi untuk memiliki volume yang sama jelas. Filter A-tertimbang mendekati garis phon 40.

Karena sangat sederhana dan umum, orang cenderung melupakan keterbatasan dan mereka menerapkan Sebuah bobot-situasi yang tidak pernah dimaksudkan. Keterbatasan Sebuah pembobotan meliputi:

- Karena berasal dari garis 40 phon, hal ini sangat berlaku untuk rendah sampai sedang suara volume (~ 40-60 dB) dan untuk single, nada murni. Untuk suara lebih keras, B atau C pembobotan yang lebih tepat, (tapi hampir tidak pernah digunakan).
- Ini bukan ukuran yang baik kenyaringan atau jengkel untuk suara kompleks yang terdiri dari beberapa nada murni dan / atau kebisingan band luas. Dua suara dengan yang pembobotan A yang sama bisa memiliki tingkat gangguan (annoyance) yang sangat berbeda. (ref. 12).
- Tingkat A-tertimbang tidak memberikan indikasi kandungan frekuensi kompleks, sehingga hampir tidak berguna untuk mengidentifikasi atau memisahkan sumber kebisingan atau untuk merancang langkah-langkah kebisingan kontrol.

Tabel 2. A, C, and D nilai koreksi berat

Center Frequency Hz	A- Weighting Correction dB	C- Weighting Correction - dB	D- Weighting Correction- dB
10	-70.4	-14.3	
12.5	-63.4	-11.2	
16	-56.7	-8.5	
20	-50.5	-6.2	
25	-44.7	-4.4	
31.5	-39.4	-3.0	
40	-34.6	-2.0	
50	-30.2	-1.3	-12.8
63	-26.2	-0.8	-10.9
80	-22.5	-0.5	-9.0
100	-19.1	-0.3	-7.2
125	-16.1	-0.2	-5.5
160	-13.4	-0.1	-4.0
200	-10.9	0	-2.6
250	-8.6	0	-1.6
315	-6.6	0	-0.8
400	-4.8	0	-0.4
500	-3.2	0	-0.3
630	-1.9	0	-0.5
800	-0.8	0	-0.6
1000	0	0	0
1250	0.6	0	2.0
1600	1.0	-0.1	4.9
2000	1.2	-0.2	7.9
2500	1.3	-0.3	10.6
3150	1.2	-0.5	11.5
4000	1.0	-0.8	11.1
5000	0.5	-1.3	9.6
6300	-0.1	-2.0	7.6
8000	-1.1	-3.0	5.5
10000	-2.5	-4.4	3.4
12500	-4.3	-6.2	-1.4
16000	-6.6	-8.5	
20000	-9.3	-11.2	

Kuantitas yang dapat membaca langsung dari satu meter, suara khas tingkat dasar meliputi:

LP = Keseluruhan unweighted tingkat tekanan suara [ditunjuk sebagai dB (lin) atau hanya dB]

LA = Secara keseluruhan A-tertimbang SPL (dBA)

LC = Keseluruhan C-tertimbang SPL (DBC)

4.3. PERINGKAT (*RATING*) KEKERASAN BUNYI DAN GANGGUAN UNTUK KEBISINGAN TETAP (*STEADY NOISES*)

Kenyaringan atau jengkel tindakan tidak tersedia secara umum pada meter tingkat suara dasar, karena mereka memerlukan beberapa perhitungan tambahan atau rata-rata waktu. Mereka

menyediakan informasi lebih dari tingkat tekanan suara secara keseluruhan (dengan atau tanpa bobot frekuensi).

Tingkat Kekerasan Bunyi - (Stevens - Mark VI)

Langkah ini memberikan ukuran kuantitatif dari kenyaringan keseluruhan, serta kontribusi relatif dari masing-masing band oktaf ke kenyaringan keseluruhan. Hal ini berguna untuk tujuan perbandingan dan memberikan informasi penting untuk aplikasi biaya efektif perlakuan kontrol kebisingan. Itu berasal dari data empiris dengan spektrum relatif datar (tidak ada nada murni) dan bidang bunyi yang menyebar. Kenyaringan tingkat di masing-masing band oktaf ditentukan dari Tabel 2.1. Tingkat L kenyaringan komposit untuk semua band oktaf kemudian:

Level pengerasan komposit (sones) $L = 7S_{\max} + 3\sum S_i$

S_{\max} = Loudness index of loudest octave band

S_i = Loudness index of the i^{th} octave band

Contoh perhitungan:

	Octave band center frequency - Hz								
	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Octave band level - dB lin	76	72	70	75	80	74	65	65	66
Band loudness index S_i	3.2	3.7	5.0	8.3	13.5	11.1	7.8	9.3	11.8
Ranking	9	8	7	5	1	3	6	4	2

Menggunakan tabel yang berikut:

$$S_{\text{total}} = \sum S_i = 73.7$$

$$S_{\max} = 13.5$$

$$L = .7 \times 13.5 + .3 \times 73.7 = 31.56 \text{ sones}$$

$$\text{Loudness Level} \approx 89.8 \text{ phons (using columns 10 and 11)}$$

Table 2-1 Band-level conversion to loudness index

Band level, dB	Band loudness index									Loudness, sones	Loudness level, phons
	131.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
20						.18	.30	.45	.61	.25	20
21						.22	.35	.50	.67	.27	21
22					.07	.26	.40	.55	.73	.29	22
23					.12	.30	.45	.61	.80	.31	23
24					.16	.35	.50	.67	.87	.33	24
25					.21	.40	.55	.73	.94	.35	25
26					.26	.45	.61	.80	1.02	.38	26
27					.31	.50	.67	.87	1.10	.41	27
28				.07	.37	.55	.73	.94	1.18	.44	28
29				.12	.43	.61	.80	1.02	1.27	.47	29
30				.16	.49	.67	.87	1.10	1.35	.50	30
31				.21	.55	.75	.94	1.18	1.44	.54	31
32				.26	.61	.80	1.02	1.27	1.54	.57	32
33				.31	.67	.87	1.10	1.35	1.64	.62	33
34			.07	.37	.73	.94	1.18	1.44	1.75	.66	34
35			.12	.43	.80	1.02	1.27	1.54	1.87	.71	35
36			.16	.49	.87	1.10	1.35	1.64	1.99	.76	36
37			.21	.55	.94	1.18	1.44	1.75	2.11	.81	37
38			.26	.62	1.02	1.27	1.54	1.87	2.24	.87	38
39			.31	.69	1.10	1.35	1.64	1.99	2.38	.93	39
40		.07	.37	.77	1.18	1.44	1.75	2.11	2.53	1.00	40
41		.12	.43	.85	1.27	1.54	1.87	2.24	2.68	1.07	41
42		.16	.49	.94	1.35	1.64	1.99	2.38	2.84	1.15	42
43		.21	.55	1.04	1.44	1.75	2.11	2.53	3.0	1.23	43
44		.26	.62	1.13	1.54	1.87	2.24	2.68	3.2	1.32	44
45		.31	.69	1.23	1.64	1.99	2.38	2.84	3.4	1.41	45
46	.07	.37	.77	1.33	1.75	2.11	2.53	3.0	3.6	1.52	46
47	.12	.43	.85	1.44	1.87	2.24	2.68	3.2	3.8	1.62	47
48	.16	.49	.94	1.56	1.99	2.38	2.84	3.4	4.1	1.74	48
49	.21	.55	1.04	1.69	2.11	2.53	3.0	3.6	4.3	1.87	49
50	.26	.62	1.13	1.82	2.24	2.68	3.2	3.8	4.6	2.00	50
51	.31	.69	1.23	1.96	2.38	2.84	3.4	4.1	4.9	2.14	51
52	.37	.77	1.33	2.11	2.53	3.0	3.6	4.3	5.2	2.30	52
53	.43	.85	1.44	2.24	2.68	3.2	3.8	4.6	5.5	2.46	53
54	.49	.94	1.56	2.38	2.84	3.4	4.1	4.9	5.8	2.64	54
55	.55	1.04	1.69	2.53	3.0	3.6	4.3	5.2	6.2	2.83	55
56	.62	1.13	1.82	2.68	3.2	3.8	4.6	5.5	6.6	3.03	56
57	.69	1.23	1.96	2.84	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	3.25	57
58	.77	1.33	2.11	3.0	3.6	4.3	5.2	6.2	7.4	3.48	58
59	.85	1.44	2.27	3.2	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8	3.73	59
60	.94	1.56	2.46	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	4.00	60
61	1.04	1.69	2.62	3.6	4.3	5.2	6.2	7.4	8.8	4.29	61
62	1.13	1.82	2.81	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8	9.3	4.59	62
63	1.23	1.96	3.0	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	9.9	4.92	63
64	1.33	2.11	3.2	4.3	5.2	6.2	7.4	8.8	10.5	5.28	64
65	1.44	2.27	3.5	4.6	5.5	6.6	7.8	9.3	11.1	5.66	65
66	1.56	2.44	3.7	4.9	5.8	7.0	8.3	9.9	11.8	6.06	66
67	1.69	2.62	4.0	5.2	6.2	7.4	8.8	10.5	12.6	6.50	67
68	1.82	2.81	4.3	5.5	6.6	7.8	9.3	11.1	13.5	6.96	68
69	1.96	3.0	4.7	5.8	7.0	8.3	9.9	11.8	14.4	7.46	69
70	2.11	3.2	5.0	6.2	7.4	8.8	10.5	12.6	15.3	8.00	70
71	2.27	3.5	5.4	6.6	7.8	9.3	11.1	13.5	16.4	8.6	71
72	2.44	3.7	5.8	7.0	8.3	9.9	11.8	14.4	17.5	9.2	72
73	2.62	4.0	6.2	7.4	8.8	10.5	12.6	15.3	18.7	9.8	73
74	2.81	4.3	6.6	7.8	9.3	11.1	13.5	16.4	20.0	10.6	74

Table 2-1 (Continued)

Band level, dB	Band loudness index									Loudness, sones	Loudness level, phons
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
75	3.0	4.7	7.0	8.3	9.9	11.8	14.4	17.5	21.4	11.3	75
76	3.2	5.0	7.4	8.8	10.5	12.6	15.3	18.7	23.0	12.1	76
77	3.5	5.4	7.8	9.3	11.1	13.5	16.4	20.0	24.7	13.0	77
78	3.7	5.8	8.3	9.9	11.8	14.4	17.5	21.4	26.5	13.9	78
79	4.0	6.2	8.8	10.5	12.6	15.3	18.7	23.0	28.5	14.9	79
80	4.3	6.7	9.3	11.1	13.5	16.4	20.0	24.7	30.5	16.0	80
81	4.7	7.2	9.9	11.8	14.4	17.5	21.4	26.5	32.9	17.1	81
82	5.0	7.7	10.5	12.6	15.3	18.7	23.0	28.5	35.3	18.4	82
83	5.4	8.2	11.1	13.5	16.4	20.0	24.7	30.5	38.	19.7	83
84	5.8	8.8	11.8	14.4	17.5	21.4	26.5	32.9	41.	21.1	84
85	6.2	9.4	12.6	15.3	18.7	23.0	28.5	35.3	44.	22.6	85
86	6.7	10.1	13.5	16.4	20.0	24.7	30.5	38.	48.	24.3	86
87	7.2	10.9	14.4	17.5	21.4	26.5	32.9	41.	52.	26.0	87
88	7.7	11.7	15.3	18.7	23.0	28.5	35.3	44.	56.	27.9	88
89	8.2	12.6	16.4	20.0	24.7	30.5	38.	48.	61.	29.9	89
90	8.8	13.6	17.5	21.4	26.5	32.9	41.	52.	66.	32.0	90
91	9.4	14.8	18.7	23.0	28.5	35.3	44.	56.	71.	34.3	91
92	10.1	16.0	20.0	24.7	30.5	38.	48.	61.	77.	36.8	92
93	10.9	17.3	21.4	26.5	32.9	41.	52.	66.	83.	39.4	93
94	11.7	18.7	23.0	28.5	35.3	44.	56.	71.	90.	42.2	94
95	12.6	20.0	24.7	30.5	38.	48.	61.	77.	97.	45.3	95
96	13.6	21.4	26.5	32.9	41.	52.	66.	83.	105.	48.5	96
97	14.8	23.0	28.5	35.3	44.	56.	71.	90.	113.	52.0	97
98	16.0	24.7	30.5	38.	48.	61.	77.	97.	121.	55.7	98
99	17.3	26.5	32.9	41.	52.	66.	83.	105.	130.	59.7	99
100	18.7	28.5	35.3	44.	56.	71.	90.	113.	139.	64.0	100
101	20.3	30.5	38.	48.	61.	77.	97.	121.	149.	68.6	101
102	22.1	32.9	41.	52.	66.	83.	105.	130.	160.	73.5	102
103	24.0	35.3	44.	56.	71.	90.	113.	139.	171.	78.8	103
104	26.1	38.	48.	61.	77.	97.	121.	149.	184.	84.4	104
105	28.5	41.	52.	66.	83.	105.	130.	160.	197.	90.5	105
106	31.0	44.	56.	71.	90.	113.	139.	171.	211.	97.	106
107	33.9	48.	61.	77.	97.	121.	149.	184.	226.	104.	107
108	36.9	52.	66.	83.	105.	130.	160.	197.	242.	111.	108
109	40.3	56.	71.	90.	113.	139.	171.	211.	260.	119.	109
110	44.	61.	77.	97.	121.	149.	184.	226.	278.	128.	110
111	49.	66.	83.	105.	130.	160.	197.	242.	298.	137.	111
112	54.	71.	90.	113.	139.	171.	211.	260.	320.	147.	112
113	59.	77.	97.	121.	149.	184.	226.	278.	343.	158.	113
114	65.	83.	105.	130.	160.	197.	242.	298.	367.	169.	114
115	71.	90.	113.	139.	171.	211.	260.	320.		181.	115
116	77.	97.	121.	149.	184.	226.	278.	343.		194.	116
117	83.	105.	130.	160.	197.	242.	298.	367.		208.	117
118	90.	113.	139.	171.	211.	260.	320.			233.	118
119	97.	121.	149.	184.	226.	278.	343.			239.	119
120	105.	130.	160.	197.	242.	298.	367.			256.	120
121	113.	139.	171.	211.	260.	320.				274.	121
122	121.	149.	184.	226.	278.	343.				294.	122
123	130.	160.	197.	242.	298.	367.				315.	123
124	139.	171.	211.	260.	320.					338.	124
125	149.	184.	226.	278.	343.					362.	125

Source: A. F. G. Peterson and E. E. Cross, *Handbook of Noise Measurement*, 7th ed., General Radio Company, Concord, Mass., pp. 25-26. The method used here is that standardized in ANSI S 3.4 - 1968.

Stevens - Mark VII (ref 10)

Ini merupakan perbaikan kepada Mark VI yang menggunakan data 1/3 oktaf dan termasuk beberapa efek masking. (lihat ref 2., Umum Radio Handbook untuk rincian perhitungan)

ISO532B - Cara Zwicker

Metode ini mirip dengan metode MarkVII tetapi juga menyumbang penyebaran ke atas masking dan dapat menangani suara kompleks dengan broadband dan / atau komponen nada murni. Menggunakan Data 1/3 oktaf dan dapat menjelaskan bidang frontal suara atau difus. Hal ini tampaknya menjadi metode terbaik untuk mengukur gangguan suara dan sekarang menjadi standar internasional. (lihat ISO532B standar untuk rincian)

PNL - Persepsi Tingkat Kebisingan

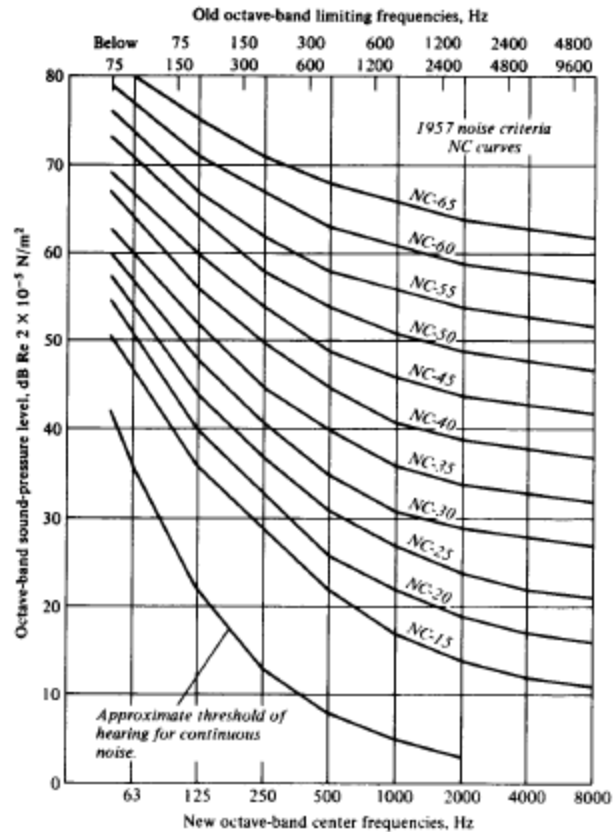
Ini adalah prosedur yang sama seperti kenyaringan VI Markus, tetapi menggunakan kontur kebisingan sama. Hal ini umumnya diterapkan untuk kebisingan pesawat

EPNL - Efektif Tingkat Kebisingan Dirasakan

Ini adalah penyempurnaan dari PNL untuk memasukkan koreksi selama kebisingan dan kehadiran nada diskrit jelas terdengar. Hal ini digunakan untuk kebisingan pesawat (FAA) dan melibatkan perhitungan relatif rumit. (Lihat ANSI S6.4-1973 untuk rincian)

NC kurva - Kebisingan Kriteria

Tingkat kebisingan di bawah 80 dBA dianggap aman dari perspektif gangguan pendengaran. Namun, mereka masih dapat sangat menjengkelkan dan mengganggu kinerja efektif tugas pekerjaan atau kegiatan lainnya. Kriteria Kebisingan metode, dikembangkan pada tahun 1957, memeringkatkan tingkat latar belakang pada bangunan dan kamar. Hal ini digunakan untuk menilai kelayakan lingkungan akustik untuk berbagai kegiatan. Spektrum yang sebenarnya (tingkat pita oktaf) dibandingkan dengan kurva standar NC (ditunjukkan dalam Gambar di bawah). Tingkat tertinggi menembus NC adalah rating NC. Ini akan dibahas lebih lanjut dalam bagian pada akustik ruangan.



Gambar 23. Kriteria Kebisingan *indoor NC Curve* (sumber Gambar 7.1 Lord, Gatley dan Evenson nc.tif)

American Society of Heating, Pendinginan dan teknik penyejuk udara (ASHRAE) merekomendasikan NC tingkat berikut untuk ruang berbagai: (ref. ASHRAE Handbook)

Gedung Konser NC 15-20

Eksekutif kantor 30-40 NC

Umum terbuka kantor NC 35-45

Ruang konferensi NC 25-35

Suburban tinggal NC 20-30

Kota tempat tinggal NC 25-35

Rumah apartemen NC 30-40

Kelas 30-40 NC

Restoran NC 35-45

NC adalah mudah diterapkan, tetapi tidak memperhitungkan noise frekuensi rendah (di bawah 63 Hz), yang bisa sangat signifikan dalam sistem HVAC.

RC, NCB:

Kekurangan potensi metode NC adalah bahwa hal itu tidak cukup menilai kualitas dari spektrum. Sebuah sistem HVAC mungkin terdengar rumbly (suara frekuensi rendah) atau hissy (suara frekuensi tinggi), atau keduanya jika spektrum cocok dengan kontur NC tertentu. Untuk memperbaiki NC, sejumlah lebih baru, dan ukuran ruang lebih konservatif telah diusulkan. Ini termasuk:

RC (KRITERIA RUANG), (Blazier, 1981) memperhitungkan frekuensi akun yang lebih rendah (turun ke 16 Hz) dan upaya untuk mencapai keseimbangan lebih baik antara frekuensi rendah (gemuruh) dan frekuensi tinggi (mendesis) komponen. Ini adalah metode yang disukai dari ASHRAE.

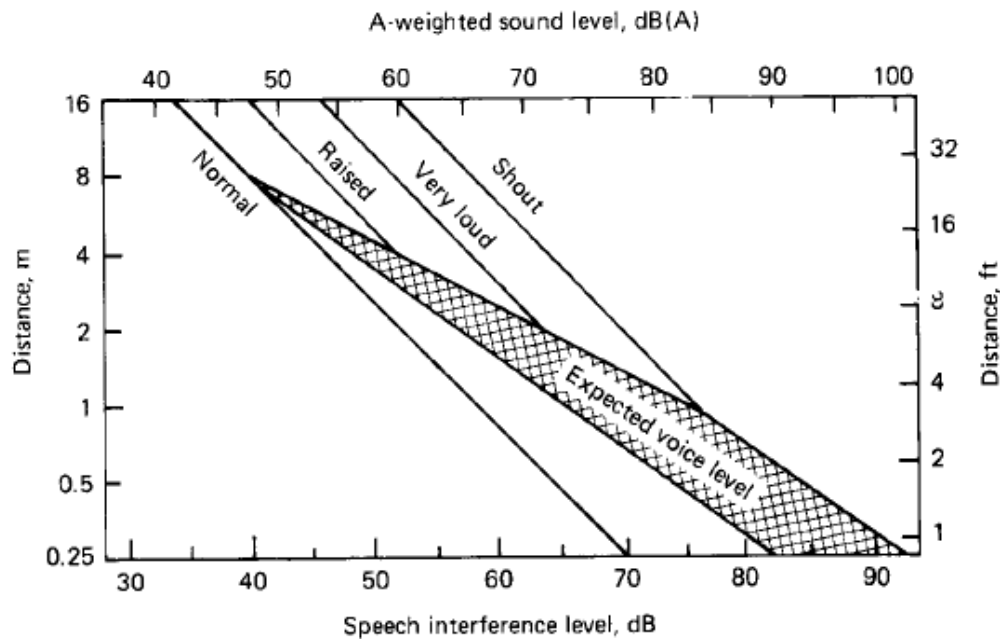
NCB (NOISE KRITERIA BALANCED), (Beranek, 1989). NCB juga mencakup band oktaf dari 16 sampai 8000 Hz. Hal ini memungkinkan tingkat signifikan lebih tinggi pada 16 dan 31,5 Hz band yang melakukan metode RC.

4.4. INTERFERENSI UCAPAN (SPEECH INTERFERENCE)

Interferensi dengan pidato adalah salah satu konsekuensi yang lebih negatif dari intereference noise. Speech berlebihan menyebabkan frustatration, gangguan dan iritasi. Ketika komunikasi lisan terganggu, efisiensi pekerja dapat menderita, dan potensi kesalahan akibat miskomunikasi meningkat. Beberapa metode telah diusulkan untuk memprediksi dan mengukur kecakapan berbicara termasuk: Tingkat Bunyi dengan Pembobotan A (*A-weighted sound level*), Pidato Tingkat Interferensi Ucapan (*Speech Interference level, SIL*), Indeks Artikulasi (AI) dan Indeks

Transmisi Ucapan (*Speech Transmission Index, STI*).

Tingkat Bunyi dengan Pembobotan A (*A-weighted sound level*) adalah metode paling sederhana untuk memprediksi kecakapan berbicara. Tingkat suara latar belakang diukur dan grafik seperti Gambar 24 digunakan. Teknik ini bekerja baik jika spektrum kebisingan rata, tingkat kebisingan adalah stabil, dan lingkungan akustik adalah non-gema (waktu dengung kurang dari ~ 2 detik).



Gambar 24. Hubungan antara interferensi ucapan dengan jarak (ref. Harris, Handbook of pengukuran akustik dan kendali kebisingan)

Speech Interference Level (SIL, PSIL)

Tingkat Interferensi Pidato dimaksudkan untuk mengukur efektivitas pidato di hadapan kebisingan. Numerik itu adalah rata-rata numerik dari empat tingkat batas oktaf -, 500 1000, 2000 dan 4000 Hz. Ukuran, umumnya digunakan terkait adalah Interferensi Tingkat Pidato Pilihan (PSIL) yang menggunakan tiga band (500, 1000, dan 2000 Hz).

$$PSIL = \frac{L_{500} + L_{1000} + L_{2000}}{3}$$

Beberapa industri, terutama di industri pesawat terbang menggunakan band 1K, 2K dan 4KHz untuk perhitungan SIL.

Indeks Artikulasi (AI) dikembangkan oleh Perancis dan Steinberg [ref JASA, 19 (1) Jan 1947, pp 90-119]. Konsep dasar dari AI adalah bahwa kejelasan kecepatan sebanding dengan perbedaan rata-rata dalam dB antara tingkat masking kebisingan dan jangka panjang rms tingkat dB (ditambah 12 dB) dari sinyal suara. 20 band frekuensi yang relatif sempit digunakan, sesuai dengan bandwidth yang kritis dari telinga. Metode ini menentukan spektrum masking dari suara, yang mungkin berbeda dari spektrum kebisingan akibat penyebaran masking. AI telah diadopsi sebagai ANSI Standard S3.5-1969. Ini memperhitungkan kebisingan masking latar belakang, dan non-datar spektrum kebisingan. Hal ini tidak cocok untuk lingkungan yang sangat bergema, atau ketika pidato terdistorsi, misalnya dengan amplifikasi kualitas bergumam atau miskin. Perhitungan AI relatif rumit dan di luar cakupan diskusi ini. Pembaca yang tertarik harus berkonsultasi dengan ANSI standar untuk rincian perhitungan.

4.5. KEBISINGAN NON-STEADY, DESKRIPTOR STATISTIK

Variasi tingkat kebisingan sebagai fungsi waktu bisa sangat dramatis. Sebuah riwayat waktu khas (seperti terlihat di bawah) akan menunjukkan tingkat fluktuasi dramatis karena peristiwa diskrit serta kondisi cuaca berubah. Tergantung pada saat pengukuran diambil, pembacaan dari meteran tingkat suara sederhana dapat digunakan untuk membuktikan kasus kedua sisi dalam perselisihan suara khas. Analisis ini berubah terhadap waktu sinyal dapat memerlukan deskripsi statistik.

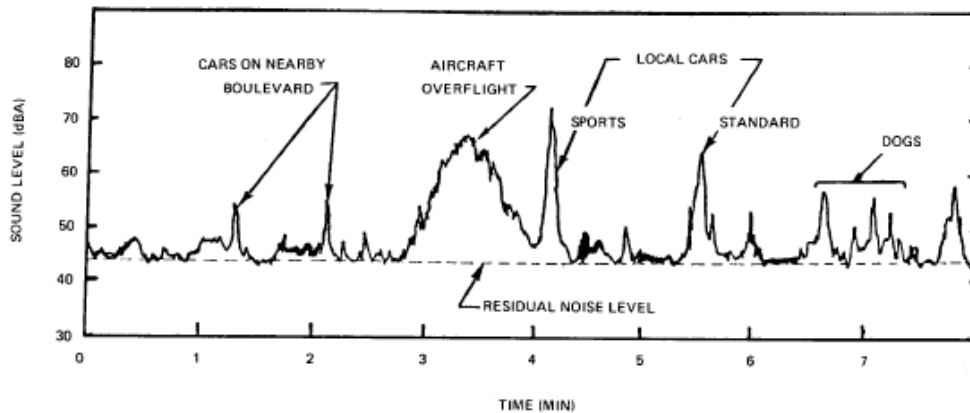


Figure 16.5 Time history of A weighted sound levels of some community noise. (From Ref. 10.)

Gambar 25. Rekaman waktu pengukuran kebisingan pada suatu lingkungan dengan pembobotan A (sumber: ara 16,5 Bell dan Bell)

Tingkat Suara Ekuivalen (Equivalent Sound Level, L_{eq})

Dalam kejadian normal, tingkat suara yang bervariasi selama hari. Tingkat sementara meningkatkan seperti ketika truk berlalu, ketika seekor anjing menggonggong, ketika sebuah pesawat terbang di atas, ketika kompresor AC menyala, atau saat pabrik mulai pergeseran produksi .. Sound Level Setara (L_{EQ}) adalah analog dengan tingkat rata-rata dan didefinisikan sebagai tingkat suara hipotetis konstan selama periode waktu yang menghasilkan energi suara yang sama secara keseluruhan sebagai suara waktu aktual yang bervariasi. Karena energi suara sebanding dengan intensitas, yang pada gilirannya sebanding dengan kuadrat dari tekanan suara:

$$L_{EQ} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_A^2(t)}{P_{REF}^2} dt \right] \quad P_A = \text{rms A-weighted pressure}$$

$$L_{EQ} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_A/10} dt \right] \quad L_A = \text{A-weighted level (dBA)}$$

where P_{REF} = reference pressure = $20 \mu Pa$

untuk sampel data diskrit:

$$L_{EQ} \cong 10 \log_{10} \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2(t) \Delta t_i}{P_{REF}^2}$$

untuk interval waktu yang konstan (satu pengukuran setiap jam adalah khas):

$$L_{EQ} \cong 10 \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{P_A^2(t)}{P_{REF}^2} = L_{EQ} \cong 10 \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_A/10}$$

Level Siang-Malam (Day-Night Level – LDN)

LDN mirip dengan LEQ tetapi menambahkan hukuman db 10 pada malam hari dari jam 10 malam sampai 7 pagi. Hal ini banyak digunakan di AS untuk mengimbangi undesirability peningkatan kebisingan selama periode tidur. EPA merekomendasikan tingkat hunian maksimum 55 LDN. Untuk pengukuran per jam:

$$L_{DN} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left[\sum_{i=1}^{15} 10^{L_A/10} + \sum_{i=16}^{24} 10^{(L_A+10)/10} \right]$$

(7 am - 10 pm) (10 pm - 7 am)

Kebisingan steady 48,6 dBA setara dengan 55 LDN

Level Terlampaui (Exceedance Level – LN)

Didefinisikan sebagai: tingkat kebisingan yang melebihi N % waktu selama sehari. Nilai 60 dB L10 berarti bahwa tingkat suara melebihi 60 dB untuk 10% dari hari. Ukuran ini umumnya digunakan untuk pengukuran kebisingan lalu lintas. Hal ini juga berguna untuk memisahkan kebisingan fluktuatif dari kebisingan stabil.

L₉₀ adalah ukuran yang baik dari latar belakang kebisingan

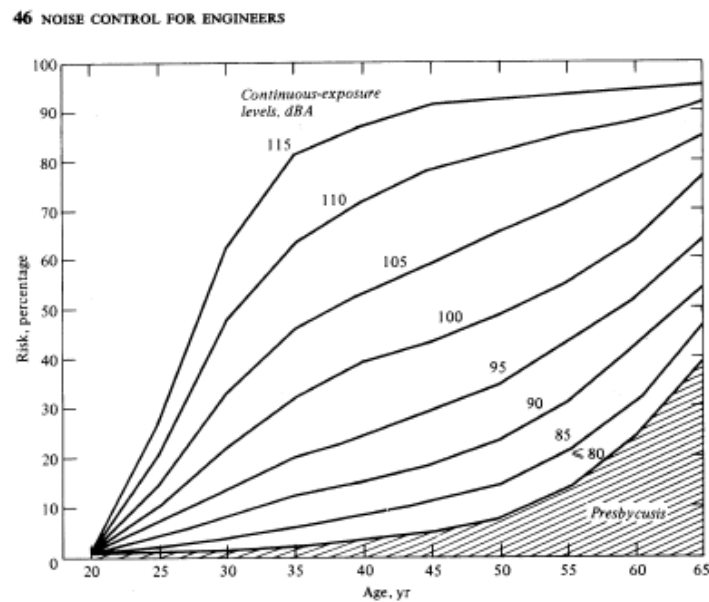
L₅₀ adalah kebisingan rata-rata, yang belum tentu hal yang sama seperti LEQ (mean)

L₁₀ adalah ukuran yang baik dari suara terputus-putus atau mengganggu, seperti lalu lintas, jalan layang pesawat, anjing menggonggong, dll

4.6. RESIKO KERUSAKAN PENDENGARAN

Untuk secara memadai mencegah kehilangan pendengaran permanen, kita membutuhkan suatu cara untuk mengukur keparahan dari kebisingan dan mengkorelasikan tingkat kebisingan dengan risiko kerusakan pendengaran. Ada ketidaksepakatan yang cukup besar dimana kriteria yang digunakan. Disepakati bahwa secara umum, kerusakan pendengaran adalah fungsi dari tingkat

kebisingan dan waktu eksposur. Gambar 26 menunjukkan risiko persentase mengembangkan gangguan pendengaran dari kebisingan kerja yang berkelanjutan.



Gambar 26. Persentase risiko gangguan pendengaran dari kebisingan kerja yang berkelanjutan (Gambar 2,6 LG & E)

Gambar 27a bawah ini menunjukkan sebuah kompilasi data yang diterbitkan (Beranek 1971, Burns dan Robinson 1970) menunjukkan kehilangan pendengaran rata-rata sebagai fungsi dari risiko persentase menimbulkan kerugian yang untuk waktu paparan tertentu dan tingkat. Hal ini diasumsikan bahwa seseorang akan terkena kebisingan pada tingkat tersebut selama sekitar 1.900 jam selama setiap tahun.

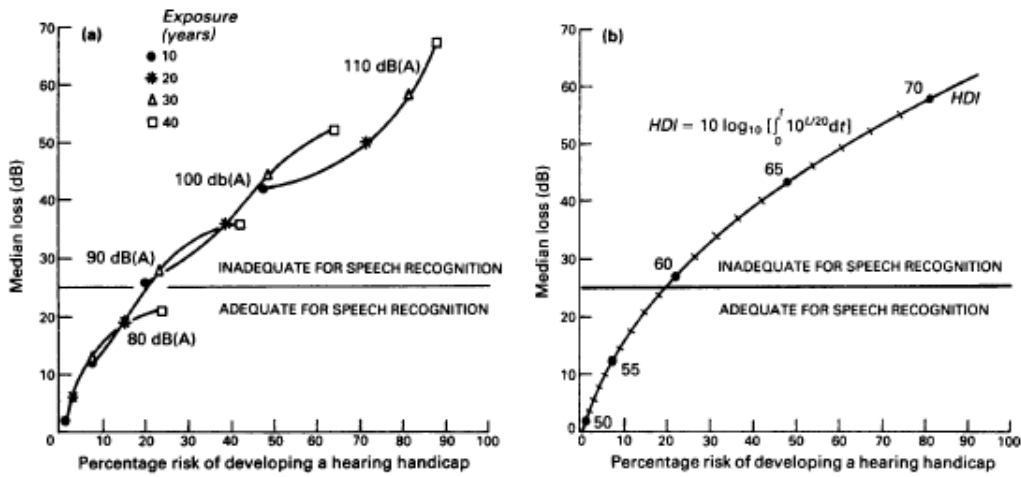


Figure 4.3 Hearing damage as a function of exposure. The percentage risk of developing a hearing handicap and the median loss incurred with exposure are shown as (a) functions of mean sound pressure level in the workplace (dB(A)) and exposure (years); and (b) a function of hearing deterioration index, *HDI*. *L* is the mean exposure level (dB(A)), and *T* is the exposure (years).

Gambar 27. Kerusakan pendengaran sebagai fungsi dari eksposur (sumber, ara 4,3 Bies dan Hansen)

Indeks Penurunan Pendengaran (Hearing Deterioration Index – HDI)

Data Gambar 27a menunjukkan metrik untuk mengukur kerusakan pendengaran ditunjukkan pada Gambar 27b disebut HDI (ref. Bies dan teks Hansen)

$$HDI = 10 \log_{10} \int_0^t 10^{L/20} dt$$

L = mean exposure level (dBA) *t* = exposure time (years)

Ini pada dasarnya mengatakan bahwa kerusakan kumulatif sebanding dengan tekanan suara.

Paparan kehilangan pendengaran $\sim p \times T_{\text{exposure}}$

Dengan asumsi ini, peningkatan sebesar 6 db SPL adalah setara dengan (menyebabkan risiko hilang pendengaran) dua kali lipat waktu terpapar.

Prinsip Keseimbangan Energi

Prinsip ini mengatakan bahwa gangguan pendengaran adalah proporsional dengan produk dari energi suara dan waktu eksposur:

$$\text{Gangguan Pendengaran} \sim p^2 \times T_{\text{exposure}}$$

Ini berarti bahwa 3 db peningkatan SPL adalah setara dengan (menyebabkan pendengaran risiko kerugian sama dengan) menggandakan waktu eksposur. Standar kebisingan Eropa dan Australia paparan didasarkan pada prinsip energi yang sama (3 aturan dB). Ada beberapa pembenaran untuk baik dB 3 atau 6 dB aturan pertukaran. Namun, standar AS didasarkan pada aturan, dB 5 dimana 5 db peningkatan SPL diasumsikan setara dengan (menyebabkan pendengaran risiko kerugian sama dengan) dua kali lipat waktu bukaan.

KRITERIA UNTUK SAMBUNGAN KEBISINGAN TERUS MENERUS

Secara internasional, telah disepakati bahwa 90 dBA adalah tingkat yang dapat diterima maksimum untuk satu hari kerja 8 jam. Jumlah ini merupakan kompromi antara masalah kesehatan dan kendala ekonomi. Namun, menurut Gambar 5, ini akan menyebabkan kerusakan pendengaran pada sekitar 25% dari populasi. Untuk meminimalkan risiko kerusakan pendengaran, 80 dBA atau kurang diperlukan. Tingkat yang lebih tinggi adalah kompromi antara biaya kontrol kebisingan dan risiko kerusakan pendengaran dan menghasilkan klaim kompensasi. 70 dBA paparan lebih dari 24 jam akan melindungi 97% orang pada semua frekuensi.

OSHA Standar Kebisingan - Tingkat Kebisingan-dijijinkan untuk Pekerja (1978)

OSHA (Keselamatan dan Kesehatan Administrasi) Act of 1970 dan standar yang dikembangkan sebagai tanggapan terhadap Undang-Undang tahun 1978 tingkat set maksimum yang diijinkan dan menentukan majikan tindakan perbaikan jika tingkat terlampaui.

Table 3 OSHA permissible noise exposure

Level, dBA (slow)	Permissible Exposure (hours)
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1.5
105	1
110	.5
115	.25 or less

Jika tingkat ini terlampaui:

1. Ketika karyawan dikenakan suara melebihi tingkat eksposur diperbolehkan (kebisingan dosis > 1,0), kontrol administratif atau rekayasa layak harus dimanfaatkan.
2. Jika kontrol tersebut gagal untuk mengurangi tingkat suara ke dalam batas-batas diperbolehkan, alat pelindung diri harus disediakan dan penggunaan yang tepat ditegakkan.
3. Dalam semua kasus dimana tingkat suara melebihi nilai yang ditetapkan sebagai batas yang diperbolehkan (> 85 dBA atau kebisingan dosis 0,5), sebuah program konservasi pendengaran yang efektif akan diberikan selama tingkat kebisingan melebihi yang diizinkan oleh hukum. Program konservasi pendengaran meliputi komponen-komponen berikut:
 - a) Paparan pemantauan
 - b) pemberitahuan Karyawan
 - c) Audiometri pengujian (baseline dan tahunan)
 - d) Karyawan pelatihan
 - e) Pendengaran perlindungan
 - f) Rekam menjaga

Tindakan tambahan diperlukan jika seorang karyawan pameran "ambang pergeseran standar" rata-rata yaitu 10 dB atau lebih pada pita 2K, 3K dan 4K di kedua telinga. Ketika tingkat kebisingan bervariasi dengan waktu, suara total "dosis" setara adalah baik diukur dengan

dosimeter, atau dihitung. Kebisingan dosis D untuk dua periode atau lebih pada tingkat yang berbeda (tidak boleh melebihi 1) dihitung dengan:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_N}{T_N} \leq 1$$

C_N = time of exposure at sound pressure level L_N
 T_N = total permitted exposure time to L_N

$$T_N = \frac{8}{2^{(L_{EQ} - 90)/5}}$$

Hanya tingkat atas 80dBA dianggap dalam perhitungan dosis kebisingan. Selain itu, suara-suara impulsif lebih besar dari tingkat tekanan suara 140dB puncak tidak diijinkan.

4.7. KEBISINGAN LINGKUNGAN (COMMUNITY NOISE)

Pedoman EPA (1974) Kesadaran publik kebisingan sebagai masalah nasional di Amerika Serikat meningkat drastis pada tahun 1970 dengan pembentukan Keselamatan dan Administrasi Kesehatan dan perluasan standar kebisingan untuk hampir semua industri Amerika pada tahun 1971. Perhatian utama OSHA adalah untuk melindungi terhadap gangguan pendengaran akibat tingkat kebisingan yang berlebihan di tempat kerja. Segera setelah itu, EPA menerbitkan "Laporan kepada Presiden dan Kongres Kebisingan. ". Dokumen ini mengakibatkan banyak digunakan pedoman untuk pemaparan kebisingan masyarakat. Sementara EPA Kantor Pencegah dan Pengendalian Kebisingan secara resmi ditutup oleh sikap anti-peraturan 80-an, pedoman ini masih merupakan dasar bagi tata cara masyarakat yang paling suara di seluruh negeri. Mereka didasarkan pada "tingkat suara setara diidentifikasi sebagai yang diperlukan untuk melindungi kesehatan masyarakat dan kesejahteraan dengan margin yang memadai keselamatan". Tingkat dalam dan luar ruangan yang ditentukan yang dimaksudkan untuk melindungi terhadap aktivitas (terutama pidato) gangguan dan gangguan pendengaran. Fitur yang paling penting dari pedoman ini adalah batas yang direkomendasikan dari 55 LDN untuk kebisingan di wilayah pemukiman. Suara yang terjadi pada malam hari diakui lebih pantas daripada yang terjadi di siang hari. Batas ini telah banyak digunakan sebagai dasar tata suara masyarakat di seluruh negeri serta internasional.

Tabel 4. EPA tahunan rata * tingkat suara setara diidentifikasi sebagai yang diperlukan untuk melindungi kesehatan masyarakat dan kesejahteraan dengan margin keselamatan yang memadai

Measure		Indoor			Outdoor		
		Activity interference	Hearing loss consideration	To protect against both effects (b)	Activity interference	Hearing loss consideration	To protect against both effects (b)
Residential with outside space and farm residences	L_{dn} $L_{eq(24)}$	45	70	45	55	70	55
Residential with no outside space	L_{dn} $L_{eq(24)}$	45	70	45			
Commercial	$L_{eq(24)}$	(a)	70	70 (c)	(a)	70	70 (c)
Inside transportation	$L_{eq(24)}$	(a)	70	(a)			
Industrial	$L_{eq(24)}$ (d)	(a)	70	70 (c)	(a)	70	70 (c)
Hospitals	L_{dn} L_{eq}	45	70	45	55	70	55
Educational	L_{eq} $L_{eq(24)}$ (d)	45	70	45	55	70	55
Recreational Areas	$L_{eq(24)}$	(a)	70	70 (c)	(a)	70	70 (c)
Farmland and unpopulated land	$L_{eq(24)}$				(a)	70	70 (c)

kode:

(a) Karena berbagai jenis kegiatan tampaknya terkait dengan tingkat yang berbeda, identifikasi tingkat maksimum untuk gangguan aktivitas mungkin sulit kecuali dalam situasi di mana komunikasi pidato adalah kegiatan kritis.

(b) Berdasarkan tingkat terendah

(c) Berdasarkan hanya pada gangguan pendengaran

(d) L_{eq} (8h) dari 75 dB dapat diidentifikasi dalam situasi ini selama paparan selama remaining 16 jam per hari cukup rendah untuk menghasilkan kontribusi yang diabaikan dengan 24-jam rata-rata, yaitu tidak lebih dari sebuah L_{eq} dari 60 dB.

Catatan: Penjelasan tingkat diidentifikasi untuk gangguan pendengaran: periode paparan yang mengakibatkan gangguan pendengaran pada tingkat diidentifikasi adalah periode 40 tahun.

* Mengacu pada energi daripada rata-rata aritmatika

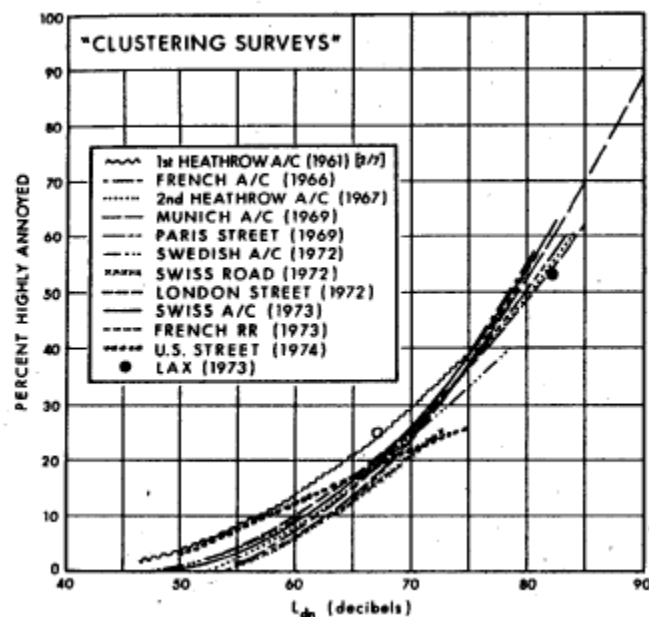
Referensi: Informasi mengenai Tingkat Kebisingan Lingkungan Persyaratan untuk Melindungi Kesehatan Masyarakat dan Kesejahteraan dengan Margin yang cukup Keselamatan, US Environmental Protection Agency, 550/9-74-004, Maret 1974.

Organisasi Kesehatan Dunia (1993)

Pada tahun 1993, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menerbitkan panduan direkomendasikan untuk perlindungan terhadap kebisingan. Nilai-nilai ini terutama berorientasi terhadap kriteria seperti gangguan tidur, gangguan, dan gangguan berbicara. Mereka didasarkan pada hasil dari laboratorium banyak dan studi lapangan dan sangat mirip dengan pedoman EPA. WHO nilai target adalah:

- Untuk melindungi mayoritas dari yang sedang kesal, tingkat kebisingan (LEQ) tidak melebihi 50 dB.
- Untuk melindungi mayoritas orang dari yang serius kesal pada siang hari, tingkat (LEQ) dari stabil, kebisingan terus menerus di daerah hidup di luar ruangan tidak boleh melebihi 55 dB.
- Di malam hari, tingkat outdoor (LEQ) tidak boleh melebihi 45 dB, sehingga tingkat yang direkomendasikan 30 dB di dalam kamar tidur untuk kebisingan kontinyu steady state dapat dipenuhi dengan jendela terbuka.

Orang bereaksi berbeda terhadap sumber gangguan yang sama. Apa yang mengganggu untuk satu orang, mungkin tidak terlihat yang lain. Tidak peduli seberapa rendah tingkat suara, selama itu terdengar, seseorang akan keberatan untuk satu alasan atau yang lain. Sejumlah penelitian telah dilakukan tentang pengaruh kebisingan dari sumber lalu lintas dan pesawat. Sebuah kompilasi dari studi ini ditunjukkan pada Gambar 7, menunjukkan korelasi mengejutkan antara tingkat kebisingan diukur (diukur dalam LDN) dan% orang yang sangat terganggu oleh tingkat itu. Sebuah curve fit dari hasil data dalam persamaan:



Gambar 28. Ringkasan data gangguan dari sebelas survei yang menunjukkan perjanjian dekat (ref. TJ Schultz, Sintesis survei sosial terhadap gangguan kebisingan, Journal of Acoustical Society of America, Vol. 64 (2), Agustus 1978)

$$\% \text{Highly Annoyed} = 0.8553 L_{DN} - 0.0401 L_{DN}^2 + 0.00047 L_{DN}^3$$

Menggunakan persamaan ini, nilai LDN dari 55 akan menghasilkan estimasi 4% dari populasi yang sangat kesal.

Day-nite level (L_{DN})	% Highly Annoyed (by equation 9)
50	1.3
55	3.9
60	8.5

Peraturan Kebisingan pada Berbagai Negara dan Daerah

Negara peraturan untuk kebisingan adalah biasa tapi satu negara yang telah mengambil peran kepemimpinan di daerah ini adalah Connecticut. Tingkat yang diijinkan ditentukan bagi masyarakat dan kebisingan lingkungan. Tingkat yang paling ketat adalah untuk wilayah pemukiman di malam hari (45 dBA). Peraturan Connecticut juga mendefinisikan batas impulse noise, nada murni menonjol, suara ultrasonik dan infrasonik dan kehadiran tinggi tingkat latar belakang ambien. Teks lengkap dari peraturan Connecticut termasuk dalam Bell dan teks Bell. Dimana ada aturan negara yang berlaku, semua pemerintah kota umumnya akan memiliki minimal semacam "hukum gangguan" yang dapat diterapkan terhadap kebisingan yang mengganggu perdamaian (yaitu menghasilkan keluhan dari warga negara). Namun, hukum-hukum ini sangat subyektif dalam aplikasi, dan sulit untuk menegakkan dan mengadili. Untuk menghindari masalah ini, kota banyak yang didefinisikan dengan baik, tata cara kebisingan diukur. Sebuah exmple perwakilan adalah standar kebisingan untuk New York City. Batas Kebisingan adalah dalam hal L_{eq} , diukur selama periode 1 jam. Pertimbangan diberikan kepada zonasi penggunaan lahan, dengan tingkat yang lebih tinggi diizinkan di daerah industri dan komersial, dan selama siang hari (07:00-10:00). Sebuah suara yang relatif sederhana tingkat meter, dengan A-bobot, dan dilengkapi untuk melakukan rata-rata satu jam, diperlukan untuk memperoleh data.

Peraturan kebisingan untuk kota Boston juga ditampilkan di Bell dan Bell. Dalam hal ini, tingkat maksimum yang ditentukan dalam band oktaf 31,5-8000 Hz. Hal ini memerlukan lebih banyak data untuk direkam dan meter tingkat yang lebih rumit (dan mahal) suara. Batas-batas keseluruhan untuk Boston (jika tingkat band masing-masing oktaf secara matematis gabungan) dari 60 dBA untuk siang hari dan 50 dBA untuk nighttime di wilayah pemukiman, yang setara dengan nilai New York. Kedua kota dari ketentuan EPA sebesar 5 dB, mungkin karena realitas lalu lintas dan ekonomi kehidupan kota besar. Lebih kecil, masyarakat lebih pedesaan umumnya menempatkan nilai tinggi pada kualitas hidup dan mungkin kurang toleran terhadap kebisingan. Sikap ini ditunjukkan oleh standar kebisingan Kanada yang menentukan bahwa setiap sumber kebisingan yang dapat didengar lebih dari tingkat latar belakang lalu lintas terlalu keras. Satu contoh terakhir dikutip, yaitu Ferguson Township, PA, sebuah pedesaan campuran, industri ringan, dan perumahan yang mencakup bagian dari State College. Tidak ada batas kebisingan siang hari yang ditentukan. Nighttime batas (dari 07:00-07:00) adalah 55 dBA pada batas zona perumahan dan 62 dBA pada batas zona komersial.

RINGKASAN PERATURAN KEBISINGAN DI AMERIKA SERIKAT

Table 5. Summary of noise regulations from various sources

Agency	Noise Source	Criteria	Level Limit
OSHA, 1978	Any	Protection from hearing loss	90 dBA for 8 hour work day
EPA, 1972	Any	Health and well-being with 5 dB safety margin	55 Ldn
FAA-DOD, 1964	Aircraft	Essentially no complaints Vigorous complaints	< 65 Ldn > 65 Ldn
HUD, 1979-80	Aircraft and ground vehicles	Acceptable Normally Unacceptable	< 65 Ldn > 65 Ldn
Joint Federal Agencies	Aircraft and ground vehicles	Compatible Marginally Compatible Incompatible	55 Ldn 55-65 Ldn > 65 Ldn
Federal Hwy Admin. (FHWA)	Ground vehicles	Compatible for motels, residences, churches, etc	< 67 Leq or < 70 L ₁₀
Boston, MA	Any	Daytime residential Nighttime residential	< 60 dBA < 50 dBA
Ferguson Township, PA	Any	Commercial Zones Residential Zones (7pm-7am)	< 62 dBA < 55 dBA