BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Kebisingan

Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (Kepmen LH No.48 tahun 1996).

2.2. Suara dan bunyi

Suara dapat diartikan sebagai tekanan yang dapat dideteksi telinga manusia. Di udara, suara merambat dengan kecepatan 340m/detik dan dalam cairan serta padatan, kecepatan rambat lebih besar, yaitu 1.500 m/detik dalam air dan 5.000 m/detik dalam baja (Khuriati dan Komaruddin, 2006).

2.3. Faktor-faktor kebisingan

a. Frekuensi

Frekuensi adalah satuan getar yang dihasilkan dalam satuan waktu (detik) dengan satuan Hz. Frekuensi yang dapat didengar manusia 20-20.000 Hz. Frekuensi dibawah 20 Hz disebut *Infra Sound* sedangkan frekuensi diatas 20.000 Hz disebut *Ultra Sound*. Suara percakapan manusia mempunyai rentang frekuensi 250 – 4.000 Hz. Umumnya suara percakapan manusia punya frekuensi sekitar 1.000 Hz.

b. Intensitas suara

Intensitas didefinisikan sebagai energi suara rata-rata yang ditransmisikan melalui gelombang suara menuju arah perambatan dalam media.

c. Amplitudo

adalah satuan kuantitas suara yang dihasilkan oleh sumber suara pada arah tertentu.

d. Kecepatan suara

Adalah suatu kuantitas suara yang dihasilkan oleh sumber suara pada arah tertentu.

itenas library

e. Panjang gelombang

Adalah jarak yang ditempuh oleh perambatan suara untuk satu siklus.

f. Periode

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus amplitudo, satuan periode adalah detik.

g. Kekuatan suara

Kekuatan suara satuan dari total energi yang dipancarkan oleh suara per satuan waktu.

h. Tekanan suara

adalah satuan daya tekanan suara per satuan (Suroto, 2010).

2.4. Sumber bising

Menurut Suroto, (2010), pada dasarnya ada tiga macam sumber titik, sumber bidang, dan sumber garis. Untuk kebisingan lalu lintas termasuk pada sumber garis. Sumber – sumber kebisingan dapat bersumber dari :

1. Bising *Interior* (dalam)

Bising *interior* atau bising dalam merupakan sumber bising yang berasal dari manusia, alat-alat rumah tangga, atau mesin- mesing gedung.

2. Bising *Outdoor* (Luar)

Bising *outdoor* atau bising luar yaitu sumber yang bersumber dari aktivitas lalu lintas, transportasi, industri dan lain-lain diluar ruangan atau gedung.

Sumber kebisingan dapat diklasifikasikan menjadi :

1. Lalu lintas jalan

Kebisingan lalu lintas di jalan raya ditimbulkan oleh suara kendaraan bermotor dimana suara tersebut berasal dari mesin kendaraan yang melakukan pembakaran pada ruang piston sehingga menyebabkan gesekan antara dinding mesin dengan piston yang menghasilkan bunyi pada pembuangan serta interaksi antara roda dengan jalan, kebisingan yang bersumber dari lalu lintas jalan raya ini memberikan proporsi frekuensi kebisingan yang paling mengganggu.

2. Industri

   Kebisingan industri berasal dari suara mesin yang digunakan dalam proses produksi.

3. Pesawat terbang

   Kebisingan yang berasal dari pesawat terbang terjadi saat pesawat akan lepas landas maupun yang mendarat di bandara. Pada umumnya kebisingan pesawat berpengaruh pada awak pesawat, penumpang, petugas lapangan dan masyarakat sekitar bandara.

4. Kereta api

   Pada umumnya sumber kebisingan pada kereta api berasal dari aktivitas pengoperasian kereta api, lokomotif, bunyi sinyal di pelintasan kereta api, stasiun, dan penjagaan serta pemeliharaan konstruksi rel. Namun, sumber utama kebisingan kereta api sebenarnya berasal dari gesekan antara roda dan rel serta proses pembakaran pada kereta api tersebut. Kebisingan yang ditimbulkan oleh kereta api ini berdampak pada masinis, awak kereta api, penumpang, dan juga masyarakat yang tinggal di sekitar pinggiran rel kereta api.

5. Kebisingan konstruksi bangunan

   Berbagai suara timbul dari kegiatan konstruksi bangunan mulai dari peralatan dan pengoperasian alat, seperti memalu, penggilingan semen, dan sebagainya.

6. Kebisingan dalam ruangan

   Kebisingan dalam ruangan bersumber dari berbagai sumber seperti Air Condition (AC), tungku, unit pembuangan limbah, dan sebagainya. Suara bising yang berasal dari luar ruangan juga dapat menembus ke dalam ruangan sehingga menjadi sumber kebisingan di dalam ruangan (Suroto, 2010).

2.5. Jenis kebisingan

Menurut Tambunan, (2005), dilihat dari hubungan tingkat bunyi sebagai waktu maka kebisingan dapat dibagi menjadi :

a. Kebisingan Kontinu

Kebisingan yang fluktuasi intensitas kebisingan tidak lebih dari 6 dB dengan spektrum frekuensi yang luas. Contohnya suara mesin gergaji.

b. Kebisingan terputus – putus

Kebisingan yang dimana bunyi mengeras dan melemah secara perlahan. Contohnya jalan raya dan bunyi yang dihasilkan dari kereta api.

c. Kebisingan implosif berulang

Kebisingan dimana waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncaknya tidak lebih dari 65 ms dan waktu yang dibutuhkan untuk penurunan intensitasnya sampai 20 dBA di bawah puncaknya tidak lebih dari 500 ms. Contohnya suara mesin tempa di pabrik.

d. Steady – state noise

Kebisingan dengan tingkat tekanan bunyi stabil terhadap perubahan waktu dan tak mengalami kebisingan yang stabil. Contohnya kebisingan sekitar air terjun dan kebisingan pada interior pesawat terbang saat sedang diudara.

e. Fluctuating noise

Kebisingan yang kontinyu namun berubah-ubah tingkat tekanan bunyinya.

2.6. Pengukuran kebisingan

Kuantitas intensitas bunyi tergantung jarak dari kekuatan sumber bunyi yang menyebabkan getaran, semakin besar daya intensitas maka intensitas bunyi semakin tinggi. Pengukuran kebisingan biasanya dinyatakan dengan satuan desibel (dB). Desibel (dB) adalah suatu unit pengukuran kuantitas resultan yang merepresentasikan sejumlah bunyi dan dinyatakan secara logaritmik. Sederhananya, skala desibel (dB) diperoleh dari 10 kali logaritma (dasar 10) perbandingan tenaga . Satuan tingkat kebisingan (desibel) dalam skala A, yaitu kelas tingkat kebisingan yang sesuai dengan respon telinga normal. Alat yang dipergunakan untuk mengukur intensitas kebisingan adalah Sound Level Meter (SLM). Sound level meter ini mengukur perbedaan tekanan yang hasil keluaran dari alat ini adalah dalam desibel (dB) dengan menggunakan dasar persamaan).

$$SPL = 10 \log (P/Pref)$$

Keterangan :

SPL : tingkat tekanan kebisingan (dB)

P : tekanan suara (N/m^2)

Pref : tekanan bunyi reference ($2x10^{-5}$ N/m^2)

Faktor lainnya yang menentukan pemilihan alat pengukur kebisingan adalah tersedianya tenaga pelaksana untuk melakukan pengukuran terhadap kebisingan dan juga waktu yang dialokasikan untuk hal tersebut. Sebagaimana sering dialami kenyataan bahwa lebih disenangi pengumpulan data tentang kebisingan secara merekamnya (*recording*) yang kemudian data rekaman dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis (Suma'mur, 2009).

2.7. Alat ukur kebisingan

Beberapa instrument yang digunakan dalam pengukuran kebisingan seperti dikutip dari (Luxson dkk., 2010) antara lain :

1. *Sound Level Meter (SLM)*

   Untuk mengukur kebisingan di lingkungan kerja dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Sound Level Meter*. Ada tiga cara atau metode pengukuran akibat kebisingan di lokasi kerja.

   a. Pengukuran dengan titik sampling

      Pengukuran ini dilakukan bila kebisingan diduga melebihi ambang batas hanya pada satu atau beberapa lokasi saja. Pengukuran ini juga dapat dilakukan untuk mengevaluasi kebisingan yang disebabkan oleh suatu peralatan sederhana, misalnya Kompresor/generator.

      Jarak pengukuran dari sumber harus dicantumkan, misal 3 meter dari ketinggian 1 meter. Selain itu juga harus diperhatikan arah mikrofon alat pengukur yang digunakan.

   b. Pengukuran dengan peta kontur

      Pengukuran dengan membuat peta kontur sangat bermanfaat dalam mengukur kebisingan, karena peta tersebut dapat menentukan gambar tentang kondisi kebisingan dalam cakupan area.

Pengukuran ini dilakukan dengan membuat gambar isoplet pada kertas berskala yang sesuai dengan pengukuran yang dibuat. Biasanya dibuat kode pewarnaan untuk menggambarkan keadaan kebisingan, warna hijau untuk kebisingan dengan intensitas di bawah 85 dBA warna oranye untuk tingkat kebisingan yang tinggi di atas 90 dBA, warna kuning untuk kebisingan dengan intensitas antara 85-90 dBA.

c. Pengukuran dengan *Grid*

Untuk mengukur dengan *Grid* adalah dengan membuat contoh data kebisingan pada lokasi yang diukur. Titik – titik sampling harus dibuat dengan jarak interval yang sama di seluruh lokasi. Jadi dalam pengukuran lokasi dibagi menjadi beberapa kotak yang berukuran dan jarak yang sama, misalnya : 45 x 45 m. kotak tersebut ditandai dengan baris dan kolom untuk memudahkan identitas.

2. *Noise Dosimeter*

Noise Dosimeter adalah instrumen untuk mengukur dan menyimpan level kebisingan selama waktu pajanan dan menghitung dosis kumulatif sebagai persentase dosis atau *time weighted average* pada personal, degan berbagai *exchange rate* (misalnya 3,4, dan 5), *criterion* level 8 jam (misalnya 80,85 dan 90 dBA), dan jarak pengukuran kebisingan (80 sampai 130 dBA).

Dosimeter adalah alat yang dipakai untuk mengukur tingkat kebisingan yang dialami pekerja selama shiftnya. Alat ini dapat mengukur selama shift 8, 10, 12 jam, atau berapapun lamanya. Dosimeter dipasang pada sabuk pinggang dan sebuah microphone kecil dipasang dekat telinga. Dosimeter mengukur jumlah bunyi yang didengar pekerja selama shiftnya. SLM dan dosimeter akan memberikan hasil berupa angka yang dapat dibandingkan dengan aturan batas maksimum (85 dBA untuk shift selama 8 jam, 40 jam per minggu – batasnya akan lebih rendah untuk waktu kerja yang lebih lama). Desibel diukur pada skala khusus, yang disebut skala logaritma, dimana setiap penambahan 3 desibel berarti intensitas suara berlipat dua. Berarti, peningkatan dari 90 dB ke 93 dB berarti dua kali lebih keras dari pada 90 dB, peningkatan dari 90 dB ke 96 dB berarti suaranya empat kali

lebih keras dari pada 90 dB. Hal ini untuk diingat adalah peningkatan kecil pada desibel berarti peningkatan besar pada kerasnya suara dan makin parahnya kerusakan yang dapat diakibatnya pada telinga.

3. *Octave Band Analyzer*

   Octave Band Analyzer adalah tipe SLM yang khusus untuk mengukur level kebisingan yang ditemukan dalam frekuensi band yang berguna untuk mengukur frekuensi menengah dari 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000, 31500 Hz. Informasi yang diperoleh dari hasil pengukuran akan dipakai dalam estimasi tingkat bising dan menentukan kapan harus menggunakan alat proteksi bising. Selain itu frekuensi analyser dipakai untuk estimasi pengukuran kebisingan.

2.8. Dampak kebisingan

Menurut Tarwaka dan Sudiajeng, (2004) pengaruh pemaparan kebisingan secara umum dapat di kategorikan menjadi dua yang didasarkan pada tinggi rendahnya intensitas kebisingan dan lamanya waktu pemaparan. Pertama, pengaruh pemaparan kebisingan intensitas tinggi (di atas NAB) dan kedua, adalah pengaruh pemaparan kebisingan intensitas rendah (di bawah NAB).

1. Pengaruh Kebisingan Intensitas Tinggi

a) Pengaruh pemaparan kebisingan intensitas tinggi (di atas NAB) adalah terjadinya kerusakan pada indra pendengaran yang dapat menyebabkan penurunan daya dengar baik yang bersifat sementara maupun bersifat permanen, biasanya didahului dengan pendengaran yang bersifat sementara yang dapat mengganggu kehidupan yang bersangkutan baik di tempat kerja maupun dilingkungan keluarga dan lingkungan sosialnya.

b) Pengaruh kebisingan akan sangat terasa apabila jenis kebisingannya terputus-putus dan sumbernya tidak diketahui.

c) Secara fisiologis, kebisingan dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti, meningkatnya tekanan darah dan denyut jantung, risiko serangan jantung meningkat gangguan pencernaan.

d) Reaksi masyarakat, apabila kebisingan akibat suatu proses produksi demikian hebatnya sehingga masyarakat sekitarnya protes menuntut agar kegiatan tersebut dihentikan dll.

2. Pengaruh kebisingan intensitas rendah

Tingkat intensitas kebisingan rendah atau di bawah nilai ambang batas (NAB) banyak ditemukan dilingkungan kerja seperti perkantoran, ruang administrasi perusahaan dll. Intensitas kebisingan yang masih di bawah NAB tersebut secara fisiologis tidak menyebabkan kerusakan pendengaran. Namun demikian, kehadirannya sering dapat menyebabkan penurunan performansi kerja, sebagai salah satu penyebab stres dan gangguan kesehatan lainnya. Stres yang disebabkan karena yang pemaparan kebisingan dapat menyebabkan terjadinya kelelahan dini, kegelisahan dan depresi. Secara spesifik stres karena kebisingan tersebut dapat menyebabkan antara lain:

a) Stres menuju keadaan cepat marah, sakit kepala dan gangguan tidur;
b) Gangguan reaksi psikomotor;
c) Kehilangan konsentrasi;
d) Gangguan komunikasi antara lawan bicara;
e) Penurunan performansi kerja yang semuanya itu akan bermuara pada kehilangan efisiensi dan produktivitas.

2.9.Pengendalian kebisingan

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan dalam rangka pengendalian kebisingan lalu lintas (Djalante, 2010) yaitu :

1. Mengurangi kebisingan dari sumbernya yaitu kendaraan.

Hal ini mudah dicapai dengan peningkatan mesin kendaraan agar lebih halus suaranya dan peningkatan perawatan. Seperti pada bagian tertentu yaitu :

a. Motor atau mesin
b. knalpot dan klakson
c. badan kendaraan bermotor

2. Pengoperasian lalu lintas

A. Pengaturan rute

Lalu lintas harus diarahkan agar menjauh dari daerah-daerah pemukiman padat penduduk, khususnya untuk kendaraan-kendaraan barang dan bus-bus besar.

B. Kecepatan

Kendaraan yang berasal dari mobil (tidak termasuk truk) akan berkurang sejalan dengan berkurangnya kecepatan. Setiap pengurangan kecepatan sampai setengahnya dapat mengurangi kebisingan 1-2 dB. Oleh karena itu kebisingan dapat berkurang dengan adanya pembatasan kecepatan.

C. Kepadatan lalu lintas

Kebisingan dapat dikurangi dengan mengurangi kepadatan lalu lintas karena setiap pengurangan kepadatan sampai setengahnya dapat mengurangi kebisingan sebesar 3 dB.

D. Arus lalu lintas lancar

pada saat lalu lintas tidak mengalami hambatan atau kemacetan, dapat mengurangi tingkat kebisingan lalu lintas.

3. Pembatasan kebisingan

Selain cara-cara diatas kebisingan dapat ditanggulangi dengan beberapa model penanggulangan kebisingan yang merupakan hasil rujukan dari hasil penelitian negara-negara maju yang antara lain dapat berupa :

a. Peredam bising
b. Tanggul tanah
c. Zona penyangga
d. Desain struktur semi bawah tanah

2.10. Volume lalu lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang lewat pada suatu titik pengamatan atau pada suatu ruas jalan selama periode atau waktu tertentu. Jumlah gerakan yang dihitung dapat meliputi hanya tiap macam moda lalu lintas saja, seperti pejalan kaki, mobil, bis, atau mobil barang, atau kelompok-kelompok campuran moda. Volume lalu lintas adalah satuan pengukur jumlah

arus lalu lintas yang ditunjukkan oleh jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pengamatan dalam satu satuan waktu baik dalam hari, jam, dan menit (Sukirman, 1999). Menurut Malkhamah dkk., (2005) survei volume lalu lintas bertujuan untuk mencatat setiap kendaraan yang lewat (melewati suatu titik atau garis tertentu) sehingga didapatkan informasi mengenai :

1. Pola arus lalu lintas.
2. Volume lalu lintas tiap pergerakan.
3. Komposisi kendaraan dalam lalu lintas.
4. Faktor untuk memprediksi volume lalu lintas yang akan datang.

Pada umumnya volume dinyatakan dalam kendaraan/jam. Volume merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kebisingan yang terjadi.

2.11. Baku tingkat kebisingan

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. Kep-48/MENLH/11/1996 tentang baku tingkat kebisingan menetapkan kebisingan untuk kawasan tertentu (lihat tabel 2.1). Baku tingkat kebisingan ini diukur berdasarkan rata-rata pengukuran tingkat kebisingan ekuivalen (Leq). Baku tingkat bising adalah batas maksimal tingkat bising dengan nilai toleransi sebesar 3 dB yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha/ kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.

Tabel 2.1 Baku tingkat kebisingan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. Kep-48/MENLH/11/1996

Peruntukan Kawasan/ Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan dBA
A. Peruntukan kawasan	
1. Perumahan dan pemukiman	55
2. Perdagangan dan jasa	70
3. Perkantoran dan perdagangan	65

Peruntukan Kawasan/ Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan dBA
4. Ruang terbuka hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan Fasilitas umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus	
1) Bandar udara	70
2) Stasiun kereta api	70
3) Pelabuhan laut	70
4) Cagar budaya	60
B. Lingkungan Kegiatan	
1. Rumah sakit atau sejenisnya	55
2. Sekolah atau sejenisnya	55
3. Tempat ibadah atau sejenisnya	55

*) disesuaikan dengan ketentuan Menteri Perhubungan

Sumber : Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.48 Tahun 1996

Dalam peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 718 Tahun 1987 tentang kebisingan, tingkat kebisingan dibagi menjadi beberapa zona, yaitu :

Tabel 2.2 Zona tingkat kebisingan

ZONA	Intensitas (dB)	Tempat
Zona A	35-55	Tempat penelitian, rumah sakit, tempat perawatan kesehatan, dan sejenisnya.
Zona B	45-55	Perumahan, tempat Pendidikan, tempat rekreasi, dan sejenisnya.

itenas library

ZONA	Intensitas (dB)	Tempat
Zona C	50-60	Pasar, perkantoran, pertokoan, dan sejenisnya
Zona D	60-70	Lingkungan industry, pabrik, stasiun kereta api, terminal bus, dan sejenisnya.

Sumber : PerMenKes RI No.718 Tahun 1987 tentang kebisingan

2.12. Kriteria daerah bising

Berikut merupakan kriteria daerah bising menurut Djalante (2010), yaitu sebagai berikut:

1. Daerah Aman Bising (DAB)
   - Daerah dengan lebar21 sid 30 m dari tepi perkerasan jalan
   - Tingkat kebisingannya kurang dari 65 dB(A)(Leq)
   - Lama waktu paparan (60dB (A)- 65 dB(A))maksimum 12 jam perhari
   - Lama waktu paparan malam < 3 (jam/hari)
2. Daerah Moderat Bising (DMB)
   - Daerah dengan lebar 11 s/d 20 m dari tepi perkerasan
   - Tingkat kebisingan antara 65 dB(A)s/d 75 dB(A)(Leq)
   - Lama waktu paparan (65dB (A)- 75 dB (A)) maksimum 10 jam per hari
   - Lama waktu paparan malam < 4 (jam/hari)
3. Daerah Resiko Bising (DRB)
   - Daerah dengan lebar 0 s/d 10m dari tepi perkerasan
   - Tingkat kebisingan lebih dari 75 dB(A) (Leq)
   - Lama waktu paparan (75 dB(A) - 90 dB(A)) maksimum 10 jam per hari
   - Lama waktu paparan malam < 4 (jam/hari)

2.13. *Software Surfer 11*

Merupakan salah satu perangkat lunak untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi yang didasarkan atas grid. Perangkat lunak ini berperan besar dalam pemetaan kawasan. Meskipun canggih, perangkat ini

tidak banyak menuntut untuk sistem operasi maupun perangkat keras (Widayati dkk, 2010)

2.14. Penentuan Tingkat Kebisingan

Perhitungan tingkat kebisingan langsung dengan menggunakan aplikasi Sound Meter yang kemudian diolah sehingga mendapatkan Leq yaitu nilai tingkat kebisingan.

Eror standard adalah tingkat ketidaksesuaian antara data yang diolah dengan kenyataan lapangan. Semakin rendah nilai eror maka semakin tinggi akurasi data tersebut. Sehingga eror yang rendah dapat menjadi jaminan bagi pihak peneliti untuk mempertanggung jawabkan hasil penelitiannya secara ilmiah.

Pada penelitian ini perhitungan kebisingan dapat dianalisis dengan distribusi frekuensi. Adapun komponen pada distribusi frekuensi yaitu :

1. Range

   Range (r) adalah jangkauan data yang diperoleh untuk membatasi data-data yang akan diolah. Adapun rumus range adalah sebagai berikut :

   $\boxed{r = \max - min}$ …….....…….(2.1)

2. Interval Kelas

   Interval kelas adalah interval yang diberikan untuk menetapkan kelas – kelas dalam distribusi, banyaknya interval kelas dapat di analisis dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

   $\boxed{i = \frac{r}{k}}$ …….....…….(2.2)

   Dimana:

   i = interval kelas ; k = kelas; r = range

3. Kelas

   menentukan banyaknya jumlah kelas dalam suatu distribusi data dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

   $\boxed{k = 1 + 3{,}3 \log (n)}$…….....…….(2.3)

   Dimana :

   k = banyaknya kelas; n = jumlah data

4. Nilai Tengah Kelas

   Nilai tengah kelas adalah nilai yang terdapat di tengah interval kelas. Nilai tengah dapat dianalisis dengan persamaan sebagai berikut :

   $$\frac{BB-BA}{2} \quad \text{…….....…….(2.4)}$$

   Dimana :

   BB = batas bawah kelas; BA = batas atas kelas

5. Frekuensi

   Dalam statistik, "frekuensi" mengandung pengertian : angka (bilangan) yang menunjukkan seberapa kali suatu variable (yang diambangkan dengan angka-angka itu) berulang dalam deretan angka tersebut; atau berapa kalikah suatu variable (yang dilambangkan dengan angka itu) muncul dalam deretan angka tersebut.

6. Tingkat Kebisingan dalam Angka Penunjuk

   Pengukuran dengan sistem angka penunjuk yang paling banyak digunakan adalah angka penunjuk ekuivalen (equivalent index (*Leq*)). Angka penunjuk ekuivalen (*Leq*) adalah tingkat kebisingan yang berubah-ubah (fluktuatif) yang dikur selama waktu tertentu. Perhitungan angka penunjuk secara manual diawali dengan menghitung L90, L50, L10, L1. L90 adalah persentase kebisingan yang mewakili tingkat kebisingan mayoritas atau kebisingan yang muncul 90% dari keseluruhan data. L10 adalah persentase kebisingan yang mewakili tingkat kebisingan minoritas atau kebisingan yang muncul 10% dari keseluruhan data. Sedangkan L50 merupakan kebisingan rata-rata selama pengukuran. Tahap selanjutnya adalah perhitungan angka penunjuk ekivalen (Leq) yang mana Leq ini merupakan angka penunjuk tingkat kebisingan yang paling banyak digunakan. Pada pengukuran kebisingan lalu lintas di jalan raya, L90 menunjukkan kebisingan latar belakang yaitu kebisingan yang banyak terjadi sedangkan L10 merupakan perkiraan tingkat kebisingan

maksimum. Persamaan 2.5 hingga 2.17 berikut ini (Fadilah, 2016).

Untuk L90:

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 10% dari data pengukuran(L90) dengan persamaan:

$Nilai\ A = 100\% \times I$ …....…….…..(2.5)

Nilai A digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari dimana:

10% : Hasil pengukuran dari 100%

N : Jumlah data keseluruhan

$Nilai\ L90awal = I\ (B0\ ) + (B1)\ X = 0{,}1 \times I \times 100$….(2.6)

Dimana: I : Interval data X : Jumlah data yang tidak diketahui

B0 : Jumlah % sebelum 90

B1 : % setelah 90

$L90 = I0 + X$…….…….….….(2.7)

Dimana: I0 : Interval akhir

Untuk L50:

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 10% dari data pengukuran(L90) dengan persamaan:

$Nilai\ A = 50\% \times N$……..(2.8)

Nilai A digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari dimana:

50% : Hasil pengukuran dari 100%

N : Jumlah data keseluruhan

$Nilai\ L50awal = I\ (B0\ ) + (B1)\ X = 0{,}5 \times I \times 100$…..(2.9)

Dimana:

I : Interval data

X : Jumlah data yang tidak diketahui

B0 : Jumlah % sebelum 50

B1 : % setelah 50

$L50 = I0 + X$ …….……..(2.10)

Dimana:

I0 : Interval akhir

Untuk L10:

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 10% dari data pengukuran (L10) dengan persamaan:

$Nilai\ A = 90\% \times N$…….....…..(2.11)

Nilai A digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari dimana:

90% : Hasil 90 % pengukuran dari 100%

N : Jumlah data keseluruhan

$Nilai\ L10awal = I\ (B0\ ) + (B1)\ X = 0{,}9 \times I \times 100$...(2.12)

Dimana:

I : Interval data

X : Jumlah data yang tidak diketahui

B0 : Jumlah % sebelum 10

B1 : % setelah 10

$L10 = I0 + X$……...…….(2.13)

Dimana:

I0 : Interval akhir

Untuk L1:

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 10% dari data pengukuran(L1) dengan persamaan:

$Nilai\ A = 99\% \times N$ ……..…….(2.14)

Nilai A digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari dimana:

99% : Hasil 99% pengukuran dari 100%

N : Jumlah data keseluruhan

$Nilai\ L1awal = I\ (B0\ ) + (B1)\ X = 0{,}99 \times I \times 100$...(2.15)

Dimana: I : Interval data X : Jumlah data yang tidak diketahui

B0 : Jumlah % sebelum 1

B1 : % setelah 1

$L1 = I0 + X$ ……...(2.16)

Dimana:

I0 : Interval akhir

Untuk nilai LAeq dapat dihitung seperti pada persamaan 2.17 dibawah ini

Leq = L50 + 0,43 (L1 - L50) ……..(2.17)

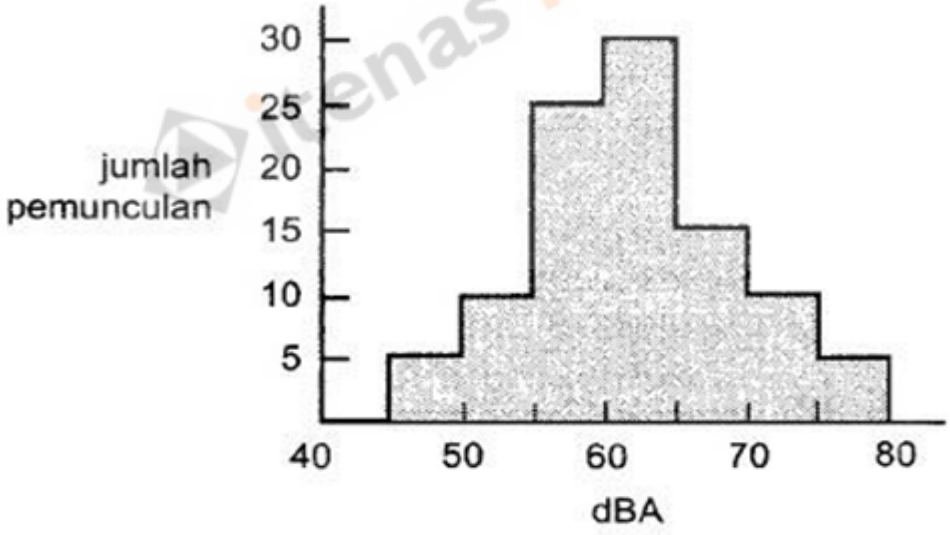
Tahap selanjutnya setelah nilai L1, L10, L50, L90 dan LAeq diperoleh adalah menghitung LAeq,day adalah tingkat kebisingan selama 1 hari pengukuran yang dihitung menggunakan persamaan 2.18.

Rumus

Laeqday = 10 x log (10) x$\frac{1}{Jam/Hari}$x 10 10 ($laeq$ 1 10) + 10($laeq$ 2 10)….. 2.18

Presentase yang mewakili tingkat kebisingan minoritas adalah kebisingan yang muncul 10% dari keseluruhan data (L_{90}) dan tingkat kebisingan mayoritas yang muncul 99% dari data pengukuran (L_1). Persentase tengah (L_{50}) umumnya identik dengan kebisingan rata-rata

selama periode pengukuran. L_{90} disebut kebisingan gangguan atau sisa L_1 adalah tingkat kebisingan yang umumnya menimbulkan gangguan khusus untuk di jalan raya, L_{90} akan menunjukkan tingkat kebisingan latar belakang dari L_1 menunjukkan perkiraan tingkat kebisingan maksimum. Sehingga L_1 adalah sistem pengukuran angka penunjuk yang harus benar-benar diperhatikan. L_1 dan L_{eq} dapat dijadikan acuan untuk dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku, sementara L_{90} dapat diabaikan karena umumnya selisih jauh dengan baku mutu. Perhitungan angka penunjuk persentase manual dilakukan dengan membuat histogram seperti pada Gambar 2.1 Dengan mengambil contoh bahwa selama pengukuran diperoleh 120 buah data. Setelah diurutkan dan dihitung jumlah masing – masing tingkat kebisingan yang muncul maka terbentuk batang – batang histogram. Bila diteliti Kembali maka keseluruhan luas area dibawah histogram adalah :



Gambar 2.1 Contoh Histogram untuk pengukuran kebisingan dengan *Sound Level Meter* (Fadilah, 2016).

2.15. Model *Calculation of Road Traffic Noise* (*CoRTN*)

Model *CoRTN* merupakan model prediksi dan evaluasi tingkat kebisingan akibat lalu lintas yang dinyatakan dalam L10 atau Leq. Model *CoRTN* dapat digunakan di jalan perkotaan dan antara kota. Dalam perhitungannya, model

ini telah mempertimbangkan beberapa faktor berpengaruh seperti volume dan komposisi kendaraan, kecepatan, gradient, jenis perkerasan, jenis permukaan tanah, jarak horizontal dan vertikal, kondisi lingkungan jalan dan kehadiran bangunan atau dinding penghalang kebisingan.

Prosedur perhitungan dibagi ke dalam bentuk persamaan matematis dan grafik dan perhitungan dapat dipakai selama jarak dari sisi jalan tidak lebih dari 300 meter dan kecepatan angin di bawah 2 m/dt.

1. Kriteria–kriteria Variabel Berpengaruh

   Kriteria–kriteria variabel berpengaruh dalam menggunakan CoRTN adalah

   - Rentang kecepatan rata-rata kendaraan yang dapat digunakan sebagai faktor koreksi adalah 20 km/jam sampai 300 km/jam
   - Volume lalu lintas diukur dalam waktu 1 jam atau 18 jam
   - Persenatse kendaraan berat berkisar antara 0% sampai 100%
   - Geometrik jalan, dengan memperhatikan lebar jalan, panjang segmen, dan superelevansi jalan.
   - Gradien jalan yang digunakan sebagai faktor koreksi berkisar antara 0% sampai 15%.
   - Jenis permukaan jalan dikelompokkan ke dalam *chip seal*, beton semen portlan, beton aspal gradasi padat, dan beton aspal gradasi terbuka.
   - Efek pemantulan dikelompokkan dalam lapangan terbuka, 1 meter di depan gedung, dan di kiri kanan sepanjang jalan terdapat dinding menerus.
   - Bangunan peredam bising, dengan memperhatikan tinggi bangunan peredam bising, jarak bangunan peredam dari tepi jalan terdekat, dan bahan bangunan peredam terbuat dari bahan yang solid/kedap suara.
   - Sudut pandang, dengan memperhatikan homogenitas lingkungan sekitar.

2. Tahap perhitungan

   Tahap 1

   Tahap perhitungan tingkat bising dasar atau tingkat bising di sumber diasumsikan bahwa pada segmen atau ruas jalan tersebut volume kendaraan, kecepatan rata-rata kendaraan (v) = 75 km/jam, persentase kendaraan berat (p) = 0%, jarak titik penerima 10 meter dan gradient jalan (G) = 0%. Data

yang diperlukan dalam tahan ini adalah data volume lalu lintas 1 jam atau 18 jam sesuai dengan tingkat bising prediksi yang dihendaki L_{10} 1 jam atau 18 jam. Berikut persamaan yang digunakan untuk tahap perhitungan bising dasar.

Volume lalu lintas selama jam/hari (Q)

$L10$ (18 jam) = 29,1 + log Q dB (A) …….....…….(2.19)

Dimana :

Q = Volume lalu lintas

Kendaraan berat (p%)

p% = jumlah kendaraan berat persegmen/total kendaraan berat x 100 (2.20)

Kecepatan kendaraan gabungan

V = ((Vrmc x nmc) + (Vrlv x nlv) + (Vrhv x nhx)) / (nmc + nlv + nhv) (2.21)

Dimana :

Vrmc : Kecepatan rata – rata sepeda motor

Vrlv : Kecepatan rata – rata *light vehicle*

Vrhv : Kecepatan rata – rata *heavy vehicle*

nmc : Jumlah sepeda motor

nlv : Jumlah *light vehicle*

nhv : Jumlah *heavy vehicle*

Kecepatan lalu lintas (km.jam)

Koreksi = 33log (V+40+500/V) + 10log (1.5p/V) – 68,8 Db …..(2.22)

Dimana :

V = kecepatan kendaraan gabungan

p = persentase kendaraan berat

Tahap 2

Tahap koreksi dimana hasil perhitungan pada tahap 1 dikoreksi dengan beberapa faktor seperti koreksi jarak horizontal, gradient jalan, jenis permukaan jalan, adanya dinding/ bangunan peredam/ penghalang, efek pemantulan, dan sudut pandang. Data yang dibutuhkan untuk tahap ini disesuaikan dengan faktor koreksinya. Berikut persamaan yang digunakan untuk tahap koreksi perambatan.

Koreksi gradien dB

G adalah gradien, (%) = 6% (RSNI-T-14/2004)

Faktor koreksi = 0,3 G dB…….....…….(2.23)

Koreksi jarak Horizontal

Koreksi = -10log (d'/13,5) ……....…….(2.24)

Dimana d' dapat diketahui menggunakan persamaan

$d' = ((d + 3.5)^2 + h^2)^{0,5}$

Keterangan :

d' = jarak signifikan terdekat

d = jarak sumber ke penerima

h = tinggi relatif ke sumber

Tahap 3

Tahap penggabungan tingkat bising prediksi merupakan tahap akhir perhitungan, dimana tingkat bising yang diperoleh dari masing-masing segmen digabung menjadi satu untuk menghasilkan tingkat bising prediksi akhir. Tingkat kebisingan gabungan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

Lgab : 10log (Σantilog (Ln/10)Db (A) …….…….(2.25)

(*Pd T-10-2004-B*).

2.16. Mitigasi Kebisingan

Mitigasi merupakan upaya-upaya yang dilakukan guna mengurangi sampai menghilangkan dampak negatif yang diperkirakan akan terjadi dan atau terjadi karena adanya aktivitas lalu lintas (*Pd T -16-2005-B*).

2.16.1 Penanganan kebisingan pada sumber

Penanganan kebisingan pada sumber bising dapat dilakukan melalui beberapa hal, antara lain :

1. Pengaturan lalu lintas

Pengaturan dimaksudkan untuk mengurangi volume lalu lintas kendaraan yang lewat. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan rekayasa lalu lintas, pembangunan jalan lingkar untuk mengurangi

beban jaringan jalan perkotaan, dll. Pengaturan lalu lintas yang baik dapat mengurangi tingkat kebisingan antara 2 s/d 5 dB.

2. Pembatasan kendaraan berat;

Kendaraan berat memberikan pengaruh yang besar terhadap tingkat kebisingan akibat lalu lintas jalan. Dengan melakukan pembatasan jenis kendaraan berat dapat mengurangi dampak kebisingan pada Kawasan sensitif yang ada. Pembatasan kendaraan berat sebesar 10% dapat menurunkan tingkat kebisingan hingga 3,5 dB.

3. Pengaturan kecepatan;

Pengaturan kecepatan lalu lintas pada rentang kecepatan 30 s/d 60 km/jam dapat mengurangi tingkat kebisingan 1 s/d 5 dB.

4. Perbaikan kelandaian jalan;

Kelandaian jalan berpengaruh langsung terhadap tingkat kebisingan. Pengurangan kelandaian setiap 1% dapat mengurangi tingkat kebisingan sebesar 0,3 dB.

5. Penggunaan kendaraan listrik

Kebisingan yang dihasilkan oleh kendaraan listrik sangat kecil, semakin banyaknya masyarakat yang menggunakan kendaraan listrik maka intensitas bising yang dihasilkan oleh kendaraan tersebut sangat minim sehingga dapat mengurangi intensitas kebisingan yang terjadi.

6. Pemilihan jenis perkerasan jalan.

Pada kecepatan di atas 80 km/jam, penggantian perkerasan aspal beton padat (berbutir tidak seragam) dengan perkerasan aspal terbuka (berbutir seragam) dapat mengurangi tingkat kebisingan lalu lintas sampai 4 dB. Koreksi tingkat kebisingan akibat penggunaan berbagai jenis perkerasan yang lain secara relatif terhadap lapis perkerasan aspal beton padat adalah sebagaimana tercantum pada tabel 2.3

Tabel 2.3 koreksi tingkat kebisingan perkerasan jalan dibandingkan dengan perkerasan aspal padat

Jenis lapis perkerasan	Koreksi tingkat kebisingan (dB)
Burda/burtu (*Chip seal*)	+4,0
Beton semen *portland*	0 s/d +3,0
Overlay camp aspal dingin	+ 2,0
Beton semen *porland agregat* diekspose	-0,5 s/d +3,0
Perkerasan aspal *mastic* batu	3,5 s/d -2,0
Perkerasan aspal beton terbuka (berbutir seragam)	4,5 s/d -0

Sumber : Pd T -16-2005-B

2.16.2 Tipe, karakteristik dan pertimbangan implementasi

1. Penanganan kebisingan pada jalur perambatan suara umumnya dilakukan dengan pemasangan peredam bising (PB). PB dapat berupa penghalang alami (*natural barrier*) dan penghalang buatan (*artificial barrier*). Penghalang alami biasanya menggunakan berbagai kombinasi tanaman dengan gundukan (*berm*) tanah, sedangkan penghalang buatan dapat dibuat dari berbagai bahan, seperti tembok, kaca, kayu, aluminium, dan bahan lainnya. Untuk mencapai kinerja yang memadai, bahan yang digunakan sebagai penghalang sebaiknya memiliki rasio berat-luas minimum 20 kg/$m^{2.}$
2. PB umumnya memiliki karakteristik secara teknis sebagai berikut:

a. dapat menurunkan tingkat kebisingan antara 10 s/d 15 db;

b. mampu mencapai pengurangan tingkat kebisingan sebesar 5 dB apabila cukup tinggi untuk memotong jalur perambatan gelombang suara dari sumber ke penerima;

c. setiap penambahan 1 m ketinggian di atas jalur perambatan gelombang dapat menurunkan tingkat kebisingan sebesar 1,5 dB dengan penurunan maksimum secara teoritis sebesar 20 Db;

d. PB sebaiknya dipasang sepanjang sekitar 4x jarak dari penerima ke penghalang.

3. Mitigasi kebisingan harus mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut :

a. keselamatan pengguna jalan yang berkaitan dengan jarak pandang dan ketahanan konstruksi terhadap benturan;

b. kemudahan pemeliharaan, termasuk bangunan yang ada di sekitarnya, seperti saluran drainase;

c. stabilitas konstruksi dan usia layan mencapai 15 s/d 20 tahun;

d. biaya konstruksi yang tergantung pada jenis pondasi yang dibutuhkan dan metode kontruksi yang digunakan, perbandingan indikatif dari berbagai upaya mitigasi dapat dilihat pada tabel 2.4

e. keindahan atau estetika lingkungan di sekitarnya

Tabel 2.4 Perbandingan Indikatif dari berbagai upaya mitigasi

Upaya	Efektivitas	Perbandingan Biaya
Tanggul tanah	Sama dengan jenis – jenis penghalang lainnya seperti kayu atau beton; perlu tempat lebih	Sangat murah apabila bahan timbunan tersedia di lokasi
Beton, Kayu, logam atau pagar penghalang lainnya	Baik; membutuhkan tempat lebih kecil	Biayanya 10-100 kali dari tanggul tanah

		namun dapat menghemat biaya lahan
Jalan bawah tanah (gali dan tutup)	Sebuah pilihan yang ekstrim bagi lalu lintas yang padat sekali; memerlukan ventilasi apabila Panjang lebih 300 m	Biayanya 10-16000 kali dari tanggul tanah
Jendela kaca ganda untuk selubung depan	Baik namun hanya pada saat jendela tidak dibuka tidak melindungi area luar	Biayanya 5-60 kali sebuah tanggul tanah

Sumber : Pd T -16-2005-B

itenas library