

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Kebisingan

Menurut Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 176 tahun 2003 yang berbunyi “kebisingan merupakan bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan pada kenyamanan dan kesehatan manusia. Tingkat kebisingan adalah ukuran energi bunyi yang dinyatakan dalam satuan desiBell (dB)”.

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup pasal 1 (satu) ayat 1 (satu) nomor 7 tahun 2009 tentang ambang batas kebisingan kendaraan bermotor tipe baru adalah “ambang batas kebisingan kendaraan bermotor tipe baru adalah batas maksimum energi suara yang boleh dikeluarkan langsung dari mesin dan/atau transmisi kendaraan bermotor tipe baru.

Pada peraturan tersebut juga dilampirkan berapa nilai ambang batas yang diijinkan, seperti pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Nilai Ambang Batas Kebisingan

Kategori		L Max dB(A)
Sepeda Motor	L 80cc	77
	80 < L 175cc	80
	L > 175cc	83

(Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 7 tahun 2009)

2.1.2. Intensitas Cahaya

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 55 tahun 2012 tentang persyaratan teknis dan laik jalan kendaraan bermotor ditentukan dalam:

(1) Pasal 23 Poin A dan Poin B “Sistem lampu dan alat pemantul cahaya sepeda motor adalah memiliki lampu utama dekat dan jauh berwarna putih atau kuning muda”.

(2) Pasal 24 Ayat 2 (dua) “Untuk sepeda motor harus dilengkapi dengan lampu utama dekat dan lampu utama jauh paling banyak dua buah dan dapat memancarkan cahaya paling sedikit 40 (empat puluh) meter ke arah depan untuk lampu utama dekat dan 100 (seratus) meter ke arah depan untuk lampu utama jauh”.

2.1.3. Penelitian Terdahulu

Winarsih dan Muryani (2005) melakukan kajian antara hubungan intensitas kebisingan jalan raya dengan tekanan darah pada polisi lalu lintas kota Yogyakarta. Yaitu dengan responden 15 polisi lalu lintas yang berada di lima titik pos polisi, dengan cara memasang tiga alat *sound level meter* pada pos polisi, dan sebagai pembanding kondisi juga dilakukan pengambilan data pada 15 polisi yang bertugas di kantor polisi. Didapat hasil rata-rata pada kantor polisi yaitu kebisingannya sebesar 51,35 dB dan pada pos polisi lalu lintas sebesar 77 dB. Dari hasil ini diperoleh rata-rata kenaikan tekanan darah sebanyak 12,6 mmHg.

Riset tentang peluang pemanfaatan lampu LED sebagai sumber penerangan yang diinvestigasi oleh Nayomi dan Rahardjo (2013). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana jika lampu LED (*Light Emitting Diode*) digunakan sebagai sumber penerangan rumah juga pemanfaatan daerah yang belum terjangkau listrik PLN. Penelitian yang dilakukan yaitu menggunakan 3 buah lampu LED, yaitu Lampu LED 1W High Power LED, Lampu LED Ultra Bright 0,5W DIP LED 10 mm White 30 degree 150 mA, dan Lampu LED Ultra Bright Strawhat. Hasil dari pengujian intensitas cahaya dari jarak 0,5 meter dan 1 meter, suhu, *luminous flux* setelah dipasang dan jumlah lampu masing-masing lampu LED. Didapat hasil untuk Lampu LED 1W High Power LED 0,5 meter= 479,9 Lux, 1 meter= 203 Lux dengan suhu 1 jam pemakaian yaitu 42 °C, 203 Lux dengan jumlah 7 lampu; untuk Lampu LED Ultra Bright 0,5 W DIP LED 10 mm White 30 degree 150 mA 0,5

meter= 337,4 Lux, 1m= 132 Lux dengan suhu 1 jam pemakaian yaitu 34 °C, 132 Lux dengan jumlah 10 lampu; dan untuk Lampu LED Ultra Bright Strawhat 0,5 meter= 463,3 Lux, 1m= 165 Lux, dengan suhu 1 jam pemakaian yaitu 37 °C, 165 Lux dengan jumlah 8 lampu. Juga diuji dengan penggunaan selama 10 jam dalam waktu satu bulan diperoleh pemakaian daya terkecil yaitu untuk Lampu LED 1W High Power LED sebesar 10,5 KWh, selanjutnya Lampu LED Ultra Bright Strawhat pemakaian dayanya sebesar 12 KWh, dan terakhir Lampu LED Ultra Bright 0,5 W DIP LED 10 mm White 30 degree 150 mA pemakaian daya nya sebesar 15 KWh.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Susilo (2014) tentang pengaruh kebisingan terhadap denyut jantung dan *judgement under uncertainty*. Penelitian ini dilakukan dengan 30 responden rentang umur 19-23 tahun dengan jenis kelamin acak, variabel kebisingan ada 6 level, yaitu 71-75 (kontinyu), 76-80 (kontinyu), 81-85 (kontinyu), 71-75 (impulsif berulang), 76-80 (impulsif berulang), 81-85 (impulsif berulang). Tahap penelitian yaitu dengan mengukur denyut jantung responden sebelum dan sesudah pengambilan data dimana responden akan diberi 6 perlakuan dengan level kebisingan berbeda. Kemudian responden akan diberi soal tes pengambilan keputusan dengan perspektif yang berbeda yang dikerjakan dalam 6 perlakuan level kebisingan yang berbeda. Hasil dari penelitian ini pada setiap kenaikan intensitas kebisingan responden juga mengalami kenaikan denyut jantung namun berbeda-beda, Kenaikan intensitas kebisingan dari 71-75 dB ke 76-80 dB pada jenis kontinyu maupun impulsif berulang membuat responden menjadi tidak konsisten dalam mengambil keputusan. Namun pada intensitas kebisingan 81-85 dB baik pada kontinyu atau impulsif berulang, responden tetap konsisten dalam mengambil keputusan.

Studi kasus analisis iklim dan kebisingan lingkungan kerja pada pabrik peleburan baja PT Krakatau Steel yang telah dilakukan Sinaga (2014) dengan metode pengukuran langsung pada ruang kerja, dengan observasi dan penyebaran kuesioner pada pekerja sebagai responden. Penelitian ini menganalisa iklim kerjanya yang meliputi *heat stress*, *heat strain*, beban kerja, waktu kerja, pengaruh

kondisi tersebut terhadap pekerja, kebisingan, dan pengendalian bahayanya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *heat stress* untuk pengukuran suhu, dan *sound level pressure* untuk pengukuran kebisingan. Diperoleh hasil pada ruang kontrol sebesar 19,45-20,33 °C atau 42-57% dan pada bagian luar ruang kontrol sebesar 28,8-34,14 °C atau 45-57% sehingga masuk dalam kategori *caution* dan *extreme caution*. Beban kerja sedang sebesar 331,06 kalori/jam dengan lama kerja rata-rata 52,22%. Denyut nadi naik sebanyak 12,41% dari 83,84 detak/menit menjadi 94,25 detak/menit. Kemungkinan penyakit yang mungkin terjadi pada pekerja adalah *heat cramp*, *heat exhaustion*, dan *heat syncope*. Lalu untuk kebisingan hasil yang paling berbahaya yaitu pada ruang *ladle furnace* sebesar 98,15-108,14 dB pada jangkauan kerja 1-5 meter dari sumber kebisingan dengan maksimal waktu paparan yang diperbolehkan adalah 2,3-23 menit. Hasil keseluruhan didapati 39% pekerja yang mengalami gangguan pendengaran disebabkan bekerja pada lingkungan yang memaparkan kebisingan dengan masa kerja rata-rata selama 23,64 tahun.

Analisis pengaruh kebisingan suara mesin jet pesawat terbang terhadap siswa SMA UII Yogyakarta dilakukan Hermawan (2015) adalah meninjau kebisingan yang dihasilkan terhadap pengaruh performa kognitif siswa. Penelitian ini menggunakan 21 siswa yang terdiri dari 9 murid kelas X, 8 murid kelas XI, 4 murid kelas XII. Ada 3 pengujian yang dilakukan yaitu *Simple Reaction Time*, *Stroop Test*, dan *Psychophysics*. Responden akan mengerjakan test pada saat kondisi normal dan kondisi pesawat melintas dengan waktu pengerjaan 15detik. Hasil kebisingan pesawat saat melintas adalah dengan rata-rata 68,52 dB. Hasil menunjukkan kebisingan pesawat dapat menurunkan performa kepada 3 pengujian yang dilakukan, terlihat pada hasil pengujian pasca terpapar kebisingan terjadi penurunan *p-value* <0,05 yang artinya ada perbedaan disaat kondisi normal dan saat pesawat melintas. Sedangkan pada pengujian tiap kelas, lama paparan kebisingan selama bersekolah (1-3 tahun) mempengaruhi performa kognitif yaitu paling besar pada kelas X dan paling kecil pada kelas XII. Jadi bisa disimpulkan semakin lama bersekolah akan beradaptasi dan menjadi terbiasa akan kebisingan.

Studi kasus analisis di UPT. Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia (Persero) kebisingan, pencahayaan, dan termal pada pengujian pembebanan kereta api. Pengujian ini dilakukan dengan metode pengujian sampling sejauh 3, 9, 15, dan 21 meter dari sumber suara. Pengukuran kebisingan saat mesin mulai dihidupkan dan pada saat mulai menguji pembebanan dengan *sound level meter* dan direkam *software audacity*, sedangkan pengukuran pencahayaan di lokasi mesin generator lokomotif dan gerbong genset dengan tiga kondisi (pagi, siang, sore). Serta pengukuran suhu beserta kelembaban. Hasil pengukuran kebisingan di area pengujian pembebanan yaitu sebesar 100,5 dB diruang lokomotif, hasil melebihi nilai ambang batas yang ditentukan menteri tenaga kerja. Pencahayaan di area pengujian pembebanan paling rendah adalah 1,52 Lux,, hasil ini di bawah ketentuan Menteri Kesehatan yaitu pada industri pencahayaan minimal 100 Lux. Iklim kerja sudah bagus karena berada pada rentang suhu 24,5°C-28,6°C. Hasil kebisingan pada ruang pengujian pembebanan bisa diminimalisir karena diruang tersebut diwajibkan memakai *earplug* dan *earmuff* untuk mengurangi kebisingan. Berdasarkan kuisioner yang dibagikan para pekerja merasa bising, namun tidak terlalu mengganggu aktifitas bekerja, dan menurut mereka pencahayaan dan suhu lingkungan kerja sudah baik dan tercukupi (Amaludin, 2015).

Kajian perbandingan intensitas cahaya lampu motor pada jenis motor yang berbeda. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui besar intensitas rata-rata dan nilai koefisien transmisi mika pada lampu utama sepeda motor. Metode penelitian yang dilakukan Andira (2015) adalah mengukur intensitas cahaya dengan menggunakan alat *lux meter*, dengan variasi jarak yang digunakan adalah 30 cm hingga 300 cm begitu juga variasi peletakan *lux meter* juga dibagi 9 titik yaitu di depan, samping, atas dan bawah hingga membentuk lingkaran. Bahan yang digunakan ada 3 mika lampu yaitu milik sepeda motor Jupiter MX, Vega ZR, dan Mio GT. masing-masing menggunakan lampu yang sama yaitu bohlam 32 W 12 V. Hasil dari intensitas cahaya menunjukkan pada titik tengah (E1) diperoleh intensitas cahaya 1234 Cd untuk Jupiter MX, 1199 Cd untuk Mio GT, dan 1119 Cd untuk Vega ZR. Sedangkan untuk titik pinggir keliling dari E2 sampai E9 diperoleh rata-

rata intensitas cahaya 303,3 Cd untuk Jupiter MX, 230,2 untuk Mio GT, 290 Cd untuk Vega ZR. Kemudian didapat koefisien dari transmisi mika lampu utama setiap motor adalah 1,58 untuk Jupiter MX, 1,59 untuk Mio GT, dan 1,53 untuk Vega ZR.

Kajian yang dilakukan Situmorang (2017) perihal taraf kebisingan di perempatan Tugu Yogyakarta menggunakan *Visual Analyzer*. Pada penelitian ini akan dicari sumber kebisingan di sekitar Tugu, lokasi penelitian diambil empat titik sebagai tempat pengambilan data yaitu pada bagian utara, selatan, timur, dan barat Tugu Yogyakarta dengan menggunakan komputer jinjing yang dilengkapi dengan perangkat lunak *Visual Analyzer 2014* sebagai alat untuk menangkap sumber kebisingan yang sudah dikalibrasi dengan alat *Sound Level Meter* sebagai acuan. Penelitian dilakukan empat kali sehari (pukul 06.00 sampai 07.00, 12.00 sampai 13.00, 17.00 sampai 18.00, dan 22.00 sampai 23.00) selama empat belas hari. Tiap pengambilan data dilakukan pada empat titik secara bersamaan dalam jangka waktu 15 menit. Diperoleh hasil dari empat kali pengujian dalam sehari selama empat belas hari dengan rata-rata $66,99 \pm 0,14$ dB. Hasil ini menurut Menteri Kesehatan yaitu melebihi ketentuan taraf intensitas kebisingan maksimum sebesar 60 dB tetapi tidak melebihi taraf intensitas kebisingan yang diberikan oleh menteri Lingkungan hidup yaitu sebesar 70 dB.

Pada tahun 2017 telah dilakukan penelitian tentang suatu jalan raya yang bersebelahan dengan lingkungan Universitas Gadjah Mada oleh Rahardjo, penelitian ini dilakukan pada kawasan belajar Kampus Vokasi Universitas Gadjah Mada yang berdekatan dengan Jalan Raya Persatuan. Pengambilan data dilakukan selama aktifitas 24 jam dengan dua pembagian yaitu jam 06.00 sampai 22.00 (Siang), dan pukul 22.00 sampai 06.00 (Malam) dimana setiap pengukuran harus mewakili selang waktu tertentu, yaitu; L1 jam 07.00 untuk jam 06.00 sampai 09.00; L2 jam 10.00 untuk jam 09.00 sampai 11.00; L3 jam 15.00 untuk 14.00 sampai 17.00; L4 jam 20.00 untuk 17.00 sampai 22.00; L5 jam 23.00 untuk 22.00 sampai 24.00; L6 jam 01.00 untuk 24.00 sampai 03.00; L7 jam 04.00 untuk 03.00 sampai 06.00 dengan pengujian dari hari senin sampai minggu. Diperoleh hasil rata-rata

yaitu pada hari senin dengan hasil 83,1 dB; selasa 67,6 dB; rabu 68,5 dB; kamis 68,1 dB; jumat 82,9 dB; sabtu 73,3 dB; minggu 71 dB. Dari hasil tersebut mengacu pada ketentuan Kementerian Lingkungan Hidup No. 48 tahun 1996 standar kebisingan kegiatan sekolah dan sejenisnya adalah 55 dB, dan berdasarkan ketentuan dari Kementerian Kesehatan RI standar kebisingannya adalah 60 dB. Maka dapat disimpulkan kebisingan di sekitar Kampus Vokasi Universitas Gadjah Mada melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Tetapi hasil ini dapat diminimalisir karena ada pepohonan dan tembok gedung antara jalan raya dan kampus.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Paparan Suara

A. Gelombang

Gelombang merupakan sebuah getaran yang merambat melalui suatu media perambat dari sumber getaran yang kemudian menyebar ke sekitarnya. Pada saat rambatan terjadi, yang merambat hanya energi momentumnya, namun tidak dengan zat perantaranya.

Berdasarkan gerakan partikel terhadap arah penjalaran gelombang, gelombang mekanis dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

Gelombang Transversal

Gelombang ini arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya. Contoh yang bisa dilihat dari gelombang transversal ini adalah gelombang pada tali yang diberi gaya, permukaan pada air, dan pada gelombang cahaya. Setiap satu gelombang yang ditentukan dengan lambang (λ) merupakan jarak gelombang dalam satu periode.

Gelombang Longitudinal

Gelombang ini arah rambatannya sejajar dengan arah dari getarannya. Contoh yang bisa dilihat dari gelombang longitudinal ini adalah gelombang dari suatu bunyi, dan gelombang dari suatu pegas yang ditekan. Rambatan gelombang

longitudinal bisa terjadi pada medium gas, cair, dan padat menurut Halliday dan Resnick (1977) dalam Situmorang (2017).

B. Bunyi

Halliday dan Resnick (1977) dalam Situmorang (2017) menyatakan, bunyi merupakan suatu gelombang longitudinal yang mana arah rambatannya sejajar dengan arah getarnya. Pada saat perambatannya bunyi berbentuk rapatan dan juga renggangan yang dibentuk oleh partikel-partikel kecil sebagai perantara bunyi. Ketika gelombang bunyi merambat di udara, maka sebagai perantaranya adalah partikel udara. Untuk itu gelombang bunyi tidak merambat pada ruang kepad udara karena di dalam ruang kepad udara tidak terdapat partikel udara sebagai mediumnya. Rapatan dan renggangan yang ada pada gelombang bunyi menghasilkan perbedaan tekanan medium rambat, ini yang kemudian akan ditangkap oleh indra pendengaran sebagai bunyi. Namun menurut Setiawan (2014) bunyi pada tingkat yang lebih tinggi, dapat dikatakan sebagai suatu gangguan yang disebut polusi suara atau kebisingan.

Sifat bunyi yang dominan dipengaruhi oleh dua faktor yaitu frekuensi dan intensitasnya. Frekuensi mempengaruhi tinggi dan rendahnya bunyi yang dihasilkan. Frekuensi dinyatakan dengan jumlah getaran per satuan waktu dalam satuan *Hertz* (Hz). Intensitas mempengaruhi kuat dan lemahnya bunyi yang dilihat dari lebar rapatan dan renggangan gelombang longitudinal.

Pada suatu bunyi atau suara, tingginya simpangan gelombang amplitudo dapat menghasilkan kerasnya keluaran suara. Semakin besar keluaran suara maka demikian dengan tinggi amplitudonya, namun besarnya amplitudo tidak mempengaruhi hasil dari frekuensi.

C. Frekuensi

Terdapat beberapa frekuensi bunyi yang dianggap penting, karena memiliki ciri masing-masing terhadap indera pendengar, diantaranya:

- a. Frekuensi antara 20 Hz - 20.000 Hz dikenal sebagai *audible range* atau *audiosonic* yang merupakan jangkauan frekuensi yang merangsang atau

dapat didengar oleh telinga dan otak manusia. Sehingga manusia hanya dapat mendengar pada jangkauan 20 Hz hingga 20.000 Hz. Frekuensi dibawah 20 Hz dinamakan *infrasonic* dan frekuensi diatas 20.000 Hz dinamakan *ultrasonic*.

- b. Frekuensi 250 Hz hingga 3.000 Hz merupakan jangkauan frekuensi yang digunakan dalam kegiatan komunikasi atau percakapan yang baik.
- c. Frekuensi 4.000 Hz yaitu frekuensi yang paling peka ditangkap oleh telinga manusia, dikarenakan sesuai dengan frekuensi resonansi dari saluran telinga manusia. Pemaparan kebisingan terlalu lama pada frekuensi 4.000 Hz menjadi penyebab terjadinya ketulian menurut Kinsler, dkk (2000) dalam Puspitasari (2013).

Frekuensi adalah jumlah getaran per detik. Satuan dari frekuensi adalah *Hertz* (Hz) dengan persamaan:

$$f = \frac{n}{t} \quad (2.1)$$

Dengan ketentuan n adalah jumlah getar dari gelombang, t adalah waktu, dan f adalah frekuensi dalam Hz.

Periode waktu yang diperlukan untuk per satu kali getaran:

$$T = \frac{t}{n} \quad (2.2)$$

Dengan T adalah periode dengan satuan detik, t adalah waktu getar, n adalah jumlah getar gelombang.

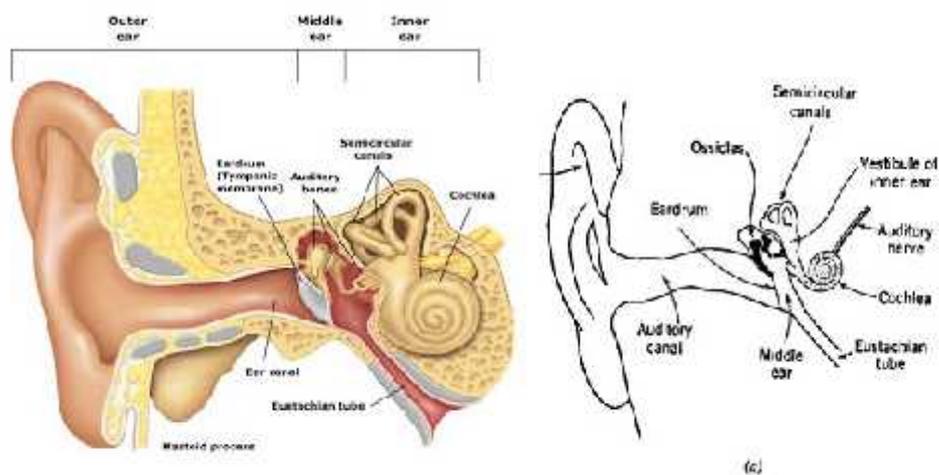
Didapatkan hubungan antara periode (T) dengan frekuensi (f) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$T = \frac{1}{f} \text{ atau } f = \frac{1}{T}, \quad (2.3)$$

Dengan T adalah periode dengan satuan detik, f adalah frekuensi dengan Hz, t adalah waktu getar Bueeche (1998) dalam Situmorang (2017).

D. Pendengaran Manusia

Mendengarkan atau kemampuan untuk mendengar sangat penting dalam kehidupan manusia untuk dapat berinteraksi dengan lingkungan masyarakat sekitar. Untuk dapat memahami apa yang diucapkan lawan bicara atau membedakan bunyi lainnya terjadi proses panjang yang dimulai dari penerimaan gelombang bunyi dan perambatannya diteruskan menuju pusat sensorik pendengaran di otak dan otak memproses sinyal tersebut sebagai bunyi. Dalam proses mendengar sangat berkaitan dengan indera pendengaran. Indera pendengaran akan menangkap frekuensi dalam jangkauan audiosonik lalu meneruskannya hingga menuju ke otak lalu otak menerjemahkan bunyi. Telinga merupakan indera pendengaran pada manusia. Telinga manusia tersusun atas tiga bagian, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga bagian dalam. Seperti ditunjukkan gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Anatomi Telinga

(Sumber: Kinsler dkk, 2000)

a. Telinga Bagian Luar

Bagian telinga terluar terdiri dari, daun telinga (*pinna*), lubang telinga (*meatus auditorius externus*), serta saluran telinga hingga

gendang telinga atau membran timpani. Struktur tulang rawan elastis yang dimiliki daun telinga berfungsi mengumpulkan getaran medium udara dan membantu mengarahkan bunyi ke dalam saluran telinga dan akhirnya sampai pada gendang telinga. Panjang dari saluran telinga ini kurang lebih 2,5 cm, dan untuk mencegah benda asing masuk ke telinga terdapat rambut telinga dan kelenjar *sebaceae* yang menghasilkan kotoran telinga.

b. Telinga Bagian Tengah

Pada bagian telinga tengah terdapat gendang telinga yang merupakan batas permulaan dari telinga bagian tengah dan berujung pada jendela oval dan jendela bundar. Pada bagian telinga tengah mempunyai celah untuk diisi udara yang berguna agar tekanan udara setara, serta beberapa tulang pendengaran. Tiga tulang pendengaran yang ada di telinga bagian tengah adalah tulang martil (*malleus*), tulang landasan (inkus), tulang sanggurdi (*stapes*). Tulang martil yang menempel pada gendang telinga dan pada tulang sanggurdi berhubungan dengan jendela oval. Tulang martil dan tulang landasan terikat oleh ligamen sehingga kedua tulang ini bergerak bagai satu tulang, sedangkan di antara tulang landasan dengan tulang sanggurdi dihubungkan oleh sendi yang membuat kedua tulang ini dapat melakukan gerakan yang bebas. Terdapat pula saluran *eustachius* yang menghubungkan telinga bagian tengah dengan *pharynx* pada telinga bagian tengah.

c. Telinga Bagian Dalam

Telinga bagian dalam tersusun atas koklea (rumah siput) dan organ keseimbangan yang meliputi *kanalis semi sirkularis*, *sakulus* dan *ultrikulus*. Koklea memiliki reseptor pendengaran yang disebut organ corti. Organ corti terletak pada duktus koklea, duktus koklea merupakan batas antara *canal vestibular bagian atas* dan *canal timpanik* pada bagian bawah koklea.

Penjalaran bunyi hingga sampai ke otak akan melalui proses sebagai berikut:

Bunyi ditangkap oleh daun telinga kemudian diteruskan ke dalam saluran telinga bagian luar dan menggetarkan gendang telinga. Getaran dari gendang telinga akan diteruskan oleh tiga tulang pendengaran yaitu tulang landasan, martil, dan sanggurdi menuju ke jendela oval. Getaran di jendela oval akan diteruskan menuju ke cairan limfa yang berada di dalam saluran ditelinga dalam. Hasil getaran pada jendela oval akan menggetarkan cairan limfa di saluran tengah koklea sehingga menyebabkan pergerakan membran basiliaris. Dengan adanya perpindahan ini akan menyebabkan melebarnya membran yang ada di jendela bundar, dan terjadinya pergerakan pada selaput koklea. Pergerakan selaput ini selanjutnya menggerakkan rambut, jika rambut sel sampai menyentuh membran tektorial pada koklea maka akan terjadi rangsangan impuls. Impuls pada membran tektorial akan menyentuh sel sensorik pada organ corti dan rangsangan impuls tersebut akan diteruskan melalui saraf pendengaran menuju pusat pendengaran pada otak (Sherwood, 2001 dalam puspitasari, 2013).

E. Kebisingan

Mengutip peraturan Menteri Kesehatan No.718/MENKES/Per/XI/1987 “bunyi yang tidak diinginkan sehingga mengganggu dan bisa membahayakan manusia”. Adapun menurut keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Kep-48/MENLH/II/1996, kebisingan didefinisikan “bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan manusia dan juga kenyamanan lingkungan”.

Kepedulian pemerintah tentang kebisingan selanjutnya diwujudkan dalam bentuk penetapan ambang baku mutu tingkat kebisingan untuk berbagai lingkungan kegiatan yang berbeda. Peraturan ini diuraikan sebagai berikut:

1. Zona Kebisingan

Peraturan Menteri Kesehatan No.718/MENKES/Per/XI/1987. Pada ketentuan ini Departemen Kesehatan menggolongkan pendaerahannya ke dalam beberapa kriteria seperti berikut:

- a. Zona A, adalah daerah yang diperuntukkan untuk tempat penelitian, rumah sakit, tempat kesehatan dan sosial.
- b. Zona B, adalah daerah yang diperuntukkan bagi perumahan, pendidikan, rekreasi dan sebagainya.
- c. Zona C, adalah daerah yang diperuntukkan bagi perkantoran, pertokoan, pasar dan sebagainya.
- d. Zona D, adalah daerah yang diperuntukkan bagi industri, pabrik, stasiun kereta api, terminal bus dan sebagainya.

Kriteria pendaerahan menurut peraturan Menteri Kesehatan No.718/MENKES/Per/XI/1987 tentang nilai ambang batas/baku mutu yang diizinkan pada setiap zona ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Nilai Ambang Batas Setiap Zona

No	Zona	Tingkat kebisingan dB(A)	
		Maksimal yang dianjurkan (dB)	Maksimal yang diperbolehkan (dB)
1	A	35	45
2	B	45	55
3	C	50	60
4	D	60	70

(Sumber: Yusuf, 2005)

2. Ketentuan Kebisingan

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup tentang baku mutu kebisingan No. Kep-48/MENLH/II/1996 ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Nilai Baku Mutu Tingkat Kebisingan

Peruntukan kawasan atau lingkungan kegiatan	Tingkat kebisingan
A. Peruntukan Kawasan	
1. Perumahan dan Pemukiman	55 dB
2. Perdagangan dan Jasa	70 dB
3. Perkantoran	65 dB
4. Ruang terbuka hijau	50 dB
5. Industri	70 dB
6. Pemerintah dan Fasilitas Umum	60 dB
7. Rekreasi	70 dB
8. Khusus	
a. Bandar Udara	70 dB
b. Stasiun Kereta Api	70 dB
c. Pelabuhan Laut	70 dB
d. Cagar Budaya	60 dB
B. Lingkungan Kegiatan	
1. Rumah Sakit dan Sebagainya	55 dB
2. Sekolah dan Sebagainya	55 dB
3. Tempat Ibadah dan Sebagainya	55 dB

(Sumber: Menteri Lingkungan Hidup)

Peraturan kebisingan mencakup ketentuan batas kebisingan pada alat dalam lingkungan masyarakat umum, pengaturan lokasi teknik kontruksi jalan baru dan bangunan baru yang dapat menimbulkan kebisingan, pembuatan peraturan batas tingkat kebisingan dari transportasi. Satuan dasar pengukuran kebisingan lingkungan yang dianjurkan ISO 1996/1 adalah dB(A). Konsep pengukuran lain juga didasarkan pada dB(A) yang digunakan untuk menggambarkan reaksi manusia pada kualitas hidup akibat pengaruh kebisingan (Yusuf, 2005).

3. Waktu Pemaparan Kebisingan

Lamanya paparan kebisingan mempengaruhi tingkat kebisingan maksimal yang boleh diterima. Surat Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: Kep-51/Men/1999 menyatakan “nilai ambang batas (NAB) faktor fisik di tempat kerja menguraikan batas maksimal kebisingan yang boleh diterima dalam durasi waktu tertentu”. Uraian mengenai NAB dapat dilihat dalam tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Nilai Ambang Batas Kebisingan

Waktu pemaparan dalam sehari	Nilai Ambang Batas Kebisingan
8 Jam	85 dB
4 Jam	88 dB
2 Jam	91 dB
1 Jam	94 dB
30 Menit	97 dB
15 Menit	100 dB
7,5 Menit	103 dB
3,75 Menit	103 dB
1,88 Menit	109 dB
0,94 Menit	112 dB

(Sumber: Febrian, 2017)

4. Pengaruh dan Efek Kebisingan

Suma'mur (1991) dalam Evania (2014) Mengungkapkan Telinga manusia mampu mendengar frekuensi mulai dari 16 hingga 20.000Hz, namun sensitivitas yang dimiliki setiap manusia berbeda-beda terhadap frekuensi tersebut. Sedangkan Menurut Hobbs (1995) dalam febrian (2017) memaparkan beberapa efek kebisingan serta macam-macam sumber polusi suara yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Efek dan Contoh Tingkat Kebisingan

Efek kebisingan		dB(A)	Contoh umum dan sumber suara
Kecelakaan	Ketuliaan	150	Sebuah ledakan
	Nyeri pada saraf	140	Penggunaan Mesin
		120	Petir, senjata api
		110	Bor, Pesawat tinggal landas
Gangguan	Gangguan kerja	100	Kereta api bawah tanah
	Gangguan telinga	90	Jalan raya dengan lalu lintas padat
	Gangguan berbicara		
	Gangguan pada tubuh	85	Industri/Pabrik
		80	Kantor
	70	Kereta api melintas	
	65	Pabrik kecil	
Tingkat kebisingan yang bisa ditoleransi	Kantor khusus pencetakan/ketik	60	Toko Skala besar
	Restoran, Kantor Pelayanan	50	Kantor sepi
	Kantor Swasta	45	Rumah keperluan
	Ruang perkuliahan dan ruang keluarga di pinggiran kota	40	Jalan-jalan desa
		30	Percakapan pelan

	Ruang tidur dan perpustakaan Pinggiran kota sangat sepi	20	Berbisik
		10	Gereja Ruang sunyi

Sumber: Hobbs (1995) dalam febrian (2017)

Pengaruh kebisingan mempunyai banyak kaitan dengan faktor psikologis dan emosional, namun ada juga efek yang ditimbulkan kebisingan pada fisiologis. Akibat lamanya telinga terpapar kebisingan dapat menimbulkan kasus serius seperti kehilangan pendengaran. Berikut akibat dari kebisingan menurut Kementerian Lingkungan Hidup dalam febrian (2017) seperti pada tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Akibat dari Kebisingan

Gangguan		Penjelasan
Efek pada Fisik	Kehilangan daya dengar	Kehilangan ambang batas dari pengaruh kebisingan (sementara), Kehilangan ambang batas dari pengaruh kebisingan (permanen)
	Akibat Fisiologis	Merasa tidak nyaman, <i>stress</i> , naiknya tekanan darah, sakit/nyeri kepala, bunyi denging
Efek Psikologis	Gangguan aspek emosional	Kejengkelan, kebingungan

	Gangguan pola hidup	Susah tidur, konsentrasi menurun saat bekerja dan membaca dll.
	Gangguan indera pendengaran	Berkurang/hilangnya kemampuan untuk mendengar percakapan, Telepon, TV, dll

(Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup)

2.2.2. Intensitas Cahaya

A. Cahaya

Kroemer dan Granjean (1997) dalam Putra (2014) menyatakan, cahaya adalah bentuk dari radiasi elektromagnet yang bisa terdeteksi oleh mata manusia. Suatu sumber cahaya yang memancarkan energi, sebagian dari energi ini diubah menjadi cahaya tampak (*visible light*), tambah Pamungkas (2015).

Menurut Hartati (2010), cahaya mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari misalnya cahaya lampu, dimana iluminasi cahaya bergantung pada jarak terhadap sumber cahaya. Iluminasi atau tingkat pencahayaan yang berarti cahaya yang jatuh pada sebuah permukaan dengan jumlah tertentu. Pencahayaan tersebut dapat dari berbagai sumber, diantaranya matahari, lampu, dan sumber cahaya lainnya. Satuan dari cahaya menurut Standar Internasional (SI) adalah Lux (lx).

Nayomi dan Rahardjo (2013) menambahkan bahwa besarnya energi listrik yang dikeluarkan/pancarkan dalam bentuk cahaya ke arah tertentu disebut intensitas cahaya yang mempunyai satuan *candela* (cd). Dengan contoh satu titik fokus cahaya berpusat pada bola dengan jari-jari satu meter, maka flux cahaya dalam satu radian (rad) sama dengan lumen (lm). Sedangkan intensitas penerangan pada

permukaan bola yang dibatasi oleh sudut ruang satu steradian sama dengan satu lux (lx).

Intensitas cahaya 1 candela (cd) yang melewati suatu sudut ruang 1 steradian akan mengalirkan flux cahaya sebesar 1 lumen (lm), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\theta = I \cdot \omega \quad I = \frac{\theta}{\omega} \quad (2.4)$$

Dimana:

I = Intensitas cahaya dalam candela (cd)

= Flux cahaya dalam lumen (lm)

= Jumlah steradian suatu sudut ruang

Flux cahaya dinyatakan dengan satuan lumen (lm), dan sama dengan jumlah keseluruhan cahaya yang dipancarkan oleh suatu sumber per satuan detik (Nayomi dan Rahardjo, 2013).

Suharyanto, dkk (2009) menyatakan, panjang gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat manusia yaitu 380-750 nm. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat. Cahaya mempunyai beberapa sifat, diantaranya:

1. Cahaya dapat merambat lurus
2. Cahaya dapat dipantulkan
3. Cahaya dapat menembus benda bening
4. Cahaya dapat dibiaskan
5. Cahaya dapat diuraikan.

Sedangkan menurut Lasmi (2008) pemantulan cahaya dibagi menjadi 2, diantaranya:

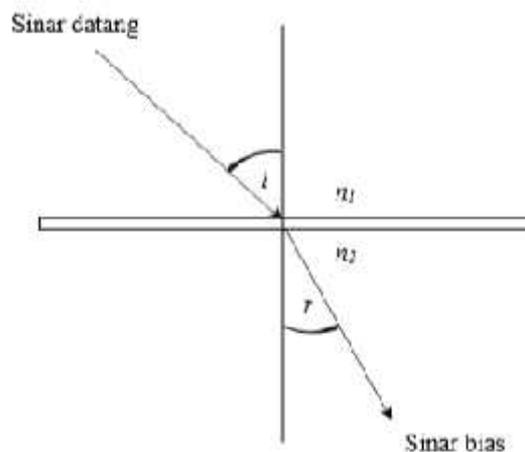
1. Pemantulan difus atau pemantulan baur, merupakan pemantulan ke segala arah yang terjadi karena berkas sinar datang jauh pada permukaan yang tidak rata. Pemantulan ini dapat menyilaukan mata.

2. Pemantulan teratur, merupakan pemantulan yang terjadi sinar datang jatuh pada permukaan halus atau rata. Cahaya yang dipantulkan ke satu arah dan pemantulan ini menyejukkan mata.

Jarak terdekat cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia normal yaitu 25 cm dan jarak terjauh yang dapat dilihat bernilai tak terhingga. Pada saat ini cahaya yang digunakan untuk penerangan adalah cahaya matahari dan energi listrik.

Hukum Snellius tentang pembiasan :

1. Sudut datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar.
2. Sudut datang sama dengan sudut pantul ($i = r$)



Gambar 2.2 Pembiasan cahaya

Dimana, i = sudut datang dan r = sudut bias

n_1 dan n_2 = indeks bias medium 1 dan 2

B. Intensitas Penerangan

Intensitas penerangan yang ada pada suatu bidang tertentu merupakan flux cahaya yang jatuh per 1 m^2 dari bidang itu sendiri, mempunyai satuan lux (lx) dan dengan lambang E. Jadi 1 lux sama dengan 1 *lumen* per m^2 . Intensitas penerangan rata-rata pada suatu bidang dengan diterangi flux cahaya adalah:

$$E_r = \frac{\phi}{A} \quad (2.5)$$

Dimana:

$E_{rata-rata}$ = Intensitas cahaya (lux)

Φ = Flux cahaya (lumen)

A = luas bidang yang terkena cahaya (m^2)

Jika mata manusia terkena paparan cahaya terang secara langsung, maka akan terjadi kesilauan, kesilauan sendiri dibagi menjadi dua jenis, diantaranya *discomfort glare* dan *disability glare*. *Discomfort glare* dimana akan merasa tidak nyaman pada mata karena cahaya, dan akan sangat terasa jika terpapar dengan durasi yang cukup lama. Pada *disability glare*, seseorang akan mengalami kebutaan dengan sifat sementara, akibat dari paparan cahaya yang sangat terang atau yang biasa disebut *flash blindness*. *Flash blindness* terjadi dikarenakan pigmen penglihatan mata menjadi berwarna putih setelah setelah terkena paparan cahaya sangat terang, yang mengakibatkan kebutaan sementara menurut Siswanto (1994) dalam Setiawan (2016).

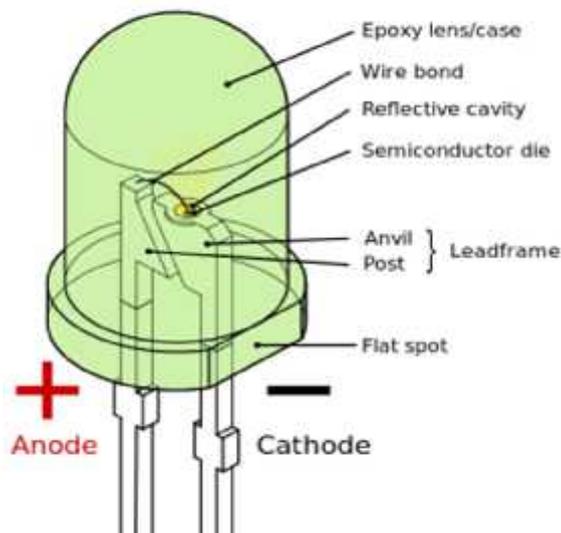
C. Light Emitting Diode (LED)

Slamet (2010) Menyatakan, Lampu LED merupakan salah satu komponen elektronik yang mempunyai banyak aplikasi pada setiap peralatan elektronik. Melalui proses penelitian dan pengembangan yang memerlukan waktu bertahun-tahun, industri perlampuan telah mampu memberikan sumber cahaya yang memiliki efisiensi yang lebih tinggi, rendering yang lebih baik dan kemampuan yang lebih baik untuk lebih menghemat energi listrik. Terknologi terbaru dalam bidang perlampuan saat ini yaitu berbasis *solid state lightning* (SSL) atau lebih dikenal dengan istilah LED.

Lampu LED sering digunakan untuk keperluan sehari-hari dimana kehadirannya mulai menggeser lampu-lampu konvensional yang menggunakan *filament*. Lampu LED diklaim juga mempunyai efisiensi energi dan pancaran cahaya lebih baik dari lampu konvensional, yang mana hanya mengubah energi hanya 5% sedangkan LED bisa 15%-20%. LED mengubah energi listrik menjadi sebuah energi cahaya, yang dikenal sebagai *electroluminescence*. Lampu LED

mempunyai banyak macam warna, tergantung komposisi material semi-konduktor yang digunakannya.

Bagian inti dari lampu LED adalah terdapat pada bola lampu kepingan semi-konduktor yang berada pada titik tengah lampu. Kepingan ini mempunyai dua bagian yang dipisahkan oleh sebuah “*junction*”. *Junction* berperan sebagai penghalang antara kutub *anode* dan *chatode* yang jika dialiri tegangan yang cukup maka akan terhubung dan menyalakan kepingan semi-konduktor seperti ditunjukkan gambar 2.2.



(sumber: <http://ledfly.com.tr>)

Gambar 2. 3 Lampu LED

Cahaya lampu LED mempunyai sifat warna khusus juga memiliki jangkauan yang lebar. Panjang gelombang atau spektrum yang bisa dihasilkan LED berkisar pada $400 < \lambda < 450$ hingga > 760 . Lampu LED memiliki kelebihan dibanding dengan jenis lampu lain, dimana dalam hal efisiensi sehingga dapat berpotensi menjadi sumber untuk menggantikan lampu konvensional. Efisiensi sebuah lampu mempunyai istilah yaitu efikasi dengan satuan Lumen/Watt. Semakin besar efikasi, semakin baik efisiensi pada lampu tersebut.

Agam (2017) menyatakan bahwa Lampu LED mempunyai nilai efikasi lebih tinggi dari lampu TL dan lampu pijar, sehingga energi yang terbuang lebih

rendah dan intensitas cahaya yang dihasilkan akan lebih tinggi, dimana lampu LED mampu menghasilkan kurang lebih 200 lux/watt dan 50 lux/watt untuk lampu TL.

Lampu LED memiliki karakter yang sama dengan dioda, yang mana LED atau dioda memiliki nilai tegangan tertentu yang dapat dilewati sehingga dapat beroperasi. Untuk menghidupkan lampu LED, cukup dengan mengalirkan arus dari kutub anoda (+) menuju ke katoda (-) dengan tegangan 1,5V – 2V dan arus sekitar 5 - 20mA. Namun LED memiliki tegangan maksimum, jika tegangan tersebut terlampaui maka LED akan mati/terbakar.

Ketahanan lampu LED, pada sisi masa pakai LED tidak dapat ditentukan usia pemakaiannya, karena jika komponennya bagus akan membutuhkan waktu yang lama. Cara lain untuk mengetahui umur pakai LED dipakai tingkat kontras cahayanya 50-70%. Lampu LED dapat bertahan selama 30.000-100.000 jam yang mana 50kali lebih lama dibanding dengan lampu pijar yang hanya 200 jam, 10 kali lebih panjang dari lampu neon yang bisa 10.000 jam. Untuk menentukan umur pakai lampu LED berdasarkan pada kemampuan untuk memenuhi ketentuan dari produsen, yaitu:

- a. Suhu lingkungan
- b. Besar nilai tegangan dan arus
- c. Suhu simpangan listrik
- d. Penurunan panas.

Bisa dibilang kelemahan lampu LED adalah panas. Dikarenakan sinar LED berasal dari aliran kutub anoda (+) dan katoda (-) yang menghasilkan cahaya, selain menghasilkan cahaya juga menghasilkan panas. Kenaikan suhu LED 1° dapat mengurangi cahaya yang dihasilkan berkisar 7-10% lumen. Untuk meminimalisir panas ini adalah mengatur posisi dari sambungan (penghalang antara anoda dan katoda), sehingga panas mudah terbuang keluar. Namun demikian cahaya yang dihasilkan oleh lampu LED relatif lebih baik dari lampu Pijar dan lampu CFL, pencahayaan yang dihasilkan oleh Lampu LED juga lebih merata (Setiaji, 2010).