

## **BAB 3. RESPONS MANUSIA TERHADAP BUNYI**

### **3.1. PENDAHULUAN**

Telinga, tampaknya seperti sihir, mengubah energi suara yang masuk ke dalam osilasi gendang telinga, kemudian ke gerakan tulang telinga bagian tengah, berdiri gelombang pada membran basilar dan akhirnya menjadi impuls saraf yang diteruskan ke otak. Otak memproses informasi ini, menerjemahkannya dan psikologis menentukan makna dan nilai suara itu. Rentang frekuensi pendengaran manusia umumnya dianggap sebagai 20 - 20.000 Hz. Kisaran atas sangat bervariasi antara individu dan penurunan dengan usia dan paparan kebisingan. Amplitudo berkisar sensasi kita dari ambang pendengaran/threshold of hearing (~ 0 dB) untuk ambang ketidaknyamanan dan nyeri/threshold of pain (di atas 140 dB).

Tujuan dari pelajaran ini:

Pelajaran ini memperkenalkan konsep sensitivitas kenyaringan, frekuensi gangguan, ambang pendengaran, masking, pendengaran binaural dan non-pendengaran efek kebisingan. Setelah selesai, pembaca harus memiliki pengetahuan dasar dari respon psikologis manusia terhadap kebisingan.

#### **References:**

1. *Effects of Noise on Man*, K. Kryter, Academic Press, 1980.
2. *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control*, C. Harris ed., Third edition, McGraw-Hill, 1991.
3. *Noise Control for Engineers*, H. Lord, W. Gatley and H. Evensen, Robert Krieger Publishing Co., Malabar, FL, 1987
4. *Engineering Noise Control*, D. Bies and C. Hansen, Unwin Hyman, London, 1988.
5. *Music, Physics and Engineering*, H. Olson, Dover, 1967.

### 3.2. KEKERASAN BUNYI (LOUDNESS)

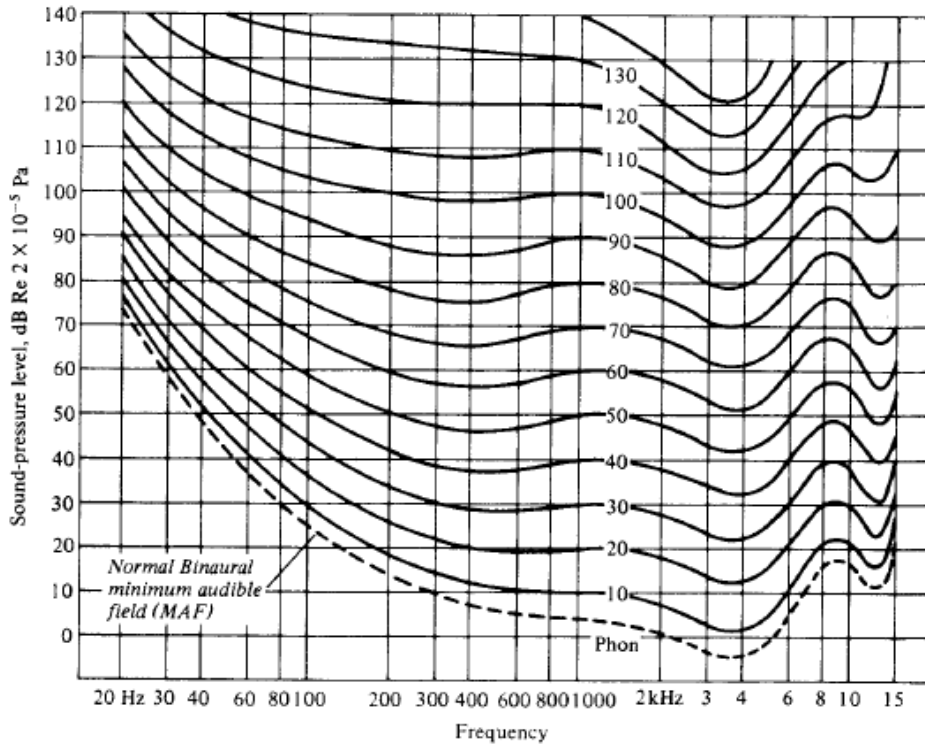
Kenyaringan adalah tanggapan subjektif dengan amplitudo suara. Ini adalah penilaian intensitas suara oleh manusia. Hal ini tidak berhubungan linier baik tekanan suara (Pa), tingkat tekanan suara (dB) atau tingkat kekuatan suara. Dua kali lipat dari kekuatan suara menimbulkan tingkat tekanan dengan 3 dB tetapi hanya menghasilkan peningkatan hampir tak terlihat dalam kenyaringan (tidak dua kali lipat). A 10 dB SPL peningkatan sekitar dua kali menghasilkan kenyaringan subjektif (setara dengan 10 sumber identik, bukan satu).

Increase in Source Power (watts)	Change in SPL (dB)	Change in apparent loudness
2 (doubled)	3	Just Perceptible
3	5	Clearly Noticeable
10	10	Twice as Loud
100	20	Much Louder

Implikasi bagi tren ini penting bagi insinyur kontrol kebisingan. Jika tujuannya adalah untuk mencapai penurunan nyata dalam kenyaringan, Anda harus menambahkan langkah-langkah kontrol kebisingan yang cukup untuk mendapatkan 5 dB atau lebih perbaikan. Sebuah peningkatan desibel satu atau dua bahkan mungkin tidak diperhatikan. Mencapai perbaikan 10 dB bisa menjadi tantangan serius, karena itu berarti bahwa Anda harus mengurangi energi suara sebesar 90%.

Sensasi kenyaringan nada murni telah diteliti secara mendalam. Kontur kenyaringan sama untuk nada murni tunggal telah ditentukan oleh tes mendengarkan subjektif dan ditampilkan pada Gambar 1. Ini yang secara empiris diukur, pertama oleh Fletcher dan Munson di tahun 1933, dan kemudian oleh Robinson dan Dadson pada tahun 1956. Mereka telah ditetapkan sebagai standar internasional (ISO / R 226-1961). Kontur ditentukan dengan meminta pendengar untuk mengatur volume nada murni tunggal berbagai frekuensi sehingga mereka terdengar sama keras sebagai nada 1000 Hz dari tingkat tekanan suara yang ditentukan.

Bentuk respon frekuensi pendengaran rata-rata ditentukan oleh karakteristik mekanis dari telinga. Kami adalah paling sensitif terhadap frekuensi rendah. Kami adalah yang paling sensitif di wilayah kHz 3-4, sesuai dengan resonansi pertama dari saluran telinga.



Gambar 15. Grafik sama-kontur kenyaringan untuk nada murni sebagaimana ditentukan oleh Robinson dan Dadson 1956 (ISO/R226-1961)

Seperti yang terlihat di Bagian 2, tulang-tulang telinga tengah memberikan amplifikasi sekitar 1000 Hz. Tidak mengherankan, kebanyakan ujaran kita terjadi di wilayah sensitivitas pendengaran maksimum. AT & T menentukan bahwa sebagian besar isi informasi pembicaraan kita adalah di kisaran 300 - 3000 Hz dan desain peralatan mereka sesuai.

Pendengaran kita dibatasi pada tingkat rendah dengan **ambang pendengaran (*threshold of hearing*)**. Bidang Audible Minimum (MAF) adalah ambang pendengaran untuk orang dewasa muda dengan pendengaran normal. MAF adalah tingkat tekanan suara minimum di mana suara tersebut terdengar dengan kedua telinga untuk pendengar dalam bidang bebas, menghadapi sumber. Ambang pendengaran menunjukkan variasi diucapkan amplitudo dengan frekuensi, hampir 80 dB perbedaan 20-4000 Hz. Pada tingkat eksposur yang lebih tinggi, variasi dengan

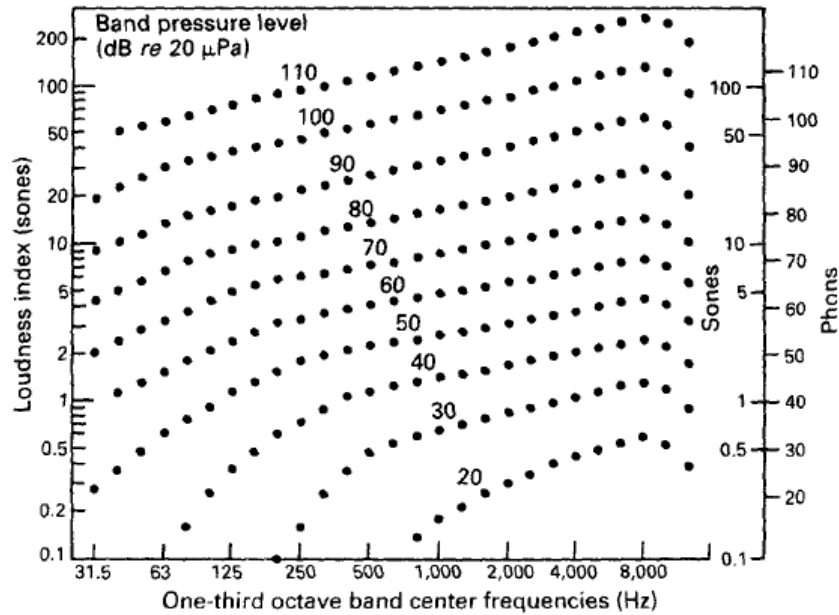
frekuensi berkurang, yaitu kontur kenyaringan sama menjadi datar. Misalnya, baris phon 90 bervariasi hanya 40 dB. Di atas sekitar 120 dB, pendengar rata-rata akan mulai mengalami ketidaknyamanan fisik. Pada sekitar 130 dB, gerakan besar gendang telinga dan rantai tulang akan menimbulkan sensasi dari perasaan atau menggelitik. Lebih dari 140 dB, sensasi yang menyakitkan, maka dinamakan **ambang nyeri** (*threshold of pain*).

### **Satuan Kekerasan Bunyi (Units of Loudness)**

Satuan kekerasan bunyi seperti terlihat pada Gambar 1 adalah **phon**. Pada 1000 Hz, phons = dB dari kontur kenyaringan sama. Seperti yang dinyatakan sebelumnya, penilaian subjektif dari kenyaringan tidak secara langsung sesuai dengan SPL atau bahkan dengan kenyaringan (phons). Karena kebanyakan orang tidak dapat menangani sesuatu yang lebih rumit dari hubungan linear, unit baru dengan demikian didefinisikan untuk linearize kenyaringan, - disebut sone tersebut. 1 sone didefinisikan sebagai sama dengan kenyaringan suara subjektif dari phon 40. N sones sarana N kali sekeras suara phon 40. Ada hubungan sederhana antara sones dan phons pada 1000 Hz:

$$\text{SONES} = 2^{(\text{PHONS}-40) / 10}$$

Pada frekuensi lain, tabel data, (seperti Tabel 2.1 Tuhan, Gatley dan Evensen) atau grafik di bawah ini (Gambar 2) dapat digunakan untuk menentukan kenyaringan. Kita akan belajar bagaimana menghitung kenyaringan keseluruhan dalam Bagian 4.



Gambar 16. Indeks tingkat kenyaringan Band, untuk menentukan kenyaringan di sones atau phons (gambar 2.6, Bies dan Hansen)

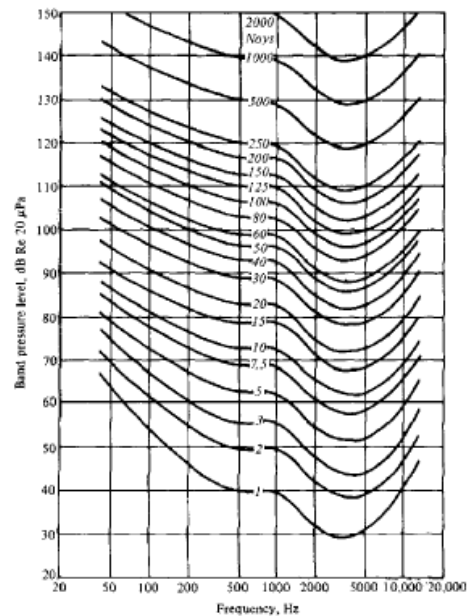
### 3.3. KEBISINGAN, GANGUAN (NOISENESS, ANNOYANCE)

"Kebisingan" dan "Gangguan" adalah istilah subyektif yang melibatkan penilaian dari nilai suara yang bersangkutan. Sepeda motor Harley anda terdengar enak bagi Anda, tetapi bagi tetanggamu, itu bisa sangat mengganggu, terutama pada jam 2 pagi. Gangguan adalah reaksi terhadap suara berdasarkan sifat fisik dan efek emosionalnya. Kebisingan dan gangguan sulit untuk diukur. Aspek fisik dari suara yang berkontribusi paling untuk kebisingan yang dirasakan adalah:

1. isi dan tingkat spektrum
2. kompleksitas spektrum dan adanya nada murni
3. waktu durasi
4. fluktuasi tingkat amplitudo dan frekuensi
5. waktu naik suara impulsif

Percobaan penelitian telah menghasilkan sama-kebisingan kontur (sama dengan kontur kekerasan bunyi). Satuan gangguan kebisingan adalah **noy**.

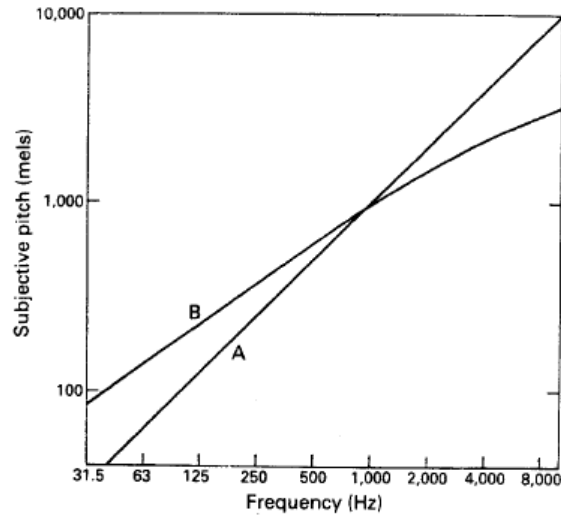
1 noy didefinisikan sebagai kebisingan dari nada 1000 Hz pada SPL 40 dB, 2 noys dua kali lebih berisik dari pada 1 noy.



Gambar 17. Kontur kebisingan dirasakan sama dari kebisingan pita oktaf (Gambar 2.12, sumber Lord, Gatley dan Evensen).

### 3.4. PITCH

Pitch merupakan respon subyektif untuk frekuensi. Keberadaan pitch dilihat dalam suara kompleks merupakan indikasi dari satu atau lebih komponen nada murni. Secara kualitatif, frekuensi tinggi sesuai dengan nada tinggi. Namun, pada tingkat tekanan suara rendah, pitch tidak berhubungan linier terhadap frekuensi (lihat Gambar 5, Bies dan Hansen)

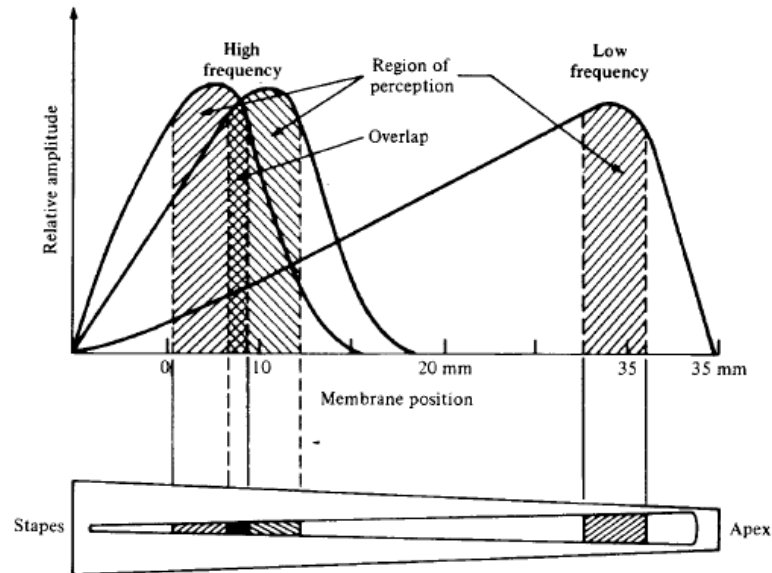


Gambar 18. Hubungan antara pitch dan frekuensi: kurva A merupakan hubungan linier, sedangkan kurva B mewakili hubungan yang diamati pada tingkat tekanan suara rendah. Pada tingkat suara yang tinggi, hubungan yang diamati cenderung mendekati linier. (ref. Gambar 2.7 Bies dan Hansen)

Pitch dari kombinasi nada murni (dengan harmonik pada kelipatan integer dari nada dasar) ditentukan oleh dua frekuensi fundamental dan perbedaan antara frekuensi yang berdekatan.

### 3.5. MASKING

Masking terjadi ketika salah satu suara mengganggu persepsi lain. Hal ini disebabkan ketika dua bidang bersemangat tumpang tindih pada membran basilar (karena dua atau lebih suara). Seperti ditunjukkan dalam Gambar 5, dua nada hanya dibedakan sebagai terpisah nada jika ada perbedaan yang cukup pada frekuensi mereka. Ini "perbedaan yang cukup" disebut bandwidth kritis dan merupakan fungsi dari frekuensi.

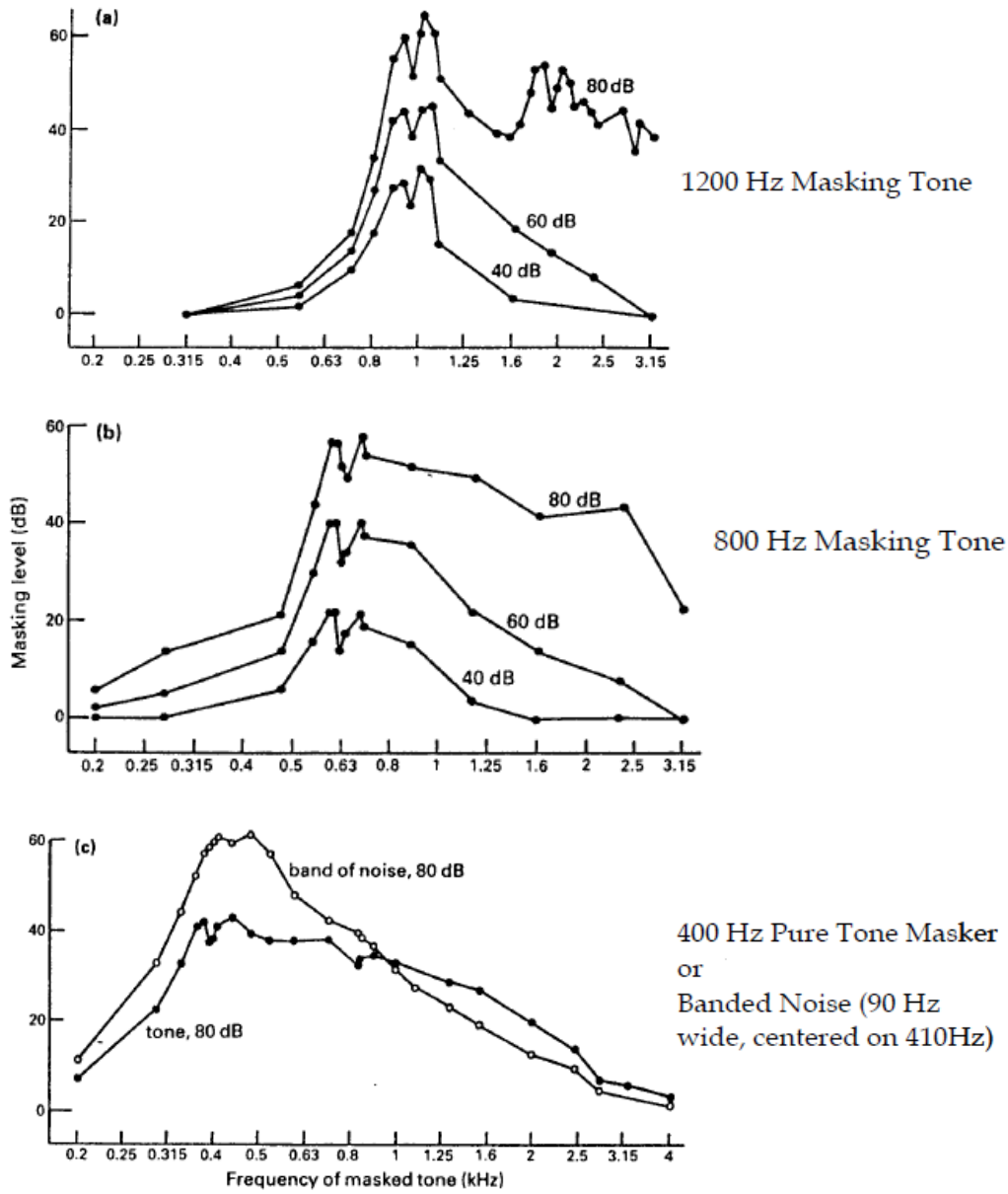


Gambar 19. Masking (sumber ara 2,9, Lord, Gatley dan Evensen)

Frekuensi rendah cenderung untuk menutupi frekuensi yang lebih tinggi. Seperti disebutkan dalam bagian 2, telinga adalah alat analisa frekuensi yang sangat sensitif. Berbagai daerah membran basilar sensitif terhadap frekuensi yang berbeda. Frekuensi tinggi terdengar menggairahkan hanya akhir basal (paling dekat dengan telinga tengah dan stapes). Terdengar nada frekuensi rendah asimetris menggairahkan porsi yang lebih besar dari membran basilar, dari basalmend luar. Ini gerakan akhir basal dapat mengganggu persepsi suara frekuensi tinggi. Frekuensi tinggi di sisi lain, menyebabkan gerakan hanya di akhir basal, dan tidak mengganggu persepsi suara frekuensi rendah. Ini adalah apa yang disebut "ke atas penyebaran masking" efek - di mana frekuensi rendah dapat secara efektif menutupi frekuensi yang lebih tinggi, namun tidak sebaliknya. Efek ini ditunjukkan pada Gambar 19 secara kualitatif dan secara kuantitatif pada Gambar 20 a) dan b).

Asimetri ini yang paling menonjol untuk tingkat suara masking tinggi. Gambar 6c) menunjukkan bahwa kebisingan narrowband (pita-terbatas kebisingan putih) menyebabkan masking lebih besar sekitar frekuensi pusat dari nada murni bahwa frekuensi yang sama, karena itu hal yang menyenangkan wilayah lebih dari membran basilar.



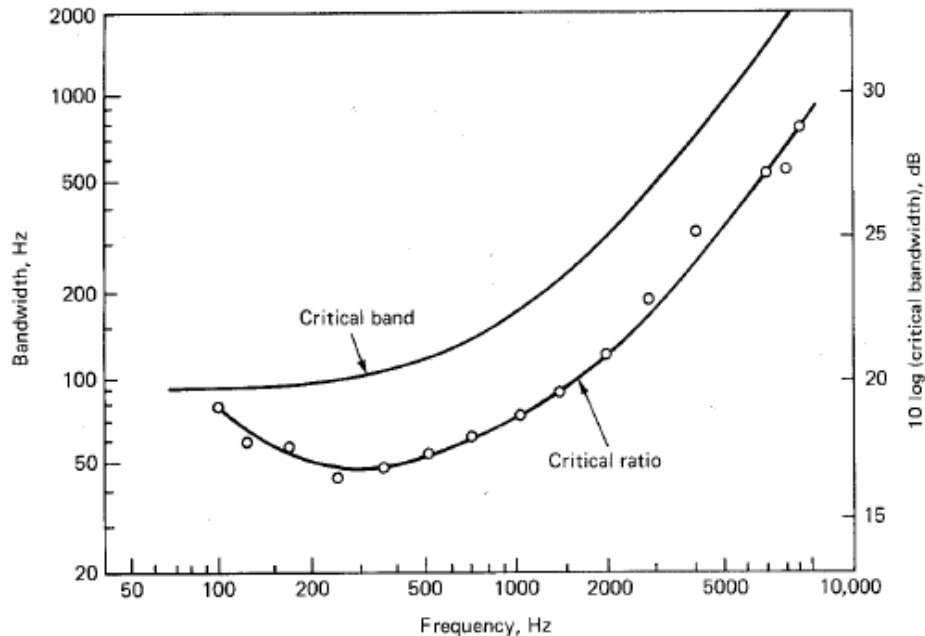


Gambar 20. Efek Masking (Fig 2.9 Bies and Hansen)

### Band Kritis (Critical Band)

Ketika suara masking adalah kebisingan broadband dan sinyal nada murni, berbagai bagian dari spektrum kebisingan berkontribusi secara diferensial dengan efek masking. Band ini penting

untuk masking mengacu bahwa sebagian dari kebisingan yang efektif dalam menyembunyikan sinyal-nada murni. Kenaikan pita kritis dengan frekuensi seperti yang ditunjukkan pada



Gambar 21. Band Kritis

Sebuah jumlah yang terkait, rasio kritis, adalah bandwidth dari kebisingan masking yang berisi kekuatan suara setara dengan nada murni berpusat di band bahwa ketika nada hanya terdengar.

### 3.6. PENDENGARAN BINAURAL

Kemampuan untuk melokalisir arah kedatangan kebisingan, yaitu melokalisasi arah sumber, tergantung terutama pada perbedaan fase dan intensitas suara yang diterima oleh kedua telinga. Di atas sekitar 1500 Hz, perbedaan dalam intensitas suara diterima di dua telinga diproduksi sebagian besar oleh hamburan suara di sekitar kepala. Kepala ini memberikan bayangan akustik yang mengurangi intensitas di telinga jauh (*far ear*). Perbedaan intensitas meningkat dengan frekuensi. Di bawah ini tentang Hz 1500, mekanisme utama dari lokalisasi adalah perbedaan waktu kedatangan suara di dua telinga. Hal ini menyebabkan perbedaan dalam fasa antara suara di dua telinga. Telinga bergabung membentuk array twoelement.

Keakuratan lokalisasi jauh lebih besar pada bidang horisontal daripada di. Hal ini karena suara yang terletak pada bidang vertikal tiba di kedua telinga pada waktu yang hampir sama, tanpa bayangan dari kepala. Lokalisasi dalam arah horizontal adalah lebih akurat untuk sumber-sumber di depan pendengar, untuk frekuensi bawah 1500 Hz dan di atas 2.500 Hz, dan untuk broadband daripada suara narrowband. Lokalisasi meningkat ketika pendengar bebas untuk bergerak kepalanya.

Meskipun secara signifikan berkurang, beberapa lokalisasi tetap bahkan dengan satu telinga. Hal ini diyakini terkait dengan perbedaan dalam pergeseran fase untuk frekuensi yang berbeda yang dihasilkan oleh kepala dan pinna telinga. Kita melatih otak kita untuk memahami bagaimana tergantung pada frekuensi pergeseran terkait dengan lokasi sumber dengan mendengar suara dari sumber dapat kita lihat.

### **3.7. NON-Auditory PENGARUH KEBISINGAN**

Selain gangguan pendengaran, kebisingan dapat menimbulkan beberapa non-pendengaran efek, termasuk stres, ketegangan dan efek kesehatan yang merugikan. Kejutan atau "mengejutkan" yang dihasilkan oleh suara tiba-tiba dapat menyebabkan stres fisik dan ketegangan. Kebisingan yang mengganggu kegiatan (seperti tidur, percakapan, mendengarkan musik, konsentrasi, dll) juga dapat menyebabkan stres atau ketegangan karena dampak psikologis mereka. Penelitian menunjukkan bahwa LDN ~ 65 atau lebih besar dari kebisingan pesawat terbang di wilayah pemukiman berkorelasi dengan: (ref: Kryter, Pengaruh Kebisingan pada Man):

1. Peningkatan jumlah orang dengan masalah kesehatan psikologis dan fisiologis yang memerlukan peningkatan penggunaan beberapa jenis obat dan kunjungan ke dokter
2. Peningkatan kejadian bayi perempuan dengan periode kehamilan berkurang dan berat badan pada saat lahir
3. Peningkatan jumlah orang dewasa yang membutuhkan masuk ke rumah sakit jiwa

Efek ini disebabkan oleh stress yang disebabkan oleh gangguan dan emosi yang timbul dari gangguan kebisingan dengan fungsi pendengaran normal dan tidur, dan dari rasa takut dengan mengasosiasikan suara dari dekat oleh pesawat dengan crash mungkin. Gangguan tidur disebabkan oleh tingkat LEQ sedikitnya 47 dB.